

52

Schaltungen
und Projekte

SUMMER CIRCUITS 2022

ENTWICKLUNGSEIDEN, TIPPS UND TRICKS

140
Seiten!



Kelly Barton

- > Zehnfache LED-Stromquelle
- > Milliohm-Meter
- > Arduino-Amperemeter
- > Einfacher Stereo-Verstärker
- > Mikrofon-Vorverstärker
- > Rauscharmer ADC-Kalibrator
- > DI-Box für ein Smartphone
- > Tastenfreie Torsteuerung
- > Und vieles andere mehr!



e-lektor e-zine

Your dose of electronics



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 zusätzlich ein kostenloses Raspberry Pi Projektbuch!



Was können Sie erwarten?

Redaktioneller Elektor-Newsletter

Jeden Freitag erhalten Sie die wichtigsten Artikel und Projekte der Woche. Wir zeigen MCU-basierte Projekte, IoT, Programmierung, KI und mehr!

Elektor-Newsletter mit exklusiven Angeboten

Verpassen Sie nicht unsere Shop-Angebote, jeden Dienstag und Donnerstag haben wir eine besondere Aktion für Sie.

Mailing von externen Partnern

Sie wollen über die laufenden Aktivitäten in der Branche informiert bleiben? Dann gibt Ihnen diese E-Mail die besten Einblicke. Unregelmäßig, aber immer mittwochs.

Verlag

Elektor Verlag GmbH
 Kackertstraße 10
 52072 Aachen
 Tel. 0241 95509190

Technische Fragen bitten wir per E-Mail
 an redaktion@elektor.de zu richten.

Hauptsitz des Verlags

Elektor International Media
 Postbus 11, 6114 ZG Susteren
 Niederlande

Anzeigen

Margriet Debeij (Leitung)
 Mobil: +31 6 380 780 29
 E-Mail: margriet.debeij@elektor.com

Büsra Kas

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

Es gilt die Anzeigenpreisliste ab 01.01.2022.

Distribution

IPS Pressevertrieb GmbH
 Postfach 12 11, 53334 Meckenheim
 Tel. 02225 88010

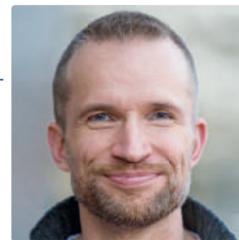
Druck

Senefelder Misset, Doetinchem (NL)

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

Jens Nickel

Chefredakteur



SUMMER CIRCUITS 2022

Aus vielen Zuschriften wissen wir, dass Projekte immer noch das Herz von Elektor bilden. Sie machen Elektronik im wahrsten Sinne begreifbar, womit sich neue Enthusiasten für dieses schöne Fachgebiet gewinnen lassen. Sie inspirieren zu eigenen Entwicklungen, Erweiterungen, Verbesserungen und Hacks. Und nicht zuletzt stößt man in den Schaltplänen auf eine Menge Tricks und so manches noch unbekanntes Bauteil.

Im Jahr 2021 feierte Elektor sein 60-jähriges Bestehen. Wir haben die Gelegenheit genutzt, um tief in unsere Archive einzutauchen und mit vielen Elektronikern zu sprechen, die Elektor schon Jahrzehnte die Treue halten. Langjährige Leser und Mitarbeiter von Elektor haben sich dabei immer wieder gern an unsere Schaltungs-Sommerausgaben erinnert, gefüllt mit einer besonders großen Zahl von Projekten. Die dicken „Halbleiterhefte“ waren daher besonders populär, was sich auch an den Verkaufszahlen ablesen ließ. Und so war Ende 2021 für alle im Elektor-Team klar: Wir müssen die Sommer-Schaltungen zurückbringen!

Zum extra-starken „Halbleiterheft 2022“ haben viele Kollegen, freie Redakteure und externe Autoren beigetragen. Besonderer Wert wurde - genau wie früher - auf einfache Schaltungen gelegt, gerne ohne Mikrocontroller. Ein Schuss Nostalgie darf natürlich nicht fehlen: Für die „US-Sirene“ haben wir ein Kit aus Retro-Platine und Ständer aufgelegt, das Sie in unserem Shop beziehen können.



Und noch etwas hat Tradition: Zum Sommerheft gab es meist ein ganz besonderes, farbenfrohes Cover. Das Titelbild dieser Ausgabe ziert ein Kunstwerk der US-amerikanischen Künstlerin Kelly Heaton (www.kellyheatonstudio.com), deren faszinierende Bilder die Schönheit selbst der einfachsten elektronischen Bauteile zum Ausdruck bringen. Ein Interview mit ihr finden Sie auf Seite 78.

Löten Sie mit!

— Unser Team —



Chefredakteur:

Jens Nickel (v.i.S.d.P.) (redaktion@elektor.de)

Redaktion:

Eric Bogers, Jan Buiting, Stuart Cording, Rolf Gerstendorf,
 Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer

Elektor-Labor:

Mathias Claußen, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Clemens Valens

Grafik & Layout:

Harmen Heida, Patrick Wielders

Herausgeber:

Erik Jansen



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



Elektor ist Mitglied von FIPP, einer Organisation, die „über fast 100 Jahre gewachsen ist und Medienbesitzer und Content-Ersteller aus der ganzen Welt umfasst“.



Sirene im US-Stil

Ein Elektor-Klassiker!



Tastenfrie

Garagentorsteuerung

Eine DIY-Lenkerfernbedienung

30

Rubriken/Hintergrund

3 **Impressum**

66 **KiCad 6**

Fünf interessante neue Funktionen

72 **Flashback**

Der Elektor-Computer SC/MP

78 **Interview**

Mit Elektrizität Kunst machen

86 **Meine erste Platine**

Crash-Einstieg in KiCad

98 **Mit intelligenter Software Hardware minimieren**

100 **Infografik**

Fakten und Zahlen

102 **Neue ICs von Analog Devices**

134 **Flashback**

DER Elektor-Metalldetektor

138 **Hexadoku**

Sudoku für Elektroniker

50+ Projekte

6 **Sirene im US-Stil**

8 **Zwei Drehgeber an einem Analogeingang**

10 **Wie man mit dem Arduino einen 230-V-AC-Dimmer baut**

12 **Zehnfache LED-Stromquelle**

15 **Vier Schalter an einem Pin erkennen**

16 **Ein/Aus-Schalter mit Akku-Füllstandskontrolle**

18 **Handdesinfektionsmittel-Spender selbstgebaut**

20 **Eine einfache elektronische Orgel**

22 **Ultra-einfacher Stereo-Verstärker**

24 **Sound Activated Switch für Verstärker**

27 **Balanced/Unbalanced-Wandler**

28 **Externes Netzfilter**

30 **Tastenfrie Torsteuerung**

32 **DI-Box für ein Smartphone**

34 **Spaß mit Lauflichtern**

36 **Ein-Knopf-Thyristor-Steuerung**

38 **Quasi-analoger Belichtungstimer für die Dunkelkammer**

40 **Schaltungen von der Hackster.io-Community**

44 **Analoger Bräunungstimer**

46 **Noch eine Ein-Draht-LCD-Schnittstelle**

48 **Einfacher PWM-Generator mit ATtiny13**

50 **Zweites Leben für Batterien**

52 **Touch-Schalter für LED-Leuchten**

54 **Tester für LEDs und DIP-Schalter**

55 **Funktionstester für IR-Fernbedienungen**

56 **Leistungshalbleiter-Tester**

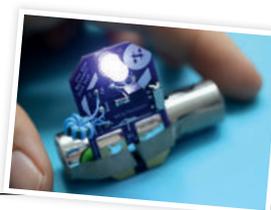
58 **SPI für WS2812(B)-LEDs**

60 **Messen von Leistungsinduktivitäten**

63 **Ein DIY-Doppelnetzteil**

74 **DIY-Testvorrichtung für das LCR-Meter**

76 **Arduino-Amperemeter**



Schaltungen in Hülle und Fülle von der Hackster.io-Community

40

Handdesinfektionsmittel-Spender selbstgebaut

Ohne Arduino, ohne MCU



Sound Activated Switch

Automatischer Einschalter für Verstärker und Aktivlautsprecher

24

- 85 Zwei-Finger-Orgel
- 89 Rauscharmer ADC-Kalibrator
- 90 DC/DC-Aufwärtswandler
- 94 Zwei Potentiometer an einem digitalen Eingang
- 97 Akustischer Näherungssensor
- 106 Batterieloser Heizkörper-Sensor
- 108 Wanzen und drahtlose Kameras aufgespürt
- 109 Timer für die Innenbeleuchtung im Auto
- 110 Kerzensimulator
- 112 Digitaler Küchentimer
- 114 Milliohm-Meter
- 116 Verzögerungstimer für Heißwasserbereiter
- 118 Einfaches Ladegerät für zwei Zellen des Typs 18650
- 120 Winzige Frequenzreferenz
- 122 Sparsamer IR-Schalter
- 124 Recyceln Sie den Auto-Handylader!
- 127 Mikrophon-Vorverstärker für Arduino
- 128 EMI-Filter im Selbstbau
- 130 Elektronischer Würfel - ganz ohne MCU
- 132 Finger-Kondensator
- 133 Der selbstladende LED-Blitzer

DIY-Doppelnetzteil

Ein Stecker für Raspberry Pi und Audio-DAC

63



Vorschau

Elektor September/Oktober 2022

Das nächste Heft ist wie immer randvoll gefüllt mit Schaltungsprojekten, Grundlagen sowie Tipps und Tricks für Elektroniker.

Aus dem Inhalt:

- > Bluetooth Low Energy mit dem ESP32-C3 und ESP32
- > Senden von Daten an Telegram
- > Fahrrad elektrifizieren
- > Bluetooth-LE-Sniffer
- > Audio-Spektrumanalysator mit Dekatrons
- > Design-Tools für analoge Filter
- > Digitaler UKW-Empfänger mit Arduino und TEA5767

Und vieles mehr!

Elektor September/Oktober 2022 erscheint am 1. September 2022. Änderungen vorbehalten.

Mit Elektrizität
Kunst machen

78



Sirene im US-Stil: Ein Elektor-Klassiker!

Von Ludwig Libertin (Originalprojekt) und Clemens Valens (Platinentwurf und Anpassungen)

Viele Projekte, die blinken, piepsen, sich bewegen oder andere seltsame Dinge tun, sind zu Elektor-Klassikern geworden und wurden vor allem in den Halbleiterheften der Vergangenheit veröffentlicht. Das Rezept: preiswerte Teile aus der „Old School“-Kiste und eine Schaltung, die unmittelbar Anfänger und - nichts für ungut - nicht-technische Leserschaft anspricht. Hier ist ein solches Projekt: ein Sirenen-Tongenerator, nun auf einer schicken Platine für den Schreibtisch.

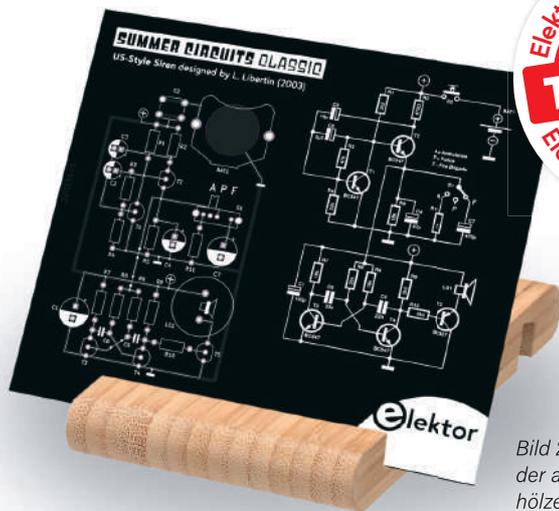


Bild 2. Künstlerische Darstellung der aufgebauten Sirene in einer hölzernen Halterung.

Die hier beschriebene Sirenenschaltung ist ein echter Klassiker aus der äußerst beliebten und von Elektor reichlich bedienten Klasse der „Klangerzeuger“. Die Schaltung, die auf billigen, bedrahteten Old-School-Bauteilen basiert, die vielleicht noch in Ihrer Schublade schlummern, eignet sich hervorragend als Schaustück auf einer ansprechend gestalteten Platine, die Sie auf Ihren Schreibtisch stellen können, um Ihre Freunde zu beeindrucken.

Wie es funktioniert

Die Schaltung in **Bild 1** ist eine leicht angepasste Version der Originalveröffentlichung [1] aus dem Jahre 2003. Sie kann drei verschiedene Sirenentöne im „US-Stil“ erzeugen: Polizei, Krankenwagen und Feuerwehr. Mit dem Schalter S1 wird der gewünschte Sound ausgewählt. Mit dem Drucktaster S2 wird das Gerät aktiviert.

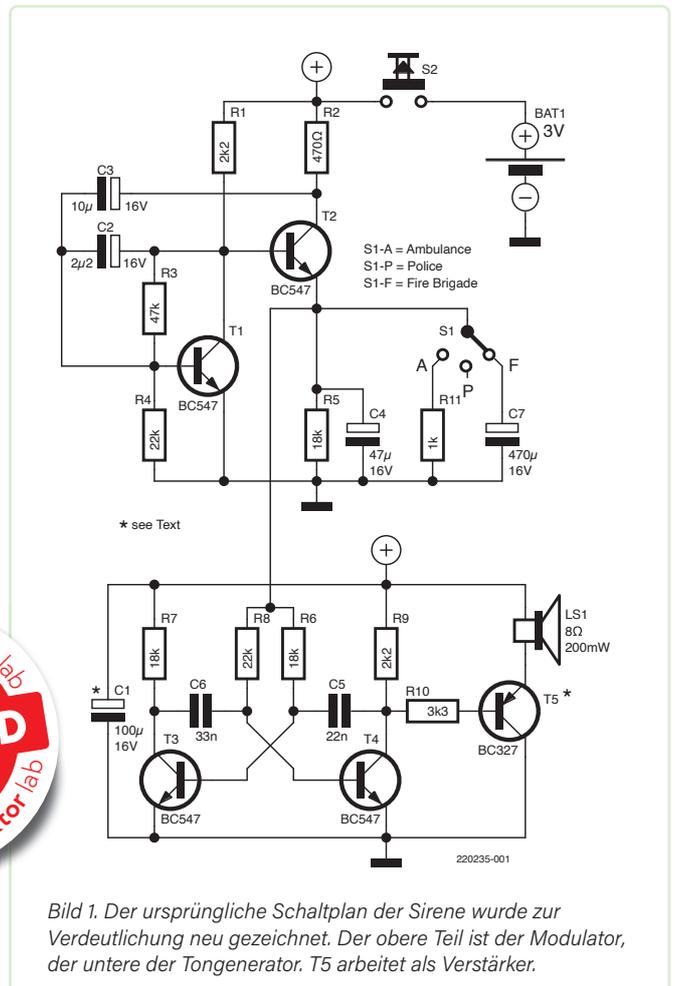


Bild 1. Der ursprüngliche Schaltplan der Sirene wurde zur Verdeutlichung neu gezeichnet. Der obere Teil ist der Modulator, der untere der Tongenerator. T5 arbeitet als Verstärker.

Die Schaltung besteht aus drei Teilen, einem Modulator (T1 und T2), einem Tongenerator (T3 und T4) und einem Verstärker (T5). Der Modulator ist ein Sägezahn-generator, der C4 (und C7, wenn er eingeschaltet ist) periodisch auflädt. R5 (zusammen mit R11, falls gewählt) entlädt den/die Kondensator(en), was zu einer fallenden Rampe am Emitter von T2 führt. C4 (und C7) und R5 (und R11) bestimmen auch die Frequenz des Modulators. Wenn die Rampe den unteren Grenzwert erreicht (etwa 1,3 V bei einer Versorgungsspannung von 3 V), wird T2 eingeschaltet und lädt die Kondensatoren schnell wieder auf. Erreicht



STÜCKLISTE

Widerstände:

(alle 5%, 0,25 W)

R1,R9 = 2k2

R2 = 470 Ω

R3 = 47 k

R4,R8 = 22 k

R5,R6,R7 = 18 k

R10 = 3,3 k

R11 = 1 k

Kondensatoren:

C1 = 100 μ, 16V

C2 = 2μ2, 16V

C3 = 10 μ, 16V

C4 = 47 μ, 16V

C5 = 22 n, Raster 5 mm

C6 = 33 n, Raster 5 mm

C7 = 470 μ, 16V

Halbleiter:

T1,T2,T3,T4 = BC547

T5 = BC327

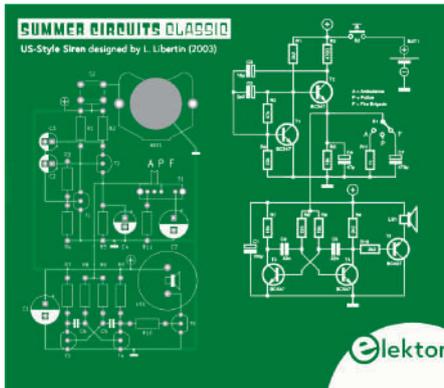
Außerdem:

BAT1 = 2032-Knopfzellenhalter
(Keystone 3003)

LS1 = Lautsprecher 8 Ω, 200 mW
(Kingstate KSSG1708)

S1 = Schiebeschalter SP3T
(C&K OS103011MA7QP1)

S2 = Taster, Raster 6 mm



die Spannung an C4 (und C7) den oberen Grenzwert (von etwa 2,4 V bei einer Versorgungsspannung von 3 V), wird T2 ausgeschaltet und die Rampe beginnt von neuem.

Der Tongenerator ist ein klassischer astabiler Multivibrator mit zwei Transistoren, dessen Frequenz vom Sägezahn über R6 und R8 gesteuert wird. Bei einer 3-V-Versorgung reicht der Frequenzbereich von etwa 1,3 kHz bis unter 700 Hz.

Die Schaltung kann in Spielzeugen (zum Beispiel Modellautos), als Teil einer Alarmanlage und in vielen anderen Anwendungen eingesetzt werden. Für die Verwendung in einem Spielzeug und in dem hier beschriebenen „pädagogischen Schaustück“ ist ein BC327 als Verstärker T5 geeignet, da dieser Transistor einen 200-mW-8-Ω-Lautsprecher anzusteuern und dabei recht hohe Schallpegel erzeugen kann. Wenn es etwas lauter sein soll, empfiehlt sich ein BD136 (der allerdings nicht auf die Platine passt). Dieser Transistor kann einen 8-Ω-Lautsprecher mit 5 W ansteuern.

Stromversorgung

Die Schaltung funktioniert bis zu einer Spannung von weniger als 2,5 V, auch wenn bei niedriger Versorgungsspannung die Frequenz etwas ansteigt und der Frequenzbereich etwas abnimmt. Eventuell müssen deswegen einige Bauteilwerte angepasst werden. Aus diesem Grund können wir die Sirene mit einer CR2032-Knopfzelle in einem

Halter versorgen, aber Sie können auch zwei oder drei AA(A)-Zellen oder eine 9-V-Blockbatterie oder eine andere Stromversorgung bis zu 12 V verwenden. Das sieht natürlich nicht so chick aus. Die Stromaufnahme bei einer 3-V-Batterie beträgt etwa 50 mA, bei einer 12-V-Versorgung etwa 190 mA.

Bau der Sirene

Wie bereits erwähnt, haben wir eine neue Platine für die Sirene entworfen. Auf der Vorderseite ist der Schaltplan aufgedruckt, auf der Rückseite eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise in englischer Sprache. Der Aufbau der Platine ist einfach, da nur bedrathete Bauteile verwendet werden. Beginnen Sie wie üblich mit den kleinsten (niedrigsten) Bauteilen und arbeiten Sie sich nach oben vor. Wenn Sie fertig sind, können Sie die Platine in ihrer edlen Holzhalterung (**Bild 2**) bewundern oder sie Ihren Kindern schenken und sie damit bespaßen. ◀

220235-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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

WEBLINK

[1] L. Libertin, „US-Sirene“, Elektor 7-8/2003: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200307/1713>



Passendes Produkt

- > US-Style-Sirene (Bausatz)
- > www.elektor.de/ussiren



Zwei Drehgeber an einem Analogeingang

Holen Sie das Beste aus begrenzten Ressourcen heraus

Von Clemens Valens (Elektor)

Mit diesem Trick können Sie einen oder mehrere Drehgeber an einen Mikrocontroller anschließen und dabei nur einen Analogeingang verwenden.

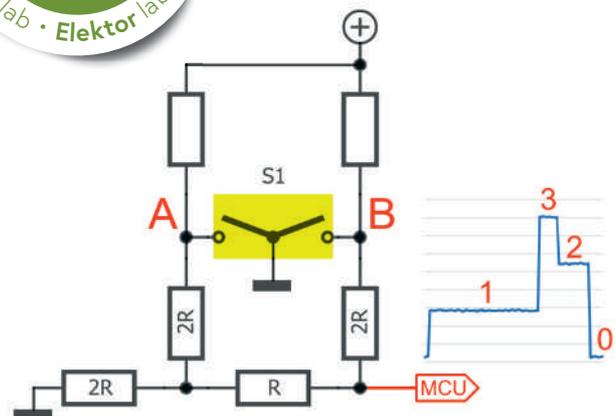


Bild 1. Vier Widerstände bilden einen 2-Bit-R2R-Digital-Analog-Wandler (DAC). Es sind auch Pull-up-Widerstände erforderlich, da sonst keine Spannung umgewandelt werden kann.

Für das Auslesen eines Drehgebers mit einem Mikrocontroller werden normalerweise zwei Eingänge benötigt, drei, wenn der Drehgeber einen integrierten Taster hat. Beim Anschluss von zwei Drehgebern werden sechs Eingänge benötigt, bei drei Drehgebern neun, und so weiter. Wenn der Mikrocontroller jedoch einen Analog-Digital-Wandler (ADC) besitzt und ein Analogeingangspin frei ist, dann ist das alles, was Sie brauchen. Und so funktioniert es.

Machen Sie es analog

Das Drehen eines richtig verdrahteten Drehgebers erzeugt eine Reihe von Impulsen an den Pins A und B. Wenn man diese zusammen als einen 2-Bit-breiten parallelen Bus betrachtet, können sie vier Werte annehmen: 0, 1, 2 und 3. Dreht man den Drehgeber in eine Richtung, erhält man die Sequenz 0-1-3-2-..., dreht man ihn in die andere Richtung, erhält man die Sequenz 0-2-3-1-.... Die Drehrichtung kann also aus der Sequenz bestimmt werden.

Ein Digital-Analog-Wandler (DAC) wandelt numerische Werte in Spannungen um. Ein einfacher DAC kann mit einem sogenannten

R2R-Widerstandsnetzwerk aufgebaut werden. Ein solches Netzwerk besteht aus Widerständen mit nur zwei Werten: R und 2R. Für jedes Bit werden zwei Widerstände benötigt, für jedes zusätzliche Bit kommen zwei Widerstände hinzu. Ein 2-Pin-Drehgeber benötigt also vier Widerstände und erzeugt eine Spannung, die vier Werte annehmen kann (**Bild 1**).

Die Abtastung des analogen Signals mit dem ADC der MCU und die anschließende Dekodierung ermöglichen die Rückgewinnung der ursprünglichen Signale A und B. Diese können dann auf dieselbe Weise weiterverarbeitet werden wie bei einem digital angeschlossenen Drehgeber.

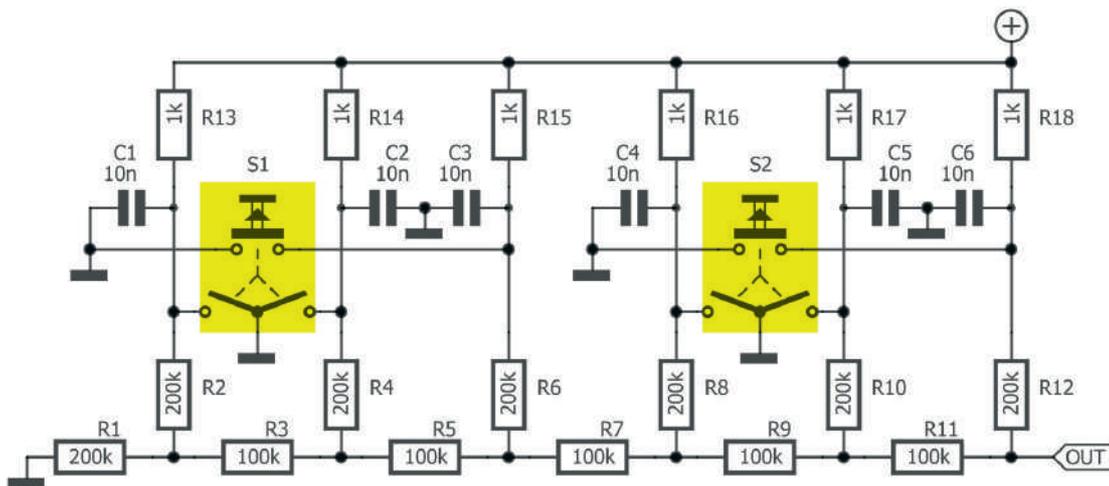


Bild 2. Eine „reale“ Schaltung zum Anschluss von zwei Drehgebern mit eingebauten Drucktasten an einen analogen Eingangspin eines Mikrocontrollers. Die 2R-Widerstände können einfach zwei R-Widerstände in Reihe sein.

Eine praktische Implementierung

Zwei Drehgeber mit integrierten Schaltern benötigen einen 6-Bit-DAC, um „analog“ zu werden, und erzeugen 64 Spannungswerte. Eine MCU, die über einen 10-Bit-ADC verfügt, kann das zusammengesetzte Encodersignal problemlos dekodieren, da sie eine Reserve von vier Bit pro Wert bereithält. Dies erlaubt es, 5%ige Widerstände zu verwenden (obwohl 1%ige Werte natürlich besser wären). Geeignete Mikrocontroller gibt es zuhauf, zum Beispiel den ATmega328, wie er auf dem Arduino Uno-Board zu finden ist.

In einer realen Implementierung (**Bild 2**) muss der Wert von R im R2R-Netzwerk viel größer sein als die Pull-up-Widerstände R13...R18, um zu vermeiden, dass diese das R2R-Verhältnis zu stark beeinflussen. Gleichzeitig dürfen die Pull-ups aber auch nicht zu klein sein, da sonst der Strom, der durch die Schaltkontakte fließt, zu hoch wäre. Die Kondensatoren C1 bis C6 werden benötigt, um die mechanischen Kontakte zu entprellen, die sonst Störungen zwischen den beiden Drehgebern verursachen könnten.

Software

Ein Arduino-Sketch, der das von der Schaltung aus Bild 2 erzeugte Signal dekodiert, sowie eine LTspice-Simulation sind unter [1] zu finden. Eine ausführliche Erläuterung dieser Schaltung ist auch als Video verfügbar [2] ◀

190097-02



Passende Produkte

- **Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (SKU 17967)**
www.elektor.de/17967
- **Elektor Ultimate Sensor Kit (SKU 19104)**
www.elektor.de/19104



↓ Projekt-Download

www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



WEBLINKS

- [1] C. Valens, „Rotary encoder(s) on a single MCU pin“, Elektor-Labs.com: <https://www.elektormagazine.de/rotary-encoder-single-pin>
 [2] C. Valens, „Single-Pin Rotary Encoder“, Elektor TV, 2019: <https://youtu.be/7mc2vPFNVsQ>

Wie man mit dem Arduino einen digitalen 230-V-AC-Dimmer baut

Von Hesam Moshiri (Iran)

Wechselstromverbraucher sind überall um uns herum, da die meisten Haushaltsgeräte mit Netzspannung versorgt werden. Daher stoßen wir immer wieder auf Situationen, in denen wir die volle Kontrolle (Dimmen) einer solchen AC-Last brauchen, sei es bei einer Lampe, einem Motor oder einem Staubsauger.

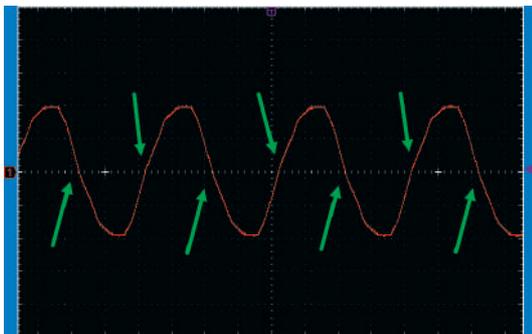


Bild 1. Sinuskurve der Netzspannung. Die grünen Pfeile zeigen die Nulldurchgangspunkte.

Warnung: Dieses Projekt verwendet potentiell tödliche Netzspannung. Seien Sie vorsichtig, denn diese Schaltung kann nicht zur Steuerung von Geräten verwendet werden, die AC-DC-Schaltnetzteile (SMPS) zur Stromversorgung verwenden, zum Beispiel moderne LED-Lampen.

Bild 1 zeigt die Sinuswelle der Netzspannung mit einer Frequenz von 50 Hz (manchmal 60 Hz). Für den Aufbau einer Dimmerschaltung sind die Nulldurchgangspunkte (die Punkte, an denen die Spannung ihre Polarität ändert) wichtig. Um diese Punkte zu erfassen, benötigen wir einen Nulldurchgangsdetektor.

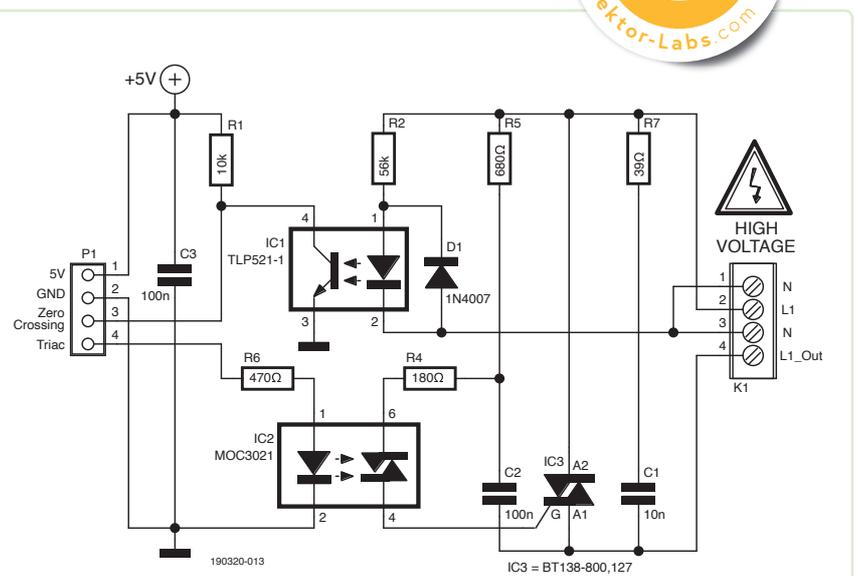


Bild 2. Schaltung des digitalen AC-Dimmers.

Bild 2 zeigt die Schaltung mit R1, R2, IC1, D1 und C3 als Nulldurchgangsdetektor. Sie ist so ausgelegt, dass sie eine wirkungsvolle (optische) Isolierung von der Netzspannung bereitstellt. So können wir ein hochspannungs- und rauschfreies Signal erwarten, das sicher an die Arduino-I/Os angeschlossen werden kann.

Bild 3 zeigt das Ausgangssignal des Nulldurchgangsdetektors (Pin 4 von IC1). Die Wahl der Optokoppler ist nicht kritisch, sie können gut auch ähnliche Modelle verwenden.

Die Nulldurchgangsimpulse werden als Trigger für die Steuerschaltung verwendet. Vereinfacht ausgedrückt, müssen wir genau nach einem Trigger (einem Nulldurchgang) entscheiden, wie viel Leistung abgegeben werden soll. Dies ist leichter zu verstehen, wenn man sich den Arduino-Code und die Ausgangswellenform später ansieht. IC3 ist ein Triac des Typs BT138. Die Last ist in Serie mit dem Triac und dem Wechselstromkreis geschaltet, so dass der Triac bestimmt, wie viel Strom an die Last abgegeben werden soll.

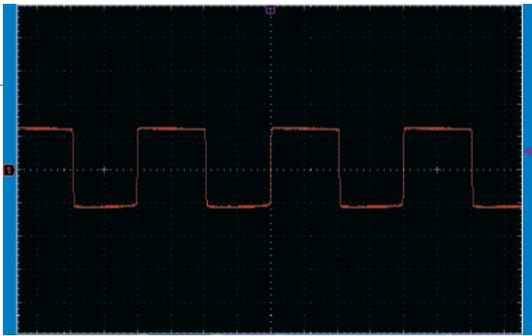


Bild 3. Das Ausgangssignal der Nulldurchgangsdetektors.

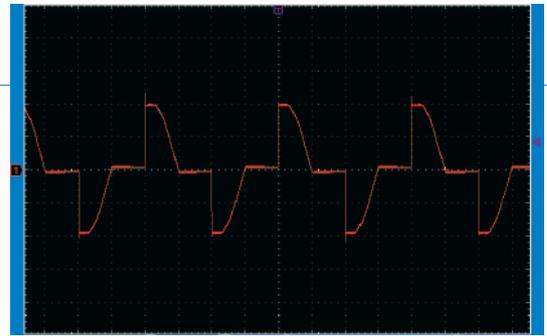


Bild 4. Die Ausgangswellenform bei 50% Leistung (dim = 5000).

Achtung: Die Montagelampe des BT138-Triacs (standardmäßig wird er zur Befestigung am Kühlkörpers verwendet) ist mit Pin 2 verbunden. Dies bedeutet, dass Sie den Kühlkörper niemals berühren oder ihn an ein berührbares Metallgehäuse schrauben sollten!

R4, R5 und C2 bilden eine Snubber-Schaltung für IC2, und C1 und R7 bilden eine Snubber-Schaltung für IC3. Dadurch wird der Dimmer kompatibel mit einer Vielzahl von Lasten, auch von induktiven. IC2 ist ein Opto-Triac, das die galvanische Trennung zwischen der digitalen Seite und der AC-Leitung sicherstellt. Hier wird ein MOC3021 eingesetzt; Sie können aber auch ähnliche Exemplare verwenden. Achten Sie jedoch darauf, dass Sie keine Triac-ICs mit integriertem Nulldurchgangsdetektor erwischen, da diese sind nur zum Schalten der AC-Lasten (EIN/AUS), nicht aber zum Dimmen gebraucht werden können.

Arduino-Code

Nun ist es an der Zeit, den Arduino-Code (**Listing 1**) zu untersuchen, der unter [1] heruntergeladen werden kann. Es gibt zwei Methoden, um die Impulse des Nulldurchgangsdetektors abzufragen: Polling und Interrupting. Im ersten Versuch habe ich einen Interrupt verwendet, aber in einigen Situationen kam es zu einem „Lastflimmern“. Dies ist ein lästiges Phänomen, das bei einigen Dimmern auftritt, und der Grund dafür ist ein falsches Timing. Wie ich bereits erwähnt habe, sind die Nulldurchgangspunkte sehr wichtig, und jede zufällige Zeitabweichung führt zu Instabilität. Bei der Interrupt-Methode führte dies zu einem gewissen Jitter, und dieser Jitter verursachte dann das „Flattern“ bei den *dim*-werten. Deshalb habe ich die Methode auf Polling umgestellt. Alles, was jetzt zu tun ist: die AUS-Zeit des TRIACs in beiden Zyklen ändern, so dass die *dim*-Variable die zu übertragende Leistung definiert. **Bild 4** zeigt die Ausgangswellenform (50 %). Sie können den Code erweitern und zwei Taster zum Erhöhen und Verringern der Ausgangsleistung hinzufügen. ◀

190320-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



Über den Autor

Hesam Moshiri hat einen MSc-Abschluss in Embedded Systems Design. Er hat Erfahrung in den Bereichen Elektronik und maschinelles Sehen/ Maschinelles Lernen. Hesams Hauptinteresse gilt dem Schreiben von Texten und dem digitalen Marketing in den oben genannten Bereichen. Er unterhält einen YouTube-Kanal mit dem Namen „MyVanitar“, auf dem er Videos über Elektronikprojekte und Design-/Messtipps veröffentlicht.

↓ Projekt-Download



Listing 1: Arduino-Code.

```
const byte ZCP = 2;
const unsigned int dim = 5000;

void setup() {
    pinMode(ZCP, INPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);
    digitalWrite(10, LOW);
}

void loop() {
    if (digitalRead(ZCP) == HIGH)
        Zero_Cross();
}

void Zero_Cross() {
    digitalWrite(10, LOW);
    delayMicroseconds(dim);
    digitalWrite(10, HIGH);
}
```

WEBLINK

[1] Software zum Download: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-22>



Zehnfache LED-Stromquelle

Strom für bis zu 100 LEDs konstant halten

Von Dieter Aschmann (Deutschland)

Wollen Sie eine Beleuchtung mit vielen LEDs realisieren? Dann denken Sie bestimmt: Das geht einfach – man nehme LEDs plus Vorwiderstände. Das stimmt zwar für ein einfachstes Vorgehen, aber hier wird eine Luxusausführung mit extrem genauen und stabilen Strömen für bis zu 100 weiße LEDs beschrieben.

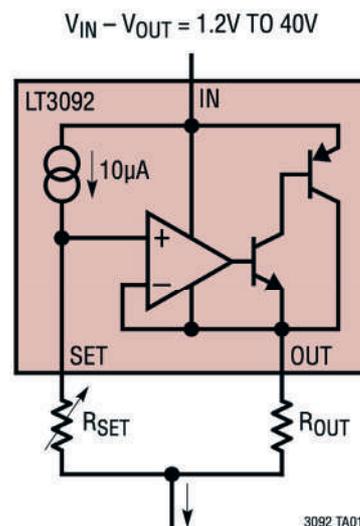
Für das Fest der Lichter a.k.a. Weihnachten habe ich eine Stromversorgung für LEDs gebaut, mit der man die Betriebsströme sehr präzise und stabil einstellen kann. Hierzu eignet sich ein „programmierbarer Stromregler“ wie das IC LT3092 hervorragend. Dabei handelt es sich um eine integrierte serielle Stromquelle mit einem einstellbarem Strom zwischen 0,5 mA und etwa 300 mA. Bei Versorgung mit 24 V lassen sich damit bis zu sechs weiße LEDs in Serie betreiben.

Stromquellen-IC

Das Datenblatt zum LT3092 [1] gibt an, dass das IC maximal etwa 1 W Verlustleistung verträgt. In diesem Datenblatt ist die Prinzipschaltung von **Bild 1** zu finden. Enthalten ist auch die Formel für die Einstellung des Konstantstroms und die Angabe für die minimale und maximale Spannung, die über dem IC abfallen darf.

Da die Vorwärtsspannung einer „normalen“ weißen LED beim Nennstrom von 20 mA typischerweise bei etwa 3,3 V liegt, reicht logischerweise zum Betrieb einer einzigen LED schon eine Versorgungsspannung von 5 V aus, da 3,3 V und der minimale Spannungsabfall von 1,2 V in Summe 4,5 V ergeben. An 12 V sind drei in Serie geschaltete LEDs kein Problem und an 24 V sind sogar sechs LEDs in Serie möglich. Will man es auf die Spitze treiben, kann man bei einer Versorgung mit 36 V sogar bis zu zehn weiße LEDs in Serie schalten. Von andersfarbigen LEDs mit geringerer Vorwärtsspannung kann man entsprechend noch mehr seriell einsetzen. Bei High-Power-LEDs können auch weniger möglich sein, da hier bei höheren Strömen bis zu 3,6 V abfallen können.

Adjustable 2-Terminal Current Source



$$I_{SOURCE} = 10\mu A \cdot \frac{R_{SET}}{R_{OUT}}$$

Bild 1. Die Prinzipschaltung des ICs LT3092 samt Formel zur Stromeinstellung.

Laut der Formel von Bild 1 ergibt sich der Strom aus dem Spannungsabfall an R_{SET} durch R_{OUT} . Da durch R_{SET} 10 μA fließen, lässt sich der Spannungsabfall leicht berechnen: Bei 100 k Ω für R_{SET} ergibt sich eine Spannung von 1 V. Da sich dieser Spannungsabfall zur minimalen Spannung über dem IC addiert, empfiehlt es sich, mit kleineren Widerständen zu arbeiten, denn mit 100 k Ω und dem sich ergebenden Gesamtspannungsabfall von minimal 2,2 V lässt sich an 5 V nämlich schon keine einzelne weiße LED mehr stabil betreiben. 30 k Ω wären praktikabler, denn beim Nennstrom einer bedrahteten 3- oder 5-mm-LED von 20 mA ergäbe sich dann ein R_{OUT} von 15 Ω und der Gesamtspannungsabfall an der Schaltung läge so bei akzeptablen 1,5 V.

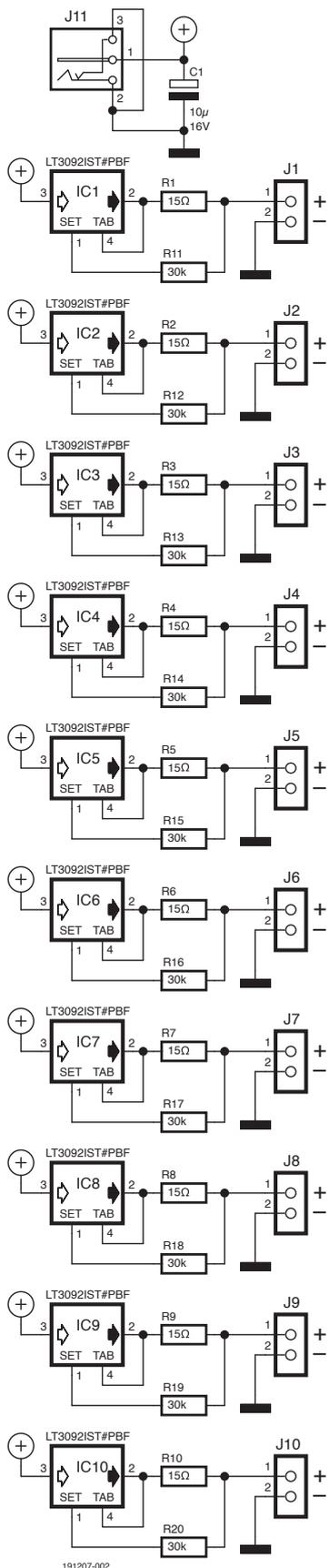


Bild 2. Die Schaltung der zehnfachen Stromquelle ist quasi eine Verzehnfachung von Bild 1.

Wie schon erwähnt beträgt die maximale Verlustleistung des ICs 1 W. Der hier verwendete Typ LT3092IST#PBF steckt in einem dreipoligen SO223-Gehäuse. Die entstehende Wärme wird über ein „exposed pad“ abgeleitet, das als vierter Pin mit dem Ausgang verbunden sein sollte. In der **Tabelle** „Platinenfläche und Wärmewiderstand“ kann man ersehen, wie groß der benötigte Platinenplatz ausfallen muss, um die entstehende Wärme abzuführen.

Tabelle 1. Platinenfläche und Wärmewiderstand.

Kupferfläche (mm ²)		Wärmewiderstand Silizium zu Umgebung
Oben*	Unten	
2500	2500	20°C/W
1000	2500	20°C/W
225	2500	24°C/W
100	2500	29°C/W

*Bestückungsseite

Schaltung

Die Schaltung von **Bild 2** ist simpel, denn es ist schlicht die Verzehnfachung der Prinzipschaltung. Für R11...R20 wählt man, wie für 20 mA vorgeschlagen, einen Wert von 30 kΩ aus der E24-Reihe und 15 Ω für R1...R10. Widerstände mit 1% Toleranz sind hier vorteilhaft, denn dann hat man zumindest elektrisch dafür gesorgt, dass alle LEDs von einem ziemlich gleichen Strom durchflossen werden, was Helligkeitsunterschiede minimiert.

Für geringere Helligkeiten kann man dann R1...R10 erhöhen. Bei 30 Ω ergeben sich beispielsweise 10 mA und bei 62 Ω knapp 5 mA. Die speziell für die zehnfache Stromquelle entwickelte Platine ist für kleine Ströme bis 25 mA vorgesehen, da sie aufgrund ihrer begrenzten Fläche

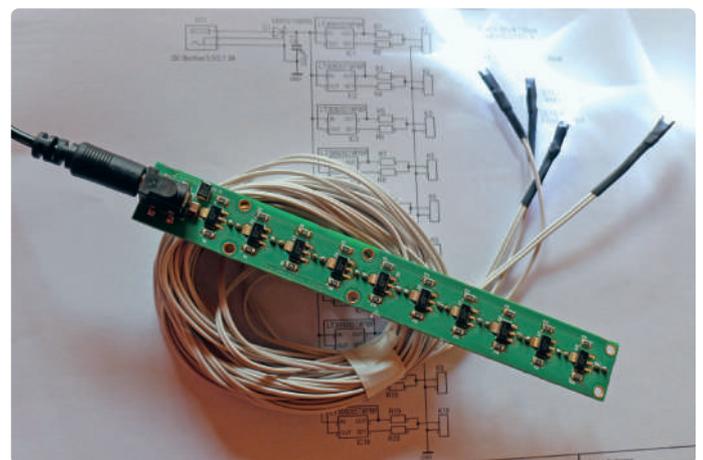


Bild 3. Der Prototyp des Autors.

nicht allzu viel Wärme abführen kann. Dafür ist sie sehr kompakt und die Layout-Dateien können im Target3001-Format kostenlos unter [2] heruntergeladen werden. Die Platine ist für praktische zweipolige Steckverbindungen vorgesehen, an die man verpolungssicher insgesamt zehn LEDs beziehungsweise zehn Serienschaltungen von jeweils bis zu jeweils 10 LEDs (bei einem Betrieb an 36 V) anschließen kann. Der Prototyp ist in **Bild 3** zu sehen.

Zur Betriebsspannung: Da an einem IC minimal 1,2 V plus die 0,3 V von R_{OUT} abfallen, sollte die Betriebsspannung daher mindestens $n \times$ Vorwärtsspannung +1,5 V betragen, wobei n die Anzahl an in Serie geschalteten LEDs angibt. Aber auch nach oben gibt es Grenzen, die durch die Verlustleistung bedingt sind: Wenn man die Verlustleistung pro IC auf sinnvolle 100 mW begrenzt, dürfen daran nur etwa 5 V abfallen. Die Betriebsspannung der Schaltung sollte daher in der Praxis bei weißen LEDs im Bereich $n \times 3,3 \text{ V} + 1,5 \dots 5,3 \text{ V}$ liegen.

Außerdem

Das IC LT3092 ist mit Preisen von über 4 € nicht ganz preiswert. Die Sache lohnt also nur, wenn man aus Gründen der Stabilität so viel Aufwand treiben möchte. Man muss allerdings nicht zwangsläufig die ganze Platine bestücken. Bei 30 zu betreibenden LEDs kommt man beispielsweise mit drei ICs an 36 V oder fünf ICs an 24 V aus, was deutlich preiswerter als eine 12-V-Lösung ist, die zehn ICs erfordert. Sollten später mehr LEDs erforderlich sein, kann man die Platine immer noch nachrüsten und bleibt so flexibel. C1 sollte natürlich an die Versorgungsspannung angepasst sein: Beispielsweise kann an einem 12-V-Netzteil die Spannungsfestigkeit auch nur 16 V betragen. Es werden relativ große SMD-Bauteile verwendet, die sich gut von Hand löten lassen.

Noch ein Wort zu den Kosten: Mit dem Ersatztyp LT3082 kann man fast einen Euro pro IC einsparen. Zur Versorgung eignen sich kleine Steckernetzteile passender Spannung. Kleine Schaltnetzteile überzeugen gegenüber analogen, stabilisierten Modellen durch einen höheren Wirkungsgrad. Unstabilisierte Netzteile sollte man nicht verwenden, weil hier unter Umständen die Verlustleistung der ICs zu hoch ausfallen könnte. Da der ganze Strom direkt durch die LEDs fließt, lässt sich auch die erforderliche Strombelastbarkeit leicht berechnen. Für zehn LED-Kanäle mit je 20 mA kämen folglich 200 mA zusammen. Das wiederum liefert fast jedes Netzteil, das man kaufen kann. ◀

191207-02



STÜCKLISTE

Widerstände:

(SMD 1206, 1%)

R1...R10 = 15 Ω *

R11...R20 = 30 k *

Kondensatoren:

C1 = 10 μ / 50 V, Vielschicht, SMD 1210 *

Halbleiter:

IC1...IC10 = LT3092IST#PBF *

Außerdem:

J1..J10 = Platinenstecker, 2-pol., RM 1/10" (SL-MTA)

J11 = Hohlstecker für NV-Netzteil

Steckernetzteil mit 5, 12, 24 oder 36 V *

* siehe Text

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Passende Produkte

- **OWON OW16B Digital-Multimeter mit Bluetooth (SKU 18780)**
www.ektor.de/18780
- **Joy-IT DPM8605 Programmierbares Netzgerät (0-60 V, 0-5 A) (SKU 19385)**
www.ektor.de/19385



WEBLINKS

[1] Datenblatt LT3092: <https://www.analog.com/en/products/lt3092.html>

[2] Layout-Datei: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-22>



Vier Schalter an einem Pin erkennen

Mit dem ADC klappt's

Von Luc Lemmens (Elektor)

Der interne A/D-Wandler eines ESP8266 ist - wie der des ESP32 - nicht für genaue Spannungsmessungen geeignet. Aber es gibt andere Anwendungen, bei denen sich der Analogeingang bewähren kann, wie zum Beispiel bei der Flipper-Uhr aus der Elektor März/April 2019. Der Zustand von vier Schaltern kann so mit nur einem Controller-Pin erfasst werden.

Die Flipper-Uhr [1], die ich 2019 vorgestellt habe, verwendet vier Spielstandzähler aus einem alten Flipperautomaten, um die Zeit und das Datum anzuzeigen. Diese Zähler haben ein Rad mit den Ziffern 0 bis 9, dessen Position jedes Mal um eins erhöht wird, wenn die Spule im Modul gepulst wird. Natürlich muss die Uhr die Position der Zähler kennen, um die richtige Zeit oder das richtige Datum anzuzeigen zu können. Bei der Konstruktion der Flipper-Uhr haben wir uns dafür entschieden, zu erkennen, wann ein Rad auf Null steht, und dann die Anzahl der Impulse, die es erhalten hat, in der Software zu verfolgen, die so die aktuelle Zählerposition anzeigen sollte und konnte. Die Zähler haben jeweils einen Schalter, der sich bei Nullstellung öffnet, was genau das ist, was benötigt wird, um den Zählerstand mit der Software zu synchronisieren.

In diesem Fall reicht die in **Bild 1** gezeigte Schaltung aus, um zu erkennen, wann eines oder mehrere der vier Räder den Nullpunkt erreicht haben, und zwar nur mit dem Analogeingang des ESP. Die Nullschalter sind in Reihe geschaltet, und über ihren Anschlussfahnen sind Widerstände angebracht. Ein Schalter öffnet sich, wenn ein Zähler den Nullpunkt erreicht, wodurch sich die Eingangsspannung des ADCs erhöht. Der Uhr ist zwar sofort klar, welches Rad bei der Erhöhung des ADC-Eingangs den Nullpunkt erreicht hat, da die Zähler immer einzeln gepulst werden, aber ohne diesen „Verlauf“ zu kennen, gibt der ausgelesene Analogwert keine Auskunft darüber, welcher der Zähler auf Null steht. Wenn wir also ein Gerät zurücksetzen wollen, gibt es keine andere Möglichkeit, als eine A/D-Wandlung durchzuführen, den entsprechenden Zähler zu inkrementieren und dann die Spannung am Analogeingang erneut zu messen. Solange der neu gemessene Wert nicht höher ist als der vorherige, ist der Zähler noch nicht auf Null und es wird so lange gepulst und gemessen, bis sie es ist. Im schlimmsten Fall werden zehn Impulse benötigt, um ein Ziffernrad auf

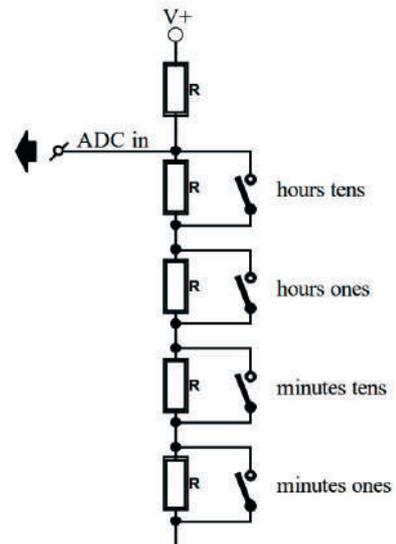


Bild 1. Vier Schalter an einem Controller-Pin.

Null zu setzen, da es vorkommen kann, dass der betreffende Zähler bereits auf Null war und eine ganze Runde drehen muss, um wieder auf Null zu kommen.

Würde ein Zähler, aus welchem Grund auch immer, nicht richtig funktionieren, würde die Uhr im Prinzip bis zum Sanktimmerleinstag pulsieren und auf eine Null warten, die nie erreicht oder erkannt würde. Daher überwacht die Software, wie viele aufeinanderfolgende Impulse an einen Zähler gegeben wurden, und wenn es zu viele werden, wird der Rücksetzvorgang gestoppt und ein Fehler registriert.

Es ist zwar nicht die effizienteste Art, den Zustand von vier Schaltern zu erkennen, und diese Methode kann auch nur in bestimmten Situationen verwendet werden, aber der Vorteil ist halt, dass diese Methode nur einen Eingangspin des ESP benötigt.  191169-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an die Redaktion unter luc.lemmens@elektor.com.

WEBLINK

[1] L. Lemmens, „Flipper-Uhr“, Elektor 3/2019:
<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-87/42488>



Winziger Ein/Aus-Schalter mit Akku-Füllstandskontrolle

Verhindert die Tiefentladung des Akkus

Von Laurent Labbe (Frankreich)

Diese kleine PIC-basierte Schaltung entprellt einen Ein/Aus-Taster für ein akkubetriebenes Gerät. Sie verhindert auch das Einschalten, wenn die Akkuspannung zu niedrig ist, und schaltet das Gerät ab, wenn die Spannung unter 3,2 V fällt.

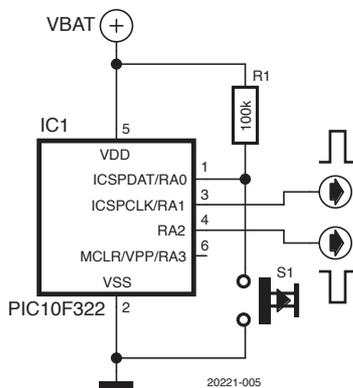


Bild 1. Schaltbild des Ein/Aus-Tasters.

Normalerweise verwenden wir einen Schiebeschalter, um ein akkubetriebenes, tragbares Gerät ein- und auszuschalten. Und oft wird ein Komparator (wie der MAX931) eingesetzt, um die Akkuspannung zu überwachen und die CPU oder das Gerät mit Strom zu versorgen - zum Beispiel über den Enable-Pin des Spannungsreglers. Dies verhindert die Tiefentladung von Akkus und verlängert so deren Lebensdauer. Die Idee dieses Projekts ist es, ein einziges IC - einen PIC10F322-Mikrocontroller von Microchip Technology - zu verwenden, um einen Drucktaster und den Schwellenwert der Akkuspannung zu erfassen, um die Stromversorgung des Geräts zu aktivieren (oder halt nicht).

Der Controller ist mit seinem SOT-23-6-Gehäuse sehr klein und auch billig (weniger als 1 €), so dass er sogar weniger kostet als ein separater Komparator und kaum Platz auf der Platine einnimmt. Die Hauptgründe für die Wahl dieses Mikrocontrollers sind das kleine Gehäuse und seine integrierte echte Referenzspannungsquelle (Fixed Reference Voltage, FVR). Der PIC10(L)F322 besitzt zwar nur ein sehr kleines Flash-ROM (512 Worte) und RAM (64 Worte), aber das reicht für diese Anwendung aus. Aufgrund des kleinen Programmspeichers kann die Berechnung des Batteriestandes nicht sehr genau sein, aber eine Genauigkeit von 100 mV sollte genügen. Die LF-Version ist für eine Versorgungsspannung von 1,8...3,6 V und die F-Version für 2,3...5,5 V ausgelegt. Bei einem Lithium-Ionen-Akku (Ladespannung >4 V) muss deshalb die F-Version verwendet werden!

Die Schaltung

Die hier vorgestellte Schaltung (**Bild 1**) entprellt den Ein/Aus-Taster S1, während die Akkuspannung vor dem Einschalten (bei Spannung <3,6 V: Gerät nicht einschalten) und während des Betriebs (bei Batteriespannung < 3,2 V: Gerät ausschalten) überwacht wird. Der Taster ist über einen 100-kΩ-Pull-up-Widerstand an Pin 1 des Mikrocontrollers angeschlossen. Der aktive High-Ausgang liegt auf Pin 3, der aktive Low-Ausgang auf Pin 4. Einer dieser Ausgänge muss mit dem Enable-Eingang des Spannungsreglers des Geräts verbunden werden. Die Stromaufnahme dieses ICs, das sich die meiste Zeit im Sleep-Modus befindet, beträgt weniger als 1 µA (0,5 µA typisch).

Die Software ist in C geschrieben, unter Verwendung des Compilers MikroC-Pro. Der Quellcode und die HEX-Datei zur Programmierung des PIC10F322 stehen auf der Projektseite von Elektor Labs [1] zum Download zur Verfügung. Es gibt eine Hauptschleife mit einem Schlafmodus alle 270 ms, um Energie zu sparen. Die interne Referenz FVR wird verwendet, um den Akkufüllstand zu vergleichen.

Von der integrierten Programmierumgebung MPLAB IPE über das Programmieradapter Microchip PICKit3 wird die HEX-Datei über die Pins ICSPDAT, ICSPCLK und MCLR (Pin 1, 3 und 6) in den PIC10F322

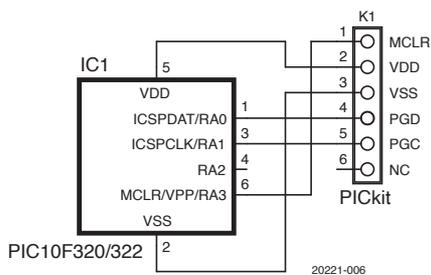


Bild 2. Anschluss des PICs an das PICkit-Programmieradapter.

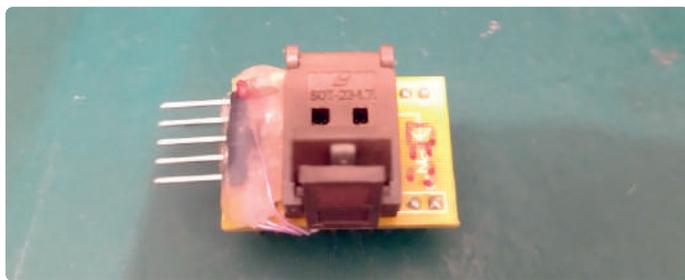


Bild 3. Ein Adapter mit ZIF-Fassung für SOT-23-6-Bauteile.

geschrieben. Diese Pins (plus VDD und GND, insgesamt also fünf Pins) können zu einem fünf- oder sechspoligen Steckverbinder mit einem Rastermaß von 2,54 mm (oder kleiner) auf Ihrer Platine geroutet werden, aber das nimmt natürlich relativ viel Platz in Anspruch und macht den Vorteil der Verwendung des winzigen Bauteils zunichte. Die richtigen Verbindungen zwischen dem PIC und dem PICkit sind in **Bild 2** dargestellt. Es gibt preiswerte Programmieradapter zu kaufen, die eine integrierte ZIF-Fassung für SOT-23-6-ICs besitzen (wie in **Bild 3**). Ein solcher Adapter kann leicht modifiziert und mit dem PICkit kombiniert werden, um ein eigenes PIC10F322-Programmiergerät zu bauen. ◀

200221-B-02



Passende Produkte

- **T. Hanna, Mikrocontroller Basics mit PIC (Elektor 2020)**
 Buch SKU 18945: www.elektor.de/18945
 E-Buch SKU 18946: www.elektor.de/18946

WEBLINK

- [1] Dieses Projekt auf Elektor Labs:
<https://www.elektormagazine.de/labs/simple-push-button-onoff-with-battery-level-check>

You CAN get it...

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



PCAN-PCI Express FD

CAN-FD-Interface für PCI Express. Erhältlich als Ein-, Zwei- und Vierkanalkarte inkl. Software, APIs und Treiber für Windows und Linux.



PCAN-Router FD

Frei programmierbarer Router für CAN und CAN FD mit 2 Kanälen. Erhältlich mit D-Sub- oder Phoenix-Anschlüssen inkl. Entwicklungspaket.



PCAN-Explorer 6

Professionelle Windows-Software zur Steuerung und Überwachung von CAN-FD- und CAN-Bussen.

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



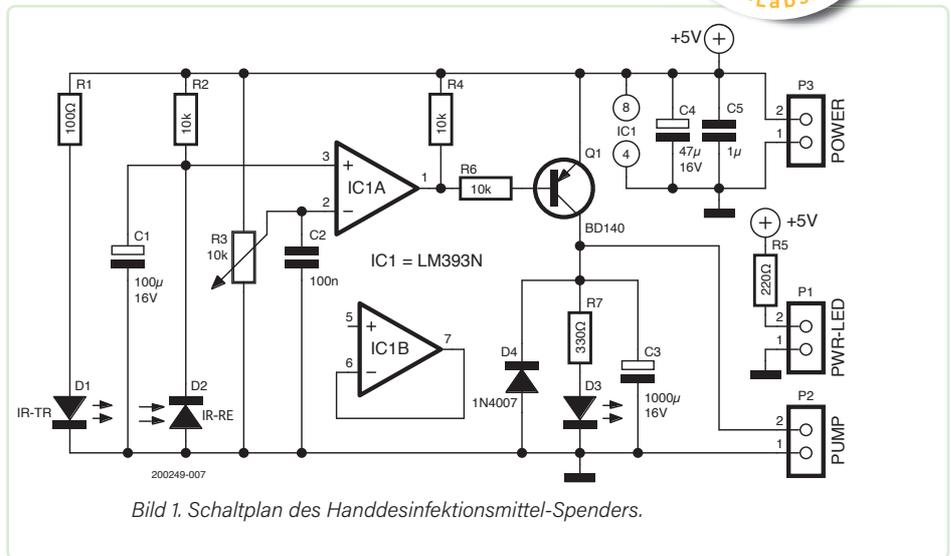
Handdesinfektionsmittel-Spender

Ohne Arduino, ohne Mikrocontroller



Von Hesam Moshiri (Iran)

In den letzten zweieinhalb Jahren haben viele Ingenieure und Hersteller innovative elektronische Geräte gebaut, um COVID-19-bezogene Herausforderungen zu lösen. Ein automatischer Handdesinfektionsmittel-Spender ist ein hervorragendes Beispiel dafür.



Der COVID-19-Ausbruch hat die Welt erschüttert und unsere Lebensgewohnheiten verändert. Alkohol und Handdesinfektionsmittel sind zu lebenswichtigen Flüssigkeiten geworden. Aber sie müssen auch richtig verwendet werden. Das Berühren von Behältern für Alkohol oder Handdesinfektionsmitteln mit infizierten Händen kann das Virus auf die nächste Person übertragen. In diesem Artikel werden wir einen automatischen Handdesinfektionsmittel-Spender bauen, der mit Hilfe

von IR-Sensoren die Anwesenheit einer Hand erkennt und eine Pumpe zur Abgabe der Flüssigkeit aktiviert. Für die nächste Pandemie! Die Absicht war, die preisgünstigste und einfachste Schaltung ohne Mikrocontroller oder Arduino zu entwerfen. Die einzige beobachtete Unzulänglichkeit der Schaltung in der Praxis war eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber dem Umgebungslicht am Morgen. Ich empfehle daher, diese Schaltung vor allem in Innenräumen zu verwenden.

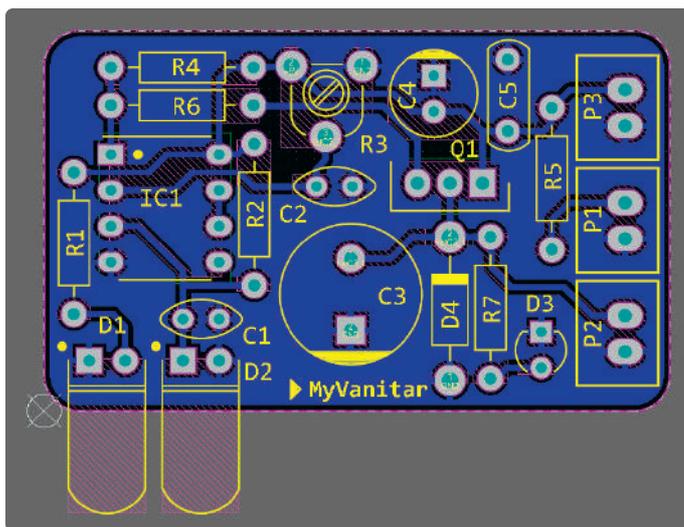


Bild 2. Das Platinenlayout.

Die Schaltung

Bild 1 zeigt die Schaltung, die über Anschluss P3 mit +5 V versorgt wird. Die Kondensatoren C4 und C5 unterdrücken Störungen und Rauschen der Eingangsversorgung. IC1 ist das Herzstück der Schaltung. Es handelt sich um den berühmten Komparator LM393. Im Datenblatt des LM393 heißt es: „Bei der LM393-Serie handelt es sich um zwei unabhängige Präzisionsspannungskomparatoren, die sowohl mit einer als auch mit zwei Versorgungsspannungen betrieben werden können. Diese Bauteile sind so konstruiert, dass sie einen Gleichaktbereich gegen Masse bei Betrieb mit einer einzigen Versorgungsspannung ermöglichen. Eingangs-Offsetspannungen von nur 2,0 mV machen dieses Bauteil zu einer hervorragenden Wahl für viele Anwendungen in der Consumer-, Automobil- und Industrielektronik.“ [1]

Zudem ist der LM393 preiswert, handlich und gut erhältlich, so dass ich immer empfehle, einen als Komparator geschalteten Operationsverstärker wo immer möglich durch ein solches Komparator-Chip zu ersetzen. Ich habe den ersten Komparator des LM393 und das Potentiometer R3 verwendet, um den Einschaltenschwellwert zu definieren.

C2 reduziert mögliches Rauschen am Schleifer des Potentiometers. D1 ist ein IR-Sender und D2 eine IR-Empfangsdiode. D2 ist mit dem positiven Pin (+) des Komparators verbunden, der mit der Spannung am negativen Pin (-) verglichen wird. Der Ausgangspin des Komparators ist aktiv-low; daher wird der Pull-up-Widerstand R4 verwendet. Q1 ist der bekannte PNP-Transistor BD140, der die Pumpe (mit Gleichstrommotor) und die LED D3 treibt. D4 ist eine Verpolungsschutzdiode, C3 reduziert die induktiven Exzesse des Pumpenmotors, um die Stabilität der Schaltung zu verbessern. P1 schließlich dient dem Anschluss einer blauen 5-mm-LED, die den ordnungsgemäßen Anschluss der Stromversorgung anzeigt.

Die Platine

Bild 2 zeigt das Platinenlayout für die Schaltung. Die Platine ist einseitig, alle Bauteile sind bedrahtet; bessere Voraussetzungen gibt es kaum, die Schaltung schnell im Heimlabor aufzubauen. **Bild 3** zeigt eine 3D-Ansicht der Platine (erstellt mit Altium) zur Überprüfung des Designs. **Bild 4** schließlich zeigt die bestückte Platine in natura, die ich zum schnellen Testen des Konzepts verwendet habe. Zu den Lötarbeiten ist nichts Besonderes zu berichten. Es ist ziemlich einfach. Machen Sie es einfach! 

200249-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



STÜCKLISTE

Widerstände:

(0,25 W, 5%)
 R1 = 100 Ω
 R2,R4 = 10 k
 R3 = 10 k, Trimpoti
 R5 = 220 Ω
 R6 = 1 k
 R7 = 330 Ω

Kondensatoren:

C1,C2 = 100 n, keramisch, Raster 2,54 mm
 C3 = 1000 μ , 16 V, Raster 5,08 mm
 C4 = 47 μ , 16 V, Raster 2,54 mm
 C5 = 1 μ , Multilayer, Raster 5,08 mm

Halbleiter:

D1 = IR-Sendediode, 5 mm
 D2 = IR-Empfangsdiode, 5 mm
 D3 = rote LED, 3 mm
 D4 = 1N4007
 IC1 = LM393N, DIP
 Q1 = BD140

Außerdem:

P1,P2,P3 = XH-Steckverbinder, 2-polig

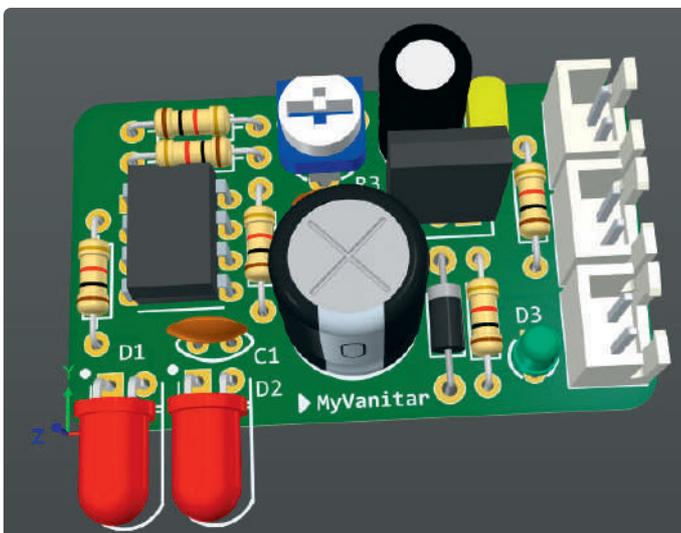


Bild 3. 3D-Ansicht der bestückten Platine.

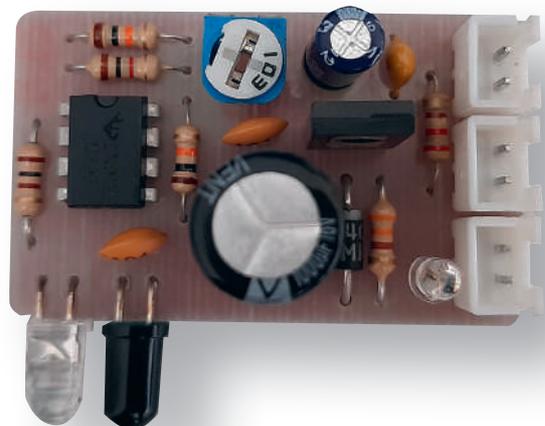


Bild 4. Die mit bedrahteten Bauteilen bestückte einlagige Platine.

WEBLINKS

[1] LM393-Datenblatt: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm393-d.pdf>

[2] Projekt auf Elektor-Labs.com: <https://www.elektormagazine.com/labs/diy-hand-sanitizer-dispenser-without-arduino-or-mcu>



Eine einfache elektronische Orgel

Von Rob van Hest (Niederlande)

Ein klassischer Oszillator-Schaltkreis mit einem Schmitt-Trigger-NAND und einigen guten altmodischen diskreten Bauteilen ist alles, was man braucht, um dieses minimalistische Musikinstrument zu bauen.

Dies ist ein einfaches Musikinstrument, das ich vor einigen Jahren für meine Kinder entworfen habe [1]. Es ist sehr einfach zu bauen und enthält nur Standardbauteile. Und, was für Kinder sehr wichtig ist: Ein An/Aus-Schalter wird nicht benötigt. Der Stromverbrauch ist nämlich sehr gering, wenn keine Taste gedrückt wird. Die Batterien in meinem Gerät haben mehr als fünf Jahre gehalten!

Beschreibung der Schaltung

Der Schaltplan in **Bild 1** enthält einen einfachen Oszillator, der mit den NAND IC1A mit Schmitt-Trigger-Eingängen herum aufgebaut ist. Der Ausgang wird von IC1D gepuffert. Ein Ein-Transistor-Verstärker T1 steuert einen 8-Ω-Lautsprecher (oder höherohmig), die Lautstärke wird durch den Wert von R11 bestimmt. Der Oszillator ist durchaus eintönig und monoton, denn nur der höchste Ton wird erzeugt, auch wenn mehrere Tasten gleichzeitig gedrückt werden.

Die Abstimmung ist alles andere als perfekt, da ich Standardwiderstände nur aus der E96-Serie und auch keine Trimpotis verwendet habe. Die Tonhöhe ist zudem von der Batteriespannung und der Temperatur abhängig. Durch Ändern des Kondensators C1 kann man die allgemeine Stimmung nach Belieben verändern.

Übrigens genügen auch zwei Batterien (3 V) statt drei (4,5 V) zur Energieversorgung, und wenn das Gerät sehr klein sein soll, kann auch eine einzelne Lithiumzelle verwendet werden. Ich habe die Orgel in ein übrig gebliebenes, geräumiges Weckergehäuse eingebaut, wie in **Bild 2** dargestellt. Es ist kein Platinenlayout verfügbar, aber das Foto zeigt, dass der Aufbau auch auf Lochraster möglich ist.

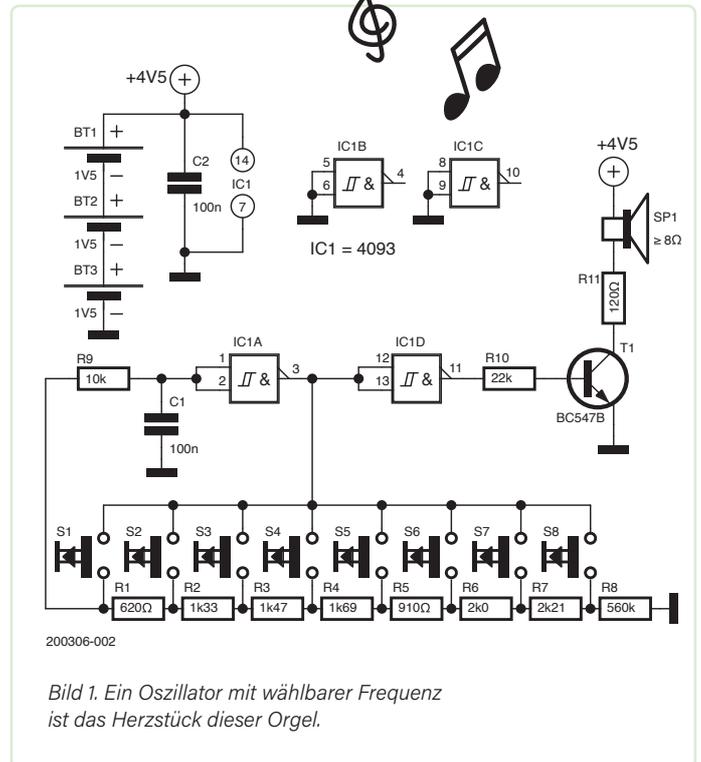


Bild 1. Ein Oszillator mit wählbarer Frequenz ist das Herzstück dieser Orgel.

Eine Oktave muss reichen

Das Instrument, wie ich es gebaut habe, besitzt acht Tasten für die Grundtöne einer Oktave (die weißen Tasten einer Klaviatur). Um die Frequenz des Oszillators zu berechnen, kann die folgende - stark vereinfachte! - Formel verwendet werden:

$$f \approx \frac{1}{1.2 \times R \times C1}$$

wobei R = R9, wenn S1 gedrückt wird, R = R9 + R1, wenn S2 gedrückt wird, und so weiter. **Tabelle 1** zeigt die (ungefähren) Frequenzen der Töne dieser einfachen elektronischen Orgel, die mit dieser Formel berechnet wurden.

Die anderen Töne (schwarze Tasten) könnten durch Aufteilung von R2, R3, R4, R6 und R7 realisiert werden. Außerdem könnten weitere Töne hinzugefügt werden, indem man Widerstände und Tasten zwischen R7 und R8 einfügt. Für meine Kinder war eine Oktave ausreichend. R8 wird benötigt, um den Eingang von IC1A herunterzuziehen, wenn keine Taste gedrückt wird, um so den Ausgangstransistor T1 abzuschalten.

Es ist sicherlich nicht das raffinierteste und wohlklingendste Musikinstrument, aber kleinen Kindern macht es Spaß, damit zu spielen! ▶

200306-02

Tabelle1. Taste vs. Frequenz

Taste	Frequenz [Hz]
S1	833
S2	785
S3	697
S4	621
S5	552
S6	520
S7	462
S8	412



Bild 2. Die Hardware steckt im Gehäuse eines ehemaligen Weckers.



Über den Autor

In den 1970er Jahren studierte Rob van Hest Elektrotechnik an der Universität Twente. Zu dieser Zeit schrieb er auch seine ersten Artikel für Elektronikzeitschriften. Damals baute er auch seinen ersten PCs selbst - zunächst ein 8080 CP/M-System und später ein Z80-Board. In seiner beruflichen Laufbahn wechselte Van Hest in die Software-Entwicklung, aber er bastelte weiterhin gerne mit Elektronik herum. Jetzt, im Ruhestand, hat er sogar noch mehr Zeit dafür!

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.

WEBLINK

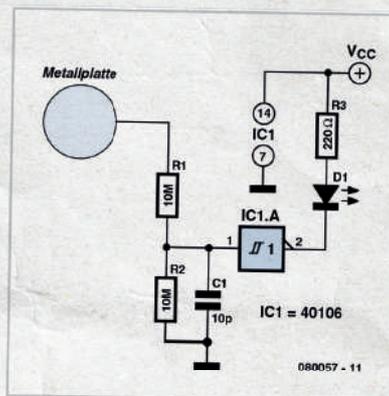
[1] Dieses Projekt auf Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.de/labs/very-simple-electronic-organ-for-children>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #01

Von Lars Näs

Einfacher geht es wirklich nicht mehr: LED1 leuchtet, solange man die metallene Sensor-Fläche berührt.

Die „Schaltung“ besteht aus einem invertierenden Schmitt-Trigger (1/6 eines 40106) und den zwei hochohmigen Widerständen R1 und R2 am Sensor-Eingang. Ein kleiner Kondensator bildet zusammen mit R1 einen Tiefpass, um hochfrequente Störungen auszufiltern. Am Inverter-Ausgang ist die LED D1 über einen Vorwiderstand nach V_{CC} geschaltet. Eine kleine Metallplatte bildet den eigentlichen Sensor. Er liegt über den hochohmigen Schutzwiderstand R1 am Eingang des Inverters. Mit R2 bildet er einen Spannungsteiler, der die Empfindlichkeit des Sensors bestimmt. Die den Sensor auslö-



sende Brummspannung auf der Haut muss hochohmig detektiert werden. Der hohe Wert von R1 schützt auch den IC-Eingang

vor den Auswirkungen statischer Elektrizität, die durchaus zu hohen Spannungswerten führen kann. Dank der 10 MΩ können sie aber locker durch die internen Schutzdioden des Inverters abgeleitet werden. Kleinere Werte für R1 machen den Sensor empfindlicher, reduzieren auf der anderen Seite aber auch seine Schutzwirkung. R3 sollte so gewählt werden, dass bei gegebener Spannung der Strom durch die LED nicht zu groß wird. Mit dem angegebenen Wert liegt man bei 5 V auf der sicheren Seite.

Die Schaltung kann man natürlich auch ohne LED direkt an einen digitalen Eingang eines Mikrocontrollers anschließen und mit etwas Software einen richtigen entstörten Sensor-Taster realisieren.

(080057-0)



Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop

www.elektormagazine.de/summer-quiz1



Ultra-einfacher Stereo-Verstärker mit dem TDA7264 von STMicroelectronics

Von Joseph Kreutz

Dieses Projekt wurde zur Ansteuerung kleiner professioneller Audiomonitore entwickelt, die neben einem Computermonitor aufgestellt werden und eine viel höhere Klangqualität als billige Standard-Computerlautsprecher liefern können.

STMicroelectronics stellt eine Reihe interessanter integrierter Leistungsverstärker wie den hier verwendeten TDA7264 [1] her (**Bild 1**). Diese integrierte Schaltung kann 2 x 20 W an 8-Ω-Lasten liefern und benötigt nur ein Minimum an externen Bauteilen. Die Verstärkung ist durch seine interne Konfiguration auf 30 dB festgelegt und kann nicht geändert werden, was aber wenige Probleme bereitet: 20 W Leistung entsprechen einer Effektivspannung von 12,65 V an einer ohmschen 8-Ω-Last oder etwa 18 V Spitze. Da ein Verhältnis von 1:31,6 zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung feststeht, genügt also ein Eingangssignal von 400 mV für die maximale Ausgangsleistung. Der Ausgangspegel des Audiosignals eines Computers oder eines Mobiltelefons liegt in der Größenordnung von 1 V, mehr als genug für diesen Verstärker, um die volle Ausgangsleistung zu erreichen.

Schaltungsdetails

Die Beschaltung aus C1, R1, R2 und R3 ermöglicht den normalen Betrieb des Verstärkers und die Steuerung seines Standby- oder Mute-Modus: Wenn die an den Steuerpin 4 von IC1 angelegte Spannung zwischen 0 V und 2,5 V unterhalb der positiven Versorgungsspannung liegt, befindet sich der Verstärker im Standby-Modus und benötigt fast keinen Strom. Liegt diese Spannung zwischen 2,5 V und 6 V unter der positiven Versorgungsspannung, befindet sich der Verstärker im Mute-Modus. Liegt diese Spannung 6 V oder mehr unter der positiven Versorgungsspannung, befindet sich der Verstärker im normalen Betriebsmodus und erzeugt ein Ausgangssignal (natürlich nur, wenn ein Eingangssignal vorhanden ist).

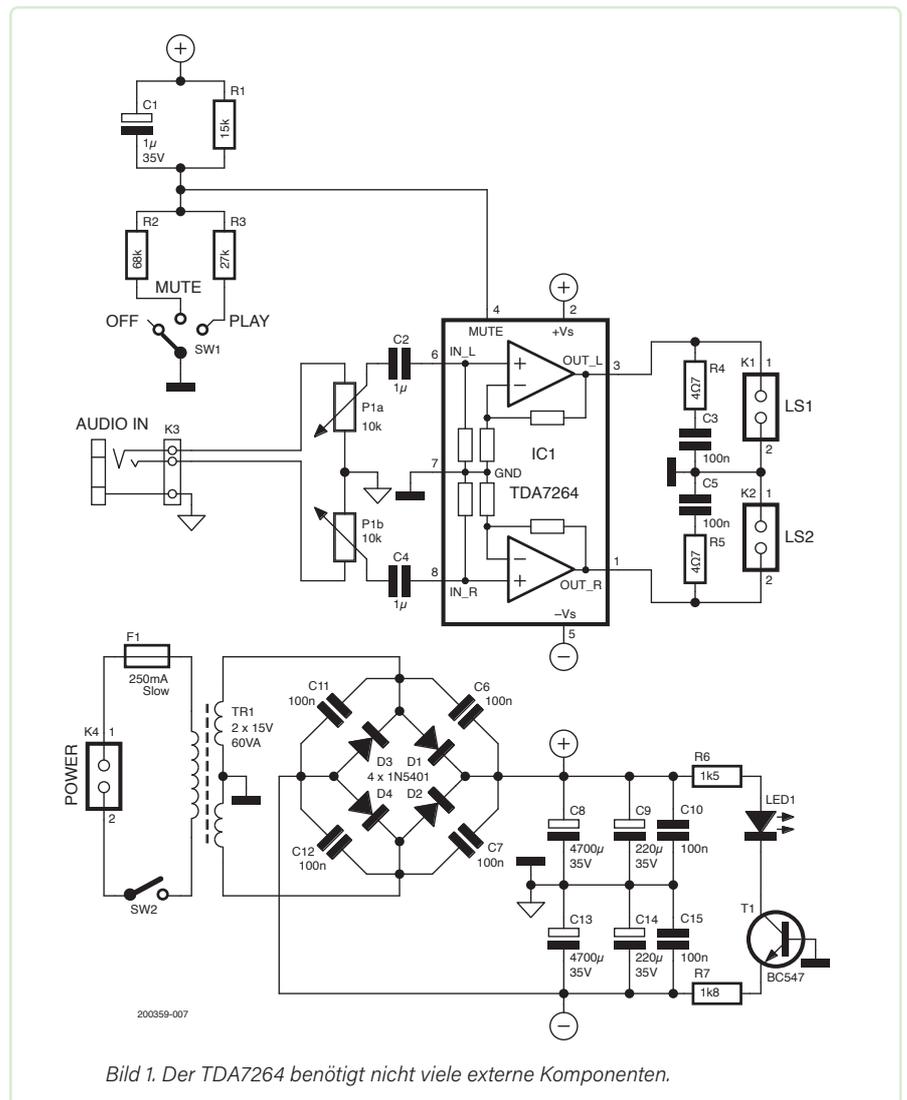


Bild 1. Der TDA7264 benötigt nicht viele externe Komponenten.



Das Stereo-Eingangssignal wird über die Kondensatoren C2 und C4 an den integrierten Verstärker gekoppelt. Obwohl Elektrolytkondensatoren ohne Probleme verwendet werden können, sind Polypropylen-Folienkondensatoren (MKP) die bessere Wahl, was die Audioqualität betrifft. Die Ausgangsfilter (Boucherot-Glieder), bestehend aus R4/C3 und R5/C5, gewährleisten die Stabilität der einzelnen Verstärkersektionen. Die Kondensatoren C9, C10, C14 und C15 dienen der Entkopplung der Stromversorgung des Verstärkers und sollten daher so nah wie möglich an Pin 2 und Pin 5 des Verstärkers angebracht werden, da sich die Netzteilplatine in einiger Entfernung befinden kann und per Kabel mit dem Leistungsteil verbunden ist. Diese Kabel weisen nicht zu vernachlässigende Induktivitäts- und Widerstandswerte auf und könnten den Verstärker sonst zum Schwingen bringen. Eine lokale Entkopplung wird daher dringend empfohlen, um solche Probleme zu vermeiden.

Kühlen!

Die maximale thermische Leistung, die vom TDA7264 abgeführt werden kann, beträgt etwa 30 W. Daher muss ein entsprechend groß dimensionierter Kühlkörper vorgesehen werden. Bei einer maximalen Sperrschichttemperatur von 150°C und einer Umgebungstemperatur von bis zu 45°C sollte sein Wärmewiderstand 1,5 K/W nicht überschreiten. Wenn dieser Kühlkörper mit der Masse des Geräts verbunden ist, was in der Regel der Fall ist, ist ein Isolierset inklusive Wärmeleitpaste unverzichtbar, denn die Metalllasche zur Befestigung des ICs am Kühlkörper ist intern mit der negativen Stromversorgung verbunden. Es ist dann besser, den Wärmewiderstand des Kühlkörpers auf höchstens 1,2 K/W zu begrenzen. Dies mag für einen so kleinen Verstärker übertrieben hoch erscheinen, stellt aber sicher, dass er selbst unter ungünstigsten Bedingungen nicht überhitzt. ◀

200359-02

WEBLINK

[1] TMicroelectronics, „TDA7264: 25 W + 25 W Stereo Amplifier with Mute and Standby“, Doc ID 1477 Rev 6, 2009:

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter technique@kreutz-online.eu oder an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Über den Autor

Joseph Kreutz begann schon in jungen Jahren mit der Elektronik, die er sich bis zum Studium autodidaktisch aneignete. Er studierte Elektrotechnik in Louvain-la-Neuve, wo er auch die Sende- und Studioausrüstungen (Mischpult, Netzteile, Telefonschaltungen) für freie Radiosender baute. Um sein Studium zu finanzieren, entwickelt er währenddessen ein Projekt für ein belgisches Unternehmen. Nach Abschluss seines Studiums übersetzte er ein Buch über Elektroakustik, das von Elektor herausgegeben wurde, vom Deutschen ins Französische. Joseph arbeitete ein Jahr lang in Luxemburg und zog dann nach München, wo er immer noch lebt.

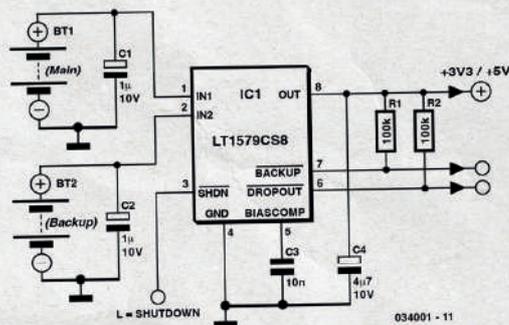
Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #02

Von Gregor Kleine

Mit dem LT1579 stellt Linear Technology (www.linear-tech.com) einen praktischen Batterie-Umschalter mit integriertem Low-dropout-Regler vor. Gegenüber herkömmlichen Schaltungen sind hier keine Entkopplungsdiolen mehr notwendig. Der Schaltkreis ist als 3,3-V- (LT1579CS8-3.3) und als 5-V-Version erhältlich (LT1579CS8-5). Beide sind im SO8-SMD-Gehäuse untergebracht. Daneben gibt es noch eine einstellbare Version und Modelle mit SO16-Gehäuse, die über mehr Kontroll- und Steuerleitungen verfügen.

Am Anschluss IN1 ist die Hauptbatterie angeschlossen, deren Spannung um 0,4 V höher sein muss als die gewünschte Ausgangsspannung. An IN2 wird die Backup-Batterie angeschlossen. Der geregelte Ausgang OUT kann bis zu 300 mA Strom liefern.

Das IC enthält in seinem LDO-Regler je einen Regeltransistor für die Hauptspannung von IN1 und die Backup-Batterie an IN2. Die Umschaltung auf die Backup-Batterie geschieht dann, wenn das IC feststellt, dass der Regeltransistor der Hauptspannung nicht mehr nachstellen kann und wenn damit die Ausgangsspannung abzusinken droht. Dann schaltet der Baustein sanft auf die Backup-Batterie um. Der Meldeausgang BACKUP (open drain) geht dabei auf Low. Wenn beide Batterie-



rien nicht mehr ausreichen, um die Ausgangsspannung aufrecht zu erhalten, zeigt der Open-drain-Ausgang DROPOUT dies mit Low-Signal an. Der LT1579 kann bis zu +20 V Eingangsspannung von den Batterien verkraften. Der Reglerausgang OUT ist kurzschlussfest. Ein Shutdown-Eingang erlaubt das Abschalten der Stromversorgung an OUT. Wird er nicht benötigt, so kann man ihn einfach offen lassen.

(034001)rig

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop





Sound Activated Switch für Verstärker

Automatisches Einschalten für Verstärker und Aktivlautsprecher

Von Florian Jankowsky

Wenn man irgendwelchen Audioquellen einen Leistungsverstärker nachschaltet, ist dafür in der Regel ein zusätzlicher Schalter notwendig, was die Sache unbequem macht. Besser ist es, der Verstärker schaltet sich mit der Signalquelle automatisch ein. Das geht mit der hier vorgestellten kleinen Elektronik aus drei Transistoren, die das Vorhandensein von Audiosignalen detektiert.

Nachdem mein Internetradio den letzten Ton von sich gegeben hatte, wollte ich ein Radio mit DAB+. Doch leider habe ich bei mir hier in der Pampa keinen guten Empfang. Deshalb musste das neue Radio einen Antenneneingang für eine Richtantenne haben. Tatsächlich habe ich so ein Radio gefunden - aber leider ohne eingebauten Verstärker. Im Prinzip wäre das kein Problem, denn 1 W reichen fürs Radiohören völlig aus. Meine erste Lösung - ein kleiner, aktiver PC-Lautsprecher - verfehlte dann aber den notwendigen WAF (**W**ife **A**cceptance **F**actor). Sein ungenügender Klang war nur ein Aspekt, doch vor allem hätte man diesen immer extra einschalten müssen, wollte man ihn nicht dauernd Strom verbrauchen lassen.

SAS

Die Lösung war ein SAS (**S**ound **A**ctivated **S**witch) in der Form eines Schwellwertschalters für das Audiosignal, der einen Enable-Eingang an einem Verstärker-IC steuert. Die Schaltung kommt, wie schon erwähnt, mit lediglich drei Transistoren, einer Diode und ein paar Passivitäten aus und war schnell auf einem Lochraster-Rest aufgebaut. Weil ich schon



Bild 1. Im Badezimmer: Unter dem verstärkerlosen Digitalradio sitzt unten der selbstgebaute, automatisch einschaltende Aktivlautsprecher.

dabei war, habe ich den SAS mit einer fertigen kleinen Digitalverstärkerplatine und einem Lautsprecher in einem per 3D-Drucker realisiertes Gehäuse kombiniert, das zum geplanten Einsatz im Badezimmer passt. Das Resultat kann man in **Bild 1** bewundern.

Schaltung

Die Schaltung in **Bild 2** ist schnell erklärt: Die Stereo-Eingangskanäle werden über R1/R2 summiert, auf einen Ein-Transistor-Verstärker (T1) gegeben und etwa 100-fach verstärkt; T1 sollte daher eine Stromverstärkung von deutlich über 100 haben. Als Komparator dient T2. Da zum Durchschalten seine BE-Schwelspannung überschritten werden muss, beträgt die Schaltschwelle etwa 0,6 V. Die Schottky-Diode D1

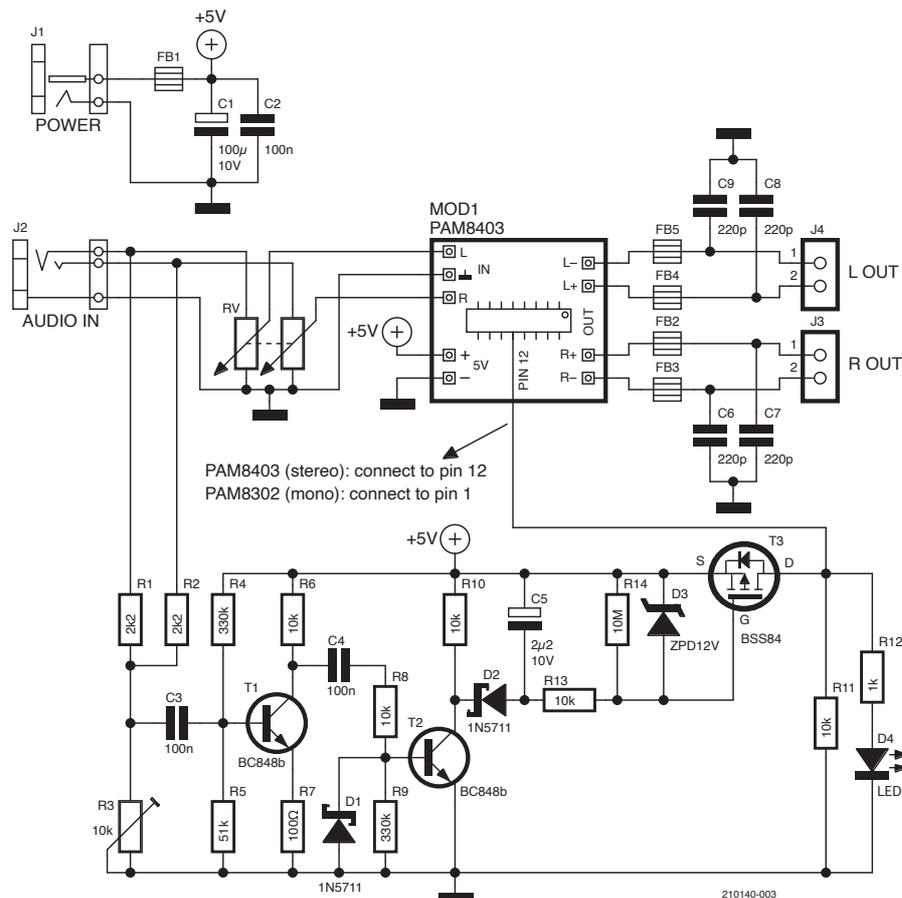


Bild 2. SAS-Schaltung mit Integration des Verstärkermoduls.

klemmt das Eingangssignal an T2, was die Empfindlichkeit verbessert. Dank der Verstärkung durch T1 liegt die mit R3 einstellbare minimale Einschaltsschwelle des Audiosignals an J2 bei etwa 10 mV_{SS} . Schaltet T2 durch, wird C5 über D2 geladen. Beginnt dann T3 zu leiten, wird der SD-Eingang des Verstärker-ICs high und es wird eingeschaltet. Die Abschaltzeit ohne Signal wird durch das RC-Glied aus C5 und R14 bestimmt und liegt im Bereich von $10 \dots 30 \text{ s}$. Die Einschaltanzeige aus LED D4 und Vorwiderstand R12 ist natürlich nur optional. Gespeist wird das Ganze aus einem kleinen 5-V-USB-Netzteil, bei dem es natürlich nicht schadet, wenn es mehr als 1 A liefern kann, denn schließlich liefert ein PAM4303 bis zu $2 \times 3 \text{ W}$. Ich habe eine Micro-USB-Buchse verwendet; robuster ist aber eine Hohl-Buchse und ein Steckernetzteil mit passendem Hohlstecker.

Verstärker

Als Verstärker kam ein fertiges Modul mit dem Stereo-Verstärker-IC PAM8403 zum Einsatz, wie es überall im Internet für kleines Geld angeboten wird. Selbst wenn Sie alt genug sind, so dass Ihnen hochfre-

quentes Gefiepe entgeht, sollten Sie im Interesse jüngerer Mitmenschen auf eine zusätzliche Filterung achten. In Bild 1 ist das mit Ferritperlen und kleinen Keramik-Cs realisiert, wie das Datenblatt des PAM8403 [1] empfiehlt. Solche Filter werden bei Fertigmodulen aus Preisgründen oft eingespart. Wer nur eine Mono-Version benötigt, kann ein Modul mit dem IC PAM8302 verwenden.

Im Shutdown-Zustand ist beim PAM8403 mit weniger als $1 \mu\text{A}$ Ruhestrom zu rechnen. Um an den SD-Pin (/SHDN) heranzukommen, muss Pin 12 vorsichtig abgelötet und leicht angehoben werden, da dieser auf der Platine häufig mit Pin 13 (Stromversorgung +5V) verbunden ist. Bei der Mono-Ausführung PAM8302 muss Pin 1 abgelötet werden.

Aufbau

Natürlich kann die Schaltung auch mit anderen Verstärkern (etwa in Aktivboxen) eingesetzt werden. Deshalb sind in der Stückliste Werte für eine alternative Betriebsspannung von 20 V angegeben. Bei einer Versorgungsspannung über 12 V muss zum Schutz von T3 die Diode

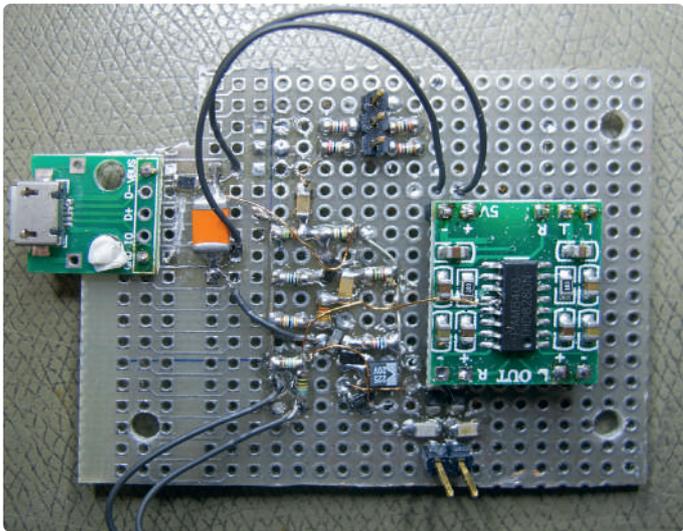


Bild 3. Prototyp des Autors mit SMDs auf einer Lochrasterplatine.

D3 bestückt werden. Wer sich unsicher ist: Für andere Spannungen kann man die Schaltung in LTSpice simulieren. Die nötige Datei steht auf der Elektor-Webseite zu diesem Artikel [2] zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Ich arbeite gefühlt schon ewig mit SMD-Bauteilen, daher habe ich auch keine Scheu vor dieser Technologie. Im Prinzip löten sich SMDs schneller (einfacher) als Bauteile in Durchstecktechnik, weil sie nicht erst in die Löcher gesteckt werden müssen und dann von der anderen Seite gelötet werden. MiniMELF-Widerstände passen übrigens wunderbar zwischen zwei Lötäugen auf einer Lochrasterplatine. Auch SOT23-Transistoren kann man gut auf Lochraster löten, sie müssen dann nur diagonal positioniert werden. SMDs im Format 1206 und 0805 lassen sich ebenfalls gut auf Lochrasterplatinen bestücken. Daher zeigt **Bild 3** meinen gut funktionierenden, aber ästhetisch sicher nicht preisverdächtigen Prototypen folgerichtig auf einem Reststück Lochrasterplatine, die im Vergleich mit der aufgebrachten Verstärkerplatine geradezu riesig wirkt. ◀

210140-02



STÜCKLISTE

Widerstände:

(SMD *)

R1, R2 = 2k2

R3 = 10 k Trimpoti

R4, R9 = 330 k

R5 = 51 k (15 k @ 20 V) *

R6, R8, R10, R13 = 10 k

R7 = 100 Ω

R11 = 10 k (39 k @ 20 V) *

R12 = 1 k (6k8 @ 20 V) *

R14 = 10 M

RV = 100 k Poti, stereo, log., optional

Kondensatoren:

C1 = 100 μ/10 V (100 μ/25 V @ 20 V) *

C2, C3, C4 = 100 n Keramik oder Folie

C5 = 2μ2/10 V (470 n/25 V @ 20 V) *

C6..C9 = 220 p keramisch

Halbleiter:

D1, D2 = 1N5711 (Schottky)

D3 = entfällt (12-V-Z-Diode @ 20 V) *

D4 = LED *

T1, T2 = BC848b

T3 = BSS84

Außerdem:

Verstärkerplatine mit PAM8403 oder PAM8302 *

FB1..FB5 = Ferritperle

J1..J4 *

* siehe Text



Über den Autor

Florian Jankowsky hat eine lange berufliche Karriere vorzuweisen. Sie begann 1982 mit der Entwicklung von Digital-Oszilloskopen, wobei sein Schwerpunkt zunächst auf analoger Elektronik lag. In weiteren Stationen bei Nixdorf, DeTeWe, VDO-Siemens,

Brunel und Berlin Heart beschäftigte er sich dann mit Telefon-technik, Automotive-Elektronik und Medizinprodukten. Auch heute noch steht er auf Analogtechnik.

↓ Projekt-Download

www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Passendes Produkt

> OWON HDS1021M-N Oszilloskop +
Multimeter (20 MHz) (SKU 18778)
www.elektor.de/18778

WEBLINKS

[1] Datenblatt PAM8303: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/PAM8302A.pdf>

[2] Datei SAS_5V_LTSpice.asc: <https://www.elektormagazine.de/210140-02>



Symmetrisch-Unsymmetrisch-Wandler

Mit RFI-Filter und DC-Schutz

Von Thierry Clinquant (Belgien)

Arbeiten Sie mit Audiosignalen? Dann verwenden Sie diese Schaltung, um ein symmetrisches Audiosignal in ein unsymmetrisches umzuwandeln.

Wenn Sie Audiosignale über längere Strecken übertragen wollen, ist es ratsam, symmetrische Verbindungen zu verwenden. Aus diesem Grund sind die Ausgänge professioneller Audiogeräte wie Mischpulte symmetrisch. Die hier gezeigte Schaltung soll ein symmetrisches Audiosignal in ein unsymmetrisches verwandeln, damit Sie beispielsweise einen HiFi-Verstärker an einen symmetrischen Ausgang anschließen können.

Bei einer symmetrischen Leitung läuft das Signal auf beiden Leitern in entgegengesetzter Phase, aufgegangene Störsignale hingegen sind auf den beiden Leitern gleichphasig. Die Aufgabe von IC1, einem THAT1240, besteht darin, die Störsignale dank eines hohen Gleichtaktunterdrückungsverhältnisses (Common-mode rejection ratio, CMRR) so gut wie möglich zu neutralisieren. Früher wurde dies mit Differenz-Operationsverstärkern und vier möglichst identischen Widerständen erreicht. Der THAT1240 enthält diese Widerstände in ultrapräziser Ausführung und erreicht deshalb ein Gleichtaktunterdrückungsverhältnis von 90 dB!

Der Schaltplan

Das Schaltbild des Wandlers ist in **Bild 1** dargestellt. Das Signal wird in den Hybridstecker auf der linken Seite entweder als Viertelzoll-TRS-Klinke oder als XLR eingeführt. Pin 1 und die Gehäuse (S) können im Falle eines Massekonflikts durch Entfernen einer Lasche getrennt werden. Optional kann ein Ground-Lift-Schalter an seine Stelle treten. C1, C2 und C3 bilden ein RFI-Filter, R1 und R2 sind Pull-Down-Widerstände. C4, C5 sind Eingangskoppelkondensatoren, die alle Gleichstromkomponenten von IC1 fernhalten. Normalerweise befindet sich zwischen dem Eingang eines Operationsverstärkers und dem Koppelkondensator ein Widerstand nach Masse, um die Ladung des Kondensators abzuleiten. Dies ist hier wegen der in IC1 integrierten Widerstände nicht erforderlich.

Spannungsversorgung

C7 und C8 werden zur Entkopplung des ICs verwendet. Ich habe diese Schaltung schon viele Male mit zwei, vier und acht Kanälen

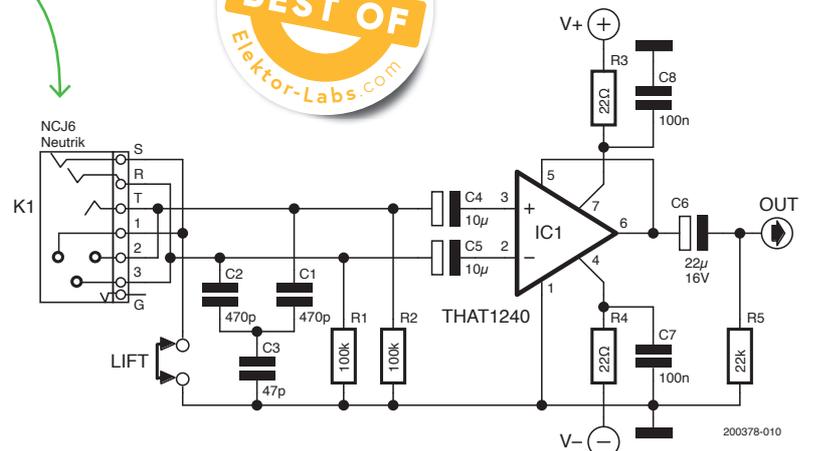


Bild 1. Der '1240 wurde speziell für diese Art von Audioanwendung entwickelt.

parallel verwendet. In solchen Fällen habe ich die ± 15 -V-Stromversorgung über zwei Busse senkrecht zu den Platinen mit zusätzlichen 47- μ F-Entkopplungskondensatoren pro zwei Modulen ausgestattet. In einer solchen Konfiguration bieten die 22- Ω -Widerstände (R3 und R4) in Reihe mit jedem Stromversorgungszweig eine echte Zeitersparnis bei der Fehlersuche. Sie verhindern, dass sich die Stromversorgung abschaltet, wenn IC1 aus irgendeinem Grund einen Kurzschluss erleidet, und ermöglichen es den anderen Kanälen, weiterzuarbeiten. Das Gerät ist auf einer kleinen Platine untergebracht, die kaum breiter ist als sein hybrider XLR/Klinkenanschluss, und lässt sich leicht in Vintage-Geräte oder einen Verstärker mit Cinch- oder Klinkeneingängen integrieren. Ich bin sicher, Sie werden eine gute Anwendung dafür finden! Um den THAT1240 optimal nutzen zu können, ist es unbedingt erforderlich, dass alle Verbindungen zwischen dem Anschluss und dem IC perfekt symmetrisch sind. Von dem Einsatz einer IC1-Fassung wird dringend abgeraten. Bitte lesen Sie diesbezüglich das Datenblatt des THAT1240 sorgfältig durch, das Sie wie weitere technische Informationen auf der Website des Herstellers [1] finden können. ◀

200378-02



Passende Produkte

- > SPDIF Audio Output für Android – Teilbestücktes Modul (SKU 19208) www.elektor.de/19208
- > B. Cordell, *Designing Audio Power Amplifiers* (2. Auflage 2019) (SKU 19150) www.elektor.de/19150

WEBLINKS

- [1] Alles über den THAT1240: http://www.thatcorp.com/1240-series_Balanced_Line_Receiver_ICs.shtml
- [2] Projekt bei Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.de/labs/line-receive-with-rfi-and-dc-protect>



Externes Netzfilter

Kondensatoren blockieren elektrisches Rauschen

Von Petre Tzvetanov Petrov (Bulgarien)

Heutzutage verwenden wir Dutzende von elektronischen Geräten mit Schaltnetzteilen, die mit verschiedenen Frequenzen arbeiten und ein breites Spektrum von Störsignalen erzeugen. Manchmal sind ihre internen Filter nicht wirksam genug, um dieses elektrische Rauschen zu blockieren, und deshalb kommt es zu deutlichen elektromagnetischen Störungen (electromagnetic interference, EMI) über Netzkabel und andere Verbindungen - mit Folgen für empfindliche Audio- und Messgeräte. Da es nicht so einfach ist, solche Geräte mit besseren Filtern „aufzurüsten“, bietet sich als Alternative ein externes Filter an, das in diesem Artikel beschrieben wird.

Der Grund für diese EMI von Schaltnetzteilen ist die Erzeugung von hochfrequentem Rauschen im Spektrum weit oberhalb der 50-Hz-Netzfrequenz. Eine denkbare Lösung wäre, diese höheren Frequenzen, die das Stromnetz heimsuchen, stärker zu belasten. Würde es ausreichen, einfach einen Kondensator zwischen L1 und N der Stromleitung zu schalten? Die Antwort: Im Prinzip ja, aber ein solches externes Filter ist nur mit etwas mehr Aufwand realisierbar.

Die Schaltung

Bild 1 zeigt das Schaltbild dieses störungsabsorbierenden Filters, das mit den bekannten Hochspannungs-Keramikkondensatoren X2 und Y1 aufgebaut ist. Was wir dabei beachten müssen: Kondensatoren mit großen Kapazitäten haben bei höheren Frequenzen aufgrund der konstruktionsbedingten Induktivität keine niedrige Impedanz mehr. Deshalb ist es besser, mehrere Kondensatoren mit gestaffelten Kapazi-

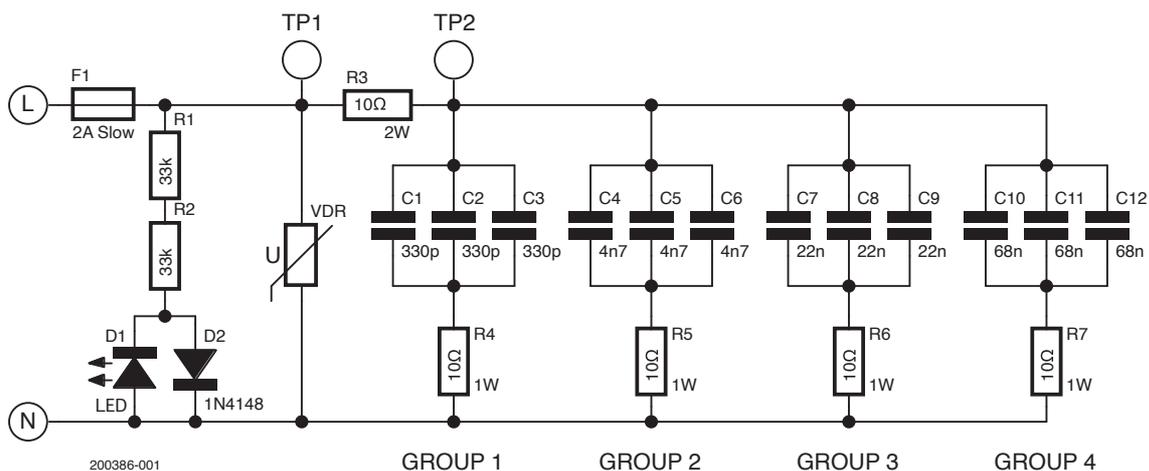


Bild 1. Die einfache Schaltung des einfachen externen Filters, bestehend aus vier Gruppen á drei Kondensatoren.

täten parallel zu schalten. Ein guter Kompromiss zwischen Aufwand und Nutzen sind vier Abstufungen. Noch besser ist es, von jeder dieser vier Abstufungen mehrere Exemplare parallel zu schalten.

Um zu hohe Ladeströme beim zufälligen Einschalten des Filters bei einer momentan hohen Netzspannung zu vermeiden, sind noch Schutzwiderstände erforderlich. Genau das wird mit dieser Schaltung realisiert. Jeweils drei gleiche Kondensatoren in vier Gruppen mit unterschiedlichen Werten in Reihe mit 10-Ω-Schutzwiderständen. Die LED auf der Eingangsseite links dient übrigens nicht nur als Einschaltanzeige. Über ihre Vorwiderstände R1 und R2 entlädt sie auch zuverlässig die Kondensatoren, wenn das Filter vom Netz getrennt wird.

Bauteile und Funktionen

C1, C2 und C3 sollten vorzugsweise Hochspannungskondensatoren der Klasse 1 (vorzugsweise) oder der Klasse 2 (schlechtere Eigenschaften) sowie Hochfrequenz-Keramikscheibenkondensatoren sein. Verwenden Sie Keramik Kondensatoren mit weniger als 1000 pF und einer effektiven Arbeitsfrequenz von über 1 MHz, um Hochfrequenzrauschen aus dem Netz zu unterdrücken, das besonders LW- und MW-Geräte stört. Die anderen Kondensatoren sind X2-Typen oder andere geeignete Hochspannungskondensatoren. Speziell entwickelte EMI/RFI-Entstörkondensatoren, die direkt an das Netz angeschlossen werden können und dabei das Hochfrequenz- und Hochspannungsrauschen absorbieren, sind vorzuziehen. Die Parallelschaltung mehrerer Kondensatoren desselben Typs verbessert in der Regel die Filterwirkung. Widerstand R3 hat mehrere Funktionen:

- Er wird für Testzwecke verwendet. Über die Spannung zwischen TP1 und TP2 kann man den Strom des Netzrauschens messen.
- Bei hohen Frequenzen ist R3 parallel zum Netz geschaltet und absorbiert die Energie des Hochfrequenzrauschens.
- R3 reduziert eine Stromspitze in die der Schaltung auf unter 20 A und sollte schon deshalb nicht weggelassen werden.
- R3 sollte in der Lage sein, die Leistung des Rauschens in Wärme zu verwandeln. Verwenden Sie deshalb einen Typ mit 2 W oder mehr.

Die Widerstände R4...R7 haben ähnliche Funktionen wie R3, aber sie sind für jede Kondensatorgruppe individuell.

Es ist sehr wichtig, die Schaltung direkt an der Steckdosenleiste zu platzieren, da schon die Leiter zwischen der Schaltung und dem Netz das Rauschen emittieren. Es ist besser, zwischen allen Komponenten Verbindungen mit niedriger Impedanz zu verwenden, um eine gute Filterfunktion zu gewährleisten. Wenn Sie diese Schaltung in einer Gleichstromumgebung verwenden wollen, ist es sinnvoll, D2 durch eine zweite LED einer anderen Farbe zu ersetzen, um die Polarität anzuzeigen.

Eine einfache Lösung

Diese einfache Schaltung kann eine externe Alternative zu (fehlenden) integrierten EMI-Filtern sein. Die Schaltung wird in einem der Ausgänge der Steckdosenleiste oder in der Steckdose in der Wand

angeschlossen. Es ist nicht notwendig, die exakten Kondensatorwerte der Stückliste zu verwenden, solange sie nur den Spannungsanforderungen entsprechen. Im Falle erheblicher Überspannungsspitzen sollten wir geeignete spannungsbegrenzende Bauteile wie einen Varistor in den Eingang der Schaltung einbauen. ◀

200386-02



Über den Autor

Petre Tzvetanov Petrov ist HF-Elektroniker (MScEE) mit mehr als 40 Jahren Erfahrung im Bereich der analogen und digitalen Elektronik und im IT-Sektor. Er ist der Autor von mehr als 250 Artikeln, die in Bulgarisch, Russisch, Englisch und jetzt auch in Deutsch veröffentlicht wurden.



STÜCKLISTE

Widerstände:

R1,R2 = 33 k / 1 W
R3 = 10 Ω / 2 W
R4...R7 = 10 Ω / 1 W

Kondensatoren:

C1...C3 = 330 p / 500 V, Keramik, Y5P
C4...C6 = 4n7 / 400 V, X2
C7...C9 = 22 n / 400 V, X2
C10...C12 = 68 n / 400 V, X2

Halbleiter:

D1 = LED
D2 = 1N4148

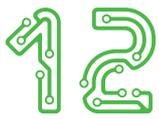
Außerdem:

F1 = Schmelzsicherung 2 A träge mit Halter
VDR = Varistor für 230 VAC (optional)



Passende Produkte

- **PeakTech 4350 Clamp Meter (SKU 18161)**
www.elektor.de/18161
- **OWON XSA810 Spectrum Analyser (1 GHz) (SKU 19714)**
www.elektor.de/19714



Tastenfremie Garagentorsteuerung

Eine DIY-Lenkerfernbedienung

Von Bruno Clerc (Frankreich)

Selbst wenn Sie kein Motorrad fahren, werden Sie dieses innovative Projekt einer DIY-Lenkerfernbedienung sicher inspirierend finden. Die intelligente Lösung ermöglicht es dem Benutzer, ein Garagentor aus der Ferne zu öffnen, ohne einen Knopf drücken zu müssen.



Wenn ich mit dem Motorrad zu Hause ankomme, an einem ansteigenden Hang, mit behandschuhten Händen die beiden Fernbedienungen für das Zauntor und das Garagentor suche und die beiden kleinen Teile auch noch bedienen muss - nun ja, dann ist das ganz schon mühsam! Deshalb habe ich über eine Lösung nachgedacht, um das Garagentor aus der Ferne zu öffnen, ohne die Tasten auf den jeweiligen Fernbedienungen drücken zu müssen.

OK, ich könnte einen Fotowiderstand verstecken, der ein Aufleuchten der Scheinwerfer erkennt, aber das ist nicht sehr sicher. Besser wäre es, die Funkfernbedienungen mit Rolling Code zu behalten. Aber in diesem Fall braucht man ein Gerät, mit dem man die Tasten drücken kann, ohne die Hände vom Lenker zu nehmen - zum Beispiel, indem man mit dem Scheinwerfer des Motorrads blinkt.

Hier sind die Spezifikationen für mein Gerät:

- Betrieb über die Stromversorgung des Motorrads (12 V nach dem Zündschloss)
- Da das Gerät an die Drucktasten der Fernbedienungen angeschlossen wird, sollten Sie die Möglichkeit nutzen, die Fernbedienungen über das Gerät mit Strom zu versorgen.
- Die Aufforderung zum Übertragen über ein Signal, das vom Scheinwerfer kommt (+12 V, Scheinwerfer an), muss erkannt werden.

- Nach der Erkennung wird ein Tastendruck auf die richtige Taste der Fernbedienung simuliert.

Ein kleiner ATtiny85-Mikrocontroller erkennt das Aufleuchten des Scheinwerfers. Wenn das Aufleuchten zu kurz oder zu lang ist, passiert nichts. Ist es aber länger als ein erster Wert und (aber nicht zu lang), dann wird der Knopf der ersten Fernbedienung aktiviert. Wenn die Dauer des Aufleuchtens einen zweiten Grenzwert überschreitet (aber nicht zu lang), wird die Taste der zweiten Fernbedienung aktiviert.

Nach diesem Prinzip habe ich mehrere Prototypen gebaut, die die Tasten der Fernbedienung mit Relais oder mit Optokopplern aktiviert haben. Das hat zwar gut funktioniert, aber ich fand die Lösung nicht sehr zufriedenstellend. Die größte Unannehmlichkeit war der „Verlust“ der Fernbedienungen, die ja Teil des Fahrzeugs wurden. Die Größe der Baugruppe war ein weiterer negativer Punkt.

Ein Verwandter machte mich auf zwei Hersteller programmierbarer Fernbedienungen aufmerksam (JMA und Silca). So kam ich auf die Idee, das Gerät an eine programmierbare Fernbedienung zu koppeln und am Motorrad anzubringen. Indem ich die Batterie der Fernbedienung und ihre Halterung durch eine kleine Platine mit dem ATtiny85 ersetzte, konnte ich einen ordentlichen und kompakten Aufbau erreichen.

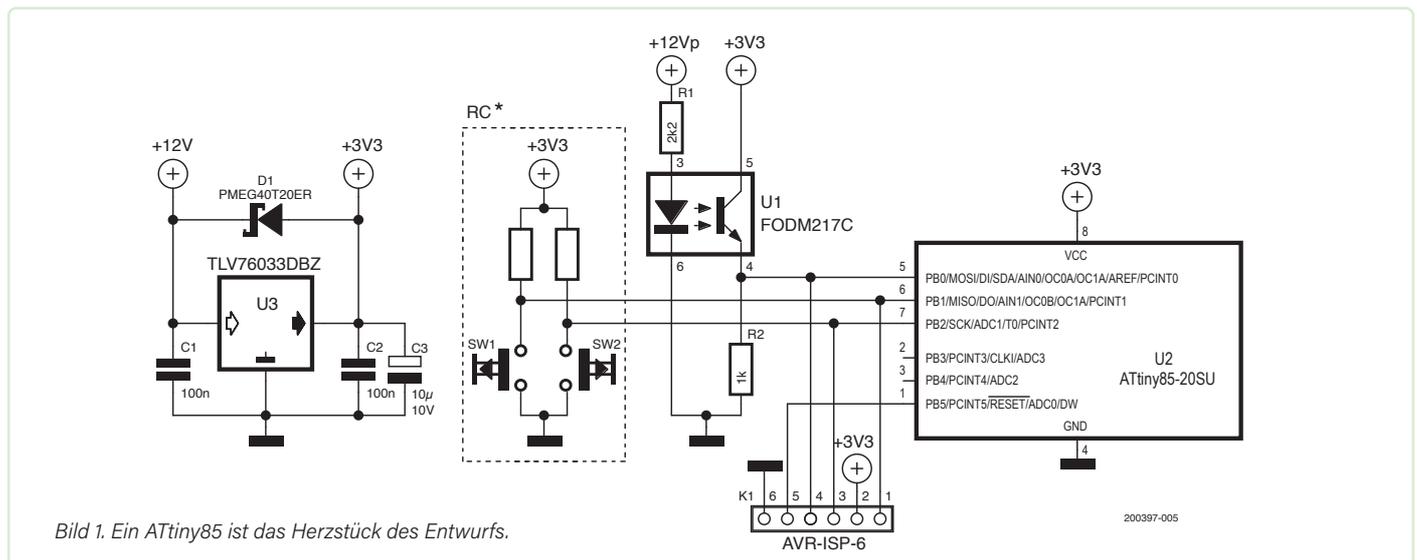


Bild 1. Ein ATtiny85 ist das Herzstück des Entwurfs.

Tabelle 1. Verbindungen zwischen K1 und dem Arduino Uno im Programmiermodus.

K1	UNO	Signal
1	D12	MISO
2	+5V	
3	D13	SCK
4	D11	MOSI
5	D10	RST
6	GND	



Bild 2. Die Platine ersetzt die Batterie der Fernbedienung.

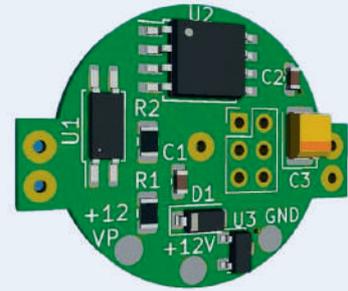


Bild 3. 3D-Ansicht der vom Autor entworfenen Platine.

Schaltplan

Bild 1 zeigt den Schaltplan des Geräts. Die Schaltung wird über drei Kabel mit dem Motorrad verbunden:

- +12 V nach dem Zündschloss
- Fahrzeugmasse (Chassis)
- Scheinwerfer (+12 V_p Scheinwerfer an)

Der Regler U3 liefert eine Spannung von 3,3 V für den Betrieb des Mikrocontrollers und der Fernsteuerung. Die Diode D1 dient als Verpolschutz.

Der Optokoppler U1 erfasst das Aufleuchten des Scheinwerfers. Er schützt vor Schwankungen der Fahrzeugversorgung (in etwa 12...14 V). Der Widerstand R1 begrenzt den Strom durch die LED auf etwa 5 mA. Der Ausgang des Optokopplers ist mit dem Port PB0 des ATtiny85 verbunden. Wenn der Scheinwerfer eingeschaltet ist ($V_H = 12\text{ V}$), geht PB0 auf High (3,3 V), ansonsten liegt der Pin dank R2 auf 0 V.

Wenn der Scheinwerfer seinen Schein wirft, startet der Mikrocontroller einen Zähler (mit einer Auflösung von 300 ms). Wenn der Scheinwerfer ausgeschaltet wird, wird der Zähler gestoppt und sein Wert mit den vordefinierten Grenzwerten verglichen. Wenn dabei die Dauer des „Scheinwerferblitzes“ zwischen 600 ms und 1,8 s liegt, wird der Pin PB1 für 4 s aktiviert, um einen Tastendruck zu simulieren. Liegt die Dauer des Aufleuchtens zwischen 2,1 s und 4,5 s, so wird Anschluss PB2 aktiviert.

Die Controller-Anschlüsse PB1 und PB2 sind parallel zu den Drucktasten der Fernbedienungen geschaltet (das gestrichelt eingezeichnete Rechteck RC im Schaltplan), ohne dass Relais oder Optokoppler erforderlich wären.

Programmierung des Mikrocontrollers

Das Programm für den Mikrocontroller wurde in der Arduino-IDE [1] geschrieben. Um es zu kompilieren, muss man zunächst das *Boards Package* für ATtiny installieren, das auf GitHub von David A. Mellis [2] zur Verfügung gestellt wird. Dort finden Sie auch eine Installationsanleitung.

Um das Programm in den Mikrocontroller zu laden, habe ich ein Arduino-Board im Programmiermodus (Arduino als ISP) verwendet. Das Verfahren ist unter [2] beschrieben (auf *this guide* klicken). **Tabelle 1** zeigt, wie man den Arduino Uno den Verbinder unseres Geräts anschließt.

Montage

Für diese kleine Schaltung habe ich eine kleine runde Platine in der Größe des Batteriehalters der Fernbedienung entworfen, die ich anstelle des Batteriehalters montiert habe (**Bild 2** und **Bild 3**). Die Ausgänge des Mikrocontrollers wurden über dünne Kabel mit den Tasten der Fernbedienung verbunden. Durch eine kleine Aussparung auf der Rückseite der Fernbedienung wird das dreiadrige Kabel für den Anschluss an die Stromversorgung und die Scheinwerfererkennung geführt. Um die Platine vor Wetterunbilden zu schützen, habe ich eine dünne Schicht lösungsmittelfreien Acryllack aufgetragen.

Viel Spaß beim Fahren! ◀

200397-02

Über den Autor

Bruno Clerc entdeckte die Elektronik im Alter von zwölf Jahren dank seines älteren Bruders. Neugierig auf alles und wissensdurstig, aber nichts wissend, alles auseinandernehmend, oft ohne es wieder zusammensetzen, beschloss er, in Bordeaux Elektronik zu studieren. Bruno arbeitete im Bereich der Niederspannungsanlagen, dann in der Luftfahrt und in verschiedenen anderen Bereichen. Als die Mikrocontroller aufkamen, konzentrierte er sich, da er nicht programmieren konnte, auf die Wartung von alten Hi-Fi-Geräten. All das änderte sich, als ihm sein Bruder vor fünf Jahren einen Arduino Uno schenkte. Bruno fand eine neue Leidenschaft und wurde Arduino47. Heute dankt er der gesamten Arduino-Gemeinschaft, die ihm geholfen hat, sein Wissen zu erweitern. Aus diesem Grund versucht er, ohne Anspruch auf Wissen oder Anerkennung, sich die Zeit zu nehmen, seine eigenen Entwürfe zu veröffentlichen. Sein Credo lautet: „Erfinden ist weder imitieren noch kopieren.“

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Passendes Produkt

- **W. A. Smith, Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language (SKU 20007)** www.elektor.de/20007

WEBLINKS

- [1] Quellcode auf Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.de/labs/comodo-remote>
- [2] ATtiny-Boards-Package für Arduino: <https://github.com/damellis/attiny>

13

DI-Box für ein Smartphone

Mobiltelefon zuverlässig mit einer Audioanlage verbinden

Von Thierry Clinquart (Belgien)

Ein Smartphone lässt sich zuverlässig mit nur wenigen passiven Bauteilen mit einem Mischpult verbinden. Diese erschwingliche Lösung ist eine hervorragende Option.

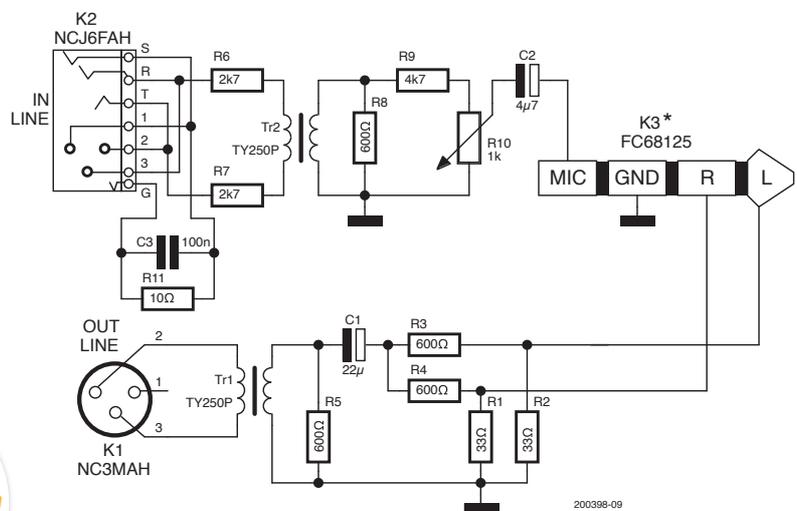


Bild 1. Mit nur wenigen passiven Bauteilen lässt sich ein Smartphone zuverlässig mit einem Mischpult zu verbinden.

Sie sind DJ oder Radiomoderator und möchten Ihrem Auditorium die Möglichkeit geben, sich über Ihr Smartphone hinzuzuschalten? Hier ist das ideale Tool, um mit geringem Kostenaufwand eine Verknüpfung zwischen Ihrer Audioanlage und einem Smartphone aufzubauen. Einem Heimstudio, einem Reporter oder einem Tonassistenten vor Ort wird dies hervorragende Dienste leisten.

Einige von Ihnen werden sich fragen: Warum sollte man ein solches Gerät bauen, wenn es bereits Systeme wie das iRig von IK Multimedia gibt? Meine Antwort ist, dass das iRig nicht alles kann, und dass man es genau für den vorgesehenen Einsatzzweck auswählen muss. Beachten Sie, dass andere Lösungen wie USB möglich sind, dass die Geräte kompatibel sein müssen oder dass man die Verwendung eines DAC in Betracht ziehen muss. Mein Gerät ist eine schnelle Plug & Play-Lösung, die keine Softwareänderungen erfordert. Man schließt es einfach wie einen Kopfhörer an.

Das hier vorgeschlagene Modul ist ein Kompromiss, um beide Richtungen der Kommunikation über ein Smartphone zu verwalten. Der Anschluss erfolgt über eine professionelle XLR/Klinke-Kombibuchse (Neutrik NCJ6FA-H). Dies ermöglicht den Anschluss über XLR oder Klinke an den Post-Auxiliary-Ausgang (N-1) Ihres Mischpults. Der Signalpegel wird reduziert, um ihn an den Mikrofonpegel des Telefons anzupassen. Über die vierpolige Klinkebuchse werden auch die L- und R-Kopfhörersignale des Telefons abgegriffen und für einen Mono-Ausgang an einem dreipoligen männlichen XLR-Stecker gemischt.

Alles ist galvanisch getrennt und vor Gleichspannungen geschützt. Die Eingangs- und Ausgangstransformatoren wurden so ausgewählt, dass sie die Audiobandbreite nach HD-Voice (50 Hz bis 7 kHz) abdecken.

Schaltplan

K2, der Eingang des Geräts (**Bild 1**), ist besagte hybride XLR/Klinkebuchse. Am Eingang befindet sich ein 20-dB-Dämpfungsglied, bestehend aus R6, R7 und R8. Berechnungen:

$$20 \times \log(600 / (2700 + 2700 + 600)) = 20 \times \log(1/10) = -20 \text{ dB}$$

R9 und R10 bieten eine zweite Dämpfung von 20 dB, wenn der Schleifer von R10 in der Mitte liegt. Wir haben also eine Dämpfung von 40 dB mit einer Marge, falls erforderlich. Das Signal wird dann über C2 und K3 an den Mikrofoneingang des Telefons geleitet.

C2 blockiert jegliche Gleichstromkomponenten, die den Transformator Tr2 stören könnten, da für den Betrieb des Elektretmikrofons des Headsets in der Regel nur einige Volt vorhanden sind. Am Eingang erfolgt der Anschluss der Gehäusemasse über ein klassisches RC-Netzwerk, das aus R11 und C3 besteht.

Was den Headset-Anschluss K3 betrifft, so haben die meisten Mobiltelefonhersteller den CTIA-Standard übernommen. Sollte dies nicht der Fall sein, müssen Sie lediglich die Anschlüsse „MIC“ und „GND“ vertauschen. Für K3 haben wir einen Stecker FC68125 von Cliff verwendet, aber es ist durchaus möglich, auch andere, sogar vorverdrahtete, Kabel zu verwenden.

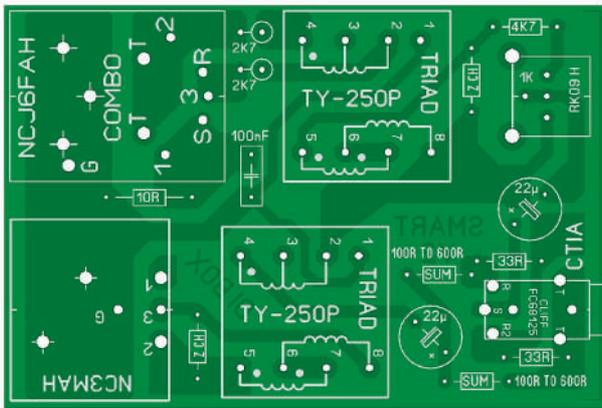


Bild 2. Beispiel einer für dieses Projekt angefertigten Platine [1].

In die andere Richtung

R1 und R2 belasten den Ausgang des Telefons mit 33 Ω, so als ob Sie Ihren Kopfhörer eingesteckt hätten. R3 und R4 mischen die L- und R-Signale zu einem Monosignal, bevor sie an den Ausgangsübertrager weitergeleitet werden, der von R5 mit 600 Ω belastet wird. Wie C2 blockiert auch C1 alle Gleichstromkomponenten an den Ausgängen L und R. Ich habe verschiedene Platinen (Bild 2) für verschiedene Transformatoren [1] angefertigt, aber auch eine fliegende Verdrahtung ist möglich.

Ich hoffe, Sie finden meine kleine Schaltung. Abschließend möchte ich dem Elektor-Lab-Team für seine konstruktiven Kommentare danken. ◀

200398-02

Über den Autor

Als gelernter Elektroniker hat Thierry Clinquart seine Leidenschaft auf die Audiotechnik gelenkt. Alle seine Projekte drehen sich um analoge Tontechnik - Vorverstärkung, dynamische Signalverarbeitung, Korrekturen, Signalverteilung und so weiter. 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.



Passende Produkte

- > Pimoroni Raspberry Pi Pico Audio Pack (SKU 19765) www.elektor.de/19765
- > Elektor Audio Collection (USB-Stick) (SKU 19892) www.elektor.de/19892

WEBLINK

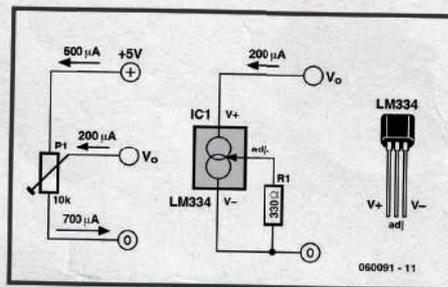
[1] Dieses Projekt auf Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.de/labs/smartphone-di-box>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #03 ↻

www.elektormagazine.de/summer-quiz3

Von Heino Peters

Der Kontrast eines LC-Displays wird meist mit einem 10-kΩ-Trimmpoti eingestellt. Dies ist eine ebenso einfache wie zweckmäßige Lösung, solange die Betriebsspannung konstant bleibt. Beim Betrieb an einer veränderlichen Spannung, zum Beispiel an einer Batterie, bleibt der Kontrast nicht über längere Zeit optimal. Dieses Problem lässt sich mit einfachen Mitteln aus der Welt schaffen. Das 10-kΩ-Trimmpoti hat die Funktion, den Strom konstant zu halten, der vom Kontrast-Anschluss des LC-Displays (meistens Pin 3 oder „V_c“) nach Masse fließt. Dieser Strom beträgt bei einem viel verwendeten Display-Typ mit 2 x 16 Zeichen ungefähr 200 µA. Bei der Betriebsspannung +5 V fließen 500 µA durch das Trimmpoti, was natürlich die Energiebilanz belastet. Der LM334 ist eine einstellbare Präzisionsstromquelle, deren Strom mit einem



einigen Widerstand eingestellt werden kann. Mit dem in der Schaltung für R1 angegebenen Wert 330 Ω fließt durch den LM334 ein konstanter Strom von 200 µA nach Masse. Wenn man R1 gegen ein 2,2-kΩ-Trimmpoti austauscht, kann man den Strom individuell an das Display anpassen. Der Wert von R1 lässt sich wie folgt berechnen:

$$R1 = 227 \cdot 10^6 \cdot T/I$$

Hierbei ist T die absolute Temperatur in Kelvin (20°C entsprechen rund 293 Kelvin), und I ist der Strom in Ampere. Im

vorliegenden Fall gilt für R1: $R1 = 227 \cdot 10^6 \cdot 293 / (200 \cdot 10^{-6}) = 333 \Omega$. Zu beachten ist, dass der Strom durch den LM334 von der Temperatur abhängt. Das gilt übrigens auch für den Strom des Displays, zwischen den beiden Strömen besteht jedoch nicht notwendigerweise ein linearer Zusammenhang. Temperaturdifferenzen bis 10 °C sind jedoch ohne weiteres tragbar.

Wenn das LC-Display selbst einen Strombedarf von beispielsweise 1,2 mA hat, werden durch die Schaltung mit dem LM334 gut 25% Energie eingespart. Bei Batteriebetrieb ist dies sicher eine lohnende Investition. Hinzu kommt natürlich, dass der Display-Kontrast bei sinkender Batteriespannung nicht nachgestellt werden muss. Leider konnten wir bisher noch keine Erfahrungen sammeln, ob die Schaltung auch zur Steuerung der Helligkeit von Displays der neueren Generation wie OLEDs und PLEDs geeignet ist.

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop





Spaß mit Lauflichtern

Von Michael A. Shustov und
Andrey M. Shustov (Deutschland)

Ein Lauflicht lässt LEDs oder Lampen in einer sich ständig wiederholenden Sequenz aufleuchten. Eine solche Kette aus Lichtern kann für elektronisches Spielzeug, Modellbau und Beschilderungszwecke verwendet werden.

Der grundlegende Entwurf eines dreistufigen Lauflichts ist in **Bild 1** dargestellt. Hier werden MOSFETs als Schaltelemente (T1 bis T3) verwendet, aber es kann auch mit bipolaren Transistoren gearbeitet werden. Es leuchten immer zwei LEDs auf. Die Reihenfolge ist LED1+LED2, LED1+LED3 und LED2+LED3, und dann beginnt sie von vorne. Diese Schaltung wird auch als Ringoszillator bezeichnet.

Die Oszillatorfrequenz wird durch die RC-Glieder R4/C2, R5/C3 und R6/C1 bestimmt und liegt mit den angegebenen Werten bei etwa 2 Hz. Die Widerstände R1, R2 und R3 begrenzen den durch die LEDs fließenden Strom und können je nach gewünschter Helligkeit und LED-Farbe eingestellt werden.

Bild 2 zeigt, wie die Schaltung aus Bild 1 durch das Hinzufügen einiger Dioden so verändert wird, dass jeweils nur eine LED leuchtet. Die Reihenfolge ist LED1, LED2, LED3 und wiederholt sich dann. Die Oszillatorfrequenz ist jetzt fast zehnmal höher, etwa 20 Hz mit den gegebenen Bauteilwerten, da die Dioden einen schnellen Entladepfad für die Kondensatoren bieten. Ändern Sie die Werte der Kondensatoren auf 1 μF , erhalten Sie eine ähnliche Frequenz wie bei der Schaltung in Bild 1.

Wenn die LEDs alle die gleiche Farbe haben, können sie sich einen einzigen Strombegrenzungswiderstand (R1) teilen, dessen Wert von der Versorgungsspannung und dem Betriebsstrom der LEDs abhängt.

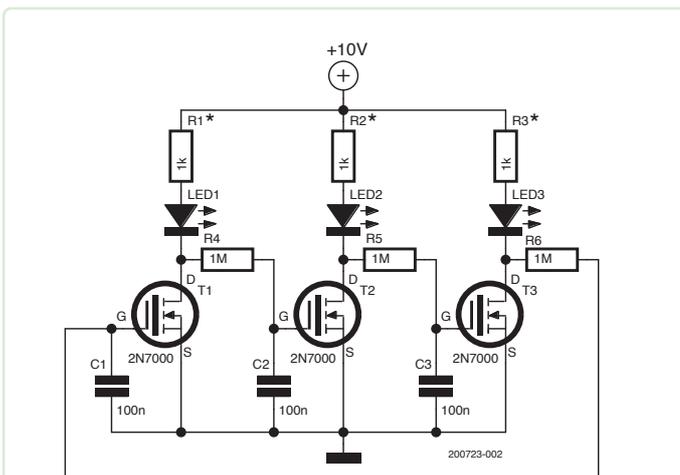


Bild 1. Ein klassisches Lauflicht mit LEDs.

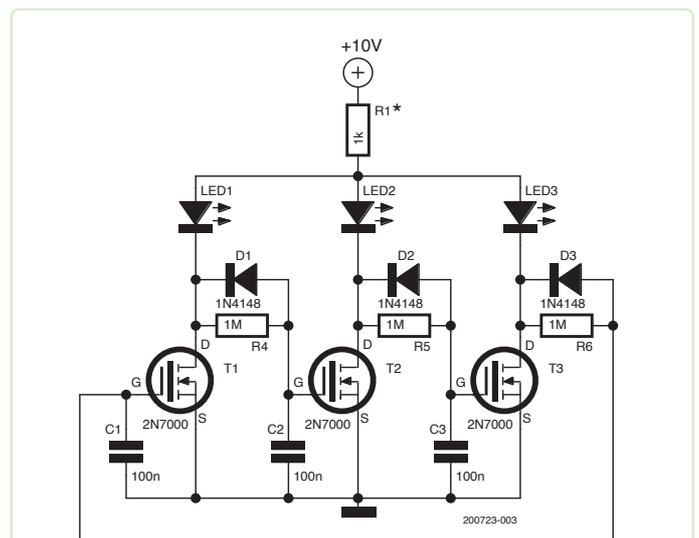


Bild 2. Bei dieser Schaltung leuchtet immer nur eine LED zur gleichen Zeit.

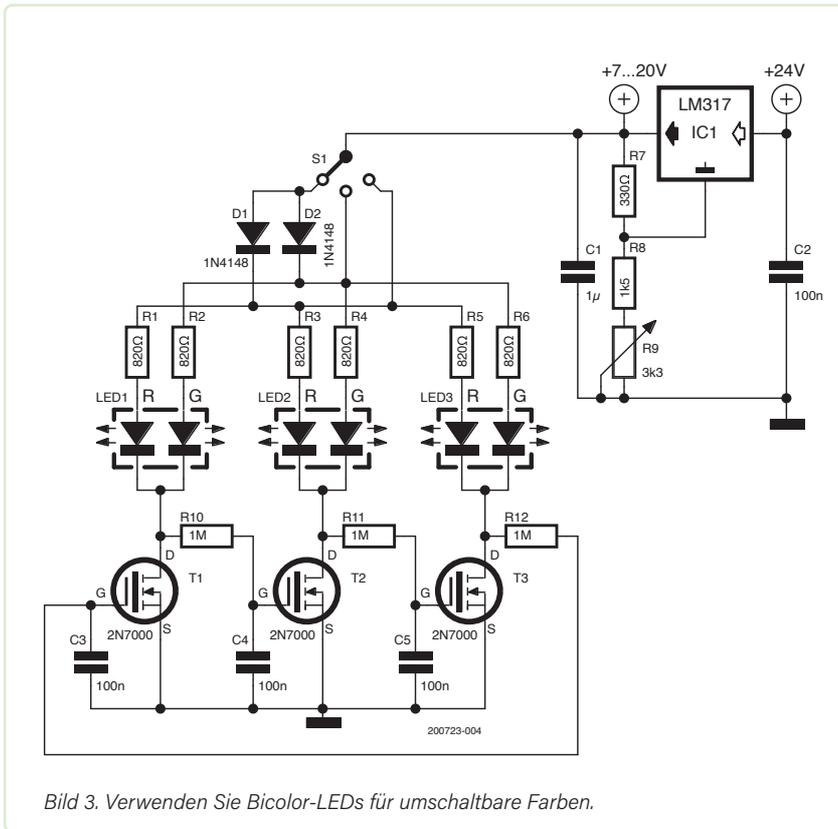


Bild 3. Verwenden Sie Bicolor-LEDs für umschaltbare Farben.

Bild 3 zeigt eine zweite Variante der ersten Schaltung. Die Leuchtsequenz und -frequenz sind dieselben wie in Bild 1, aber die LEDs sind jetzt zweifarbig. Mit dem Schalter S1 kann die Farbe gewählt werden: nur rot, nur grün oder beides (das heißt, orange). Man könnte sie als animiertes Zeichen verwenden, bei dem zum Beispiel rot für „nein“, grün für „ja“ und Orange für „vielleicht“ (njein) steht.

Die Helligkeit wird von R9 bestimmt, der den Ausgang des einstellbaren Spannungsreglers IC1 im Bereich von 7...20 V einstellt. Die Einstellung von R9 hat auch einen gewissen Einfluss auf die Oszillatorfrequenz. ◀

200723-02



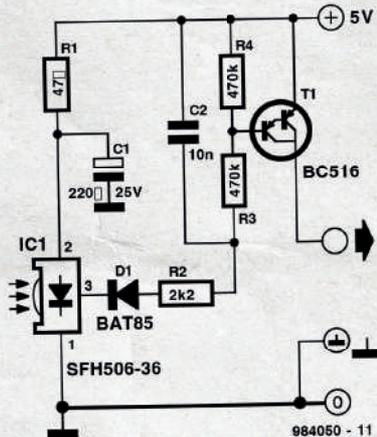
Produkte

➤ M.A. Shustov & A.M. Shustov, *Electronic Circuits for All* (Elektor 2017) (SKU 18333) www.elektor.de/18333

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #04

www.elektormagazine.de/summer-quiz4

Dieser sehr einfache Empfänger ist für die Zusammenarbeit mit dem an anderer Stelle in diesem Heft beschriebenen IR-Sender bestimmt. Die Anzahl der Bauteile dieses IR-Empfängers ist minimal, er besteht im wesentlichen aus dem integrierten Empfangsmodul SFH506-36, einem Detektor und einer Schaltstufe. Das IR-Fernbedienungssystem gebraucht keinerlei Kodierung, sondern kommt mit einer einfachen Modulation des Sendesignals aus, um ein kontinuierliches Schaltsignal zu erreichen. Da das Empfangsmodul Neigung zeigt, von Low (aktiv) nach High (inaktiv) zu schalten, wenn der IR-Träger länger als 0,2 s ausbleibt, wird der Träger mit



kurzen Impulszügen versehen. Dadurch entsteht am Ausgang des Empfangsmoduls ein Impuls mit einem Tastverhältnis von ein wenig mehr als 1/8, so daß am Ausgang des SFH-Moduls bei der hier gewählten Trägerfrequenz von 36 kHz ein Signal mit einer Frequenz von 281,25 Hz (36 kHz/128) erscheint. Dieses Ausgangssignal wird anschließend mit einer so großen Zeitkonstante gleichgerichtet, daß

Darlington T1 durchsteuert und in diesem Zustand verharrt, solange das Signal empfangen wird. Ein Nachteil dieses einfachen IR-Systems, daß es auch auf andere IR-Quellen (zum Beispiel eine RC5-Fernbedienung) reagiert. Am Ausgang von T1 kommen dann lediglich die Umhüllenden der empfangenen Impulszüge an. Eventuell kann man diesen Effekt bewußt nutzen, wenn man mit dem Modul beispielsweise einen SLB0587-Dimmer ansteuert. Mit einer RC5-Fernbedienung können die Einstellungen des SLB0587 nicht beeinflusst werden. Die Stromaufnahme der Schaltung beträgt ungefähr 0,5 mA.

(984050)rg

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop



15 Ein-Knopf- Thyristor-Steuerung

Von Michael A. Shustov und
Andrey M. Shustov (Deutschland)

Ein Thyristor kann durch Anlegen eines Steuersignals an seinem Gate eingeschaltet werden, aber er kann nur ausgeschaltet werden, wenn der durch ihn fließende Strom unterbrochen oder seine Kathode und Anode kurzgeschlossen werden. Daher ist die Steuerung eines Thyristors mit einem einzigen Schalter oder Taster etwas schwierig. In diesem Artikel sehen wir uns verschiedene Methoden an, die Hürden zu umgehen und es trotzdem zu schaffen.

Ein erster Ansatz ist in **Bild 1A** dargestellt. Zu Beginn ist der Kondensator C1 durch den Schalter S1 überbrückt, das Gate des Thyristors TH1 wird nicht mit Spannung versorgt und die Last ist ausgeschaltet. Durch Drücken von S1 wird die Last eingeschaltet und C1 wird über den Widerstand R1 aufgeladen. Wenn die Spannung über C1 hoch genug ist, schaltet sich der Thyristor ein. Wenn S1 nun losgelassen wird, entlädt sich C1, aber der Thyristor bleibt aufgrund des durch ihn fließenden Laststroms eingeschaltet. Durch kurzes Drücken von S1 wird der Thyristor kurzgeschlossen, so dass er abschaltet. Die Spannung am Gate von TH1 geht gegen Null, da C1 nicht genügend Zeit hat, sich aufzuladen, so dass TH1 ausgeschaltet bleibt, die Last abgetrennt wird und wir wieder am Ausgangspunkt angelangt sind.

Bild 1B zeigt eine Möglichkeit, das gleiche Ergebnis wie zuvor zu erzielen, diesmal jedoch mit Hilfe eines normalerweise geschlossenen Drucktasters. Im Ausgangszustand ist die Last ausgeschaltet. Die Spannung an C1 ist zu gering, um den Thyristor aufgrund des Spannungsteilers, der von R1, R2 und dem Gate von TH1 gebildet wird, einzuschalten. Durch einen langen Druck auf S1 wird der Kondensator C1 über den Widerstand R1 auf eine Spannung aufgeladen, die die Durchschaltspannung des Thyristors übersteigt. Wenn S1 losgelassen wird, wird die Kathode von TH1 wieder mit der GND-Schiene verbunden. C1 entlädt sich nun über R2 in das Gate von TH1. Der Thyristor schaltet sich ein und verbindet die Last mit der Stromversorgung. Ein kurzer Druck auf S1 unterbricht den Strom durch TH1 und schaltet

damit die Last ab. Die Spannung an C1 ist zu niedrig, um TH1 erneut auszulösen, und der Zyklus ist abgeschlossen.

Eine dritte Möglichkeit ist in **Bild 1C** dargestellt. Wie zuvor ist C1 zunächst entladen und TH1 leitet nicht. Diesmal wird durch Drücken von S1 der Kondensator C1 über R_{load} geladen. Wenn S1 losgelassen wird, wird der geladene Kondensator mit dem Gate des Thyristors verbunden, wodurch dieser die Last einschaltet. Durch erneutes Drücken von S1 wird der nun entladene Kondensator parallel zum Thyristor geschaltet, was einem kurzen Kurzschluss von TH1 entspricht, so dass dieser nicht mehr leitet und die Last abschaltet.

Der Ansatz in **Bild 1D** unterscheidet sich dadurch, dass R1 parallel zu C1 geschaltet ist und eine Z-Diode D1 zur Begrenzung der Gate-Spannung verwendet wird. Diese Schaltung funktioniert auf die gleiche Weise wie die vorherige. R1 sorgt für die Entladung von C1, um das Ausschalten zu ermöglichen.

Die Schaltung in **Bild 1E** funktioniert auf andere Weise. Zu Beginn ist S1 offen, der Thyristor TH1 und die Transistoren T1 und T2 sperren alle und die Last (eine Glühlampe) ist ausgeschaltet. Wenn S1 kurz gedrückt wird, beginnt T1 zu leiten und TH1 schaltet sich ein. Das Verzögerungsglied R4/C1 verhindert, dass T2 ebenfalls durchschaltet. Wenn S1 länger gedrückt wird, beginnt T2 zu leiten, wodurch der Thyristor effektiv überbrückt wird. Nach dem Loslassen von S1 wird T1 sofort gesperrt, aber T2 leitet aufgrund der Ladung an C1 noch eine Weile. Dadurch werden der Thyristor und die Last abgeschaltet.

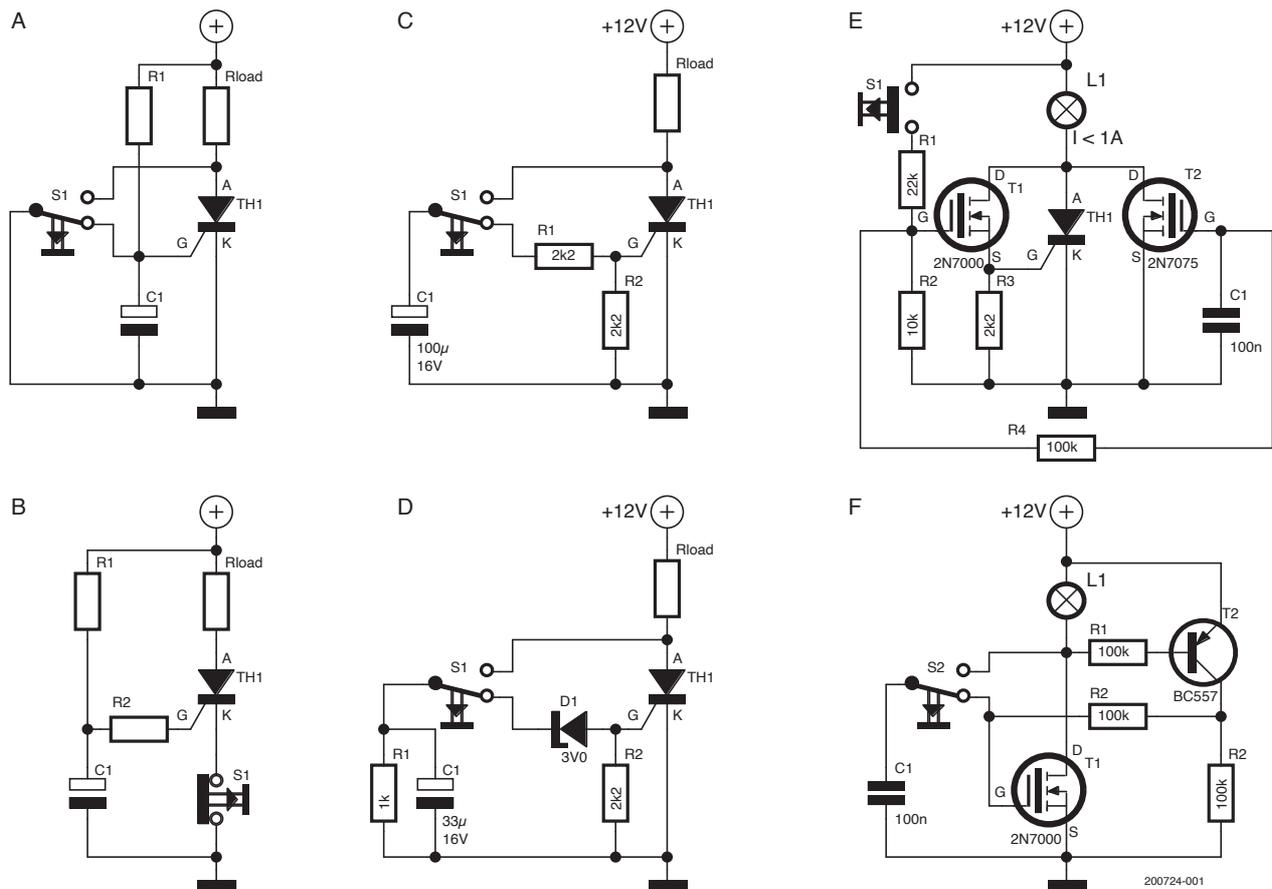


Bild 1. Sechs Möglichkeiten, einen An/Aus-Schalter zu realisieren, fünf mit Thyristor und eine mit Transistoren.

Bild 1F schließlich zeigt einen Ein-/Aus-Schaltkreis mit einer Taste, der keinen Thyristor, sondern zwei Transistoren verwendet. Im Ausgangszustand sperren sowohl T1 und T2 und C1 ist geladen. Wenn S1 kurz gedrückt wird, öffnet sich T1 und schaltet die Last ein. T2 beginnt ebenfalls zu leiten und verbindet das Gate von T1 mit der Versorgungsspannung. Dadurch bleibt T1 auch nach dem Loslassen von S1 geöffnet. Da die Last eingeschaltet ist, geht die Spannung am Drain von T1 gegen null und folglich wird C1 entladen. Durch erneutes Drücken von S1 wird der nun leere C1 mit dem Gate von T1 verbunden, wodurch dieser Transistor schließt und die Last ausschaltet. T2 sperrt nun ebenfalls, so dass sich die Schaltung wieder in ihrem Ausgangszustand befindet. ◀

200724-02



Passendes Produkt

➤ **Buch:** M. A. Shustov und A. M. Shustov, *Electronic Circuits for All* (Elektor 2017) (SKU 18333) www.elektor.de/18333

Über die Autoren

Michael A. Shustov wurde 1952 geboren. Seit 1964 begeistert er sich für Elektronik. 1967 erhielt er als Funkhörer das Rufzeichen UA4-131-56. Im Jahr 1968 erhielt er das Rufzeichen UA4NEU und danach RA4NAU als Funkamateurl. Er studierte an der Fakultät für Physik und Technologie des Tomsker Polytechnischen Instituts (TPI) und arbeitete als stellvertretender Leiter der Gemeinschaftsfunkstelle des TPI UK9HAB. Shustov hat auch einen Dokortitel in Chemie, einen Doktor der technischen Wissenschaften und ist Autor und Mitautor von mehr als 700 gedruckten Werken, darunter 21 Monografien, zwei Sammelbänden und entwickelte 18 Erfindungen. www.famous-scientists.ru/14268/

Andrey M. Shustov, geboren 1978, erwarb 2002 einen Master of Science am Elektrotechnischen Institut der Polytechnischen Universität Tomsk und am Karlsruher Institut für Technologie. Im Jahr 2009 wurde er an der Universität Kassel promoviert. Derzeit arbeitet er für die BASF in Ludwigshafen am Rhein. Andrey ist Autor von mehr als 40 Veröffentlichungen, darunter zwei Bücher. www.xing.com/profile/Andrey_Shustov



16

Quasi-analoger Belichtungstimer für die Dunkelkammer

Von Rob van Hest (Niederlande)

Wollen Sie einen digitalen Belichtungszeitmesser mit analogem Aussehen und analoger Haptik bauen? Das klappt mit ein paar Schaltern, einem Relais, einem Potentiometer und einem Mikrocontroller.

Ein einfacher analoger Belichtungszeitmesser besitzt ein Potentiometer zur Einstellung der gewünschten Zeit, in den meisten Fällen auch einen Bereichsschalter und eine Starttaste. Eine digitale Version wird in der Regel über ein Tastenfeld oder einen Drehgeber und ein Display bedient und daher völlig anders gehandhabt. Diese digitale Zeitschaltuhr wird wie ein analoges Gerät bedient, hat aber eine viel höhere Genauigkeit und Stabilität als ihr klassischer Vorgänger.

Die Hardware

Der Schaltplan dieses digitalen Timers ist in **Bild 1** dargestellt. Ein Potentiometer (P1) dient zur Einstellung der gewünschten Zeit und mit dem Bereichsschalter S1 kann einer von drei Bereichen gewählt werden: 1 s bis 10 s, 2,5 s bis 25 s und 10 s bis 100 s. Andere Bereiche können leicht in der Software definiert werden. Nach dem Datenblatt des PIC12F1840-Mikrocontrollers beträgt die Genauigkeit des Timings $\pm 1\%$ bei Verwendung des internen Oszillators. Für diese Anwendung wird dies als genau genug erachtet, so dass kein externer Quarz erforderlich ist.

Die Zeitskala ist vollständig linear und hängt nur von der Qualität des Potentiometers ab, das hier als einfacher Spannungsteiler arbeitet. Daher kann die Kalibrierung der Potentiometerskala mit einem präzisen Multimeter vorgenommen werden.

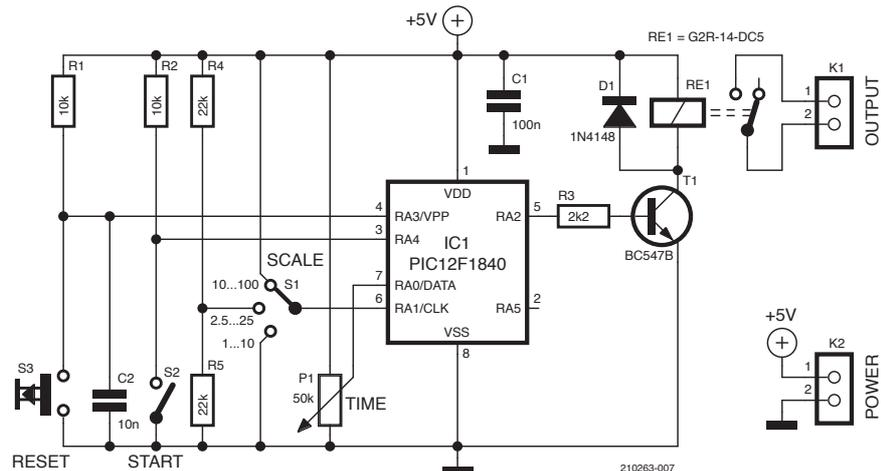


Bild 1. Schaltung des Belichtungstimers.

Der Bereich wird mit dem dreistufigen Schalter S1 gewählt, der mit einem zweiten Analogeingang verbunden ist. Die Multiplikationsfaktoren für die Bereiche sind exakte Werte, so dass keine separate Kalibrierung für jeden Bereich erforderlich ist.

Da die Schaltung sehr einfach ist, wurde keine Platine für sie entworfen, sondern die endgültige Version der Hardware auf Veroboard aufgebaut; Die Schaltung wird über ein 5-V-Steckernetzteil Wechselstromadapter mit 5-V-Gleichstrom-Ausgang mit Strom versorgt; ein beliebiges USB-Ladegerät eignet sich.

Etwas Code ist notwendig

Die Software ist in C für den CC5X-Compiler von B. Knudsen [1] geschrieben. Der Quellcode und die HEX-Datei für den Belichtungs-Timer finden Sie auf der Elektor-Labs-Seite dieses Projekts [2] zum Download bereit. Für dieses kleine Programm kann die kostenlose Version des Compilers verwendet werden.

Zu Beginn des Zeitintervalls tastet der A/D-Wandler das Potentiometer ab. Dieser Wert wird mit einem Skalierungsfaktor multipliziert und zu einem Offset addiert. Das Ergebnis wird in den Komparator für `Timer1` eingegeben, der einen Interrupt mit einer Frequenz zwischen 2 Hz und 20 Hz erzeugt.

In vielen ähnlichen Programmen wird vom Komparator für `Timer1` eine Interrupt-Routine aufgerufen, aber der Code in diesem Programm ist sehr einfach und schnell genug, weil nur eine bereichsabhängige Variable dekrementiert und eine Nullprüfung durchgeführt wird. Daher wird das Interrupt-Flag direkt in der Hauptschleife abgefragt. Wenn die dekrementierte Variable null wird, schaltet der Ausgang ab und der Mikrocontroller geht in den Schlafmodus.

Das Ändern der Poti- oder der Schalterstellung während eines laufenden Intervalls hat keinen Einfluss auf die Zeitmessung. Die einzige Möglichkeit, einen laufenden Timer zu stoppen, ist das Drücken der Reset-Taste oder natürlich das Ausschalten des Timers.

Wenn der Timer aktiv ist, wird der Ausgang RA5 umgeschaltet (0,5 Hz bis 5 Hz), um die Aktivität anzuzeigen; eine LED mit einem Vorwiderstand von 1 k Ω kann als optische Anzeige an diesen Ausgang angeschlossen werden.

Wenn andere Bereiche benötigt werden, können die Multiplikationsfaktoren `MULT1`, `MULT2` und `MULT3` in der Software geändert werden. Wenn man mehr Bereiche benötigt, kann der Schalter S1 durch einen mehrstufigen Schalter ersetzt werden. Dabei werden natürlich auch mehr (gleiche) Widerstände benötigt. Im Programm müssen die Zeilen nach `GetAD(1)` entsprechend geändert werden und weitere `MULTX`-Faktoren hinzugefügt werden.

Wenn Sie möchten, dass die Bereiche bei null statt bei 10 % des Maximalwertes beginnen, zeigt Ihnen der Kommentar im Programm, welche Konstanten geändert werden müssen.

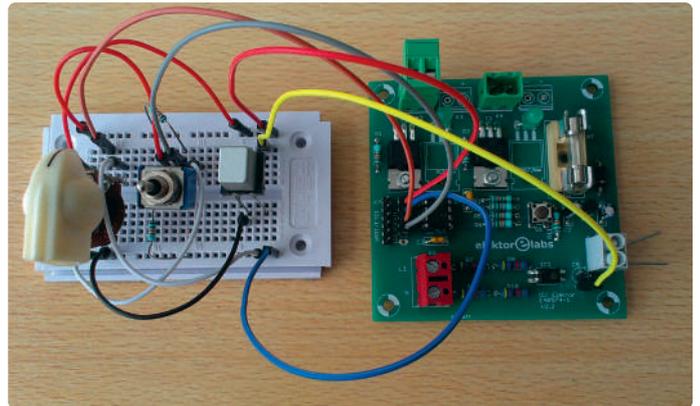


Bild 2. Eine ältere Elektor-Platine aus einem anderen Projekt (140574) erweist sich beim Prototyping als nützlich.

Anmerkung der Redaktion: Im Kommentarbereich auf der Elektor Labs-Seite wird die Genauigkeit dieses Timers diskutiert, wenn der interne Oszillator des Mikrocontrollers verwendet wird. Im Abschnitt „Update“ schlägt der Autor die Verwendung externer Oszillatorschaltungen vor, um die Genauigkeit und Stabilität zu verbessern. Er ist jedoch davon überzeugt, dass der ursprüngliche Entwurf den besten Kompromiss zwischen Genauigkeit und Kosten darstellt. ◀

210263-02

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 redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- > **Tam Hanna, Mikrocontroller-Basics mit PIC (Elektor 2020) Buch SKU 18945:**
www.elektor.de/18945
- > **E-Buch (PDF) SKU 18946:**
www.elektor.de/18946



WEBLINKS

[1] B. Knudsen, CC5X-Compiler: <https://www.bknd.com/>

[2] Elektor-Labs-Seite dieses Projekts: <https://www.elektormagazine.de/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room>

Schaltungen in Hülle und Fülle

aus der Hackster.io Community

Von Alie Gonzalez und dem Hackster Team

Hackster.io ist eine große Online-Community zum Thema Elektronik. Sie ist voll von Hardware- und Software-Projekten und ist ein Ort, an dem Ingenieure, Maker und Studenten sich inspirieren lassen können. Die ausführlichen Anleitungen der Community stellen ein Reichum an Wissen dar, das man gesehen haben muss, um es zu glauben. Im Folgenden stellen wir einige unserer Lieblingsprojekte vor.



Abonnieren Sie den Hackster.io-Newsletter!

Projekt 1: Skeleton Arduino Uno

Platinen haben die Welt verändert. Sie stabilisieren Schaltungen und beseitigen das gefürchtete Durcheinander einer Breadboard-Verdrahtung. Aber was wäre, wenn es einen Mittelweg zwischen der Effizienz einer Platine und der Freude an der Verdrahtung einer Schaltung gäbe? Genau an dieser Stelle setzt dieses Projekt an. Durch frei geformte Messingdrähte ist es möglich, die komplexe, verwobene Schaltung eines Arduino Uno nachzubilden.

Vereinfachung der Schaltung

Ein handelsüblicher Arduino Uno enthält viele kleine SMD-Bauteile sowie Funktionen, die dieses Projekt zu sperrig machen würden. Um das Projekt zu realisieren, wird der Arduino Uno daher vereinfacht und in vier wesentliche Teile unterteilt:

1. Die ATmega328-MCU mit ihrer DIP-Fassung, einem 16-MHz-Oszillator, zwei 22-pF-Kondensatoren und den I/O-Buchsenleisten.
2. Die Schaltung der Stromversorgung, die aus einem 5-V- und einem 3,3-V-Spannungsregler, zwei 100-µF-Kondensatoren und einer Buchse für den Anschluss des Steckernetzteils besteht.

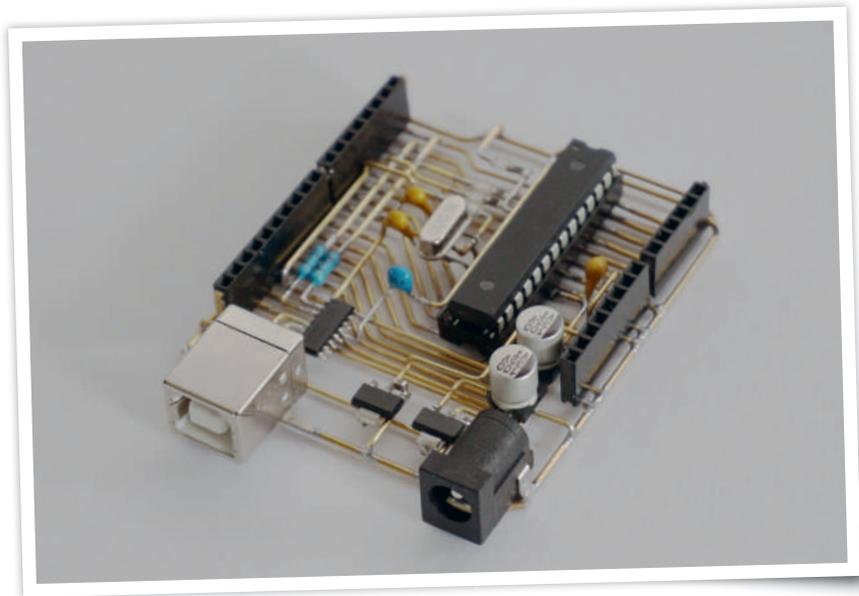
3. Die USB-zu-UART-Schaltung, bestehend aus dem USB-Verbinder sowie dem seriellen Wandler CH340C mit dem dazugehörigen Oszillator und zwei Widerständen.
4. Die Signal-LEDs für Power, TX, RX und die übliche LED an D13.

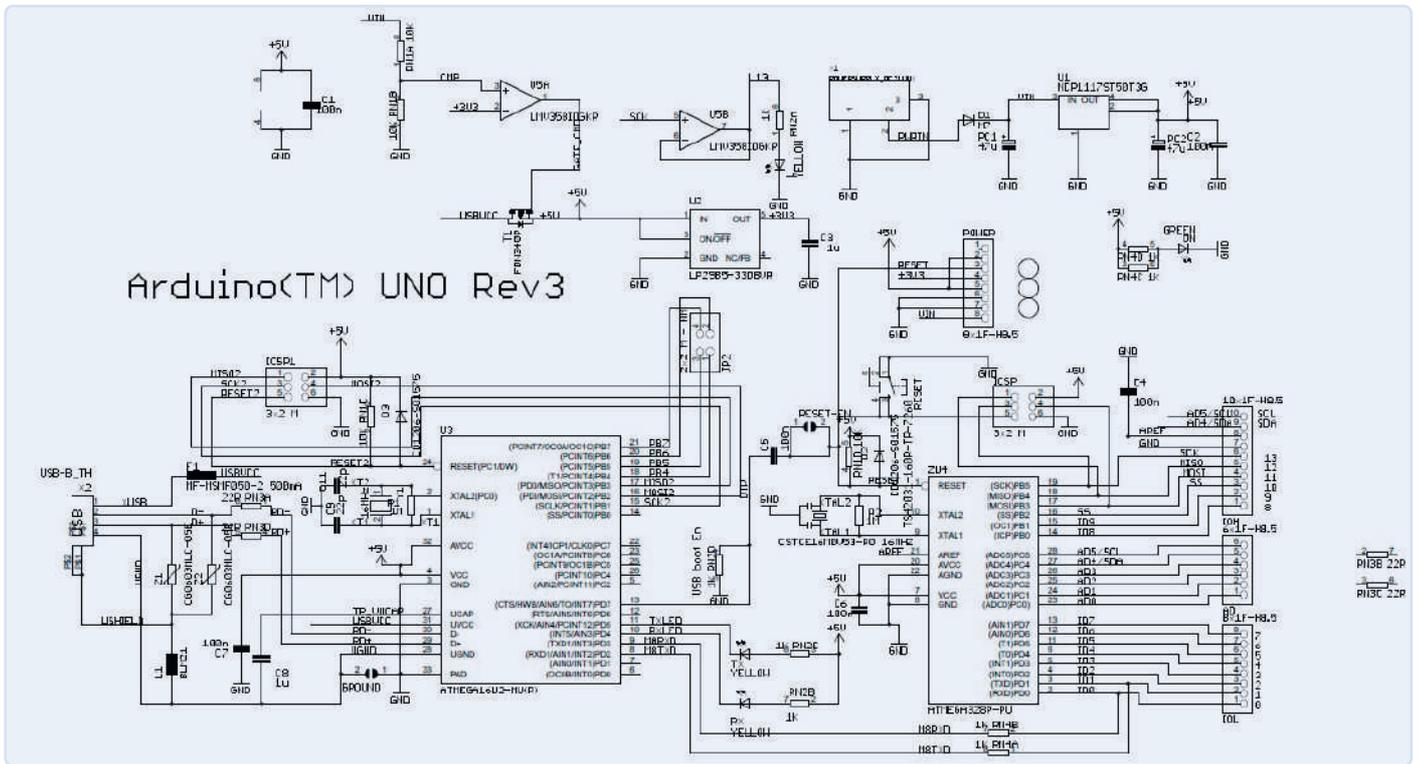
Der Aufbau

Dank des einfachen Layouts des Arduino Uno können die meisten Schaltungen mit Hilfe

einer Papierschablone erstellt werden. Sie können auch eine solche Schablone erstellen, um die Buchsenleisten an ihrem Platz exakt auszurichten.

Bei diesem Projekt wurden vier schmale Abschnitte einer Lochrasterplatine ringförmig angeordnet und zusammengelötet, die die Buchsenleisten an ihrem Bestimmungsort fixieren und durch das große Loch in der Mitte das Lötens der restlichen Komponenten zulassen.



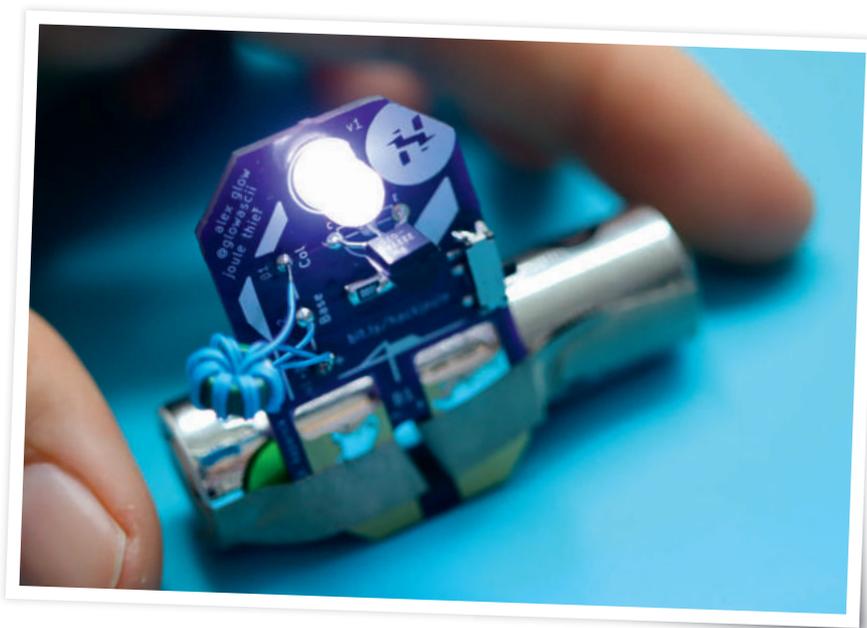


Beginnen Sie mit dem Aufbau der Mikrocontrollerschaltung und testen Sie sie mit einem USBasp-Programmiergerät über die AVR-ICSP-Schnittstelle. Sobald Sie sich vergewissert haben, dass alles funktioniert, verdrahten Sie die restlichen Schaltungen getrennt von der Hauptschaltung und schließen sie dann

an die Hauptschaltung an. Bei den in diesem Projekt verwendeten LEDs handelt es sich um winzige SMD-LEDs der Größe 1206. Um sie richtig zu verlöten, stellen Sie Ihren LötKolben auf eine niedrige Temperatur ein und seien Sie so schnell wie möglich, sonst löten Sie die andere LED-Seite ab. Jetzt

nur noch das Board mit Strom versorgen, ein USB-Kabel anschließen und einen Blink-Sketch hochladen! Das Skeletton Arduino Uno finden Sie unter www.hackster.io. [1]

Projekt 2: Joule Thief PCB



Jeder hat einen Haufen scheinbar leerer Batterien, die darauf warten, entsorgt zu werden. Aber wussten Sie, dass es eine einfache, aber magische Schaltung gibt, die die letzten Elektronen aus Ihren alten Batterien saugen kann?

In dieser Anleitung wird die geheimnisvolle Funktionsweise einer Joule-Thief-Schaltung erklärt und wie Sie damit eine LED aus einer AA- oder AAA-Batterie mit nur 0,5 V Restspannung betreiben können!

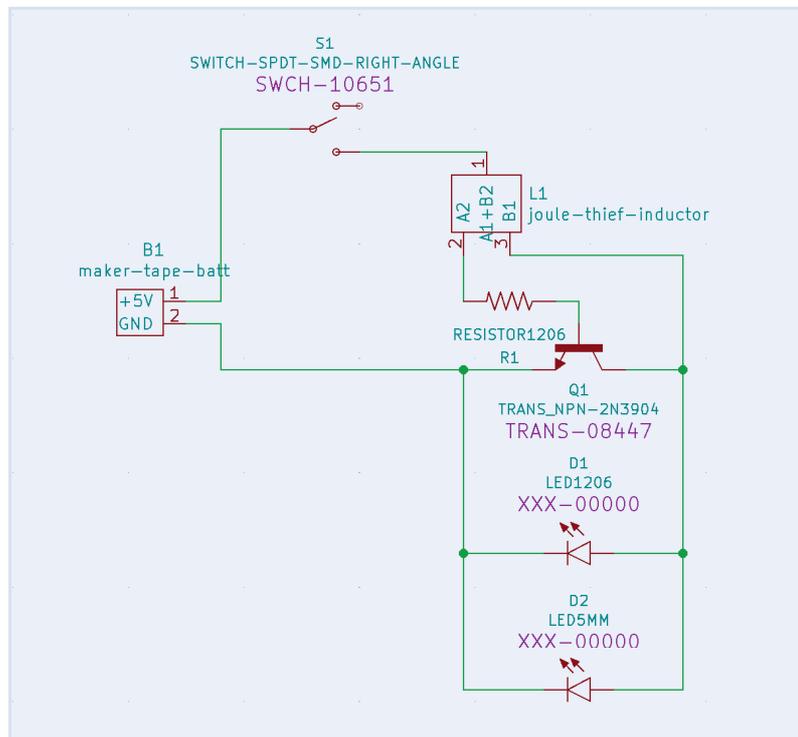
Die Bauteile

Die Joule-Thief-Schaltung besteht aus nur sechs Bauteilen: einem NPN-Transistor, einer LED, einem 1-k Ω -Widerstand und einem Ferritkern, auf den Sie zwei Drahtwicklungen aufbringen. Den Ferritkern können Sie aus einer ausgemusterten Energiesparlampe, Transformatoren/Steckernetzteilen oder sonstigem Elektronikschrott gewinnen. Zusätzlich kann man einen einfachen Schiebescalter einbauen, mit dem sich der Joule-Thief leicht ein- und ausschalten lässt.

Entdeckung der Magie

Kurz gesagt, die Schaltung fungiert als selbstschwingender Aufwärtswandler, der die niedrige Batterierestspannung in eine Reihe von schnellen Impulsen mit höherer Spannung umwandelt. Erreicht wird dies durch eine positive Rückkopplungsschleife, die durch zwei nebeneinander liegende (bifilare) Spulen erzeugt wird. Der Strom, der durch die Spule fließt, die mit der Basis des Transistors verbunden ist, schaltet diesen leicht durch, so dass Strom durch die zweite Spule fließen

kann, die mit dem Kollektor des Transistors verbunden ist. Da die beiden Spulen gekoppelt sind, lässt dieser Strom die Spannung an der Basis ansteigen. Durch diese positiven Rückkopplung geht der Transistor schnell in die Sättigung, aufgrund der schwachen Versorgungsspannung kann die Schaltung diesen Zustand jedoch nicht lange aufrechterhalten. Der Transistor schaltet sich, wiederum unterstützt durch die positive Rückkopplung, schnell ab. Da der Transistor nun sperrt, kann die in der Spule gespeicherte Energie nur von der Last, in diesem Fall einer LED, aufgenommen werden. Das Ergebnis: eine LED, die mit einer Frequenz von etwa 80..100 kHz blinkt! Das Joule Thief PCB-Projekt finden Sie unter www.hackster.io[2]



Projekt 3: Fenster zur Welt



Fenster sind unsere Verbindung zur Welt. Durch ein Fenster können wir das Wetter beobachten, unsere Umgebung wahrnehmen und die Grenze zwischen unserem Zuhause und der Außenwelt verschwimmen lassen. Das größte Problem eines Fensters ist, dass es statisch an den Ort gebunden ist, an dem man lebt. Genau hier setzt dieses Projekt an. Mit einem Android-Fernseher, einigen Hall-Effekt-Sensoren und einer Landkarte können Sie den Blick aus Ihrem Fenster in einen Live-Stream aus einer beliebigen Stadt auf der ganzen Welt verwandeln.

Eintauchen in die Fremde

Das „Steuerpult“ ist eine Weltkarte, die auf ein dünnes Eisenblech geklebt ist, mit einer Reihe von Löchern, in denen Leuchtdioden stecken und hinter denen sich Hall-Effekt-Sensoren verbergen. Mit einem magnetischen Flugzeug (oder jedem anderen Magneten) kann eine dieser LEDs angeflogen werden, so dass der entsprechende Hall-Effekt-Sensor reagiert. Über einen ESP32S wird der Sensorzustand ins Internet übertragen.

Das Fenster besteht aus einem Android-Fernseher, der in die Wand eingelassen ist, und einem formschönen Fensterrahmen vor dem Gerät,

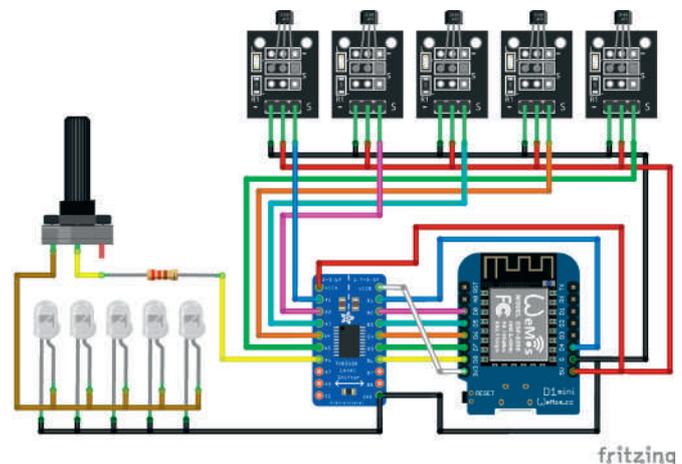
der den Rahmen des Fernsehdisplays verdeckt. Wenn man nicht sehr genau hinschaut, sieht es tatsächlich aus wie ein Fenster! Gleichzeitig ist an der Zimmerdecke eine Wärmebildkamera angebracht, die Ihre Position vor dem Fensterbild verfolgt und Ihnen ein falsches, aber realistisches Gefühl von Perspektive vermittelt.

Der Code

Das Projekt verwendet einen Mosquitto-MQTT-Broker, um die Standortdaten von der Weltkarte an das Python-Skript zu übermitteln, das dann den entsprechenden HTTP-Livestream (HLS) im Mediaplayer VLC generiert. Das HLS-Manifest und die Segmente werden dann an einen Apache-Webserver übertragen, der an das Fernsehgerät angeschlossen ist.

Der MQTT-Broker veröffentlicht auch die Standortdaten sowie die Positionsdaten des Wärmesensors an das Fernsehgerät, um den Stream neu zu laden und die Position des Fensters zu ändern, um so eine Änderung der Perspektive zu simulieren.

Verrückt, aber wahr! Alle Einzelheiten zum Aufbau des Projekts „Window to the World“ finden Sie unter www.hackster.io[3]



Projekt 4: Autonome „Follow Me“-Kühlbox

Sind Sie es leid, Ihre Kühlbox, Ihren Rucksack oder Ihre Einkäufe mit sich herumzuschleppen? Dank dieser autonomen Kühlbox, die Ihnen folgt, ohne dass Sie sich anstrengen müssten, sind diese Zeiten vorbei. Mit einem eingebauten Bluetooth-Modul und der Android-App Blynk kann sich diese Kühlbox mit Ihrem Telefon verbinden und Ihnen anhand von GPS-Koordinaten folgen.

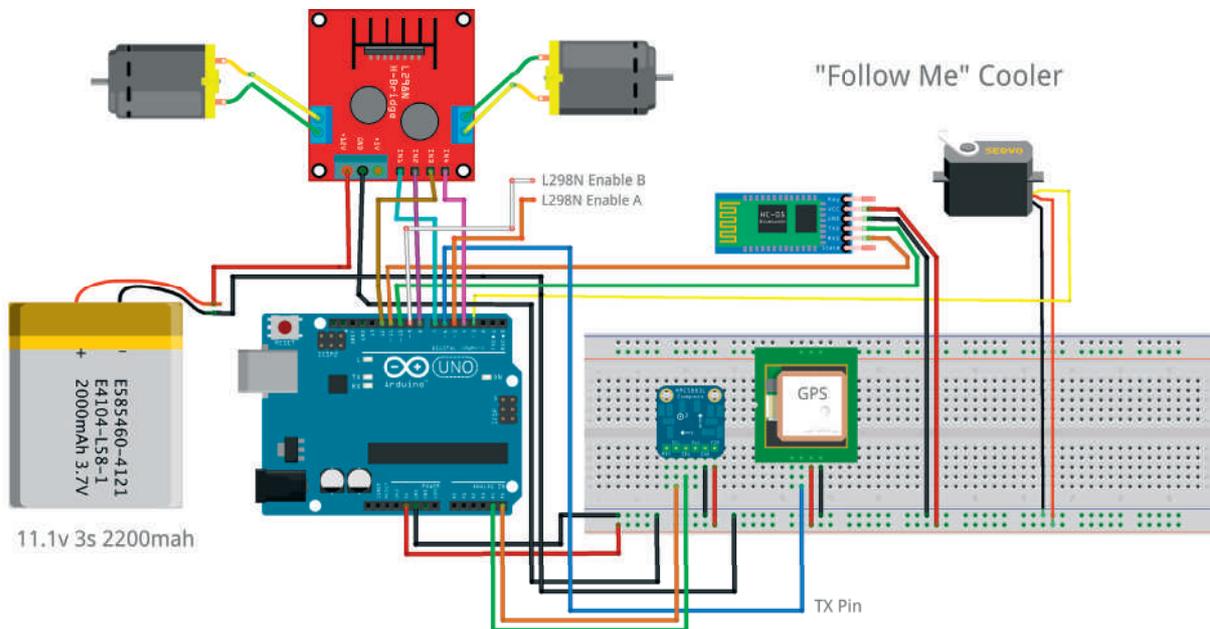
Die Hardware

Der Karren selbst besteht aus MDF-Holzplatten, die so zugeschnitten und zusammengeschaubt wurden, dass eine abgestufte, nach oben offene Box entsteht, in der die Kühlbox und die Elektronik untergebracht sind. Daran werden die Antriebsräder mit Hilfe einiger 3D-gedruckter Halterungen befestigt, um die 12-V-Motoren mit hohem Drehmoment zu montieren. An der Rückseite dieser Plattform wird eine Lenkrolle mit einer weiteren 3D-gedruckten Halterung befestigt. Die Steuerelektronik besteht aus einem

Arduino Uno, einem Bluetooth-Modul HC-05, einem 3S-LiPo-Akku, einem L298N-Motortreiber, einem GPS-Modul PAM-7Q und einem Kompass HMC6883L. Die Motoren werden über den Akku versorgt, die Steuerschaltung über die 5-V-Stromquelle des Arduino. Als Bonus besitzt die Kühlbox einen motorisier-

ten Deckel, der von einem MG996R-Servomotor mit einem 3D-gedruckten Gelenkarm angetrieben wird. Eine vollständige Anleitung für den Bau Ihrer eigenen autonomen "Follow Me"-Kühlbox finden Sie unter [4].

220298-02



Über Hackster.io

Die Avnet-Community Hackster.io ist die weltweit am schnellsten wachsende Entwickler-Gemeinschaft zum Lernen, Programmieren und Bauen von Hardware. Hackster bringt ein globales Netzwerk von fast zwei Millionen Innovatoren und Hunderten von Technologiepartnern zusammen, um die Entwicklung von Lösungen zu erleichtern, die die Welt von heute intelligenter und vernetzter macht.

WEBLINKS

- [1] Skeleton Arduino Uno: <https://bit.ly/3NjOYBa>
- [2] Joule Thief PCB: <https://bit.ly/3naZT5Q>
- [3] Window to the World: <https://bit.ly/3OzY5Pq>
- [4] Autonome "Follow Me"- Cooler: <https://bit.ly/2FuGE4g>

17

Analoger Bräunungs-Timer

Eine intelligente Lösung, einen Sonnenbrand zu vermeiden

Von Michael A. Shustov und
Andrey M. Shustov (Deutschland)

Möchten Sie Ihrer Haut auf sichere Weise ein wenig Farbe verleihen? Mit dieser einfachen analogen Schaltung können Sie die Dosis der UV-Strahlung abschätzen, die Sie während einer Bräunungssitzung erhalten.

Der Bräunungstimer misst die Zeit, die benötigt wird, um einen Kondensator mit Hilfe eines lichtabhängigen Widerstands (LDR) auf einen bestimmten Wert aufzuladen. Wenn der Pegel erreicht ist, wird ein Komparator ausgelöst und lässt eine LED aufleuchten. Durch die Festlegung mehrerer Schwellwerte können mehrere Intervalle definiert werden, wobei jedes Intervall einer bestimmten Dosis UV-Strahlung entspricht.

Die Schaltung

Der Bräunungs-Timer ist eigentlich ein Ladungsindikator, bei dem die Ladung durch das einfallende (Sonnen-) Licht bestimmt wird. Der Schaltplan ist in **Bild 1** dargestellt. Der zu ladende Kondensator ist hier entweder C1, C2 oder C3, je nach Position von S3. Dadurch sind drei Messbereiche möglich.

Beim Einschalten des Timers sind zunächst alle Kondensatoren entladen. Die Spannung an den invertierenden Opamp-Eingängen beträgt 0 V und die LEDs und der Summer sind ausgeschaltet.

Durch Umschalten von S1 wird der Timer gestartet. Der von S3 ausgewählte Kondensator beginnt nun, sich über LDR1 aufzuladen. Der Wert von LDR1 hängt von der Intensität des Lichts ab, das auf ihn fällt. Bei hellem Sonnenlicht ist sein Widerstand niedrig und der Kondensator wird schnell aufgeladen. In Dunkelheit ist der Widerstand von LDR1



dagegen sehr hoch und der Kondensator lädt sich nur langsam auf. Daher ist die Ladezeit proportional zur Lichtintensität an LDR1.

Die Spannung am Kondensator wird von der Komparatorleiter IC1A...1D und IC2A...2D überwacht. Mit den Spannungsteilern R10 bis R18 werden die Auslöseschwellen für jeden Komparator festgelegt. Wenn die Kondensatorspannung die mit R10 eingestellte Spannung übersteigt, geht der Ausgang von IC1A auf low und die LED1 leuchtet auf. Wenn die Spannung am Kondensator weiter ansteigt, überschreitet sie auch den nächsten Schwellenwert (eingestellt durch R10 und R11). Der Ausgang von IC1B geht auf low und LED2 wird ebenfalls hell. Dies setzt sich fort, bis die Spannung am Kondensator ihren Höchstwert erreicht (wenn sich der Zustand von S1 in der Zwischenzeit nicht ändert). Dann leuchten alle LEDs.

Mit S2 kann einer der Komparatorausgänge ausgewählt werden, um über den Summer BUZ1 einen akustischen Alarm zu erzeugen, als voreingestellter Wert für Ihre (tägliche) UV-Dosis. Wenn der Summer ertönt, sollten Sie das direkte Sonnenlicht verlassen. Er gibt so lange keine Ruhe, bis der Timer mit S1 ausgeschaltet wird (oder das Gerät ausgeschaltet wird).

Zu berücksichtigen ist, dass die Spannung am Kondensator bei konstantem Lichteinfall nicht linear ansteigt (siehe **Bild 2**). Die Auslösepunkte der Komparatoren müssen dieser Kurve folgen, was erklärt, warum die Widerstände R10 bis R18 alle unterschiedliche Werte aufweisen.

Einige praktische Tipps

Um eine optimale Genauigkeit zu erzielen, sollten die Kondensatoren C1, C2 und C3 Typen mit niedrigem Leckstrom sein. LDR1 sollte für Wellenlängen im Bereich von 300...400 nm oder im ultravioletten

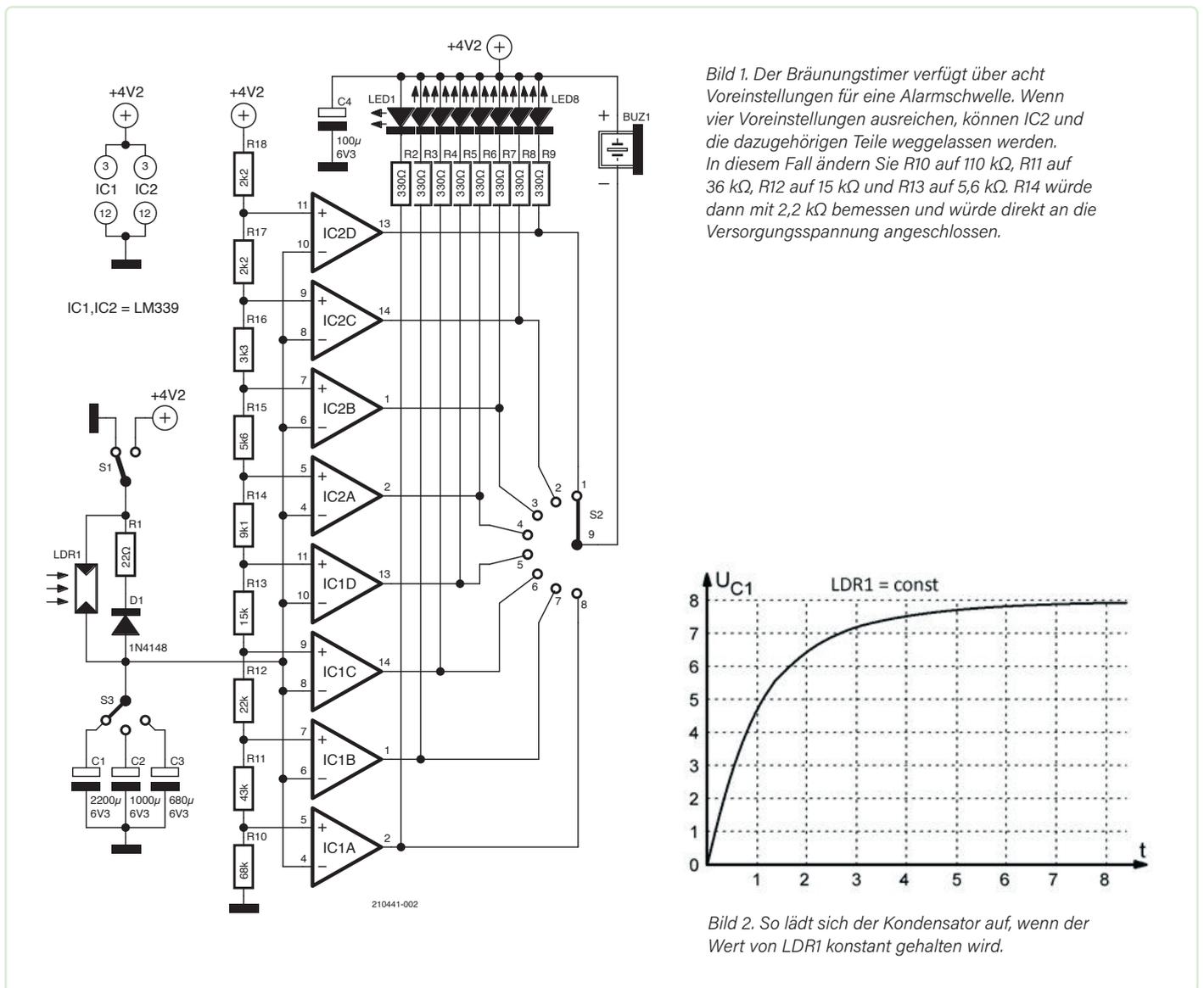


Bild 1. Der Bräunungstimer verfügt über acht Voreinstellungen für eine Alarmschwelle. Wenn vier Voreinstellungen ausreichen, können IC2 und die dazugehörigen Teile weggelassen werden. In diesem Fall ändern Sie R10 auf 110 kΩ, R11 auf 36 kΩ, R12 auf 15 kΩ und R13 auf 5,6 kΩ. R14 würde dann mit 2,2 kΩ bemessen und würde direkt an die Versorgungsspannung angeschlossen.

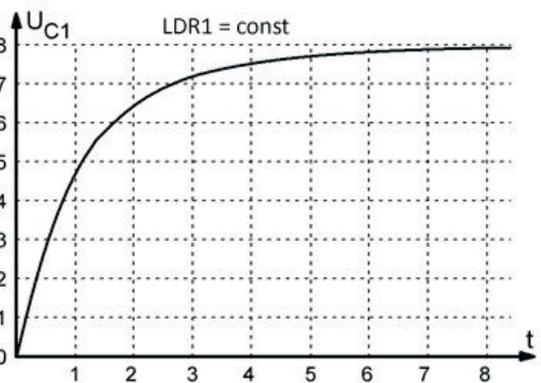
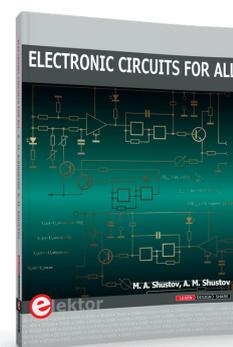


Bild 2. So lädt sich der Kondensator auf, wenn der Wert von LDR1 konstant gehalten wird.

Bereich empfindlich sein. Die Empfindlichkeit von LDR1 kann auch mit Hilfe von Lichtfiltern unterschiedlicher Transparenz eingestellt werden, die vor dem Bauteil angebracht werden. Wenn sich die Lichtintensität aufgrund vorbeiziehender Wolken oder der Bewegung der Sonne ändert, ändert sich der Widerstand des Fotowiderstands entsprechend und damit auch die Zeitspanne des Timers.

Der Bräunungstimer muss experimentell kalibriert werden, wobei mit dem niedrigsten möglichen Wert begonnen werden sollte. **Bitte beachten Sie, dass die Zeit, die eine Person sicher in der Sonne verbringen kann, rein individuell von den Eigenschaften der menschlichen Haut abhängt!** ◀

210441-02



Passendes Produkt

➤ M. A. Shustov, A. M. Shustov, **Electronic Circuits for All** (Elektor 2017) Buch SKU 18333: www.elektor.de/18333

18

Noch eine Ein-Draht-LCD-Schnittstelle

Ein Mikrocontroller erledigt den Job

Von Rob van Hest (Niederlande)

Es gibt viele Schnittstellen, um Daten mit einem Schieberegister-IC über nur eine Leitung an ein alphanumerisches Standard-LCD zu senden. Hier wird ein Mikrocontroller verwendet, der die Daten vom Host per UART empfängt.

Ich brauchte ein LCD für ein Projekt, aber auf dem Hostsystem war nur noch ein kümmerlicher Pin für die Ansteuerung verfügbar. Kein Problem: Es gibt viele Beispiele, in Elektor und anderswo, um eine solche Schnittstelle zu bauen. Die meisten davon verwenden ein Schieberegister, aber ich hatte damals gerade keines in meinem Bestand. Also musste ich die Schieberegisterfunktion in Software mit einem kleinen Mikrocontroller realisieren.

Aber halt! Warum auf beiden Seiten eine neue Schnittstelle implementieren, wenn es doch Standardschnittstellen gibt? Also entschied ich mich, einen UART für die Verbindung zu verwenden. Die unteren Layer der Schnittstelle sind bereits in der Hardware des Mikrocontrollers realisiert, so dass der Rest des Projekts einfach wurde.

Hardware

Bild 1 zeigt den Schaltplan für diese serielle LCD-Schnittstelle. Ich habe einen 14-poligen PIC16F1825 von Microchip Technology verwendet, aber der preiswertere PIC16F1823 funktioniert genau so gut. Die meisten Pins werden für die Steuerung des Displays benötigt, aber ein Pin ist für eine zusätzliche Funktion verfügbar (oder sogar zwei, wenn die Low-Voltage-Programmierung deaktiviert ist). Zwei serielle Eingänge stehen zur Verfügung: ein RS-232-kompatibler, der zum Beispiel mit einem PC Verbindung aufnehmen kann (ich habe ihn zum Testen der Firmware verwendet), und eine UART-TTL-Schnittstelle, über die die Schaltung an den Mikrocontroller des Host-Systems angeschlossen werden kann. Im letzteren Fall können T2 und die umliegenden Bauteile weggelassen werden.

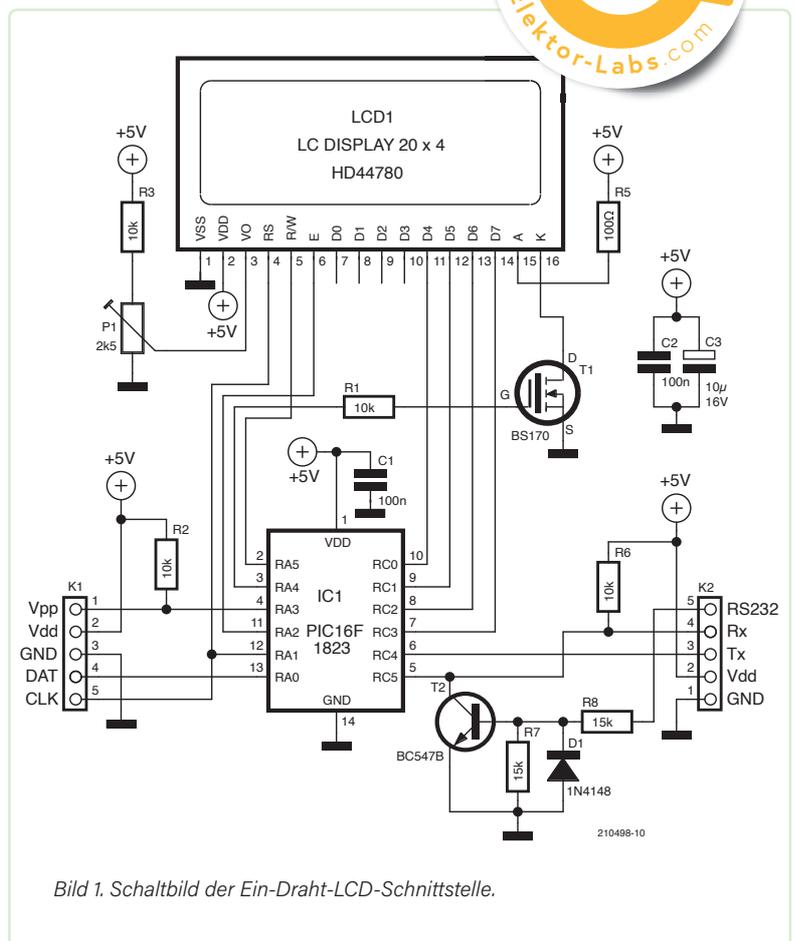


Bild 1. Schaltbild der Ein-Draht-LCD-Schnittstelle.

Die Baudrate beträgt nur 9600 Bd, so dass die einfache Schaltung mit T2 ausreicht, um ein RS-232-Signal in den logischen Pegel des RC5-Eingangs des Mikrocontrollers umzuwandeln. Die Baudrate ist auch deshalb so niedrig gewählt, damit man auf dem Host-System keine Wartezyklen nach bestimmten Befehlen einplanen muss.

T1 schaltet die LCD-Hintergrundbeleuchtung und mit dem Trimpoti P1 wird der Kontrast des Displays eingestellt. K1 ermöglicht den Anschluss eines Microchip-Pickit-Programmiergeräts, aber dieser Anschluss kann im endgültigen Design weggelassen werden.

Obwohl ich eine Platine entworfen hatte, wurde die endgültige Schaltung auf Lochraster realisiert (**Bild 2**), da ich nur ein Exemplar benötigte. Die „richtige“ Platine wurde daher nie hergestellt und getestet. Nichtsdestotrotz können Sie die Eagle-Dateien von der Elektor-Labs-Seite dieses Projekts [1] herunterladen. Verwendung erfolgt aber auf eigene Gefahr!

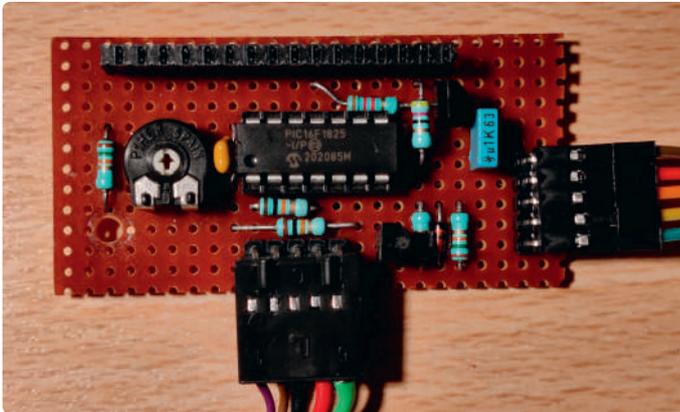


Bild 2. Die auf Lochraster aufgebaute Schaltung.

Software

Das Programm wurde mit dem CC5X-Compiler von B. Knudsen [2] kompiliert. Der Quellcode für diese Schnittstelle und die HEX-Datei stehen auf der Elektor-Labs-Seite für dieses Projekt [1] zum Download bereit.

Um das Folgende zu verstehen, sollte man sich über den HD44780-LCD-Controller informieren [3]. Um ein Byte an das Display zu senden, müssen zwei Nibbles nacheinander auf die vier Verbindungen D4...D7 gelegt werden.

Die erste Idee war, das Display als kleines VT52- oder VT100-Terminal zu realisieren, aber das war dann doch viel zu viel Aufwand für ein so einfaches Gerät. Die endgültige Version enthält daher nicht viel Intelligenz.

In meiner Firmware sind drei Modi implementiert, um Daten an das Display zu senden: 4-Bit-, 8-Bit-Daten- und 8-Bit-Steuerung.

Im 4-Bit-Modus legt das Programm einfach die vier LSBs jedes empfangenen Zeichens (Bit 0...3) auf die vier Verbindungen zum LCD, wobei Bit 4 zur Steuerung des RS-Eingangs verwendet wird (0 = Steuerung, 1 = Daten). Mit den ASCII-Zeichen 0x20 bis 0x3f (' ' bis '?', siehe Beispiele) kann das Display vollständig gesteuert werden. Um ein Datenbyte an das Display zu senden, sind zwei Nibbles nötig, also zwei Zeichen, die über UART an die MCU gesendet werden müssen. Der Controller wartet auf den Empfang des zweiten Zeichens, bevor er das erste Nibble auf die Verbindung legt. Um zu verhindern, dass sich die Schnittstelle „aufhängt“, gibt es ein Timeout für den Empfang dieses zweiten Zeichens: Wenn es nicht innerhalb einer Sekunde erscheint, wird die Schnittstelle zurückgesetzt.

In den 8-Bit-Modi teilt der Mikrocontroller die eingehenden Daten in zwei Nibbles auf. Da für den RS-Eingang kein zusätzliches Bit zur Verfügung steht, sind separate 8-Bit-Steuer- und 8-Bit-Datenmodi erforderlich. Das Senden einer Zeichenkette kann einfach dadurch erfolgen, dass man das LCD in den 8-Bit-Datenmodus versetzt und die Zeichenkette als ASCII-Zeichen sendet. Die Verwendung der 8-Bit-Steuerung ist weniger sinnvoll, da sie in vielen Fällen nicht effizienter ist als die 4-Bit-Steuerung. Die folgenden Steuercodes sind verfügbar (verwenden Sie diese Codes also nicht für Zeichen im 8-Bit-Datenmodus!):

- > CTRL-A (0x01) - Hintergrundbeleuchtung aus
- > CTRL-B (0x02) - Hintergrundbeleuchtung an
- > CTRL-C (0x03) - 8-Bit-Steuerung senden
- > CTRL-D (0x04) - 8-Bit-Daten senden (ASCII)
- > CTRL-E (0x05) - Löschen der Anzeige
- > Escape (0x1b) - 4-Bit-Steuerung und -Daten senden

Aufgrund der fehlenden Intelligenz können alle Arten von Displays verwendet werden, die auf der HD44780 und kompatiblen Geräten basieren. Die Informationen über die Anzahl der Zeilen und Zeichen müssen allerdings vom Hostsystem verwaltet werden. ◀

210498-02

Haben 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.

Beispielhafte Steuerung des LCDs

Display löschen, Hintergrundbeleuchtung einschalten und „test 1“ in Zeile 1 über 8-Bit-Schnittstelle ausgeben:

```
0x05,0x02,0x04,'test 1' (ctrl-e,ctrl-b,ctrl-d,'test 1')
```

dieselbe Sequenz über die 4-Bit-Schnittstelle:

```
0x1b,0x20,0x21,0x02,0x37,0x34,0x36,0x35,
0x37,0x33,0x37,0x34,0x32,0x30,0x33,0x31
(Esc,'!',ctrl-b,'746573742031')
```

Schreiben von „line 2“ in die zweite Zeile des Displays mit der 8-Bit-Schnittstelle: `0x03,0xc0,0x04,'line 2'`

dasselbe mit der 4-Bit-Schnittstelle:

```
0x1b,0x2c,0x20,0x36,0x3c,0x36,0x39,0x36,0x3e,0x36,
0x35,0x32,0x30,0x33,0x32 (Esc,', 6<696.652032')
```

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Passende Produkte

- > IIC/I²C Serielles Interface Adapter Modul (SKU 19332)
www.elektor.de/19332
- > 2x16-Zeichen-LCD (blau/weiß) (SKU 17757)
www.elektor.de/17757

WEBLINKS

[1] B Knudsen Data, CC5X-Compiler: <https://www.bknd.com/cc5x/>

[2] Dieses Projekt auf Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.de/labs/yet-another-1-wire-lcd>

[3] „HD44780“, Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/HD44780>

19

Einfacher PWM-Generator mit ATtiny13

Mini-MCU + 3 Bauteile = PWM

Von Thomas Dausner (Deutschland)

Fehlt Ihnen ein einfacher PWM-Generator für ein Projekt? Als praktizierender Elektroniker haben Sie aber sicher irgendwo einen arbeitslosen, kleinen AVR-Mikrocontroller herumliegen. Nur wenige Bauteile und etwas Code und schon ist die Lücke gefüllt!

Für ein Projekt wollte ich ein LED-Array testen, das als Unterwasser-LED-Beleuchtung dienen sollte. Das LED-Array besteht aus zehn roten 1-W-LEDs des Typs Cree XP-E2 mit 75 lm/W und fünf warmweißen 3-W-LEDs des Typs Cree XM-L mit 73 lm/W. Das LED-Array ist auf einem Aluminiumblock mit 53 mm Durchmesser und 35 mm Höhe montiert.

Da ich mir über Helligkeit, Verlustleistung und Temperaturen vorab nicht gänzlich im Klaren war, wollte ich all das messen. Dazu brauchte ich eine Leistungssteuerung, die ich per PWM einstellbar machen wollte. Das Unterwasser-LED-Projekt sollte mit dem kleinen Mikrocontroller ATtiny44 von ehemals Atmel und heute Microchip realisiert werden, der über eine Leistungsstufe den mittleren LED-Strom per PWM steuert. Doch bevor ich mich dem eigentlichen Projekt widmete, baute ich mir auf einem Steckbrett einen einfachen PWM-Generator auf Basis eines ATtiny13 auf.

PWM-Generierung

Der PWM-Generator auf dem Steckbrett (**Bild 1**) läuft mit 9,6 MHz bei deaktivierter Systemtakt-Prescaler-Fuse. Im Fast-PWM-Modus lassen sich die möglichen Frequenzen für das PWM-Signal mit nachfolgender Gleichung berechnen:

$$f_{\text{PWM}} = f_{\text{CPU}} / (256 * n)$$

Dabei ist n der Parameter für den Vorteiler mit fünf möglichen Werten, aus denen sich die theoretischen und real gemessenen Frequenzen laut untenstehender **Tabelle** ergeben. Demnach kann man die Frequenz

Tabelle 1. Teilerfaktoren

n	$f_{\text{theor.}}$	f_{real}
1	37.500,00 Hz	38.100,0 Hz
8	4.687,50 Hz	4.750,0 Hz
64	586,00 Hz	594,0 Hz
256	146,48 Hz	148,0 Hz
1024	36,62 Hz	37,1 Hz

einfach in fünf Stufen von 37 Hz bis 38 kHz in einem Bereich von drei Größenordnungen einstellen.

Da die PWM über einen internen Zähler mit 8 bit (die 256 in der obigen Formel) generiert wird und sich mit einem 8-bit-Wert einstellen lässt, wann der Sprung von low auf high stattfindet, ergibt sich eine sehr einfache Einstellmöglichkeit des Puls-/Pausen-Verhältnisses von etwa 0,4 %...99,6 %.

Nun könnte man die gewünschte Frequenz und das gewünschte Tastverhältnis entweder fest in den Code schreiben oder aber diese beiden Parameter über digitale oder gar serielle Eingänge des Mikrocontrollers einstellbar machen. Für meine Experimente wollte ich es aber einfacher haben, weshalb ich schlicht zwei Analogeingänge genutzt habe, an die ich mit zwei Potis einstellbare Spannungen legte. Das Resultat zeigt die Schaltung in **Bild 2**. Mitsamt Mikrocontroller, einem kleinen Entkopplungs-C und zwei Potis kommt man gerade mal auf vier Bauelemente. Dies beweist eindrucksvoll, dass der PWM-Generator sehr einfach und dennoch komfortabel zu bedienen ist.

Der zugehörige C-Code steht zum kostenlosen Download [1] zur Verfügung. Er kann (zum Beispiel mit der Microchip-IDE MPLAB X [2]) leicht für eigene Zwecke verändert und an andere MCU-Typen angepasst werden.

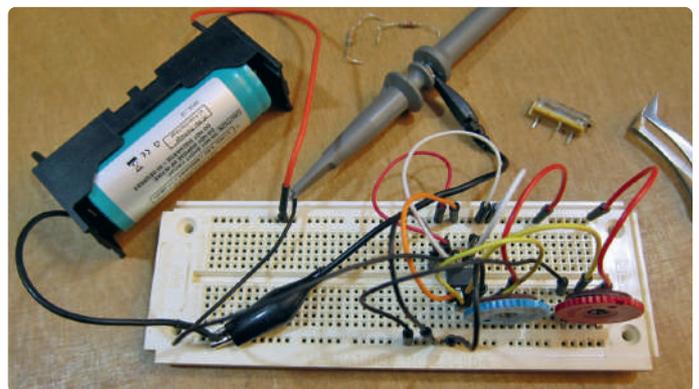


Bild 1. So sieht der Prototyp des Autors auf einem Steckbrett aus, hier noch mit zwei „normalen“ Trimpotis.

Ergebnisse

Die fünf möglichen Frequenzen lassen sich in der Praxis prima per Poti einstellen. Anders sieht es aus, wenn man ein stabiles Tastverhältnis haben will. Möchte man etwa ein Puls/Pausen-Verhältnis von exakt 50 %, wird das mit einem normalen Poti ziemlich knifflig, denn so genau lösen weder unsere Finger Muskeln noch der Tastsinn auf. Aus diesem Grund habe ich dann in einem zweiten Durchgang das "normale" Poti R1 durch ein 10-Gang-Trimpoti ersetzt. Damit klappt das Einstellen der PWM genau genug.

Noch ein Wort zu den Potis: Da sie schlicht eine einstellbare Spannung zwischen VCC des Mikrocontrollers und Masse an einen hochohmigen Analogeingang legen, ist der genaue Widerstandswert formal nebensächlich. Gute Kompromisse zwischen Stromverbrauch und Störungsarmut liegen im Bereich von 4,7 k Ω bis 100 k Ω .

Dass die generierten Signale für viele Zwecke gut geeignet sind, beweisen die beiden Screenshots: **Bild 3** zeigt ein symmetrisches Signal mit der höchsten Frequenz von 38 kHz und **Bild 4** Nadelimpulse mit einer Breite von etwa 0,4 % bei einer Frequenz von 4,75 kHz.

Die Frequenz des Ausgangssignals ist für die meisten Zwecke stabil genug und driftet nur wenig, obwohl nur der interne Taktgenerator benutzt wird. Besser geht es mit einer Quarzsteuerung, falls Stabilitäten im Bereich von 50 ppm notwendig sein sollten. Man muss dafür zwar Code und Fuses anpassen, hat aber dann den Vorteil, dass man fast beliebige Frequenzen produzieren kann. Die 1 kB Flash reichen für diesen Code bei weitem. 

210502-02



Über den Autor

Thomas Dausner ist Elektronik-Ingenieur (Dipl. Ing. FH). Nach seinem Abschluss 1983 wurde IT in den Entwicklungslaboren immer wichtiger, sodass der Trend von der Hardware zur Software-Entwicklung ging. Durch Elektor ließ er sich in den 2000ern zur Entwicklung mit MCUs motivieren. Neben der Elektronik- und Web-Full-Stack-Entwicklung ist Thomas Dausner leidenschaftlicher Tauchlehrer und Unterwasserfotograf.

Sie haben Fragen oder Kommentare?

Bei technischen Fragen können Sie sich gern an die Elektor-Redaktion wenden unter der E-Mail-Adresse redaktion@elektor.de.

 **Projekt-Download**



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

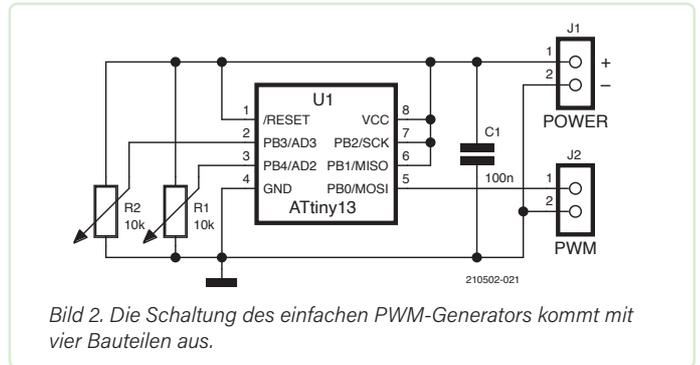


Bild 2. Die Schaltung des einfachen PWM-Generators kommt mit vier Bauteilen aus.

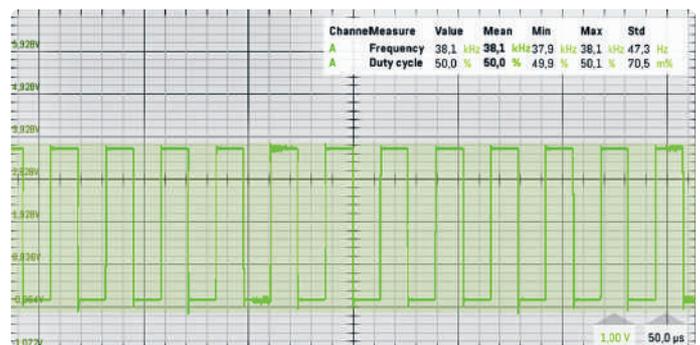


Bild 3. Oszillogramm eines symmetrischen Rechteck-Ausgangssignals mit einem Duty-Cycle von 50 % bei einer Frequenz von etwa 38 kHz.

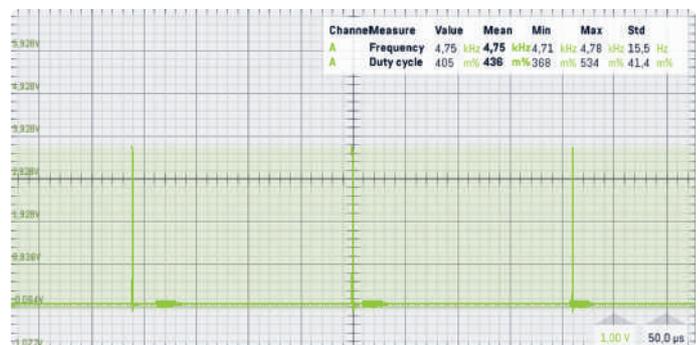


Bild 4. Oszillogramm des Ausgangssignals: Nadelimpulse mit einer Pulsbreite von rund 0,4 % bei einer Frequenz von etwa 4,75 kHz.



Passende Produkte

- > **FG085 miniDDS Funktionsgenerator-Selbstbau-Kit (SKU 17468)** www.elektor.de/17468
- > **OWON SDS1022 2-Kanal-Digital-Oszilloskop (20 MHz) (SKU 18898)** www.elektor.de/18898
- > **LabNation SmartScope USB-Oszilloskop (SKU 17169)** www.elektor.de/17169

WEBLINKS

- [1] Code für ATtiny13: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-22>
- [2] Microchip MPLAB X IDE : <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide>
- [3] Datenblatt ATtiny13: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATtiny13>



Zweites Leben für Batterien

Restenergie extrahieren

Von Lothar Göde (Deutschland)

Viele mobile oder portable Geräte werden durch Batterien mit elektrischer Energie versorgt. Hierzu gehören Taschenlampen, Kinderspielzeug, Radios, Funkmikrofone, Funkmäuse, Wetterstationen, medizinische Geräte, Messgeräte, Küchenwaagen und vieles mehr. Sogenannte Primärzellen = Nichtakkus können nur einmalig benutzt werden, also bis zu ihrer Erschöpfung. Doch es ist Verschwendung, sie dann zu entsorgen! Denn mit etwas Elektronik kann man gebrauchten Batterien auch noch das letzte Fitzelchen Energie entlocken.

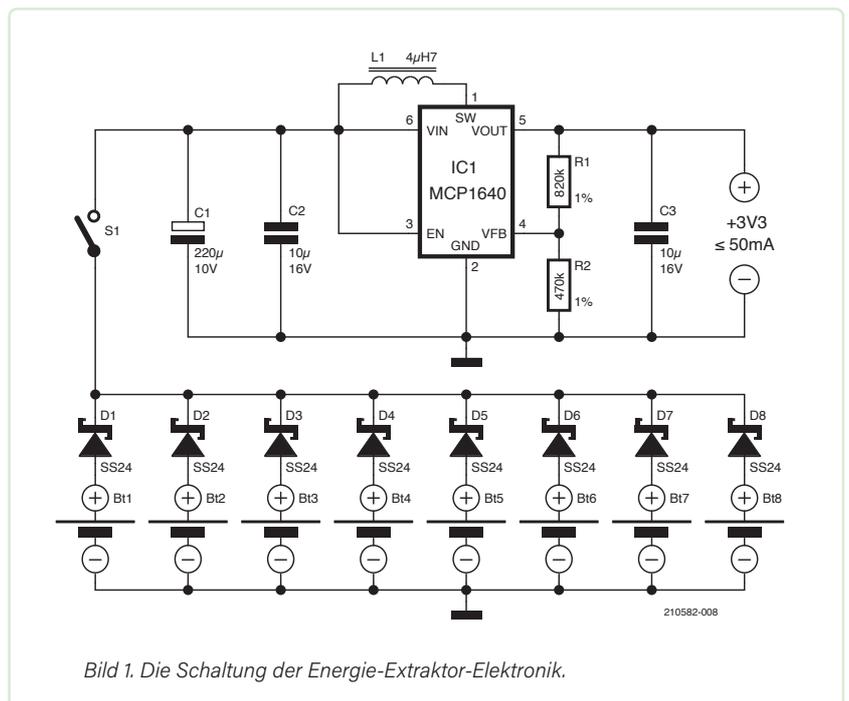


Bild 1. Die Schaltung der Energie-Extraktor-Elektronik.

Beim Betrieb von mobilen Geräten fallen im Laufe der Zeit etliche Batterien an, die dann den Weg in die Sammelboxen von Supermärkten antreten. Doch selbst augenscheinlich leere Batterien können noch relevante Mengen an Restenergie enthalten! Dies gilt vor allem für die viel genutzten Typen im AA- oder AAA-Gehäuse. Ob eine Batterie leer ist, hängt davon ab, wie hoch die entnommenen Ströme sind. Bei geringen Lasten mit Strömen im einstelligen mA-Bereich sind Batterien ziemlich ausgelutscht, wenn das damit betriebene Gerät seinen Dienst aus Energiemangel versagt. Die Restspannung liegt dann oft unter 0,9 V im Leerlauf – das Kriterium dafür, ob eine Batterie wirklich ihr letztes Quäntchen Energie abgegeben hat. Bei heftigeren Lasten wie zum Beispiel in Taschenlampen oder für Motoren in Spielzeugen bricht die Spannung der Batterie aufgrund

ihres mit der Nutzung steigenden Innenwiderstands im Betrieb früher ein. Ein Batteriewechsel wird fällig, obwohl die Batteriespannung ohne Last oft 1,3 V und mehr erreicht. Schade, wenn man diese Batterien jetzt schon entsorgen würde, nicht wahr?

Energie-Extraktor

Die obigen Überlegungen führten beim Autor dazu, dass er sich eine Schaltung gebaut hat, welche die Restenergie von „alten“ Batterien so weit wie möglich ausnutzt. Das Prinzip ist eigentlich nicht sehr kompliziert: Man nehme einen effizienten Step-up-Konverter kleiner Leistung, der auch mit sehr niedrigen Eingangsspannungen klarkommt. Konkret betreibt er mit seiner Schaltung ein normales kleines Radiogerät und einen Radiowecker.

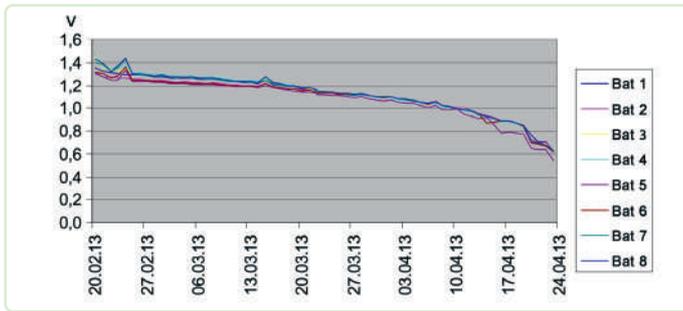


Bild 2. Entladekurven gebrauchter Batterien bei Versorgung eines Radios.



Bild 3. Der Prototyp des Autors versorgt einen kleinen Radiowecker.

Die Schaltung von **Bild 1** zeigt die E³ (**E**nergie-**E**xtraktor-**E**lektronik) in voller Pracht. Man erkennt acht Batterien, die über kleine Schottky-Dioden zusammengefasst sind. Der nachfolgende Aufwärts-Schaltregler des Typs MCP1640 macht aus der geringen Eingangsspannung zuverlässige 3,3 V – zumindest solange, bis die letzte Batterie das letzte Elektron über seine Elektroden auf Wanderschaft geschickt hat. Dass acht Batterien über Dioden quasi parallelgeschaltet sind, ist sinnvoll. Der Innenwiderstand einer einzigen Batterie wäre schnell zu hoch, würde sie nennenswert belastet. Durch die Parallelschaltung aber sinkt die Belastung der einzelnen Batterie, sodass alle länger Energie liefern können. Den Spannungsverlust durch die in Serie geschalteten Dioden muss man dafür in Kauf nehmen, weshalb für D1...D8 unbedingt Schottky-Dioden mit möglichst niedriger Vorwärtsspannung eingesetzt werden sollten.

Das IC MCP1640 von Microchip ist ein preiswerter, kleiner Schaltregler für Ströme bis zu 350 mA, der niedrige Eingangsspannungen in von 2 V bis 5,5 V einstellbare Ausgangsspannungen hochsetzt. Dank seines geringen Ruhestroms von 19 µA ist er auch bei kleinen Lastströmen recht effizient und erreicht bei Eingangsspannungen unter 0,9 V und einer Last von einigen 10 mA immer noch einen Wirkungsgrad von um die 80 %. In die Gesamteffizienz der Schaltung geht natürlich auch der Verlust über die Dioden ein und mit mehr als 60 % über alles sollte man nicht rechnen. Aber 60 % von etwas, das man sonst weggeworfen hätte, ist sehr viel mehr als nichts.

Restbatteriebetrieb

Dank der Dioden wird natürlich die stärkste Batterie zu Anfang am meisten belastet, und dann gleichen sich die Batteriespannungen nach und nach an. Das Diagramm von **Bild 2** zeigt an einer Messreihe, dass ein kleines Radio gut acht Wochen mit einem Satz alter Batterien betrieben werden konnte. Dabei war das Radio im Schnitt 105 Minuten/Tag in Betrieb und benötigte im Mittel einen Strom von 35 mA. Dass es Zeit zum Wechseln der Batterien ist, merkt man auch daran, dass

der Klang des Radios schlechter wird, weil seine Versorgung einbricht. Das Radio wäre ansonsten mit einem Steckernetzteil betrieben worden, das eine Ruheleistung von 1,1 W verbrät. Im Betrieb schluckte es sogar 3,5 W. In acht Wochen wären also rund 1,6 kWh verbraucht worden. Mit etwa 50 ¢ ist die Ersparnis zwar ökonomisch begrenzt, aber ökologisch dennoch sinnvoll.

Bild 3 zeigt den Radiowecker, der dank E³ mit gebrauchten Batterien betrieben wird. Interessant ist das Gehäuse rechts: Es wurde einfach die Elektronik eines Akkuladers durch die E³ ersetzt. Die Federkontakte können acht AA- oder AAA-Zellen aufnehmen – eine sehr elegante Lösung. Je mehr Batterien gleichzeitig ausgesaugt werden, desto mehr Restenergie können sie liefern. ◀

210582-02



STÜCKLISTE

Widerstände:

R1 = 820 k, 1%
R2 = 470 k, 1%

Kondensatoren:

C1 = 220 µ / 10 V, Elko
C2, C3 = 10 µ / 16 V, SMD, Vielschicht

Induktivität:

L1 = 4µ7 / 200 mA, Festinduktivität

Halbleiter:

D1..D8 = SS24 (oder BAT60)
IC1 = MCP1640

Außerdem:

S1 = einpoliger Schalter
Passendes Gehäuse: Alter Batterielader

Über den Autor

Lothar Göde absolvierte eine Lehre zum klassischen Elektriker und befasste sich in seiner Freizeit mit Elektronik-Selbstbauprojekten, die manchmal auch nicht funktionierten. Damit er die Schaltungen besser verstehen konnte, studierte er Elektronik. Seit einigen Jahren ist er als Entwickler im Bereich Embedded Software tätig.

Sie haben Fragen oder Kommentare?

Bei technischen Fragen können Sie sich gern an die Elektor-Redaktion wenden unter der E-Mail-Adresse redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- > OWON OW16B Digital-Multimeter mit Bluetooth (SKU 18780) www.elektor.de/18780
- > Joy-IT LCR-T7 Multifunktions-Komponententester (SKU 19709) www.elektor.de/19709



21. Touch-Schalter für LED-Leuchten

DIY mit vorgefertigten Modulen

Von Peter Neufeld

Möchten Sie wirklich ein Küchenlicht mit Ihren mehligem oder klebrigen Fingern schalten? Eine Relaisplatine und eine Sensorplatine auf TTP223-Basis helfen Ihnen, die Aufgabe zu erfüllen.

Ein dünner Draht, der entlang der gesamten Schrankkante verläuft, dient als Berührungssensor.

Manchmal finden die Projekte eines Elektronikbastlers tatsächlich sehr schöne und (sogar von der eigenen Familie) geschätzte Anwendungen. Meine Frau bat mich, einen praktischeren Lichtschalter für die LED-Spots unter unseren Küchenschränken zu bauen. Sie wollte das Licht einfach ein- und auszuschalten können, auch wenn sie mehlig oder klebrige Finger hat.

Home Assistant, Alexa und Siri haben in unserem Haus Küchenverbot. So entstand schnell die Idee, einen relaisbasierten Schalter zu bauen, der nur einen Berührungssensor haben sollte, der in Form eines dünnen Drahtes über das gesamte Lichtblendprofil verläuft. In meiner großen Kiste mit Sensoren und Aktoren für Mikrocontroller-Projekte fand ich eine passende 5-V-Relaisplatine mit passenden Kontakten (250 V/10 A) und auch eine TTP223-basierte Berührungssensorplatine.

Es war einfach, die beiden Platinen zu verbinden, da die Pins des Relais und der blauen Touch-Platine 1:1 übereinstimmen (Bild 1). Wenn Sie andere Platinen verwenden, sollte Sie vorsichtig sein, denn nicht immer stimmen die Anschlussbelegungen überein. Trotzdem musste ich ein paar Überlegungen und ein wenig Zeit in die Entwicklung und den Entwurf der Sensorschal-

altung investieren. Der Touch-Sensor-Chip TTP223 funktioniert mit einem Touch-Sensor-Pad, dessen Kapazität gegenüber Masse Teil eines 1-MHz-Oszillator darstellt. Die Sensorfläche und ihre Kapazität dürfen aber nicht zu groß sein. Das TTP223-Datenblatt [1] enthält sehr nützliche Hinweise und Anwendungsinformationen. Ich habe die ursprüngliche Applikationsschaltung der TTP223-Platine an Pin 6 des ICs geändert (Bild 2). Wenn dieser Pin mit V_{DD} verbunden ist, schaltet der Ausgangspin 1 jedes Mal um, wenn der Draht berührt wird. Pin 4 ist mit V_{SS} verbunden, wodurch das Relais beim Anlegen der Betriebsspannung ausgeschaltet bleibt.

Für das Experimentieren mit eigenen Sensorpads oder Drähten sollten Sie wissen, dass sich der TTP223 sowohl beim Start als auch im Betrieb sehr gut an langsam wechselnde Kapazitätswerte des Sensors dynamisch anpasst. Mit einem zusätzlichen Kondensator von maximal 50 pF zwischen Pin 3 und V_{SS} /Masse lässt sich auch die Empfindlichkeit der Schaltung optimieren.

Das Schaltbild zeigt die Verbindung zwischen der Sensorplatine (links) und der Relaisplatine (rechts). Die Sensorplatine enthält einen TTP223-Chip mit den Pins 1 bis 6. Pin 1 ist der Ausgang (Out), Pin 2 ist V_{SS} , Pin 3 ist ein Anschluss für einen Kondensator $C_1 < 50\text{pF}$, Pin 4 ist V_{DD} , Pin 5 ist ein weiterer Anschluss für einen Kondensator C_2 (100 nF), und Pin 6 ist ein zusätzlicher Anschluss. Die Relaisplatine hat einen 5V-Anschluss, einen V_{SS} -Anschluss und einen Schalterkontakt (S). Die Schaltung ist so angeschlossen, dass die Berührung des Drahtes den Schalter umschaltet.

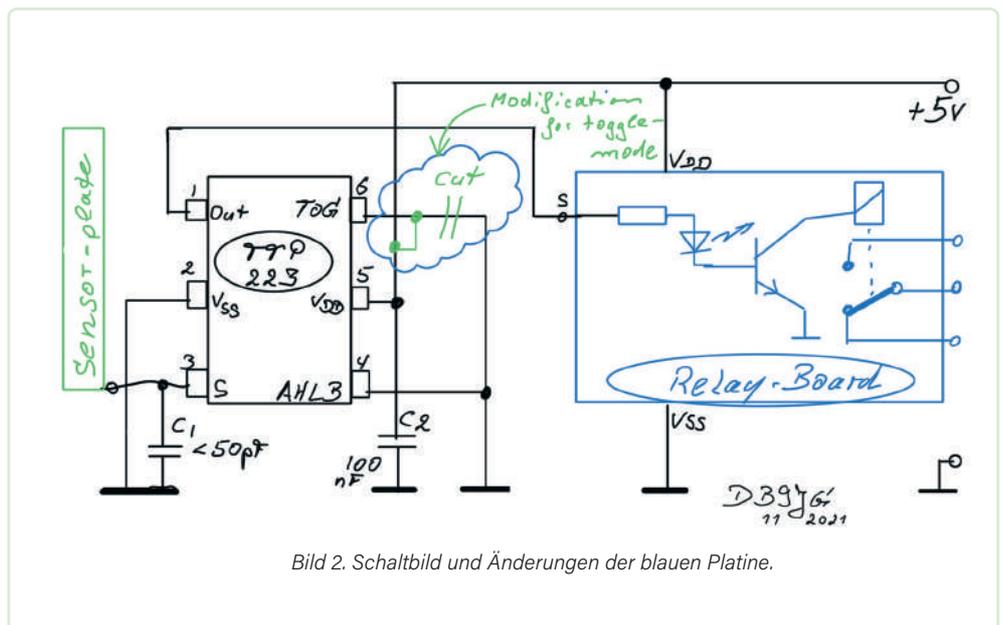


Bild 2. Schaltbild und Änderungen der blauen Platine.



Bild 1. Der blaue Sensor und die Relaisplatine sind angeschlossen.



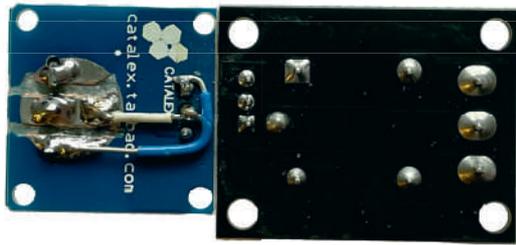


Bild 3. Modifikation für die Klemmleiste auf der blauen Platine.

Ich habe das ursprüngliche Berührungssensor-Pad in drei Teile zerschnitten und diese verwendet, um eine dreipolige Klemmleiste für die Stromversorgung und einen externen Sensordraht anzuschließen. Wie in **Bild 3** dargestellt, bleibt der obere Teil des runden Sensorbereichs über die ursprüngliche Leiterbahn mit dem TTP223-Eingangspin 3 verbunden. Der mittlere Teil führt nun die positive +5-V-Versorgung, die über das zusätzliche kurze weiße Kabel angeschlossen ist. Der untere Teil wird über das abgewinkelte blaue Kabel für den Masse-Anschluss verwendet.

Anstelle des ursprünglichen Sensorpads auf der Platine habe ich sehr erfolgreich mit Sensordrähten unterschiedlicher Länge und Dicke und einer Teleskopantenne experimentiert.

Ergebnisse der Experimente

Ein dünner isolierter Draht lieferte in meiner Küche die besten Ergebnisse. Allerdings sollte man diesen Sensordraht mindestens 5 mm von Metallgegenständen entfernt halten, da diese die Kapazität und damit die Empfindlichkeit negativ beeinflussen. Schließlich stellte sich heraus, dass ein zwei Meter langer dünner isolierter Draht (0,5 mm) gut versteckt entlang der gesamten Kante an der Unterseite des Küchenschanks beziehungsweise der Lichtblendenleiste wunderbar funktioniert!

Wundern Sie sich nicht, wenn Ihr Schalter auch dann reagiert, wenn Sie einen Topf kochenden Wassers in der Nähe des Sensordrahtes öffnen. Tatsächlich kann Dampf die Kapazität zwischen Sensordraht und Masse so schnell verändern, dass auch der normalerweise gut anpassungsfähige Mechanismus des TTP223 dies nicht kompensieren kann.

Blau oder Rot?

Wie ich bereits erwähnte, musste die blaue Sensorplatine noch modifiziert werden, aber in der Zwischenzeit kamen die bestellten roten TTP223-Mini-Sensorplatinen an. Diese sind deutlich kleiner und lassen sich viel einfacher anpassen. Der Sensordraht kann direkt an das Touch-Pad oder an ein Lötpad an der Ecke der Sensorplatine gelötet werden (**Bild 4**). Um den TTP223 in den Toggle-Modus zu versetzen, müssen Sie die mit „B“ gekennzeichnete Brücke einlöten; Brücke „A“ bleibt offen, wenn die Stellung des Relais nach einem Einschaltvorgang „aus“ bleiben soll.

Die Platine ist so klein, dass sie sogar direkt neben dem Sensordraht, aber getrennt von der Relaisplatine, montiert werden kann. Ein dünnes dreiadriges Kabel, dessen Länge recht unkritisch ist (sogar einige

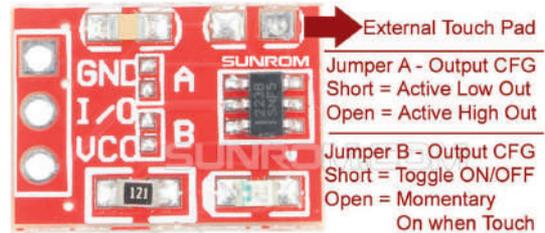


Bild 4. Die Unterseite der roten Platine. Das Touchpad befindet sich auf der Oberseite. (Quelle: Sunrom Electronics [3])

Meter waren möglich) verbindet dann die beiden Platinen. **Beachten Sie, dass die Reihenfolge der Pins des Stecker sich von denen des blauen Touch-Boards unterscheidet!**

Sicherheit geht vor!

Die verwendete Relaisplatine hätte im Prinzip direkt die Primärspannung des Netzteils meiner LED-Küchenbeleuchtung schalten können. Ich hatte jedoch erhebliche Sicherheitsbedenken, eine Schaltung mit einem Berührungssensor aufzubauen und sie dann auch noch teilweise an die potenziell tödliche Netzspannung anzuschließen. Deshalb schaltet die Relaisplatine nur die 12-V-Betriebsspannung der LED-Leuchten. Da die Schaltung bei angezogenem/aktivierten Relais weniger als 100 mA bei 5 V benötigt, könnte die notwendige 5-V-Betriebsspannung zum Beispiel auch über einen 7805-Spannungsregler an der 12-V-Gleichstromversorgung für die LED-Beleuchtung angeschlossen werden.

Entgegen allen aktuellen Trends muss es nicht immer ein Arduino- oder ESP32-Mikrocontroller sein, der solche Peripheriekomponenten sinnvoll verbindet, wie meine Schaltung zeigt. ◀ 210643-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter peter.neufeld@me.com oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.



Über den Autor

Nach mehr als 40 Jahren in der IT-, Kommunikations- und Haustechnik hat Peter Neufeld seine Liebe zu kleinen elektronischen Heimwerkerprojekten wiederentdeckt. Über einige seiner Projekte können Sie unter www.elektormagazine.com/petern lesen.



Passendes Produkt

- **Hans Henrik Skovgaard, IoT Home Hacks with ESP8266**
E-Buch, SKU 19158:
www.elektor.de/19158

WEBLINKS

- [1] Tontek, „TTP223E-BA6: 1 key Touch Pad Detector IC“, 2016: <https://bit.ly/Tontek-TTP223E-BA6>
- [2] Projekt auf Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.de/labs/the-gladly-touchable-electric-wire>
- [3] Sunrom, „1 Channel Capacitive Touch Module - TTP223“: <https://www.sunrom.com/p/capacitive-touch-module-ttp223>



Tester für LEDs und DIP-Schalter

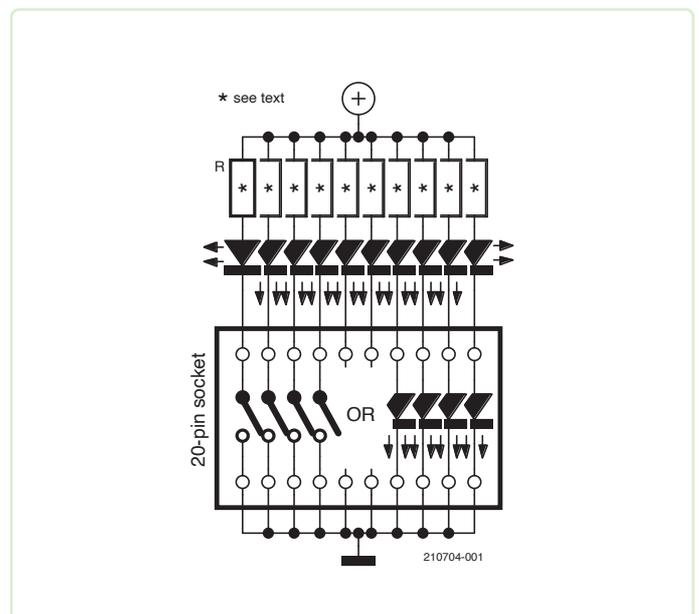
Von David Ashton (Australien)

Der Bau eines Testgeräts für DIP-Schalter und LED-Leisten oder einzelne LEDs ist ziemlich einfach. Alles, was Sie brauchen, sind zehn Widerstände, zehn rote LEDs (oder eine 10-fache LED-Leiste) und eine 20-polige Buchse.

Wollen Sie ein Testgerät für LEDs und DIP-Schalter bauen? Wählen Sie Widerstände für maximal 20 mA durch die roten LEDs. Sie können die Schaltung mit fast jeder Spannung betreiben. In **Tabelle 1** finden Sie geeignete Widerstandswerte. Für meinen Prototyp habe ich einen 10-V-LDO-Regler mit einer Schutzdiode in Reihe verwendet - wahrscheinlich zu viel des Guten! Wenn Sie LEDs anstelle von Schaltern testen, ist der Strom aufgrund des Spannungsabfalls der getesteten LEDs noch etwas geringer.

Eine Nullkraftfassung erleichtert das Testen von DIP-Schaltern, ohne dass die Gefahr besteht, die Anschlussleitungen beim Herausziehen zu verbiegen. Und es macht die Sache für LEDs einfacher! Sie könnten eine 16-polige Fassung verwenden, um bis zu 8-fache DIP-Schalter zu testen, aber 10-fache DIP-Schalter sind nicht ungewöhnlich, also bauen Sie für 10-fache, wenn Sie können.

Sie brauchen keine Platine. Sie können einfach eine Prototyping- oder eine Lochrasterplatine verwenden. Bei meinem Projekt habe ich die



Widerstände auf der Kupferseite der Platine angebracht, so dass sie direkt unter dem Gehäusedeckel montiert werden konnte, um etwas Freiraum für das Hebelchen der Nullkraftfassung zu schaffen. Das Bild zeigt den fertigen Tester im Gehäuse, der einen DIP-Schalter und ein paar LEDs testet.

Der Tester liefert keinen echten Konstantstrom zum Testen von LEDs, aber in der Praxis ist er gut genug, um LEDs der gleichen Farbe (die ähnliche Spannungsabfälle haben) zu vergleichen. ◀

210704-02



V_{SUPPLY} [V]	R [Ω]
< 20	1k+
12	560
10	470
9	390
8	330
6	270
5	180

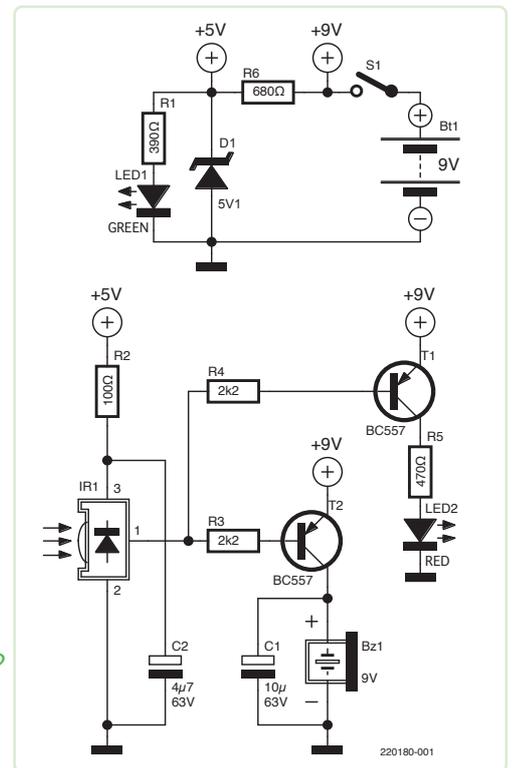
Tabelle 1. Widerstandswerte für verschiedene Versorgungsspannungen.



Funktions- tester für IR-Fernbe- dienungen

Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Funktioniert Ihre IR-Fernbedienung nicht mehr? Oder doch? Dieser Tester zeigt an, ob noch ein IR-Signal gesendet wird.



Oft sind wir uns aus den verschiedensten Gründen nicht sicher, ob eine IR-Fernbedienung richtig funktioniert. Wer weiß, vielleicht ist sie versehentlich heruntergefallen. Es könnte ein schlechter Kontakt im Batteriehalter sein. Der Keramikresonator oder ein IC des Systems könnte defekt sein. Andererseits kann es auch sein, dass die Fernbedienung einwandfrei funktioniert und die Störung im Empfänger liegt. Schließlich ist Infrarot infra, also unsichtbar, so dass wir eine einfache Schaltung wie diese benötigen, die überprüft, ob die Fernbedienung nun IR sendet oder nicht.

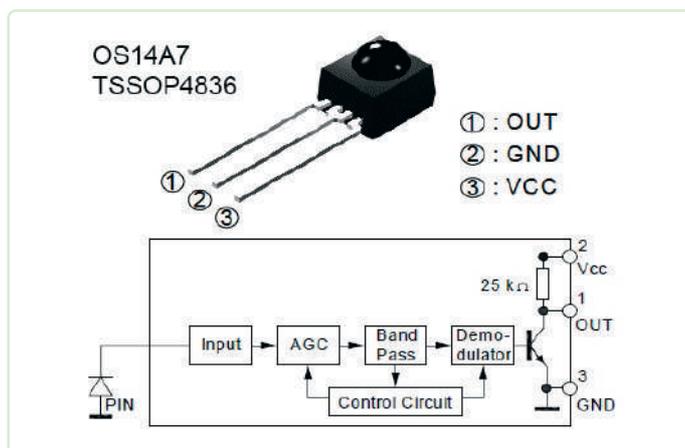
Die Schaltung

Wie im Innenschaltbild des Infrarotsensors IR1 dargestellt, empfängt, filtert und verstärkt er die von der Fernbedienung kommenden Signale und stellt sie an Pin 1 zur Verfügung. In der marginalen Schaltung des Testgeräts empfangen die beiden PNP-Transistoren T1 und T2, die als elektronische Schalter konfiguriert sind, die Impulsfolgen von IR1 an ihren Basisanschlüssen und schalten einen Summer (Bz1) beziehungsweise eine LED (LED2), die uns sowohl eine visuelle als auch eine akustische Rückmeldung geben, wenn ein IR-Signal erkannt wird. Wie im Bild zu sehen ist, wird diese Elektronik, wenn der Betriebsschalter S1 geschlossen ist, von einer handelsübliche 9-V-Alkali-Blockbat-

terie versorgt; LED2 und der Summer Bz1 direkt, die Betriebsanzeige LED1 sowie der Infrarotsensor IR1 mit 5 V. Diese Spannung wird auf ganz einfache Weise mit der Z-Diode D1 erzeugt, was dank der sehr geringen Stromaufnahme des Sensors gut funktioniert. R6 begrenzt den Strom durch diese drei Bauteile auf ein sicheres Maß. C1 wird verwendet, um den Ton des Summers kontinuierlicher und weicher zu machen, kann aber auch weggelassen werden, so dass man die Modulationsunterschiede zwischen den verschiedenen Tasten der Fernbedienung hören kann. Richtet man eine beliebige Infrarot-Fernbedienung auf den IR1-Sensor, während eine der Tasten gedrückt wird, ertönt der Summer Bz1, wenn das IR-Signal empfangen wird, und die LED2 leuchtet in unterschiedlicher Intensität.

Für den Prototyp habe ich einen IR-Empfänger/Decoder OS14A7 verwendet, aber wenn Sie Beschaffungsprobleme haben, können Sie auch die meisten anderen Typen und Marken - zum Beispiel den TSOP4838 - einsetzen. Sie funktionieren in der Regel genauso gut!

220180-02



Über den Autor

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

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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

24

Leistungshalbleiter-Tester

Prüft Leistungstransistoren, Thyristoren, Triacs und Dioden

Von David Ashton (Australien)

Das Testen von Leistungshalbleitern ist nicht immer einfach. Multimeter liefern nicht genug Spannung oder Strom, um einen richtigen Test durchzuführen. Das Testen mit Netzgeräten und Widerständen ist fummelig. Das hier vorgestellte einfache Testgerät führt grundlegende Go/No-Go-Tests an Leistungstransistoren, MOSFETs, Thyristoren, Triacs und Dioden durch.

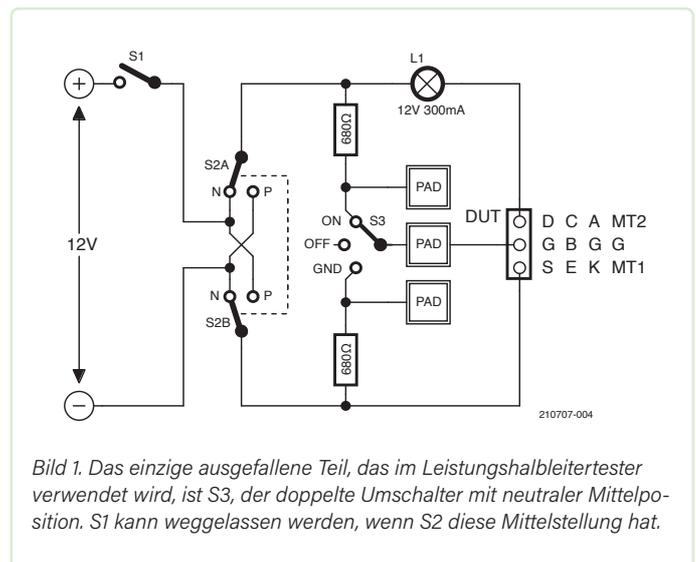


Bild 1. Das einzige ausgefallene Teil, das im Leistungshalbleitertester verwendet wird, ist S3, der doppelte Umschalter mit neutraler Mittelposition. S1 kann weggelassen werden, wenn S2 diese Mittelstellung hat.

Der simple Schaltplan des Leistungshalbleiter-Testers ist in **Bild 1** zu sehen. S1 ist der Betriebsschalter, S2 ändert die Polarität der Versorgungsspannung für die Testschaltung (für NPN/PNP-Transistoren, N- und P-Kanal-MOSFETs, Thyristoren und Triacs). Für meinen Prototyp-Tester habe ich sogar einen Umschalter mit neutraler Mittelstellung (S2) gefunden, so dass ich S1 weglassen konnte.

S3, ebenfalls ein Schalter mit neutraler Mittelstellung, legt über einen 680-Ω-Widerstand eine Spannung und einen Strom an die Basis/Gate des zu prüfenden Bauelements an. Zum Testen von MOSFETs mit ihren hochohmigen Gates sind auch Touchpads vorgesehen, so dass Sie stattdessen den Widerstand Ihres Fingers (normalerweise etwa 1 MΩ) verwenden können.

Wenn das Gerät einschaltet ist, wird dies durch das kleine Lämpchen L1 angezeigt, das den Strom auf etwa 300 mA begrenzt. Das ist genug, um bei jedem Testling zu zeigen, ob er ordnungsgemäß funktioniert oder nicht.

Betrieb

Um einen **Bipolartransistor** zu testen, wählen Sie die Polarität mit S2 und schließen Sie das Bauteil an. L1 sollte aufleuchten, wenn S3 auf ON steht, und erlöschen, wenn S3 auf OFF oder GND gestellt wird.

Um einen **MOSFET** zu testen, wählen Sie erneut die Polarität mit S2 und stellen Sie S3 in die mittlere OFF-Position. Wenn Sie die beiden oberen Touchpads berühren, sollte der Transistor durchschalten und L1 aufleuchten. L1 leuchtet weiter, wenn Sie Ihren Finger wegnehmen. Dies ist auf die Gate-Kapazität des MOSFETs zurückzuführen und zeigt an, dass die Gate-Isolierung gut ist. Berühren Sie die beiden unteren Touchpads, so sollte das Lämpchen dunkel werden. Auch bei Darlington-Bipolartransistoren kann L1 leicht aufleuchten, wenn Sie die oberen Kontaktflächen berühren, vor allem mit feuchten Fingern!

Um einen **Thyristor** zu testen, bringen Sie S2 in die N-Position. Wenn S3 auf ON steht, sollte der Thyristor leiten und L1 aufleuchten. Dies bleibt auch so, wenn S3 auf OFF oder GND gestellt wird. Erst wenn Sie die Versorgung mit S1 oder S2 abschalten, geht L1 aus und der Thyristor leitet nicht mehr.

Triacs verhalten sich wie Thyristoren, aber testen Sie sie in beiden Polaritäten, indem Sie S2 umschalten. Auch hier bleibt das Bauteil eingeschaltet, bis die Versorgung unterbrochen wird.

Dioden werden an den Klemmen A und K angeschlossen. Die Diode leitet – und lässt L1 erstrahlen – allerdings nur in einer Stellung von S2.



Bild 2. Der fertige Leistungshalbleiter-Tester.

Aufbau

Da die Schaltung so einfach ist, kann sie fliegend verdrahtet werden, wobei die Anschlüsse der Schalter und Verbinder als Montageterminals verwendet werden. Für die Buchsen kann man abgeschnittene IC-Fassungen verwenden oder mit anderen Verbindern improvisieren. Ich habe einige Messleitungen hinzugefügt, um mit Bauteilen fertig zu werden, die nicht in die Buchsen passen. Mein fertiges Prüfgerät ist in **Bild 2** zu sehen. Es ist wirklich praktisch zum Testen von Bauteilen, die ich von alten Platinen gerettet habe. ◀

210707-02



Passende Produkte

- ▶ Joy-IT LCR-T7 Multifunktions-Komponententester (SKU 19709) www.elektor.de/19709
- ▶ Velleman K8115 Komponententester-Bausatz (SKU 19329) www.elektor.de/19329
- ▶ Atlas DCA55 - Halbleiter-Tester (SKU 17562) www.elektor.de/17562

Über den Autor

David Ashton wurde in London geboren, wuchs in Rhodesien (heute Simbabwe) auf, lebte und arbeitete in Simbabwe und lebt jetzt in Australien. Er interessiert sich seit seiner Kindheit für Elektronik. Rhodesien war nicht das Zentrum des Elektronikuniversums, so dass das Anpassen, Austauschen und Auslöten von Bauteilen zu den Fähigkeiten gehörte, die er sich früh aneignete (und auf die er immer noch stolz ist). Er hat ein Elektroniklabor geleitet, war aber hauptsächlich in der Telekommunikation tätig.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

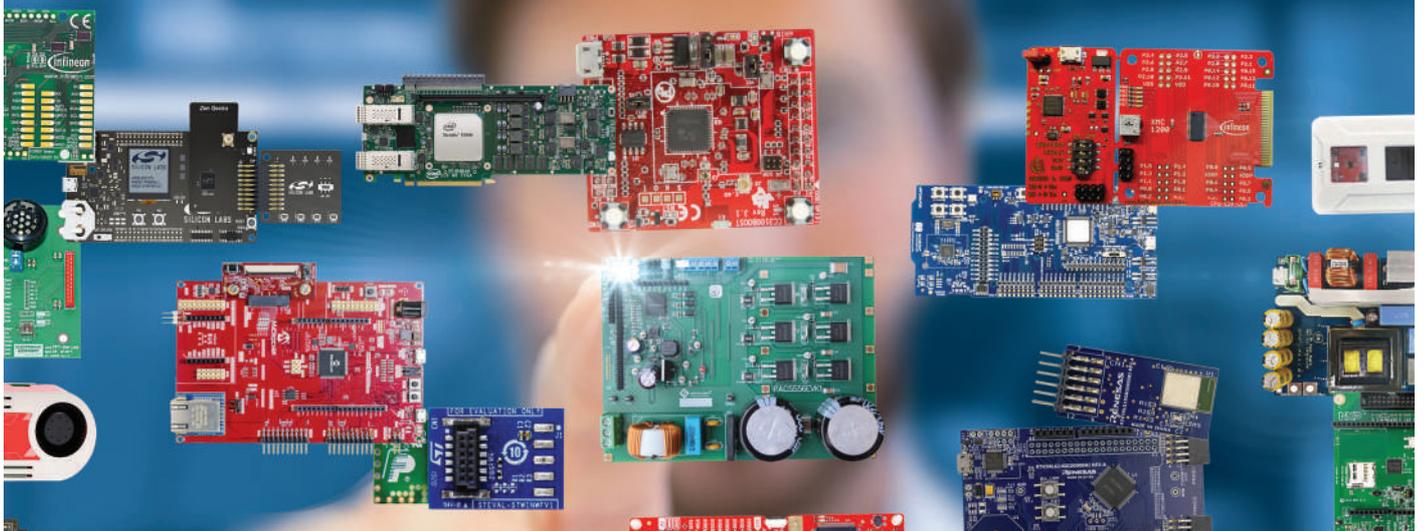
Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an den Autor unter stn564@yahoo.com.au oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.

Development Tools alle an einem Ort

Tausende Tools von hunderten zuverlässigen Herstellern



Wählen Sie Ihr Produkt aus unserer breiten Palette auf mouser.de/dev-tools



25 SPI für WS2812(B)-LEDs

Lösen Sie ein nicht existierendes Problem mit diskreten Bauteilen!

Von Clemens Valens (Elektor)

Mit dieser kleinen Schaltung kann Ihr Mikrocontroller 25% mehr LEDs ansteuern und gleichzeitig Programmierressourcen freisetzen. Ist das nicht das, was wir eine Win-Win-Situation nennen?



Die sehr beliebten adressierbaren RGB-LEDs vom Typ WS2812(B) - auch bekannt als NeoPixels - sind nicht besonders komfortabel, wenn es um ihre Ansteuerung geht. Der Grund dafür ist ihr spezielles Ein-Draht-Datenprotokoll, das mit Standard-Mikrocontroller-Peripherie nicht kompatibel ist. Um eine Ansteuerung zu ermöglichen, wird in der Regel eine Art Bit-Banging angewendet, das entweder vollständig in Software implementiert oder teilweise über Software und die SPI-Peripherie verteilt ist.

Heute geht der Trend dahin, elektronische Probleme so weit wie möglich in Software zu lösen, da dies billiger ist und mehr Flexibilität bietet. Das sind natürlich stichhaltige Argumente, aber sie nehmen

einem irgendwie den Spaß an der Elektronik. Aus diesem Grund habe ich mich der Herausforderung gestellt, WS2812(B)-LEDs mit einem Standard-SPI-Bus kompatibel zu machen und dabei nur diskrete Komponenten zu verwenden.

Timing-Anforderungen

Normalerweise geht man davon aus, dass WS2812(B)-LEDs mit einer Busfrequenz von 800 kHz laufen. Dies ist eine ungünstige Frequenz für Mikrocontroller, die mit 4 MHz, 8 MHz, 12 MHz oder 16 MHz getaktet werden, in fast allen Fällen also mit einer anderen Frequenz, die nicht ein Zweier-Vielaches von 800 kHz ist. Ein aufmerksames Lesen des LED-Datenblatts zeigt jedoch, dass die erlaubten Toleranzen beim Timing fast 50 % betragen, was recht großzügig ist.

Das bedeutet, dass eine Datenrate von 1 MHz ebenfalls funktionieren sollte, da sie nur 25 % schneller ist als 800 kHz und somit innerhalb des Spielraums von 50 % liegt. 1 MHz ist eine Frequenz, die die meiste SPI-Peripherie problemlos erzeugen kann, selbst wenn sie nur einen einfachen Taktvorteiler besitzt.

Für die WS2812B-LED wird eine logische „0“ als ein Impuls von 400 ns kodiert, gefolgt von einer 850 ns langen Pause. Eine logische „1“ besteht aus einem 800-ns-Impuls, gefolgt von einer 450-ns-Pause (**Bild 1**). Dem Datenblatt zufolge erlauben diese Zeiten jedoch eine Toleranz von ± 150 ns. Für eine logische „0“ wäre also auch ein Impuls von 300 ns statt 400 ns gefolgt von einer Pause von 700 ns statt 850 ns in Ordnung; eine logische „1“ dürfte aus einem 700-ns-Impuls gefolgt von einer 300-ns-Pause bestehen. Mit diesen Werten beträgt die Datenrate 1 MHz, genau das, was wir anstreben.

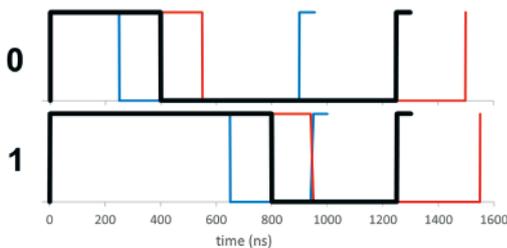


Bild 1. Die Timing-Anforderungen für adressierbare RGB-LEDs vom Typ WS2812(B) erlauben große Toleranzen. Die schwarzen Kurven zeigen die spezifizierten Zeiten. Eine „0“ kann 900 ns (blau) kurz bis 1500 ns (rot) lang sein. Für eine „1“ liegen diese Werte bei 950 ns (blau) beziehungsweise 1550 ns (rot).

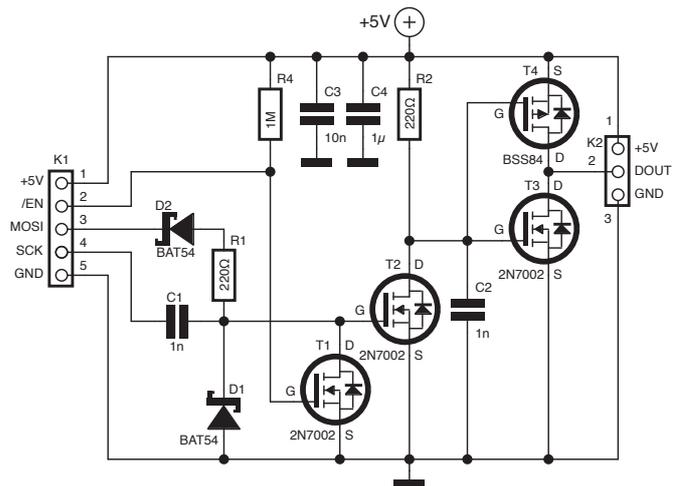


Bild 2. Diese Schaltung verwandelt einen zweiadrigen SPI-Bus in ein einadriges WS2812(B)-kompatibles Dateninterface.

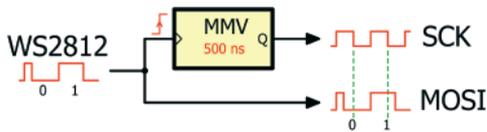


Bild 3. Ein monostabiler Multivibrator (MMV) wandelt ein WS2812(B)-kompatibles Datensignal in einen 2-Draht-SPI-Bus.

Variable Flanken

Die Schaltung in **Bild 2** macht sich dies zunutze. Wenn das SPI mit 1 MHz läuft, ist sein Taktsignal SCK ein Rechteck mit einer Frequenz von 1 MHz. Die Daten werden über die MOSI-Leitung des SPI übertragen. Wenn MOSI low ist, bilden C1 und R1 ein Differenzierglied, das die SCK-Impulse auf etwa 300 ns verkürzt. Wenn MOSI high ist, wird R1 durch D2 überbrückt und C1 leitet die SCK-Impulse einfach an T2 weiter. D1 beseitigt die vom Differenzierer erzeugten negativen Flanken. Wenn SCK high ist, leitet T2 und C2 wird entladen. Wenn SCK auf low geht, sperrt T2 und C2 wird über R2 geladen, wodurch die fallende Flanke von SCK effektiv verzögert wird. Die SCK-Impulsdauer wird dadurch auf etwa 700 ns verlängert.

T3 puffert und invertiert das Signal, so dass eine WS2812(B)-LED es nutzen kann. T1 liefert ein Slave-Select-Eingangssignal (SS) mit aktivem Low-Pegel, um unsere SPI-Schnittstelle zu vervollständigen. C3 und C4 sind Entkopplungskondensatoren, wobei C4 in der Nähe von K2 platziert werden soll, um die Versorgung der LED zu entkoppeln. Der P-Kanal-MOSFET T4 hält den Stromverbrauch niedrig, wenn die Schaltung im Leerlauf ist. Der Transistor kann eventuell durch einen 220-Ω-Widerstand ersetzt werden (auf der Platine ist ein Footprint für einen solchen Widerstand mit der Bezeichnung R3 vorgesehen), aber ich würde das nicht empfehlen. Erst recht nicht sollte man beides gleichzeitig bestücken. Diese Schaltung funktioniert gut in den SPI-Modi 0, 1 und 3.

Nützlich oder nicht?

Die hier vorgestellte Schaltung ermöglicht es, die Treibersoftware zu vereinfachen, so dass mehr Ressourcen für den Rest des Programms zur Verfügung stehen, um aufwändigere Animationen oder andere Dinge zu erstellen. Außerdem ist die LED-Ansteuerung um 25 % schneller als ein standardmäßiger 800-kHz-Treiber, so dass Sie mehr LEDs in der gleichen Zeitspanne ansteuern können. Andererseits wird die Stückliste um einige Zeilen länger und es wird ein SPI-Bus anstelle eines einzigen Controllerausgangs benötigt.

Ein letzter Gedanke

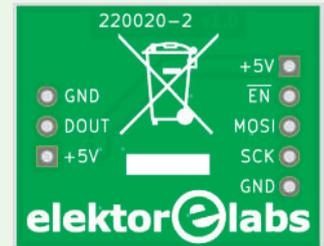
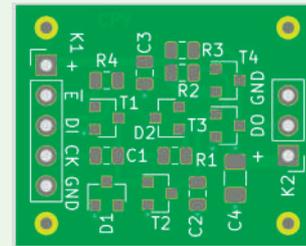
Da es sehr einfach ist, das Ausgangssignal dieser Schaltung zurück zu SPI zu dekodieren - ein monostabiler Multivibrator ist alles, was man braucht (**Bild 3**) - kann sie als Ein-Draht-SPI-Verbindung verwendet werden. Solche Signale lassen sich gut über galvanische Isolations-schranken wie Optokoppler und Infrarotverbindungen übertragen.

Alle Dateien für dieses Projekt, einschließlich eines Platinenlayouts und einer Beispielsoftware, finden Sie unter [1]. Ein Video dazu ist unter [2] verfügbar. ◀

220020-01



STÜCKLISTE



Widerstände:

(0805, 5%, 0,125 W)
R1,R2,(R3*) = 220 Ω
R4 = 1 M

Kondensatoren:

(0805)
C1,C2 = 1 n
C3 = 10 n
C4 = 1 μ, 16 V, A-Gehäuse

Halbleiter:

D1,D2 = BAT54, SOT-23
T1,T2,T3 = 2N7002, SOT-23
T4 = BSS84, SOT-23

Außerdem:

K1 = 1x5-polige Buchsenleiste,
Raster 0,1"
K2 = 1x3-polige Buchsenleiste,
Raster 0,1"
* = siehe Text



Über den Autor

Clemens Valens ist Ingenieur und verwaltet die Online-Plattform Elektor-Labs. Er hat einen BSc in Elektronik und einen MSc in Elektronik und Informationstechnologie. Clemens Valens begann 2008 als Chefredakteur von Elektor Frankreich für unseren Verlag zu arbeiten und war auch als Redakteur für Elektor UK/US und Elektor-Magazine.com tätig. Später war Clemens Leiter der Elektor-Entwicklungslabore 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 anderen Artikeln für das Magazin produziert er auch regelmäßig Videos für Elektor TV und moderiert Webinare. Seine Hauptinteressen sind Klangerzeugung und Signalverarbeitung.



Passende Produkte

- **Diamex LED Player M (SKU 19911)** www.elektor.de/19911
- **SPIDriver (SKU 19028)** www.elektor.de/19028

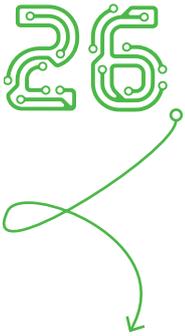
Projekt-Download

www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



WEBLINKS

- [1] C. Valens, „SPI to WS2812B converter“, Elektor-Labs.com: <https://www.elektormagazine.de/labs/spi-to-ws2812b-converter>
- [2] Sehen Sie sich dieses Projekt bei Elektor TV an: <https://youtu.be/5z7CvM6QTD0>



Messen von Leistungsinduktivitäten

Von Ton Giesberts (Elektor)

Die meisten Induktivitätsmessgeräte sind für kleine Spulen geeignet, messen aber nicht mit hohen Strömen. Mit der hier vorgestellten Schaltung, einem Hochstrom-Netzgerät und einem digitalen Oszilloskop können Sie die wichtigsten Eigenschaften auch von Leistungsinduktivitäten messen.



Die meisten LCR-Meter messen Bauteile mit einem Strom von nur wenigen Milliampere. Für Kondensatoren und Widerstände geht das in Ordnung, aber die Induktivität von Leistungsinduktivitäten (und deren weitere Eigenschaften) variieren mit dem (Gleich-) Strom, mit dem gemessen wird. Um diesen Einfluss des Messstroms auf den Wert der Induktivität zu unterbinden, bedarf es nur eines sehr kleinen Serienwiderstands (Strommesswiderstands) und eine stabile und kräftige Stromversorgung. Dieses Prinzip ist im Laufe der Jahre auf viele verschiedene Arten angewandt worden. Ein Leistungsschalter (meist ein MOSFET) und ein Impulsgenerator sind erforderlich, um die Spannung an der Induktivität abzuschalten, bevor sie zu hoch wird. Ein Oszilloskop wird verwendet, um den Strom durch die Induktivität zu überwachen. Diese Schaltung dagegen arbeitet eigenständig. Der maximale Strom ist einstellbar und ein Triggersignal für das Oszilloskop ist ebenfalls vorhanden. Ein externer Impulsgeber ist nicht erforderlich. Eine Platine mit geeignetem Layout sorgt dafür, dass der Widerstand zwischen Stromversorgung, Induktivität, MOSFET und Strommesswiderstand minimal ist.

Die Schaltung

In dem Schaltplan in **Bild 1** werden zwei Timer eines CMOS 4538 verwendet. Das Timing eines 4538 wird durch die RC-Konstante (in diesem Fall R8/C3, R9/C4) eingestellt. Für IC2A bedeutet dies $1 \mu\text{F} \times 1 \text{M}\Omega = 1 \text{s}$. IC2A schaltet den MOSFET T3 einmal pro Sekunde ein. Der zweite Timer wird verwendet, um die Zeit, die der MOSFET leitet, auf 1 ms zu begrenzen. Wenn ein längerer maximaler Impuls benötigt wird, muss der Wert von R9 entsprechend erhöht werden. Bei diesem

sehr kurzen Tastverhältnis ist für T3 und D3 kein Kühlkörper erforderlich. Ein schneller Operationsverstärker (IC1) vom Typ AD8032 mit Rail-to-Rail-Eigenschaften an Ein- und Ausgang überwacht den Strom über dem $10\text{-m}\Omega$ -Strommesswiderstand R4. Der Opamp dient als Komparator: Wenn der Spannungspegel über R4 höher ist als der mit P1 eingestellte Pegel, wird der Ausgang von IC1A low und setzt IC2B zurück, der MOSFET wird abgeschaltet. Gleichzeitig wird IC2A getriggert, der Ausgang Q (Pin 6) wird high und liefert ein Triggersignal für das Oszilloskop an K2. Nach einer Sekunde geht \bar{Q} auf high und triggert IC2B. T3 schaltet sich für den nächsten Messzyklus ein. Der Strom durch die Induktivität beginnt zu steigen, und der Vorgang wird wiederholt.

Die beiden Zeitgeber sind im nicht retriggerbaren Modus konfiguriert. Der Ausgang Q von IC2A ist mit seinem +TR-Eingang verbunden, und \bar{Q} von IC2B ist an dessen -TR-Eingang angeschlossen, um Störeinflüsse zu unterdrücken, die die Impulse verlängern würden. C10 ist hinzugefügt, um den Reset-Impuls von IC2B, aber vor allem den Trigger-Impuls von IC2A zu verlängern. Der letztere Eingangspegel muss niedriger sein als der Rücksetzimpuls, um die Triggerung zu aktivieren. Bei einer niedrigen Stromeinstellung (P1) - ohne C10 - würde der Ausgang von IC1A nicht niedrig genug werden, um IC2A auszulösen. Wenn es beim Einschalten keinen Triggerimpuls gibt, wird die Messung mit dem Taster S1 gestartet. T1 und T2 werden verwendet, um T3 schneller ein- und auszuschalten. Der Gatestrom und die parasitäre Kapazität der zu prüfenden Induktivität verursachen zwar eine Spannungsspitze über R4, aber dies hat keinen Einfluss auf die Messung.

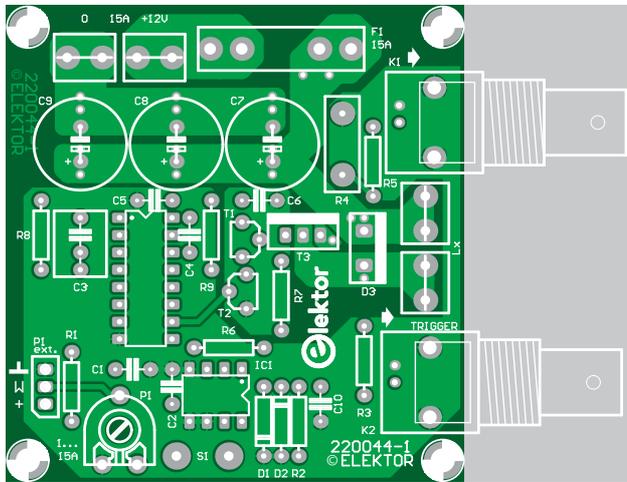


Bild 3. Das Layout der Platine.

Mit der Standardformel für die Spannung an einer Induktivität kann die Zeit berechnet werden, die der Strom benötigt, um den mit P1 eingestellten Wert zu erreichen:

$$U = L * \frac{dI}{dt}$$

Nach Umstellung lautet die Formel:

$$dt = L * \frac{dI}{U}$$

Wenn eine Leistungsinduktivität an eine 12-V-Stromversorgung angeschlossen wird, steigt der Strom mit der Zeit linear an, solange der Kern nicht in die Sättigung geht. Die Zeit, um einen Stromfluss von 10 A durch eine 330- μ H-Induktivität zu erreichen, beträgt 275 μ s. Man kann aber auch die tatsächliche Induktivität aus der Zeitspanne berechnen, die auf dem Oszilloskop angezeigt wird, zu der 10 A erreicht sind (290 μ s). Die Induktivität ist $U * dt / dI$, also 348 μ H.

Die Platine

Für dieses Projekt wurde eine Platine (Bild 3) entworfen, deren Gerberdateien von [1] heruntergeladen werden können. Um die Platinenabmessungen klein zu halten, wurden einige Verbindungen auf beiden Platinenseiten parallel verlegt, um den Widerstand der Messschleife so niedrig wie möglich zu halten. Der verwendete MOSFET ist ein IRFB7545PBF im TO-220-Gehäuse mit einem $R_{DS(on)}$ von etwa 5 m Ω . Der Gesamtwiderstand von MOSFET und Strommesswiderstand beträgt etwa 15 m Ω , so dass der Spannungsabfall bei 15 A 0,23 V beträgt, wenn man die Kupferverluste der Leiterbahnen und Anschlussdrähte nicht berücksichtigt. Die Flyback-Diode zur Unterdrückung der Spannungsspitzen beim Ausschalten des MOSFET ist eine MBR1645, die einen durchschnittlichen Strom von 16 A und eine Sperrspannung von 45 V verträgt. Die maximale Versorgungsspannung für den Operationsverstärker beträgt 12 V, und dies ist auch die maximale Spannung für diese Schaltung. Obwohl der maximale Strom durch die zu prüfende Induktivität hoch ist, beträgt der durchschnittliche Versorgungsstrom nur wenige Milliampere. ◀

220044-02

WEBLINK

[1] Gerber-Downloads:
<https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-2022>



STÜCKLISTE

Widerstände:

- R1 = 68 k, 0,25 W, 5 %
- R2 = 4k7, 0,25 W, 5 %
- R3 = 100 Ω , 0,25 W, 5 %
- R4 = 0 Ω 01, 5 W, 10 %, radial (induktionsarm), Raster 9 mm (Fukushima Futaba MPC75)
- R5 = 49 Ω 9, 0,25 W, 1 %
- R6 = 1 k, 0,25 W, 5 %
- R7 = 47 Ω , 0,25 W, 5 %
- R8 = 1 M, 0,25 W, 5 %
- R9 = 10 k, 0,25 W, 5 %
- P1 = Trimpoti 1 k, liegend (Piher PT10LV10-102A2020-S)

Kondensatoren:

- C1,C2,C4,C5,C6 = 100 n, 50 V, X7R, Raster 5,08 mm
- C3 = 1 μ , 63 V, PET, Abstand 5/7,5 mm
- C7,C8,C9 = 3300 μ , 16 V, Durchmesser 12,5 mm, Raster 5 mm, 3,4 A, 15 m Ω , (Rubycon 16ZL3300MEFC12,5X35)
- C10 = 220 n, 63 V, PET, Raster 5 mm

Halbleiter:

- D1,D2 = 1N4148, DO-35
- D3 = MBR1645, TO-220, 2 Pins
- T1 = BC337, 800 mA, TO-92
- T2 = BC327, 800 mA, TO-92
- T3 = IRFB7545PbF, 4,9 m Ω , 95 A, 60 V, TO-220
- IC1 = AD8032ANZ, DIP-8
- IC2 = 4538, DIP-16

Außerdem:

- K1,K2 = BNC-Buchse, Platinenmontage, gewinkelt, 50 Ω
- K3 = 1x3-polige Stiftleiste, gerade, Raster 2,54 mm
- F1 = 2 Sicherungsklammern, 20 A, Littelfuse 01000020Z, für 5x20mm-Sicherung
- F1 = Feinsicherung 5 x 20 mm, 15 A, flink
- S1 = Drucktaster, SPST, 1xan
- S1,Lx, Stromversorgung = 10 Lötnägel, 1,3 mm (Ettinger 13.14.419)
- 8-polige DIP-Fassung für IC1
- 16-polige DIP-Fassung für IC2



Passendes Produkt

> **Elektor 2 MHz LCR-Meter Kit (SKU 19883)**
www.elektor.de/19883

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter Tom.Giesberts@elektor.com oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.

27

Ein DIY-Doppelnetzteil

Für Raspberry Pi und Audio-DAC auf einen Streich



Von Ton Giesberts (Elektor)

Dem Elektor Audio-DAC für den Raspberry Pi fehlte noch ein wichtiges Teil: ein gutes Netzteil, das sowohl 5 VDC als auch 9 VDC ausgibt. Elektor-Ingenieur Ton Giesberts hat diesen Mangel beseitigt!

Die Idee hinter diesem Projekt war es, mit einem einzigen Netzteil und nur einem Netzkabel in der Steckdose sowohl den Raspberry Pi als auch den Audio-DAC [1] zu versorgen. Zugegeben, ich hätte eine solche Schaltung direkt zusammen mit dem Audio-DAC entwickeln sollen, und nicht zunächst für meinen persönlichen Gebrauch. Doch besser spät als niemals: Das Netzteil, das ich Ihnen jetzt präsentieren möchte, liefert zwei saubere Spannungen, die zudem isoliert sind, um Erdschleifen zu vermeiden: 5 V_{DC} für einen Raspberry Pi 2 oder Pi 3 und 9 V_{DC} für den Audio-DAC.

Die Hardware

In der Schaltung in **Bild 1** wird die geregelte 9-V-Spannung von einem ausgezeichneten, wenn auch etwas teuren 3-W-DC/DC-Wandlermodul (MOD2, TVN 3-0919 von Traco Power [1]) mit extrem geringer Restwelligkeit und geringem Rauschen erzeugt: 10 mV_{SS} typisch mit einem Entkopplungskondensator von wenigstens 10 µF am Ausgang. Die Eingangsspannung des Traco-Moduls wird dem 5-V-Ausgang des AC/DC-Wandlermoduls MP-LD15-23B05R2 (MOD1, Multicomp Pro bei Farnell, oder LD15-23B05R2 von Mornsun) entnommen.

Um die 9-V-Versorgungsschiene noch „sauberer“ zu machen, wird die 5-V-Eingangsspannung für den Wandler MOD2 von C3, C4 und L1 gefiltert, die 9-V-Ausgangsspannung von der Gleichtaktdrossel L2. Beide Ausgangsspannungen sind durch die Suppressor-Dioden D1, D2 (Transient Voltage Suppressors, TVS) geschützt.

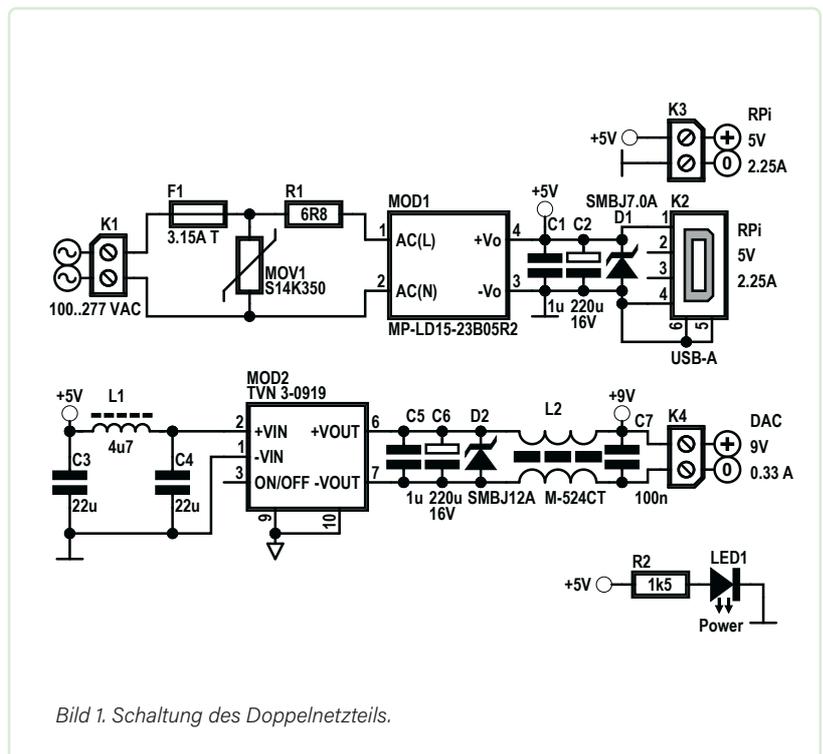


Bild 1. Schaltung des Doppelnetzteils.



STÜCKLISTE

Widerstände:

R1 = 6Ω8, 3 W, 1500 V Impuls (AC03000006808JAC00, Vishay/Draloric)

R2 = 1k5, 0,25 W, 5 %

Kondensatoren:

C1,C5 = 1 μ, 25 V, 5 %, SMD 0805

C2,C6 = 220 μ, 16 V, Aluminium-Polymer, 10 mΩ, Durchmesser 8 mm, Rastermaß 2,5/3,5 mm (870135374003, Würth Elektronik)

C3,C4 = 22 μ, 25 V, X7R, SMD 1210

C7 = 100 n, 50 V, 5 %, X7R, SMD 0805

Induktivitäten:

L1 = 4μ7, 1,2 A, 0,117 Ω, SMD 4x4 mm (TYS40184R7M-10, Laird Performance Materials)

L2 = Gleichakttdrossel M-524CT, 0,5 A, 700 Ω @ 10 MHz, RDC 0,1 Ω (Kemet)

Halbleiter:

D1 = TVS-Diode SMBJ70A, SMD DO-214AA-2

D2 = TVS-Diode SMBJ12A, SMD DO-214AA-2

LED1 = 3-mm-LED, optional

Außerdem:

K1 = 1x2-polige Platinenklemme, Raster 7,62 mm

(GMKDSN 1,5/ 2-7,62 - 1707027, Phoenix Contact)

K2 = USB-Buchse Typ A, Platinenmontage, (87520-0010BLF, Amphenol ICC)

K3,K4 = 1x2-polige Platinenklemme , Raster 3,5 mm

(PT 1,5/ 2-3,5-H - 1984617, Phoenix Contact)

F1 = Bedrahtete Sicherung 3,15 A, träge, 300 VAC, radialer Abstand 5,08 mm

(SS-5H-3,15A-APH, Bussmann/Eaton)

MOV1 = MOV S14K350 (B72214P2351K103, Epcos/TKD)

MOD1 = MP-LD15-23B05R2, AC-DC-Wandlermodul, 5VDC/15W (Multicomp Pro)

MOD2 = TVN 3-0919, DC-DC-Wandler 3 W, 4,5-13,2V Eingang, 9V/333mA Ausgang (Traco Power)

Gehäuse CU-1474, schwarz, ABS (Bud Industries)

4 selbstschneidende Blechschrauben, Flachkopf, Gewinde #4, Länge 1/4-Zoll, (6004, Serpac)

Netz kabel ohne Buchse, 1,8 m (361002-E01, Qualtek, Stecker CEE7/XVI für Westeuropa)

Gleichstromkabel für 9 V= Gleichstromkabel, 2,1 mm Gleichstromstecker, 6 A max., 24AWG (172-4101, Kobicon)

Kabel USB 2,0, Micro-B, 2 x offene Adern, 22 AWG, 20 cm (Delock)

Kabeldurchführung, flexibel, schwarz, Innendurchmesser 3,2 mm (HG-2, Essentra)

Anschluss des Audio-DACs und des Raspberry Pi

Viele Probleme im Betrieb des Raspberry Pi werden durch eine schlechte oder instabile 5-V-Stromversorgung verursacht. Daher weisen die „offiziellen“ AC/DC-Steckernetzteile für den Raspberry Pi eine Ausgangsspannung von 5,1 V auf, um Spannungsabfälle zu kompensieren, die durch den Widerstand des Kabels und des USB-Steckers verursacht werden. Der 5-V-Ausgang unseres Netzteils wird über den USB-A-Anschluss K2 geführt, und mit einem einen Meter langen Standard-USB-A-auf-Micro-USB-Kabel kann die Versorgungsspannung am Raspberry Pi auch schon einmal unter 4,7 V fallen. Um dies zu vermeiden, sollten Sie deshalb ein kürzeres, vielleicht nur 20 cm langes Micro-USB-Kabel guter Qualität verwenden, zum Beispiel von Delock (Kabel USB 2.0 Micro-B, zwei offene Adern) und die Adern an die Platinenklemme K3 anschließen statt einen USB-A-Stecker in K2 zu stecken.

Der maximale Ausgangsstrom von MOD1 beträgt 3 A. Bei 333 mA maximalem Ausgangsstrom des DC/DC-Wandlers TVN 3-0919 (mit 80 % Wirkungsgrad) würde er 0,75 A von der 5-V-Versorgung in Anspruch nehmen, so dass 2,25 A für den 5-V-Ausgang an K2 respektive K3 übrig bleiben.

Bau des Netzteils

Die Gerber- und Bohrdateien für die Platine, die für diese Stromversorgung entworfen wurde (Bild 2), stehen unter [2] zum Download bereit. Die Platine ist so bemessen, dass sie in ein ABS-Kunststoffgehäuse mit den Abmessungen von etwa 104 x 57 x 38 mm von Bud Industries (Typ CU-1474) passt. Zum Lieferumfang des Gehäuses gehören vier lange Schrauben zur Befestigung der oberen an der unteren Gehäuseschale, nicht aber die Schrauben zur Befestigung einer Platine an den Plastikdomen. Deshalb müssen die 3-mm-Schneidschrauben separat erworben werden.

Die Verwendung einiger SMDs ist zwar unvermeidlich, wenn man versucht, die HF-Emissionen von Gleichspannungswandlern so gut wie möglich zu unterdrücken, aber die verwendeten SMDs sind so groß, dass sie leicht mit einem normalen LötKolben mit feiner Spitze gelötet werden können. Platzieren Sie zunächst alle SMDs: zwei kleine 0805-Kondensatoren auf der Unterseite (C1,C5) möglichst nahe an den Ausgangspins der beiden Module. Die durchkontaktierten Bauteile müssen mit einer größeren Spitze gelötet werden. Es ist auch zu erwägen, die Stromkabel für 5 V und 9 V direkt auf die Platine zu löten, anstatt die Schraubklemmen zu verwenden. Bild 3 zeigt einen frühen Prototyp des Netzteils, montiert in seinem Gehäuse.

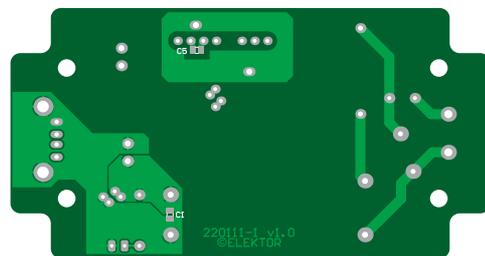
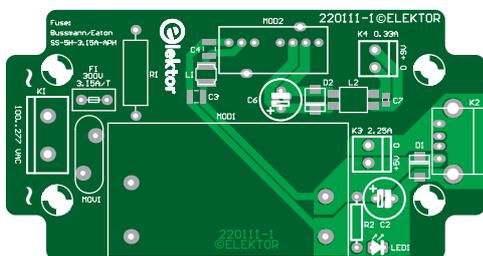


Bild 2. Das Platinenlayout und die Platzierung der Bauteile (Oberseite). Vergessen Sie nicht die beiden Kondensatoren auf der Kupferseite der Platine!



Bild 3. Ein früher Prototyp, montiert im Gehäuse.

Der Kunststoff des Gehäuses ist recht weich, so dass der rechteckige Ausschnitt für den USB-Stecker und der für das Netzkabel leicht mit einem scharfen Hobbymesser ausgeschnitten werden können. Schneiden Sie sich aber nicht in die Finger, denn sie benötigen sie noch für die weiteren Bauarbeiten! Die runden Löcher für eine Tülle oder eine andere Zugentlastung für die Niederspannungskabel können gebohrt und gefeilt werden. Wenden Sie weniger Kraft und mehr Sorgfalt an und überprüfen Sie beim Schneiden regelmäßig die korrekte Position und Größe der Löcher. Die Löcher für die Kabel werden am besten zwischen den Kanten der oberen und unteren Gehäusehälfte angebracht. Für das Netzkabel muss eine geeignete Zugentlastung verwendet werden, die in die Seitenwand des Gehäuses passt, zum Beispiel eine SRB-F-9 von Essentra Components. Ich habe die 5-V-Betriebsanzeige-LED1 nicht installiert, weil das Vorhandensein beider Spannungen ohnehin durch LEDs am Raspberry Pi und am Audio-DAC angezeigt werden. Doch bevor Sie jedoch das Netzteil zum ersten Mal anschließen, sollten Sie die Ausgangsspannungen von 5 V und 9 V mit einem Voltmeter überprüfen. Wenn eine der Spannungen nur etwa 0,7 V beträgt, ist wahrscheinlich eine TVS-Diode falsch herum montiert. Das Wichtigste: Stellen Sie sicher, dass die Polarität der Adern des Micro-USB-Kabels richtig ist: Rot ist +5 V, Schwarz ist GND. Der Mittelkontakt des 9-V-Steckers muss positiv sein (die Ader mit dem weißen Streifen des Netzkabels ist Plus).

Dieses kompakte, hochwertige Netzteil ist eine schöne Ergänzung für den Elektor Audio-DAC für den Raspberry Pi. Es wird nur ein Netzteil benötigt, um den Raspberry Pi mit 5 V und den Audio DAC mit 9 V zu versorgen, mit nur einem Netzstecker! ◀

220111-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter Ton.Giesberts@elektor.com oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.



Über den Autor

Ton Giesberts begann nach seinem Studium bei Elektuur (jetzt Elektor) zu arbeiten, als dort jemand mit einer Affinität für Audio gesucht wurde. Im Laufe der Jahre hat er hauptsächlich an Audio-Projekten gearbeitet, und analoge Entwürfe waren schon immer seine Vorliebe. Natürlich gehören auch Projekte in anderen Bereichen der Elektronik zu seinem Job. Eines der Mottos von Ton ist: „Wenn du es besser haben willst, mach es selbst“, zum Beispiel ein gutes Platinenlayout für ein Audioprojekt mit Verzerrungswerten in der Größenordnung von 0,001 %!

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Passendes Produkt

➤ **Raspberry Pi High-End Audio-DAC - Modul (SKU 18163)**
www.elektor.de/18163

WEBLINKS

- [1] T. Giesberts, „Audio-DAC für Raspberry Pi“, Elektor 7/2017: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201707/40438>
[2] Gerber- und Bohrdateien zum Download: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-2022>

KiCad 6

Fünf Funktionen, die man kennen (-lernen) sollte

Von Dr. Peter Dalmaris (Australien)

Wenn Sie KiCad 5 mögen, werden Sie das vor einigen Monaten veröffentlichte KiCad 6 lieben. Hier sind fünf Vorgänge, die in KiCad 6 einfacher zu erledigen sind als in früheren Versionen (oder sogar unmöglich waren).

KiCad 6 wurde in den letzten Tagen des Jahres 2021, gerade rechtzeitig zu Weihnachten, im Internet veröffentlicht. Für viele von uns war es das schönste Weihnachtsgeschenk, das wir uns wünschen konnten. Es ist nicht so, dass KiCad 5 schlecht war, im Gegenteil, es war hervorragend für seine Zeit. Für mich fühlte sich die Ankunft von KiCad 6 aber an, als ob eine Ära zu Ende gegangen und eine neue begonnen hätte. Ich habe KiCad 5 sehr oft benutzt. Es war wie mein altes Auto, das mir half, von Punkt A nach Punkt B zu kommen. KiCad 5 habe ich in den letzten Jahren benutzt, um die Platinen für meine Projekte und meine Kurse zu entwerfen. Es war zwar etwas unübersichtlich, verwirrend und manchmal frustrierend, aber es hat die Arbeit erledigt. Mit der Einführung von KiCad 6 fühlte ich mich wie damals, als ich mein neues Auto bekam. Es ging nicht mehr nur darum, nur von A nach B zu kommen, jede Fahrt zum Supermarkt war nun ein Ereignis. Es ist leise. Die Musik klingt fantastisch. Die Klimaanlage isoliert mich vor der heißen australischen Sonne. Die Beschleunigung ist berauschend. Sogar Kreisverkehre machen jetzt Spaß.

Mit KiCad 6 fühlt sich das Entwerfen einer Platine wie das Malen eines Gemäldes an. Das Werkzeug hilft mir, Kunst zu schaffen, anstatt mir im Weg zu stehen [1]. Die moderne Benutzeroberfläche und der Arbeitsablauf sind sinnvoll. Die Bibliotheken sind gut organisiert. Die Schaltplan- und Layout-Editoren sind anpassbar und vollständig integriert. Die Einstellungen sind da, wo sie sein sollen. Die Shortcuts und das Kontextmenü funktionieren. Das Programm funktioniert auf allen meinen Computern, Mac, Windows und Linux, auf die gleiche Weise. Ich kann Projekte problemlos mit meinen Studenten und Mitarbeitern gemeinsam nutzen.

Ich möchte und kann hier nicht all die erstaunlichen Funktionen von KiCad 6 aufzählen. Ich habe bereits Blogbeiträge und ein ganzes Buch darüber geschrieben. Was ich aber hier tun möchte, ist, fünf Vorgänge zu demonstrieren, die in früheren Versionen schwer oder gar unmöglich zu realisieren waren, in KiCad 6 aber spielend einfach zu erledigen sind.

1. Der Footprint-Assistent

KiCad wird mit einer umfangreichen Bibliothek von Bauteilgrundrissen ausgeliefert. Wenn Sie einen Footprint benötigen, der nicht in diesen Bibliotheken vorhanden ist, besteht eine gute Chance, dass Sie ihn in Repositories wie SnapEDA finden können. Wenn auch dort nichts zu holen ist, können Sie mit einem der beiden Werkzeuge, die KiCad bietet, eigene Footprints erstellen: dem *Footprint Editor* und dem *Footprint Wizard*. Im Folgenden möchte ich den Footprint-Wizard beschreiben.

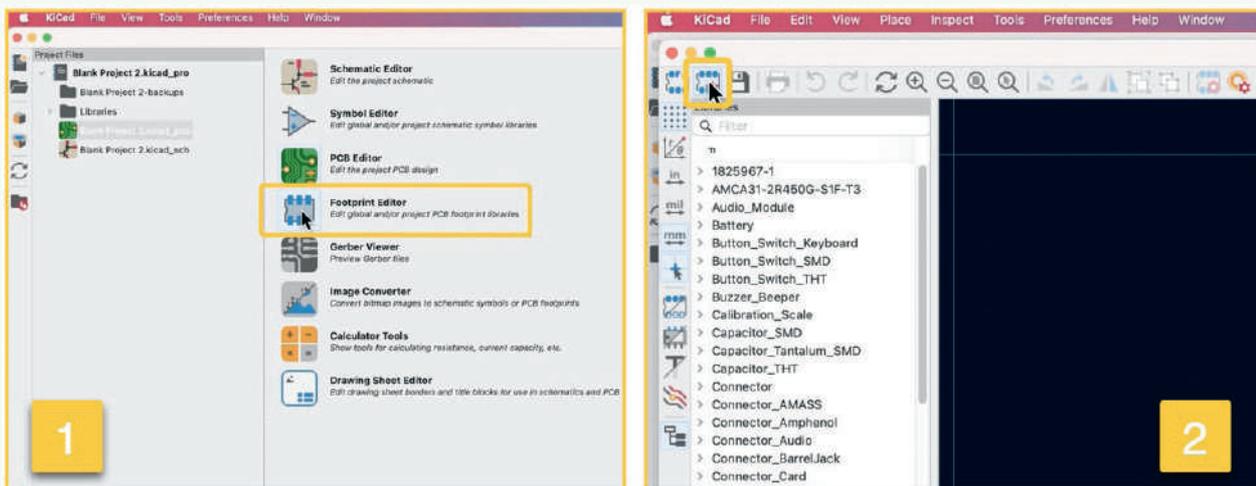


Bild 1. Starten des Footprint-Assistenten.

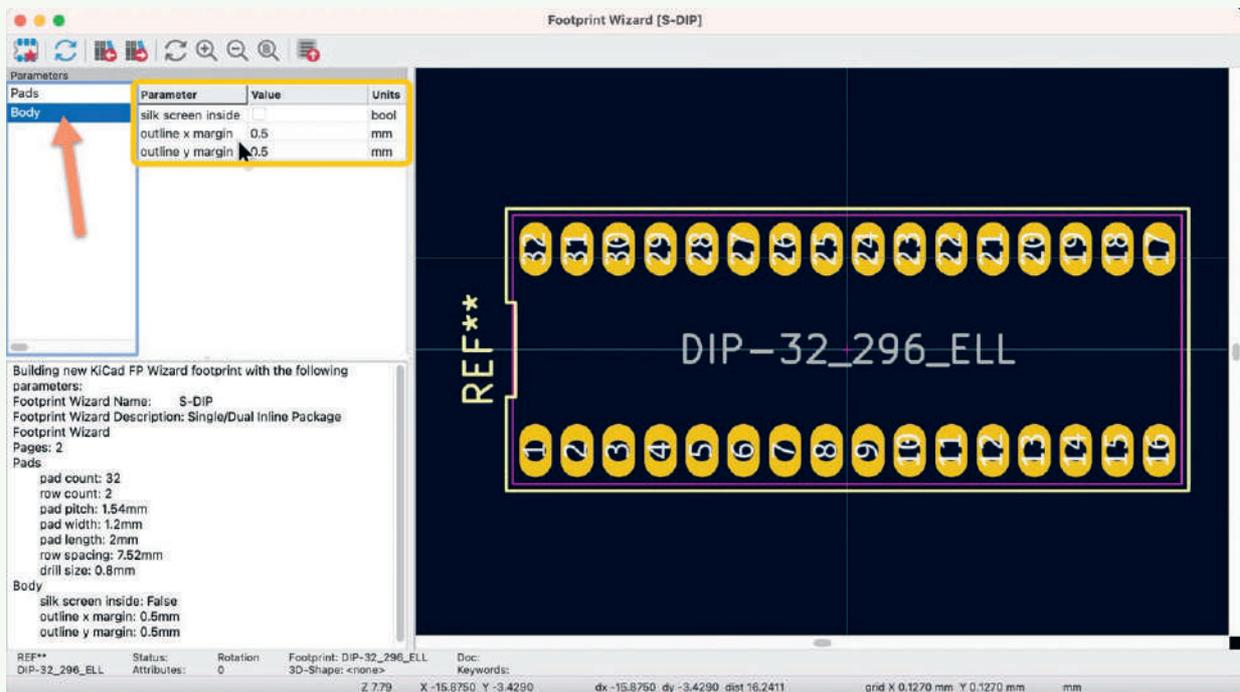


Bild 2. Ein neuer Footprint, erstellt in 60 Sekunden.

Mit dem Footprint-Wizard können Sie schnell und einfach einen benutzerdefinierten Footprint für einen Standardsatz von Komponenten erstellen. Nehmen wir an, Sie möchten einen benutzerdefinierten Footprint für ein DIP-Bauteil erstellen. Starten Sie im KiCad-Projektfenster (Bild 1) den *Footprint Editor* (1) und klicken Sie dann auf die Button *Footprint Wizard* (2). Wählen Sie aus der Liste der verfügbaren Generatoren im Assistenten die Zeile 8, *S-DIP*.

Klicken Sie auf *OK*, um das Fenster mit den Footprint-Generatoren zu schließen. Der Footprint-Assistent zeigt den Standard-Footprint auf der rechten Seite des Fensters an. Auf der linken Seite sehen Sie eine Liste von Footprint-Parametern, die Sie bearbeiten und anpassen können. Nehmen Sie die Änderungen an den Parametern vor. Wenn Sie die Einstellungen im Parameterbereich ändern, aktualisiert der Assistent den Footprint im rechten Fensterbereich.

Ich habe folgende Änderungen vorgenommen:

- Pads: *Pad count* auf 32; *Pad pitch* auf 1,54 mm.
- Körper: *Outline x margin* auf 1,5 mm; *Outline y margin* auf 1,5 mm.

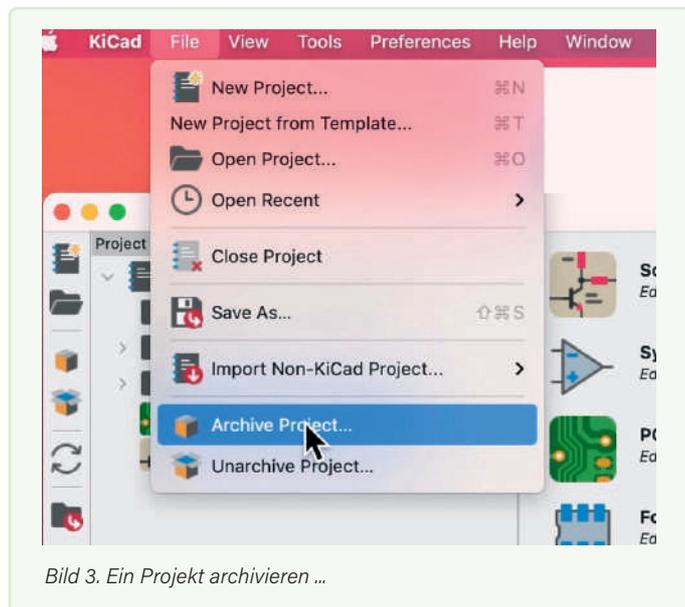


Bild 3. Ein Projekt archivieren ...

In **Bild 2** sehen Sie meinen neuen Footprint, den ich in etwa einer Minute erstellt habe.

Wenn Sie die Arbeit am neuen Footprint beendet haben, können Sie ihn aus dem Assistenten in den Footprint-Editor exportieren, indem Sie auf den *Import*-Button klicken. Im Footprint-Editor können Sie Ihren neuen Footprint weiter anpassen oder ihn in einer bestehenden oder einer neuen Bibliothek speichern, um ihn in einem Projekt zu verwenden.

2. Projekt archivieren und de-archivieren

KiCad verfügt über eine Projektarchivierungsfunktion, mit der Sie ein in sich geschlossenes ZIP-Archiv Ihres Projekts erstellen können. Sobald Sie Ihr KiCad-Projekt archiviert haben, können Sie es zur späteren Verwendung speichern oder mit anderen Personen teilen. Der Projektarchivierer speichert alle Abhängigkeiten des Projekts wie Symbole oder Footprints im Archiv, so dass Ihre Mitarbeiter (oder Sie selbst) keine Zeit damit verbringen müssen, Probleme mit der Bibliothek zu beheben.

Jetzt möchte ich Ihnen zeigen, wie Sie ein Projekt archivieren und de-archivieren können. Ich werde eines meiner Projekte auf meinem Mac-OS-Computer archivieren und es auf meiner virtuellen Windows-10-Maschine öffnen.

Öffnen Sie zunächst ein KiCad-Projekt. Klicken Sie im angezeigtem KiCad-Projektfenster auf *File* und dann auf *Archive Project* (Bild 3). KiCad fragt nach einem Namen und einem Speicherort für das Archiv und erstellt dann eine neue ZIP-Datei.

Nehmen Sie die neue Archiv-ZIP-Datei und kopieren Sie sie auf den Zielcomputer (wie ich auf meiner virtuellen Windows-10-Maschine). Dann starten Sie dort KiCad 6 und klicken auf *File* und *Unarchive Project...* (Bild 4). KiCad fordert Sie auf, die Archivdatei zu suchen und auszuwählen. Dies geschieht wie gewohnt im Dateibrowser. Klicken Sie auf *Open*. KiCad fragt Sie dann nach einem Speicherort für das nicht archivierte Projekt. Ich will mein Projekt auf dem Desktop speichern. Dann navigiere ich zu dem neuen Ordner und finde dort den Inhalt des Projekts, das ich auf dem Ursprungscomputer archiviert habe.

Um auf dem Zielcomputer weiter zu arbeiten, öffne ich das Projekt im KiCad-6-Projektfenster. Die Projekteinstellungen und der Inhalt des Editors erscheint genau so, wie sie beim Erstellen des Archivs waren.

3. Text-Variablen

Eine neue Funktion in KiCad 6 sind Textvariablen (*Text Variables*). Mit Textvariablen können Sie Variablen erstellen, die eine beliebige Textzeichenfolge enthalten, die Sie in einem Schaltplan oder Layout verwenden können, um irgendeinen Text mit Parametern zu versehen. So können Sie beispielsweise eine Textvariable für eine Versionsnummer festlegen. In Ihren Eeschema- und Pcbnew-Entwürfen können Sie auf diese Variable verweisen, so dass immer ihr aktueller Wert angezeigt wird.

Wenn Sie mit neuen Versionen Ihres Platinenentwurfs arbeiten, können Sie die Versionsnummer an einer einzigen Stelle (dem Textvariablen-Fenster) aktualisieren, anstatt nach den verschiedenen Stellen in den Schaltplan- und Layout-Editoren zu suchen, an denen die Versionsnummer erscheinen kann.

Nicht verstanden? Schauen wir uns ein Beispiel an!

Beginnen Sie mit der Erstellung einer Textvariablen (**Bild 5**). Es gibt zwei Möglichkeiten, dies zu tun. Zum einen über das Dialogfeld *Schematic Setup* in Eeschema und zum anderen im *Board Setup* in Pcbnew.

Die Gruppen sind unterschiedlich benannt, aber es handelt sich um das Gleiche. Wenn Sie in Eeschema eine Textvariable erstellen, wird diese auch in Pcbnew angezeigt und umgekehrt.

Klicken Sie in Eeschema auf *File* und dann auf *Schematic Setup*. Klicken Sie unter *Project* auf *Text Variables*. Klicken Sie unten in der Liste der Textvariablen auf den „+“-Button, um zwei neue Zeilen zu erstellen. Geben Sie in der ersten Zeile als *Variable Name* „project_name“ und als *Text Substitution* „Breadboard power supply“ ein. Für die zweite Zeile verwenden Sie „input_circuit_name“ beziehungsweise „Input power and 5 Volt subcircuit“. Klicken Sie anschließend auf *OK*, um den Vorgang abzuschließen (**Bild 5**).

Sie können diese Variablen überall in Ihrem KiCad-6-Projekt verwenden, wo Text vorhanden ist. Fügen Sie zum Beispiel im Schaltplaneditor ein Textelement hinzu. Doppelklicken Sie darauf, um seine Eigenschaften aufzurufen, und geben Sie $\{$ ein, um das Variablen-Kontextmenü aufzurufen. Wählen Sie *input_circuit_name* aus der Liste (**Bild 6**). Klicken Sie auf *OK* und sehen Sie das Ergebnis der Textvariablenersetzung im Schaltplaneditor (**Bild 7**).

Hier sind noch einige Ideen, was Sie mit Textvariablen anstellen können:

- Bessere Kontrolle der Platinen-Versionsnummern, die auf dem Bestückungsdruck erscheinen. Anstatt feste Textversionsnummern zu verwenden, können Sie diese parametrisieren.
- Standardwerte für Pull-up- oder Pull-down-Widerstände (oder jeden anderen Wert, den Sie in einem Design häufig verwenden). Verwenden Sie eine einzelne Textvariable, die sich bei Bedarf leicht anpassen lässt.
- URLs für Verwendung in der Schaltung oder Spezifikationsinformationen.

Dies ist eine der neuen KiCad-Funktionen, an die ich mich sofort so gewöhnt habe, dass ich sie nicht mehr missen mag.

4. Editor-Farbschema

Schon von Anfang an ist KiCad sehr konfigurierbar gewesen. In KiCad 6 ist es nun möglich, das Farbthema zu konfigurieren, das im Schaltplan- und im Layout-Editor verwendet wird.

Sie können benutzerdefinierte Farbschemata für die Schaltplan- und Layout-Editoren im Fenster *Preferences* erstellen. Jede Anwendung hat ihre eigenen Themeneinstellungen, die Sie unter *Colors* finden.

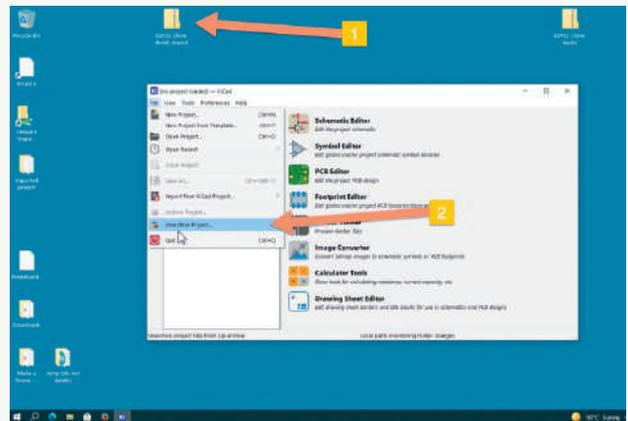


Bild 4. und an anderer Stelle de-archivieren.

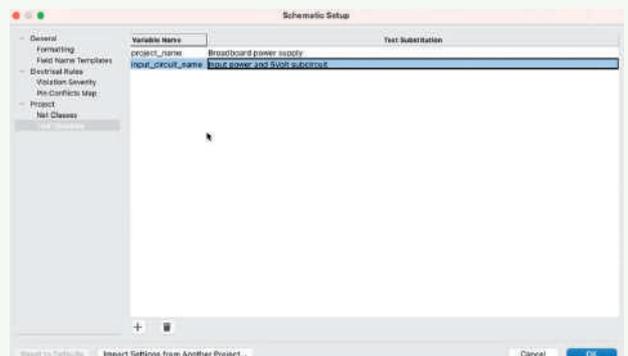


Bild 5. Eine neue Textvariable.

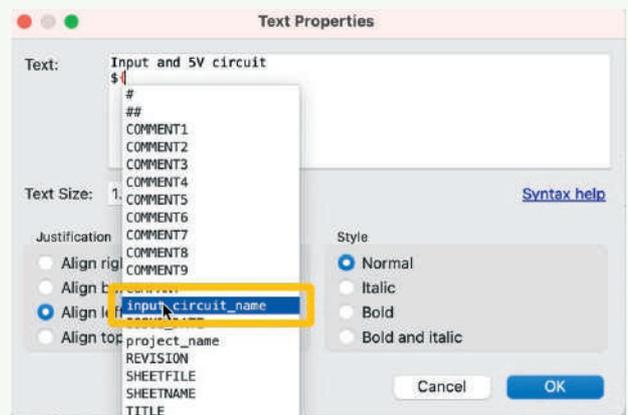


Bild 6. Einfügen einer Textvariablen in ein Textelement.

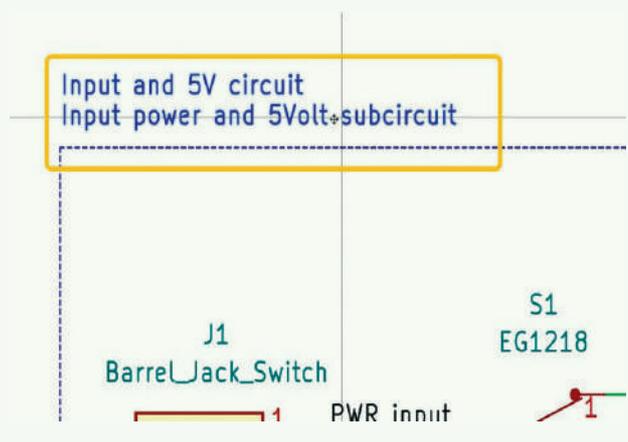


Bild 7. Ein Textelement mit einer Textvariablen.

KiCad 6 (Bundle)

LIKE
A PRO



Erste Schritte mit dem weltbesten Open-Source PCB-Tool + Beherrschen des PCB-Designs mit Projekten aus der Praxis. Ein Handbuch, das so vollständig ist, dass wir es in zwei Bücher packen mussten!

KiCad 6 ist eine moderne, plattform-unabhängige Anwendungssuite, die auf Schaltplan- und Design-Editoren basiert. Dieses stabile und ausgereifte PCB Werkzeug ist die perfekte Lösung für Elektronikingenieure und Bastler.

Dieses Buchbündel lehrt Sie die Anwendung von KiCad durch einen praktischen Ansatz. Teil 1 bezieht sich dabei auf die Grundlagen mit einigen Beispielen. Mit dem zweiten Teil meistern Sie das Tool mit vielen zum Teil schwierigen Projekten. Es wird Ihnen helfen schnell produktiv zu werden und Ihre eigenen Platinen zu entwerfen. Mit KiCad 6 können Sie Leiterplatten von beliebiger Komplexität und Größe erstellen.

Weitere Informationen:
www.elektor.de/20180



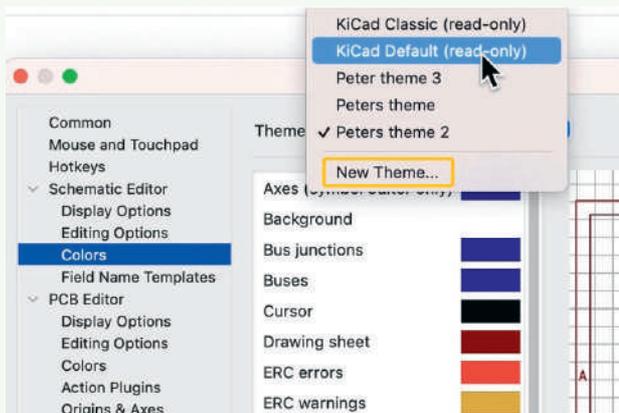


Bild 8. Das Themes-Dropdownfenster.

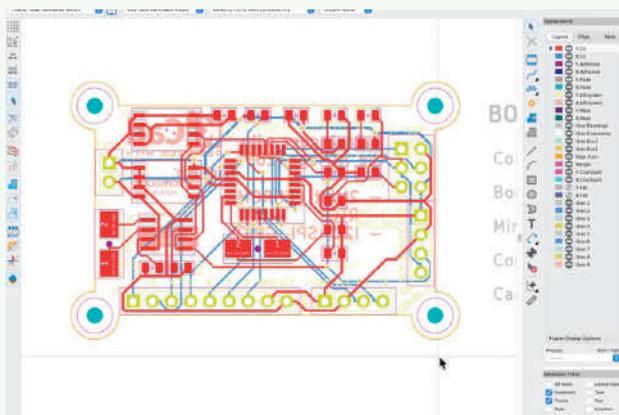


Bild 9. Der Layout-Editor mit einem druckerfreundlichen Farbschema.

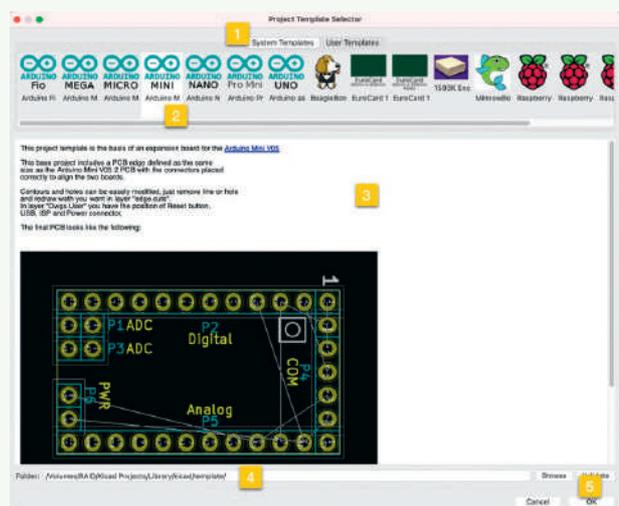


Bild 10. Das Projektvorlagen-Auswahlfenster.

Für jeden Editor können Sie mehrere Themen erstellen und schnell zwischen ihnen wechseln.

Beide Editoren funktionieren auf die gleiche Weise. Sie können ein Thema über das Dropdown-Menü am oberen Rand des Editors auswählen.

Klicken Sie auf *New Theme...*, um ein neues Thema zu erstellen (Bild 8). Alle Themen mit Ausnahme der beiden eingebauten, „KiCad Classic“ und „KiCad Standard“, können bearbeitet werden. Um eine Farbe zu ändern, doppelklicken Sie auf das Feld, das die Farbe enthält, und verwenden Sie den Farbwähler oder die Tabs mit den definierten Farben, um die neue Farbe auszuwählen. Klicken Sie dann auf *OK*, um die neue Farbe zu übernehmen.

Das ist keine Spielerei, ich finde es hilfreich, beispielsweise ein Thema für die normale Bearbeitung und ein anderes Thema für den Druck zu haben. Das Standardthema von Pcbnew hat einen schwarzen Hintergrund, der sich wegen der Menge an erforderlicher Tinte/Toner nicht zum Drucken auf Papier eignet. Ich habe ein druckerfreundliches Design mit weißem Hintergrund entworfen, damit meine Layout-Ausdrucke auf Papier besser aussehen (Bild 9).

5. Projektvorlagen

Mit KiCad-Projektvorlagen (Templates) kann viel Zeit gespart werden, wenn Sie ein neues Projekt beginnen. Mit einer KiCad-Projektvorlage ist Ihr neues Projekt vorkonfiguriert. Es verfügt über Layout-Editoren, die bereits mit Standardbauteilen bestückt sind, auf deren Grundlage Sie aufbauen können.

Sie können eine der verschiedenen Vorlagen wählen, die KiCad mitliefert, oder eine eigene erstellen. Sie können auch ein User-Template aus einem Ihrer bestehenden KiCad-6-Projekte erstellen. In diesem Abschnitt zeige ich Ihnen beide Möglichkeiten.

Eine *System Template* ist eine Vorlage, die KiCad bereitstellt. Systemvorlagen sind zum Beispiel für Projekte mit *Arduino Mega*, *Beagle-Bone Black*, *Raspberry Pi* oder *STM32* enthalten. Schauen wir uns ein Beispiel an!

Ich möchte ein neues Projekt erstellen, das die Projektvorlage *Arduino Mini system* verwendet. Starten Sie KiCad und öffnen Sie das Hauptprojektfenster. Wählen Sie im Menü *File* die Option *New Project from Template...*

Das Auswahlfenster *Project Template Selector* wird angezeigt (Bild 10). Wählen Sie die Registerkarte *System Templates* (1), verschieben Sie die Projektvorlagen mit dem Scroller nach links und rechts und finden Sie so die Vorlage *Arduino Mini*. Klicken Sie darauf, um sie auszuwählen (2). Im Informationsfenster (3) sehen Sie eine Beschreibung der Vorlage einschließlich einer Ansicht der darin enthaltenen Footprints und Schaltpläne. Die Informationen auf der Informationsseite (3) sind in einer einfachen HTML-Datei enthalten. Der Ersteller der Vorlage kann so viele oder so wenige Informationen bereitstellen, wie er möchte.

Beachten Sie den Speicherort der ausgewählten Vorlage im Textfeld des Ordners (4). Klicken Sie auf *OK* (5), um fortzufahren. Das neue Projekt mit den Einstellungen, dem Schaltplan und dem Layout aus der Projektvorlage ist fertig. Öffnen Sie den Schaltplan- und den Layout-Editor, um zu sehen, wie das Projekt im Moment aussieht. Wie Sie sehen können, ist das neue Projekt nicht leer. Es enthält den rudimentären Schaltplan und das Layout, die von der Arduino-Mini-Vorlage übernommen wurden.

KiCad 6 herunterladen und erforschen

Dies sind nur fünf tolle Dinge, die Sie mit KiCad 6 tun können. Um noch viel mehr zu entdecken, empfehle ich Ihnen, KiCad 6 noch heute herunterzuladen. Wenn Sie das volle Potenzial von KiCad nutzen wollen, sollten Sie – ein wenig Eigenwerbung sei erlaubt – den Kauf meines vollständig aktualisierten Buches *KiCad 6 Fundamentals and Projects* (Elektor 2022) in Betracht ziehen. ◀

220177-02

Über den Autor



Dr. Peter Dalmaris ist Pädagoge, Elektroingenieur, Elektronikbastler und Maker. Er erstellt Online-Videokurse über DIY-Elektronik und ist Autor mehrerer technischer Bücher, darunter *KiCad Like a Pro* (Elektor 2018), *KiCad 6 Fundamentals and Projects* und *KiCad 6 Like A Pro – Projects, Tips and Recipes* (Elektor 2022). Sein Unternehmen *Tech Explorations* bietet eine Vielzahl von Bildungskursen und Bootcamps für Elektronikenthusiasten, MINT-Studenten und MINT-Lehrer an.

WEBLINK

[1] KiCad EDA: <https://www.kicad.org/>



Passende Produkte

> **KiCad 6 Like A Pro (Bundle):**
<https://www.elektor.de/kicad-6-like-a-pro-bundle>

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

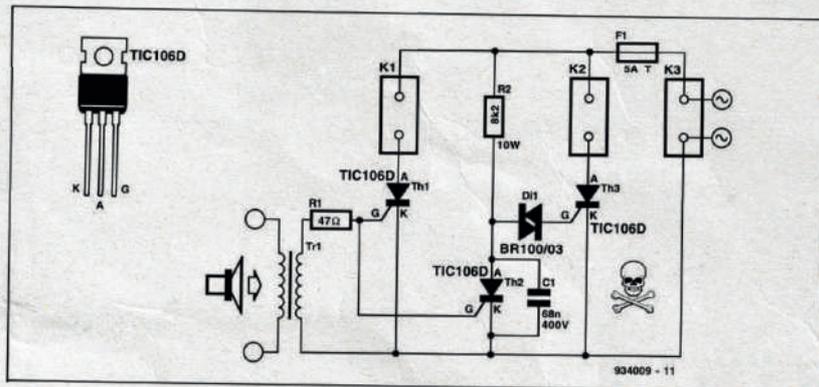
Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Dann wenden Sie sich bitte an den Autor unter peter@techexplorations.com oder an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #05

www.elektormagazine.de/summer-quiz5

Von Dr. Ulrich Kunz

Lichtorgeschaltungen gibt es viele, aber kaum eine kann den Effekt mit einer so geringen Zahl von Bauteilen erzielen. Das NF-Signal, das über einen 1:1...:4-Übertrager in die Schaltung gelangt, entscheidet darüber, welche der Lampen (L1 an K1, L2 an K2) von den Thyristoren an- und welche ausgeschaltet ist. Ohne Ansteuerung sperren beide Thyristoren, die Lampe an K1 ist ausgeschaltet. Während der positiven Halbwelle der Netzwechselspannung gelangt eine Steuerspannung über R2 und Di1 zum Gate von Th3. Dieser Thyristor steuert durch und schaltet die Lampe an K2 ein. Erreicht das NF-Signal eine gewisse Stärke, leiten auch Th1 und Th2 und ak-



ktivieren so L1. Th2 entzieht die Steuerspannung für Th3, so daß dieser Thyristor im nächsten Nulldurchgang sperrt und L2 verlischt. Die Netzwechselspannung wird an K3 angeschlossen.

Bitte beachten Sie, daß Sie es in der gesamten Schaltung mit 230-V-Wechselspannung zu tun haben. Ein sauberer Aufbau ist deshalb (lebens-) notwendig. R2 muß ein Hochlastwiderstand sein, bei C1 ist auf

die entsprechende Spannungsfestigkeit zu achten. Die Auswahl des Übertragers bleibt Ihnen überlassen, lediglich eine ausreichende Isolation muß gewährleistet sein.

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop ◀



Der Elektor-Computer SC/MP

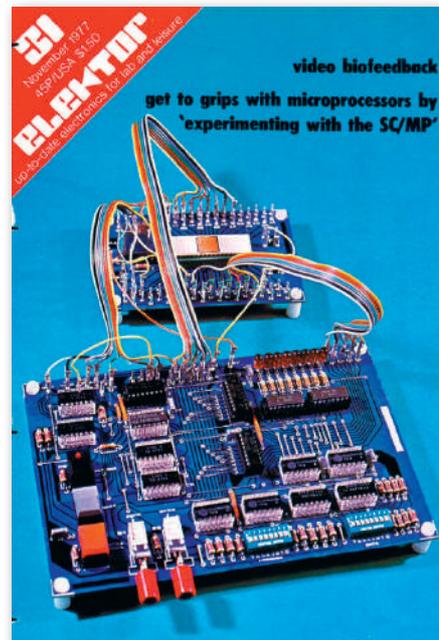
Von Jan Buiting (Elektor)

Im Juni 1977 startete Elektor eine Artikelserie über den „SC/MP“, den allerersten Versuch, ein Mikroprozessorsystem für den Hausgebrauch zu veröffentlichen [1]. Ursprünglich nicht mehr als ein Lernsystem mit 256 Byte RAM und binärer Daten- und Adresseneingabe, entwickelte sich der „Scamp“ zu einem echten 8-Bit-Computer, der BASIC ausführen, Pong spielen und schlecht singen konnte.

„Mikroprozessoren sind für alle und nicht nur für Akademiker!“ lautete das Credo der Elektor-Redaktion (nicht nur) im Jahr 1977. Um ihre Leserschaft vorzubereiten, die damals allenfalls mit TTL-Chips, TUPs, TUNs, analoger oder diskreter Elektronik vertraut war, schrieb sie einige einführende Artikel über die allgemeinen Konzepte der Programmierung und die Struktur digitaler Daten. Die Diskussionen drehten sich hauptsächlich um den Nachbau eines Lernsystems, das von National Semiconductor für den ISP-8A/500D-Mikroprozessor entwickelt worden war, der im Volksmund „SC/MP“ genannt wurde, das kryptische Akronym für „Simple Cost-Effective Microprocessor.“ Es wurde gemunkelt, dass der Chefredakteur von Elektor den SC/MP einem Intel- oder Motorola- μ P vorzog, weil er ... billiger war!

Pioniere

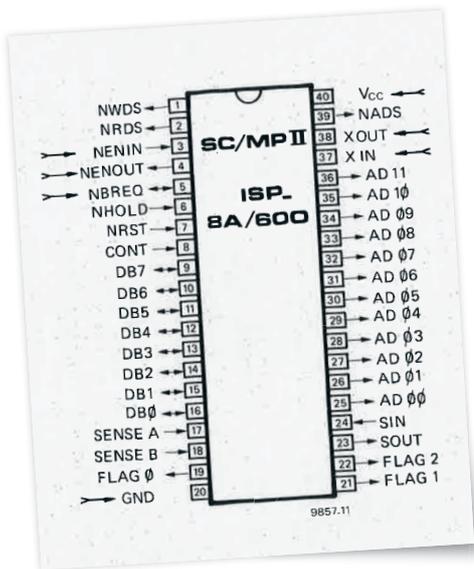
Der SC/MP, der in einem 40-poligen DIP-Gehäuse untergebracht ist, gehörte zu den sehr frühen Mikroprozessoren mit einer traditionellen Struktur, das heißt, einer Reihe von Registern, einem Akkumulator und Schaltungen



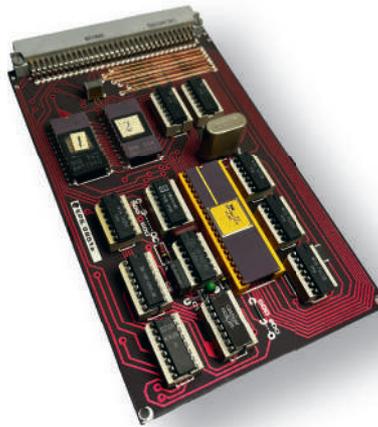
Das Titelbild der englischen Elektor-Ausgabe vom November 1977 zeigt einen unordentlichen Vorläufer des SC/MP.



Überblick über ein komplettes SC/MP-System, das Elektor Retronics 2021 geschenkt wurde. Nach dem Öffnen des Gehäuses kommt die DIN-64C-Backplane mit der CPU und den verschiedenen aufgesteckten Erweiterungsplatinen zum Vorschein.



Pinbelegung des ISP-8A/600 alias SC/MP-2-CPU, einer NMOS-Erweiterung des ursprünglichen /500D-Chips, der in PMOS-Technologie hergestellt wurde.



Elektor-SC/MP-CPU-Platine mit installierter CPU, ROMs und RAMs.



SC/MP-Artikel, Updates, Programme und aller mögliche Krimskrams wurden in den äußerst erfolgreichen SC/MP-, sc/mpcomputer- und µcomputer-Büchern und Sonderausgaben in vielen Sprachen gebündelt und in den späten 1970er Jahren veröffentlicht.

zur Adressierung eines externen Speichers. Als solcher war er der Versuch von National Semiconductor, einen Anteil an einem damals sehr vielversprechenden Markt zu erobern - im weltweiten Maßstab allerdings nicht sehr erfolgreich.

Ursprünglich stellte Elektor den SC/MP auf zwei getrennten Platinen vor, einer Mikroprozessorplatine und einer viel größeren Steuer-/Eingangs-/Ausgangs-/Peripherieplatine. Die beiden waren mit vielen Drähten verbunden, und tatsächlich war dieser Drahtverhau auf dem Elektor-Cover von Juni 1977 abgebildet. Ab Dezember 1977 wurde der unübersichtliche, experimentelle SC/MP über Schaltpläne, Artikel und „richtige“ Platinen, die man bei Elektor kaufen konnte, „reorganisiert“. Dank der Weitsicht des Autors H. Huschitt und des geschäftigen Elektor-Labors in Holland erhielten die Platinen DIN-64C-Stecker zum Aufstecken auf eine Backplane. Nach der oben abgebildeten CPU-Platine folgten viele andere, darunter RAM/ROM, I/O, eine Band-/Aufzeichnungsschnittstelle, Hexadezimalanzeige und -anzeige, ein HF-Modulator und ein einfacher PROM-Programmierer. Die Leser wurden auch ermutigt, ihre eigenen Platinen für die DIN-64C-Backplane des SC/MP zu entwickeln und ihre Programme und kleinen Spiele einzusenden, von denen einige veröffentlicht und an die Elektor-Leserschaft auf

45-rpm-Schallplatten (!) verteilt wurden. Das hier abgebildete SC/MP-System ist wohl eines der am besten aufgebauten und dokumentierten Exemplare auf der Welt. Es enthält alle jemals veröffentlichten Erweiterungsplatinen und eine ganze Reihe von selbstgebaute Add-ons. Aus zwei ROMs lief der berühmte ElBug-Monitor mit Hex-Tastatur für INput und LED-Anzeige/Thermopapierdrucker für OUTput. Und schau mal ... kein Internet!

Ergebnisse

Das Elektor-SC/MP-System und die sechsteilige Artikelserie in der Zeitschrift [1] brachten Bücher, Software auf Schallplatten, kistenweise Verkäufe von Platinen und ROMs und viele begeisterte Leser in aller Welt hervor. Für die meisten von ihnen war der SC/MP der Einstieg in die Welt der Mikroprozessoren, die sich später zu Mikrocontrollern weiterentwickelten und heute als „Embedded Technology“ bezeichnet werden. Ausgehend von den Leserreaktionen, die ich 45 Jahre nach den ersten SC/MP-Artikeln erhalten habe, war

dieser alte Computer ein echter Liebling mit einem Einfluss auf die Community, der dem der modernen Plattformen wie dem Raspberry Pi und Arduino in nichts nachsteht. ◀

220195-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schreiben Sie dem Autor eine E-Mail an jan.buiting@elektor.com



Dateierstellung, -bearbeitung und -archivierung im Stil von 1978.

WEBLINK

[1] H. Huschitt et al. „Spielen mit SC/MP“ (Teile 1-5), Elektor 6/1977 ff: <https://www.elektormagazine.de/search?query=Spielen+mit+SC%2FMP>

28

DIY-Testvorrichtung für das LCR-Meter

Höhere Präzision bei höheren Frequenzen!



Von Ton Giesberts (Elektor)

Die Kelvin-Kabel, die mit dem 2-MHz- LCR-Meter-Bausatz von Elektor ausgeliefert werden, sind zwar für Standardmessungen geeignet, aber bei höheren Frequenzen alles andere als genau. Es ist jedoch einfach, mit handelsüblicher Hardware eine Testvorrichtung zu bauen.

Es gibt aber auch günstigere, universelle Versionen wie das TH26001A und LCR-05 bei verschiedenen Händlern.

Aber: Warum nicht einfach selbst eines bauen? Das hier ist ein gutes Beispiel für viele weitere Möglichkeiten, die sich im Selbstbau mit handelsüblichen Produkten realisieren lassen. Wenn Sie zufällig vier Adapter von BNC-Steckern auf 4-mm-Bananenbuchsen besitzen (**Bild 1**), dann benötigen Sie nur massiven Kupferdraht (1,5 mm²) und eine SIL-Fassung, um ein kleines Adapter zum Messen von bedrahteten Bauteilen wie Präzisionskondensatoren zu bauen. Je nach verwendeter SIL-Fassung ist der maximale Drahtdurchmesser des Prüflings natürlich begrenzt, aber der Aufbau ist einfach und die meisten von uns haben die meisten der benötigten Bauteile ohnehin in ihrem Vorratsschrank. In unserem Beispiel wird eine Standardfassung im 2,54-mm-Raster verwendet (BL1.36Z, Fischer Elektronik). Noch besser wäre es, einen SIL-Verbinder mit vergoldeten Kontakten zu verwenden, falls verfügbar. Die Bananenbuchsen haben Löcher, um Drähte von der Seite her zu befestigen. **Bild 2** zeigt, wie die Halterung nach der Fertigstellung aussehen sollte. Schneiden Sie zunächst zwei Drahtstücke ab, die von den beiden äußeren BNC-Steckern kommen, die auf dem LCR-Messgerät mit HD und LD (High Drive beziehungsweise Low Drive) gekennzeichnet sind. Diese Drähte müssen ein Stück über die Sense-Anschlüsse (HS und LS) zueinander gebogen werden. Sie sollten so hoch sein, dass ein LötKolben den Kunststoff der HS- und LS-Bananenbuchsen nicht berührt. Legen Sie dann zwei kurze Drähte von den Sense-Bananenbuchsen und löten Sie sie an die Drive-Drähte. Als nächstes löten Sie den SIL-Verbinder an die Antriebsdrähte. Natürlich handelt es sich bei diesem Aufbau nicht mehr um eine lupenreine Kelvin-Verbindung, aber er kommt der Sache schon recht nahe.



Bild 1. Vier dieser BNC-zu-Bananenbuchsen-Adapter werden verwendet. Der 1,5-mm²-Draht kann leicht angebracht werden.

Der 2-MHz- LCR-Meter-Bausatz von Elektor enthält unter anderem Messkabel mit Kelvin-Klemmen zum Anschluss der prüfenden Bauteile. Bei höheren Frequenzen insbesondere über 100 kHz sind die Messungen mit diesen Sonden jedoch nicht wirklich genau. Das Bewegen und Verbiegen der Kabel, das Verändern der Position und des Abstands zwischen den Klemmen wirkt sich auf die Messwerte aus, was zeigt, dass diese Kabel keine zuverlässige Einrichtung für die Prüfung von Bauteilen bei höheren Frequenzen darstellen. Die beste Lösung für dieses Problem ist die Verwendung eines Kelvin-Testgeräts. Die meisten Hersteller von LCR-Metern bieten diese zwar als (optionales) Zubehör für ihre LCR-Meter an, aber die höherwertigen Geräte sind recht teuer.

Kalibrierung

Um das LCR-Messgerät auf diesen Messadapter einzustellen, muss sein internes automatisches Kalibrierverfahren durchlaufen werden. Stecken Sie dazu zunächst einen kurzen Draht in die SIL-Fassung und schließen Sie die Klemmen des LCR-Messgeräts kurz. Rufen Sie das Kalibrierungsmenü auf (langer Druck auf die Menütaste) und starten Sie *Trim, all freq.* Das Messgerät kalibriert dann Ihr Prüfadapter bei 54 verschiedenen Frequenzen im Bereich von 0...2 MHz. Wenn der Vorgang beendet ist, speichern Sie die Kalibrierdaten des Kurzschlusses. Als Nächstes entfernen Sie den Kurzschlussdraht, starten die Kalibrierung für alle Frequenzen und speichern die Daten für die Leerlaufkalibrierung. Ein erster Test wurde mit einem radialen 1%-Kondensator von 4,7 nF durchgeführt (**Bild 3**). Die Ergebnisse



Bild 2. So sollte die Testhalterung aussehen.



Bild 3. Das 2-MHz-LCR-Messgerät mit selbstgebautem Messadapter und einem 4,7-nF-Kondensator mit einer Toleranz von 1%.

zeigen, dass das alles recht gut funktioniert. Alle Messungen liegen bei allen 54 Messfrequenzen des LCR-Meters innerhalb der angegebenen Toleranz des Kondensators. Mit der Zeit und nach dem Aufwärmen des LCR-Meters sollten die Messergebnisse um nicht mehr als 10 pF schwanken. Am besten kalibrieren Sie Ihr Adapter, nachdem Sie das LCR-Meter mindestens eine Stunde lang eingeschaltet haben. Vergessen Sie nicht, das LCR-Meter neu zu kalibrieren, wenn Sie das Adapter wieder durch die Kelvin-Kabel ersetzen! ◀

220098-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter Ton.Giesberts@elektor.com oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.

WEBLINK

[1] „LCR-Meter Revisited“, Elektor-Labs:
<https://www.elektormagazine.de/labs/remake-lcr-meter>



Passendes Produkt

➤ Elektor 2 MHz LCR-Meter Kit (SKU 19883) www.elektor.de/19883



LPN liefert Leiterplatten aus Deutschland, vom Weltmarkt, aus NATO-Partnerländern oder mit anderen Restriktionen.

LPN ist nach ISO 9001:2015 Zertifiziert und das Personal beim FraunhoferInstitut geschult.

LPN liefert jedes Basismaterial und jede in Deutschland oder am Weltmarkt verfügbare Technik.

- Multilayer bis 56 Lagen.
- Starrflex, Flex, Semiflex.
- Aluminium, auch Bergquist, Kupferkern, Messingkern, Stahlkern.
- Teflon, auch Rogers.
- Montagehilfen Kaptonband, Abziehlack und Weiteres.

LPN Qualitätsprüfungen

- 100% Kontrolle
- Kupferstärkenmessung mit Magnetfeld Messgeräten.
- Nachmessen gedruckter Induktivitäten.
- Schliffbildauswertung.
- Lot-Benetzungs-Test.
- Delaminations-Test.
- alle Fertigungsstätten halten ISO 14001 ein.

LPN Dienstleistungen

- Datenaufbereitung incl. Nutzaufbau,
- Machbarkeitsprüfung,
- EMPB.
- geklebte Vorlagen digitalisieren.
- Filme digitalisieren.
- Leiterplatten clonen.
- Leiterplatten nachlayouts.
- Terminaufträge.
- Abruflager für Jahreslose.

Profitieren Sie von den LPN Qualitätsstandards und den weltweiten Kontakten.

LPN Leiterplatten Nord GmbH

Hermann-Bössow-Straße 13-15
 23843 Bad Oldesloe
leiterplatten-nord.de

Anfragen/Bestellungen:

lph@lp-nord.de
 Telefon 04531 1708 0

29 Arduino-Ampere-meter

Von Giovanni Carrera (Italien)

Die Messung eines Stroms erfordert ein Amperemeter, das in Reihe mit der Last geschaltet wird. Ein ideales Amperemeter hat keinen Spannungsabfall; es ist ein Kurzschluss. Ein gutes reales Amperemeter muss einen sehr geringen Spannungsabfall haben, um den zu messenden Stromkreis möglichst wenig durch seinen Einsatz zu verändern. Der vorgestellte Sensor weist einen Spannungsabfall von nur 50 mV auf. Er besitzt eine gute Genauigkeit und verwendet leicht erhältliche Bauteile.

Die in diesem Projekt verwendete Messtechnik ist vom Low-Side-Typ (das heißt, der Nebenschluss- oder Shuntwiderstand ist zwischen der Last und der Masse angeschlossen). Der Shunt ist mit einem Differenzverstärker mit Arduino-kompatiblen Ausgang verbunden (siehe **Bild 1**). In diesem Projekt wird die interne Referenz des ATmega328P verwendet, so dass die Skalenendspannung des Wandlers 1,1 V beträgt. Mit dieser Lösung arbeitet die Referenz stabiler und weniger verrauscht mit einer Auflösung von $1100/1024 = 1,074$ mV.

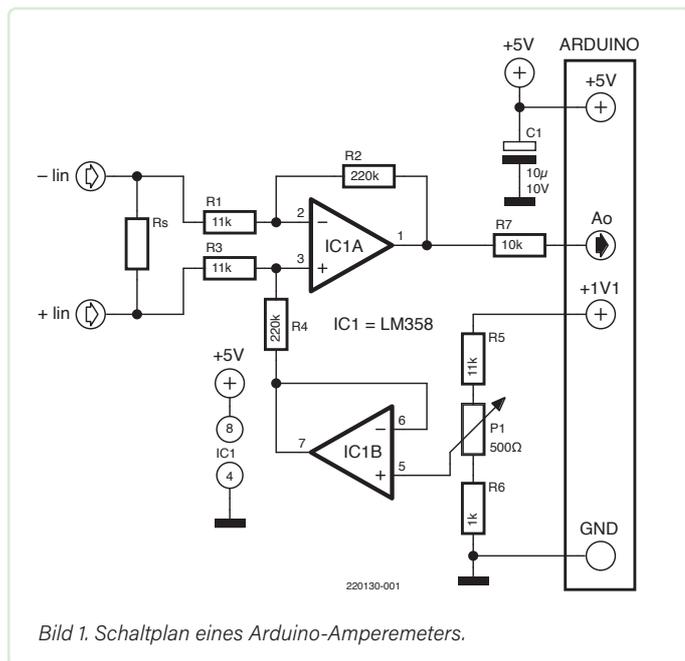
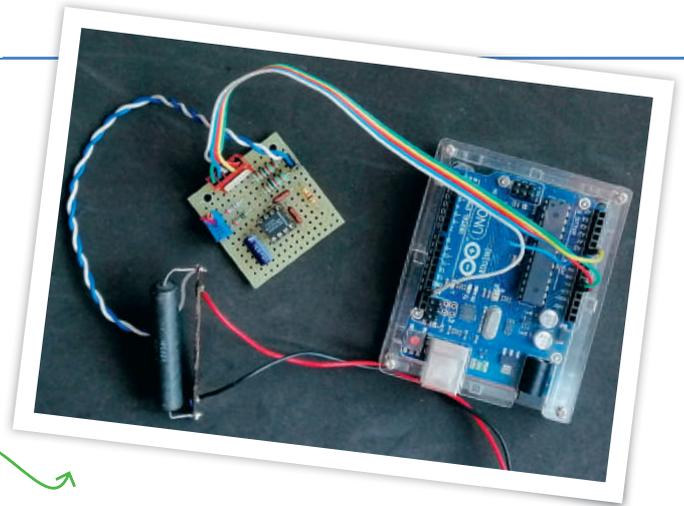


Bild 1. Schaltplan eines Arduino-Ampere-meters.



Bei der Verwendung von Leistungs-Operationsverstärkern mit einer einzigen Spannungsversorgung gibt es oft Probleme, wenn die Signale sehr klein werden. Selbst bei speziellen „Rail-to-Rail“-Operationsverstärkern, deren Ausgang näher an den Versorgungsspannungsschienen arbeiten kann, liegt bei einem Eingangssignal von 0 V die tatsächliche Ausgangsspannung selten unter 20 mV. Dann kann man auch ganz auf spezielle Opamps verzichten und einen gewöhnlichen LM358 einsetzen, der ebenfalls mit einer einzigen Spannungsversorgung arbeiten kann.

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu überwinden, besteht darin, mit einer Eingangsspannung größer null zu arbeiten und diesen Offset dann auf Softwareebene zu subtrahieren. Um einen Nullwert am Ausgang zu erhalten und auch den Offset zu eliminieren, wird eine Konstante V_{sh} von etwa 100 mV hinzugefügt. Für diese Schaltung wird ein Differenzverstärker IC1A verwendet, für dessen Ausgang gilt:

$$V_o = (V_{IN+} - V_{IN-}) \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} \right) + V_{sh}$$

Der zweite Operationsverstärker IC1B, der als Spannungsfolger arbeitet, erzeugt diese Spannung V_{sh} mit Hilfe eines Teilers an V_{ref} des Arduinos. Für einen korrekten Betrieb müssen $R_1 = R_3$ und $R_2 = R_4$ sein, mit möglichst geringen Toleranzen. Ich habe die Widerstände mit einem guten Ohmmeter aus einer Anzahl von (heute leicht erhältlichen Metallschicht-) Widerständen mit einer Toleranz von 1 % ausgewählt. Da der duale LM358 keinen sehr niedrigen Offset besitzt, habe ich es vorgezogen, es mit der Verstärkung nicht zu übertreiben und $R_2/R_1 = 20$ gewählt.

Spannungsumwandlung

Der AD-Wandler besitzt einen Skalenendwert von 1100 mV. 100 mV als Offset benötige ich, um den Nullpunkt zu erreichen, so dass ich 1000 mV für die Messung verwenden kann. Das bedeutet, dass die maximale Eingangsspannung $1000/20 = 50$ mV betragen muss. **Tabelle 1** zeigt einige Shunt-Werte und zugehörige Stromstärken.

Für hohe Ströme ist es besser, dedizierte handelsübliche Shunts zu verwenden, die bei maximalem Strom einen Spannungsabfall von 75 mV besitzen, so dass wir die Verstärkung auf $1000/75 = 13,33$ einstellen können.

Erhebliche Verbesserungen lassen sich erzielen, wenn der LM358 durch einen Opamp mit geringem Eingangsoffset wie dem OP290, OPA2196, OPA2277 oder ähnlichen Chips ersetzt wird. Wir können den Offset mit einem Trimpoti am Teiler, der V_{sh} erzeugt, entfernen. Die Software erledigt den Rest, indem sie eine Konstante subtrahiert. Für $V_{sh} = 100$ mV ist dies gleichbedeutend mit:

$$N_{sh} = 100 \cdot 1023 / 1100 = 93$$

Tabelle 1. Shuntwerte und Stromstärken

I max [A]	Shunt [Ω]
0,5	0,1
1	0,05
5	0,01
10	0,005

Dies ist die zu subtrahierende Konstante, und Trimpoti P1 sollte so eingestellt werden, dass bei keinem Strom auch wirklich null gelesen wird. In der Testphase habe ich obigen Wert auf 98 erhöht, um besser mit dem Trimpoti arbeiten zu können.

Das Programm

Das Beispielprogramm ist sehr einfach. Die verwendeten Werte beziehen sich auf mein System (siehe **Listing 1**). Der Quellcode kann von [1] heruntergeladen werden. Um das Trimpoti P1 zu kalibrieren, starten Sie einfach das Programm und drehen Sie das Trimpoti so, dass auf dem Seriellen Monitor der Arduino-IDE bei keinem Eingangsstrom Null angezeigt wird. Wenn es nicht möglich ist, das Trimpoti auf einen Wert von Null zu stellen, muss die Nsh-Konstante, die von der Messung abgezogen werden soll, leicht verändert werden. Die Konstante mVtomA ist aus experimentellen Messungen abgeleitet, bei denen ein gutes Präzisions-Amperemeter, eine Stromversorgung und einige Lastwiderstände wie Autoglühbirnen oder Drahtwiderstände mit ausreichender Leistung verwendet werden können. ◀

220130-02

Listing 1. Quellcode [1]

```

/* program ArduAmmeter.ino Arduino current meter
Giovanni Carrera, rev. 11/07/2019 */

float NtomV;
const float VREF = 1095; // in mV, this value can be read on VREF pin
const int Nsh = 98; // shift value corresponding to about 100 mV
const float mVtomA = 2.17; // value obtained by a calibration

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  analogReference(INTERNAL); // internal ADC reference input = 1100 mV
  NtomV = VREF/1023; // constant of conversion into millivolts
}

void loop() {
  int val = analogRead(A0)-Nsh; // read the current sensor
  // and remove the shift

  float mvolt = NtomV*val; // convert to millivolt
  float mamp = mvolt/mVtomA; // convert to milliampere
  Serial.print("Vo = ");
  Serial.print(mvolt,1);
  Serial.print(" mV - Current = ");
  Serial.print(mamp,0);
  Serial.println(" mA");
  delay(1000);
}

```

WEBLINK

[1] Sourcecode: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-2022>

↓ Projekt-Download

www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Über den Autor



Giovanni Carrera hat einen Abschluss in Elektrotechnik. Als Universitätsprofessor an der Fakultät für Schiffstechnik im italienischen Genua unterrichtete er zahlreiche Kurse, zum Beispiel über Schiffsautomatisierung und die Simulation von Schiffsantriebsanlagen. Carrera begann in den späten 1970er Jahren, mit der 6502-CPU zu arbeiten und ging dann zu anderen Prozessoren über. Heute beschäftigt er sich mit dem Entwurf und der Entwicklung analoger und digitaler elektronischer Schaltungen. In seinen Blogs (ArduPicLab und GnssRt-klab) und in verschiedenen Zeitschriften hat er über die meisten davon geschrieben.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, können Sie den Autor unter g.carrera@elettronicaemake.it oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de kontaktieren.



STÜCKLISTE

Widerstände:

R1,R3 = 11 k, $\pm 1\%$ Metallschicht
 R2,R4 = 220 k, $\pm 1\%$ Metallschicht
 R5 = 11 k, $\pm 2\%$ Metallschicht
 R6 = 1 k, $\pm 2\%$ Metallschicht
 R7 = 10 k, $\pm 5\%$
 P1 = 500 Ω , Multiturn-Trimpoti
 Rs = 0 Ω , Shuntwiderstand

Kondensator:

C1 = 10 μ , 25 V, Aluminium-Elektrolyt-kondensator

Halbleiter:

IC1 = Dualer Operationsverst. LM358

Außerdem:

Arduino Uno oder Nano

Mit Elektrizität Kunst machen

Von C. J. Abate (Elektor)

Kelly Heaton schlug einen ganz besonderen Weg in die Technik ein. Heute ist es ihr Ziel, „Kunst und Wissenschaft in einem Yin und Yang aus emotionaler und intellektueller Kreativität zu vereinen“.

C.J. Abate: Unsere Redaktions- und Technikteams haben monatelang recherchiert, um die Elektor-Sonderausgabe Summer Circuits 2022 vorzubereiten. Im Februar bin ich bei der Recherche nach Elektronikprojekten auf Twitter auf Ihr Bild „Vladimir Putin (the operational amplifier)“ aufmerksam geworden und habe meine Kollegen sofort darüber informiert. Seitdem haben wir uns mit Vergnügen durch Ihre Website gelesen und Ihre Arbeiten angeschaut. Bevor wir auf Ihren Hintergrund und Ihre derzeitigen Unternehmungen eingehen, können Sie uns etwas über das Putin-Bild erzählen?

Kelly Heaton: Mein Porträt von Wladimir Putin zeigt den derzeitigen Präsidenten Russlands und ehemaligen KGB-Geheimdienstler, der sich hinter einem „Operationsverstärker“ versteckt, so dass er unmenschlich wirkt. Das Bild ist Teil einer Serie, die auch Donald Trump und Hillary Clinton umfasst. Inspiriert wurde ich von den Ereignissen im Vorfeld der Präsidentschaftswahlen 2016 in den Vereinigten Staaten, bei denen alle drei Politiker in Skandale im Zusammenhang mit der Informationstechnologie verwickelt waren. Der Cyber-Krieg hatte sich zu einer ernsthaften Bedrohung entwickelt: Fake News verdrängten den verantwortungsvollen Journalismus und die sozialen Medien wurden zu einer Waffe. Wladimir Putin übte durch Cyberspionage eine ungeahnte Macht über Amerika aus. Hillary Clinton wurde durch ihren unangemessenen Umgang mit E-Mails diskreditiert. Donald Trump hat sich seinen Weg ins Oval Office freigetwittert. Man hatte das Gefühl, die Welt würde dabei durchdrehen. Wir hatten das Zeitalter des *Homo electricus* erreicht.



Kelly Heaton mit Power Cap, 2022

Abate: Wann haben Sie angefangen, sich für Elektronik zu interessieren? Wurden Sie durch einen Verwandten, einen Freund oder einen Lehrer inspiriert? Oder haben Sie eines Tages einfach ein Radio rekonstruiert?

Heaton: Als ich in den 70er und 80er Jahren aufwuchs, hatte ich das Glück, einen Commodore 64 und eine Atari-Spielkonsole zu besitzen, auch wenn ich mich damals nicht in sie hineinhackte. Ich habe gerne Zork gespielt und Programmschnipsel in Turtle geschrieben, aber es war mein Bruder Clay Heaton, der sich wirklich für Software interessierte und später ein großartiger kreativer Programmierer geworden ist. Programmieren war für mich nicht so interessant, weil es in einem Computer gefangen war, den ich eher als eine hässliche Maschine denn als ein Mittel für digitale Kreativität sah. Meine Lehrer ermutigten mich nicht, Technik zu lernen, und leider gab es geschlechtsspezifische und Nerdvorurteile gegenüber Elektronik, die damals viele Kinder davon abhielten, sich damit zu beschäftigen. Die Dinge begannen sich Mitte der 90er Jahre zu ändern, als ich mein Studium der Tiermedizin abbrach und für meinen Master of Fine Arts nach Boston zog. Mein Kunstatelier lag direkt neben dem Büro des MIT-Absolventen Kevin Brown von Brown Innovations, der mich zu der Möglichkeit inspirierte, mit Elektrizität Kunst zu machen. Das war eine schockierende Offenbarung: Es war mir nie in den Sinn gekommen, dass normale Menschen elektronische Geräte bauen. Für mein erstes Projekt nahm ich ein elektronisches Spielzeug-Feuerwehrauto und formte es in ein Raumschiff um, indem ich das Plastikgehäuse entfernte und die „Eingeweide“ in den Aluminiumreflektor einer Lampe einfügte, die ich aus einem Geschäft „rettete“. Ich schloss das Werk mit einer Marvin-der-Marsmensch-Figur ab, und die Transformation war für mich magisch. Ein

Jahr später brach ich dank Kevins Ermutigung mein Kunststudium ab und schrieb mich für ein Master-of-Science-Programm am MIT Media Lab ein.

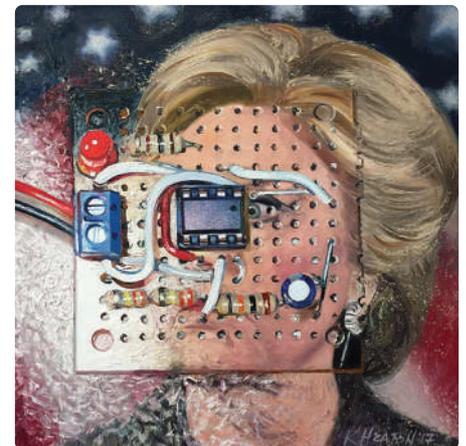
Abate: Und was ist mit der Kunst? Was sind Ihre frühesten Erinnerungen an das Malen oder Zeichnen?

Heaton: Ich bin eine Künstlerin, solange ich denken kann. Ich verspüre einen Hauch von Synästhesie, so dass sich alle Arten von Medien wie Künstlerbedarf anfühlen, aber ich hatte meine kreative Freiheit in der Grundschule eingeschränkt, weil darstellende Bilder mir Aufmerksamkeit als „gute“ Künstlerin einbrachten. Das Zeichnen fiel mir leichter als Form und Farbe. Ich wuchs in einer intellektuellen Familie von Ärzten, Naturforschern und sehr kreativen Menschen auf, allerdings nicht von ausgebildeten Ingenieuren. Als ich fünf Jahre alt war, zogen wir in die bewaldeten Vororte von Raleigh, North Carolina, wo ich viel Wildnis und Ackerland zu erkunden hatte. Die Natur wurde zu meiner liebsten Inspirationsquelle. Mein Zimmer war mit Plüschtieren und lebendigen Tieren in Terrarien und Schuhkartons gefüllt, aber diese Tiermenagerie reichte mir nicht aus. Ich erinnere mich, dass ich „Tiere bauen“ wollte, obwohl ich nicht über die nötigen Fähigkeiten verfügte, um meine Ideen zu verwirklichen. Ich wollte zum Beispiel ein mechanisches Eichhörnchen oder eine Fledermaus bauen, die auf an der Decke meines Schlafzimmers hängenden Schienen fliegen sollten. Außerdem wollte ich die räumliche Klangwelt eines Froschchors nachbilden. Die tiefgreifende klangliche Erfahrung von Spring Peepers (eine Art Laubfrosch) wurde mir durch meine Mutter ans Herz gelegt, die mich auf „Amphibienalarm“-Exkursionen des North Carolina Museum of Natural History mitnahm. Meine Faszination für die Natur

zwang mich, meine künstlerische Stimme in Schaltungen mit lebensechten Qualitäten zu suchen, auch wenn ich mehr als drei Jahrzehnte brauchte, um das herauszufinden.

Abate: An welchem Punkt auf Ihrem Weg haben sich Technik und Kunst zum ersten Mal überschritten? Was war Ihr erster Schaltungsentwurf?

Heaton: Ich habe ein Jahrzehnt der Zusammenarbeit und des Selbststudiums gebraucht, bevor ich meine eigenen Schaltungen entwerfen konnte. Meine ersten elektronischen Kunstwerke stammen aus den späten 90er Jahren, als ich Studentin am MIT Media Lab war. Ich stehe in der Schuld von Michael Hawley, Steven Gray, Robert Poor, Golan Levin, Scott Snibbe, Saul Griffith, Paul Pham und Yael Maguire. Steven Gray war mein wichtigster Kooperationspartner und wesentlich an der Entwicklung von The Physical Pixel Project (2000), Reflection Loop (2001) und Live Pelt (2003) beteiligt. Im folgenden Jahr verließ ich die akademische Welt und zog in die Schweiz, um eine Stelle bei Roche Diabetes Care anzutreten. Meine Freizeit verbrachte ich mit der Entwicklung von Werken der visuellen Kunst mit eingebetteter Elektronik. Ich war einsam in meinem Atelier und hatte keine technischen Kooperationspartner, aber ich war entschlossen, diskrete Hardware zu verwenden, um die Grundlagen elektronischer Entwürfe zu entmystifizieren. So gut es ging, vermied ich Code und die „Black Boxes“ der integrierten Schaltkreise. Ich strebte sogar danach, meine eigenen Komponenten von Grund auf selbst zu bauen, bis mir klar wurde, dass dieses Ziel meine gesamte Karriere in Anspruch nehmen würde. Ich entschied mich also für den Bau von Schaltungen mit diskreten analogen elektronischen Bauteilen, die sichtbar und fühlbar sind, das heißt, bedrah-



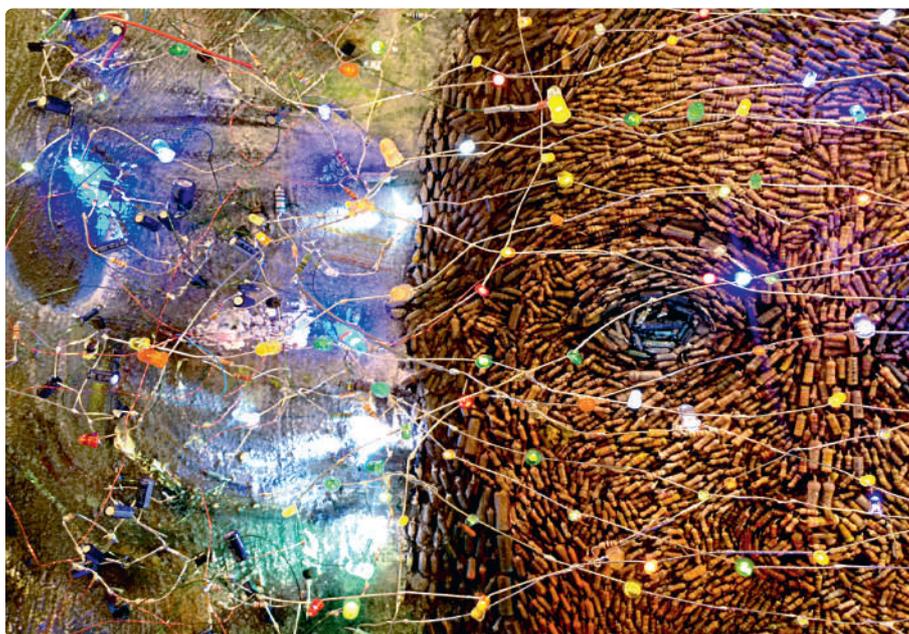
Kelly Heaton, 2017. Links: „Donald Trump (The Big Hack)“. Mitte: „Vladimir Putin (The Operational Amplifier)“. Rechts: „Hillary Clinton (The Big Shock)“. Alle Werke in Öl auf Leinwand, 18"×18"×1,5."

Überschneidung von Natur, Energie und Spiritualität die Frage, was man gewinnt, wenn ein Gemälde mit Elektronik durchtränkt wird, und was man verliert, wenn die Elektrizität weg ist.“ Haben Sie diese Fragen beantwortet?

Heaton: Ich verbringe viel Zeit damit, darüber nachzudenken, wodurch sich etwas als „lebendig“ qualifiziert. Soweit ich weiß, besteht der einzige Unterschied zwischen einem lebenden Organismus und einem Leichnam darin, dass der Körper eines lebenden Organismus durch elektrische Aktivität belebt wird. Das erklärt meine frühe Besessenheit von elektronischen Spielzeugen wie Furby und Tickle Me Elmo: Ich weiß, dass Plüschpuppen nicht lebendig sind, aber animatronische Spielzeuge sind auf eine Art und Weise lebendig, die sich von einem gewöhnlichen Teddybären kategorisch unterscheidet. In Anlehnung an diese Fragestellung wird in der Parallel Series die Frage gestellt: „Was passiert mit einem Gemälde, wenn es sich mit funktionalen Schaltkreisen kreuzt?“ Es ist klar, dass das Gemälde selbst keine elektrischen Qualitäten annimmt und somit leichenhaft bleibt, aber was ist mit der Elektronik und dem Kunstwerk als Ganzes? Die meisten Menschen würden zustimmen, dass ein funktionaler Schaltkreis interessanter ist als seine nicht-funktionale Version, aber wenn der nicht-funktionale Schaltkreis in künstlerischer Absicht hergestellt wurde, dann hat er als konzeptionelle Aussage dauerhafte Resonanz. Künstlerische Absicht ändert alles. Artefakte sind geheimnisvoll, wenn ihre früheren dynamischen Eigenschaften verschwinden, und Legenden sind oft interessanter als die Realität. Außerdem ist nichts wirklich statisch - alles verändert sich, wenn auch auf verschiedenen Zeitebenen. Alte Gemälde werden nach dem Vorbild der Hand eines Künstlers restauriert, wodurch die ursprünglichen Pinselstriche verändert oder sogar ersetzt werden. Alle Formen elektronischer Kunst werden irgendwann nicht mehr funktionieren, und einige werden aufgrund fehlender Schaltpläne und veralteter Komponenten unmöglich zu restaurieren sein. Dies stellt ein interessantes Dilemma für Restauratoren dar. Glücklicherweise ist eine Restaurierung nicht notwendig, damit ein Kunstwerk als Katalysator des Denkens weiterleben kann.

Abate: *Ihr Printed Circuit Bird ist wunderbar. Beschreiben Sie den Prozess der Planung, des Entwurfs und des Testens.*

Heaton: Vielen Dank! Ich glaube, Sie beziehen sich auf einen pfirsichfarbenen elektronischen Vogel, den ich 2021 gemacht habe. Die



Kelly Heaton, „Resisto Ergo Sum“ (Detail), 2005 - 2012. Freiform-Analogelektronik und Öl auf Leinwand, 39"×31"×5,25". Das Mosaik aus Widerständen ist in den gewebten Stoff der Leinwand eingebettet.

Schaltung ist ein Entwurf aus dem Jahr 2019, den ich Deep Fake Birdsong nenne, und ich bin wirklich stolz darauf, weil sich meine Entwicklung über Jahre des Experimentierens mit dem Breadboard erstreckt. Zur Erinnerung: Ich bin keine akademisch ausgebildete Elektroingenieurin, sondern eine Außenseiter-Ingenieurin in Form einer hartnäckigen bildenden Künstlerin, die auf wundersame Weise das MIT überlebt und sich später selbst beigebracht hat, Schaltungen zu bauen, weil ich will, dass sich meine Kunst lebendig anfühlt. Ich habe Hunderte von Schaltplänen zusammengeschustert, Tausende von Komponenten zerlegt und das Design analoger Synthesizer im Grunde neu erfunden, weil ich nicht wusste, was ich da tat. Bei meiner Suche nach Vogelgezwitscher habe ich mit der klassischen „Kanarienvogel-Türklingel“-Schaltung begonnen, die es schon seit Jahrzehnten gibt. Sie verwendet einen Audio-Transformator, um ein bemerkenswert lebensechtes Gezwitscher zu erzeugen, das je nach Widerstands- und Kondensatorwerten heller oder dumpfer ist. Meine nächste Herausforderung bestand darin, die Stimme des Vogels zu modulieren, das heißt, ein Gesangsmuster einzubauen. Ich konzentrierte mich auf einfache Elemente, die ich beherrschte, wie den astabilen Multivibrator, und veranlasste diese Bauteile, alles für meine Kunst Interessante zu tun. Es kostete mich unzählige Stunden des Ausprobierens, bis ich entdeckte, dass Oszillatoren, die mit passiven Filtern verbunden sind, Muster bilden, die sich leicht verändern lassen, und dass die Komplexität des Signals mit jedem zusätzlichen Oszillator nichtlinear wächst. Nikola Tesla hat einmal gesagt: „Wenn du die Geheimnisse des Universums ergründen

willst, dann denke in den Begriffen Energie, Frequenz und Schwingung“. In der Tat fand ich heraus, dass Systeme von Oszillatoren die Bausteine für die Erzeugung von Mustern sind, wie wir sie im Gesang der Vögel hören, dank elektrischer Impulse in ihrem Gehirn. Diese Erkenntnis führte zu meiner Hypothese, dass das menschliche Bewusstsein aus Systemen gekoppelter analoger Oszillatoren hervorgeht. Meine Printed Circuit Birds sind Maskottchen der analogen elektronischen Intelligenz mit nur fünf einstellbaren Oszillatoren, die für fünf Neuronenpaare stehen. Unabhängig davon, ob meine Behauptungen über das menschliche Bewusstsein wahr sind oder nicht, spiegelt die analoge Oszillation wider, wie ich mich als elektrisches Wesen sehe.

Abate: *Ihre Installation Circuit Garden wurde von Arts Brookfield für Manhattan West und Brooklyn Commons in Auftrag gegeben und war von Februar bis Anfang Juni 2022 zu sehen. Wie viele Schaltungen waren beteiligt? Wie wurden sie mit Strom versorgt? Können Sie uns etwas über die wichtigsten technischen Herausforderungen sagen, auf die Sie gestoßen sind?*

Heaton: Circuit Garden war ein wunderbarer Auftrag, weil er mir die Möglichkeit gab, zum ersten Mal seit 2015 wieder eine elektronische Skulptur im öffentlichen Raum auszustellen. Die 21 Fuß breite Installation zeigt eine riesige Leiterplatte, die aus einem grasbewachsenen Sockel und plüschigen, menschengroßen elektronischen Bauteilen besteht. Das gesamte Arrangement ist ein astabiler Multivibrator. Im Garten befinden sich sieben Vögel, acht Grillen und zwei Schmetterlinge. All diese Schaltkreise erzeugen Licht und/oder Töne,

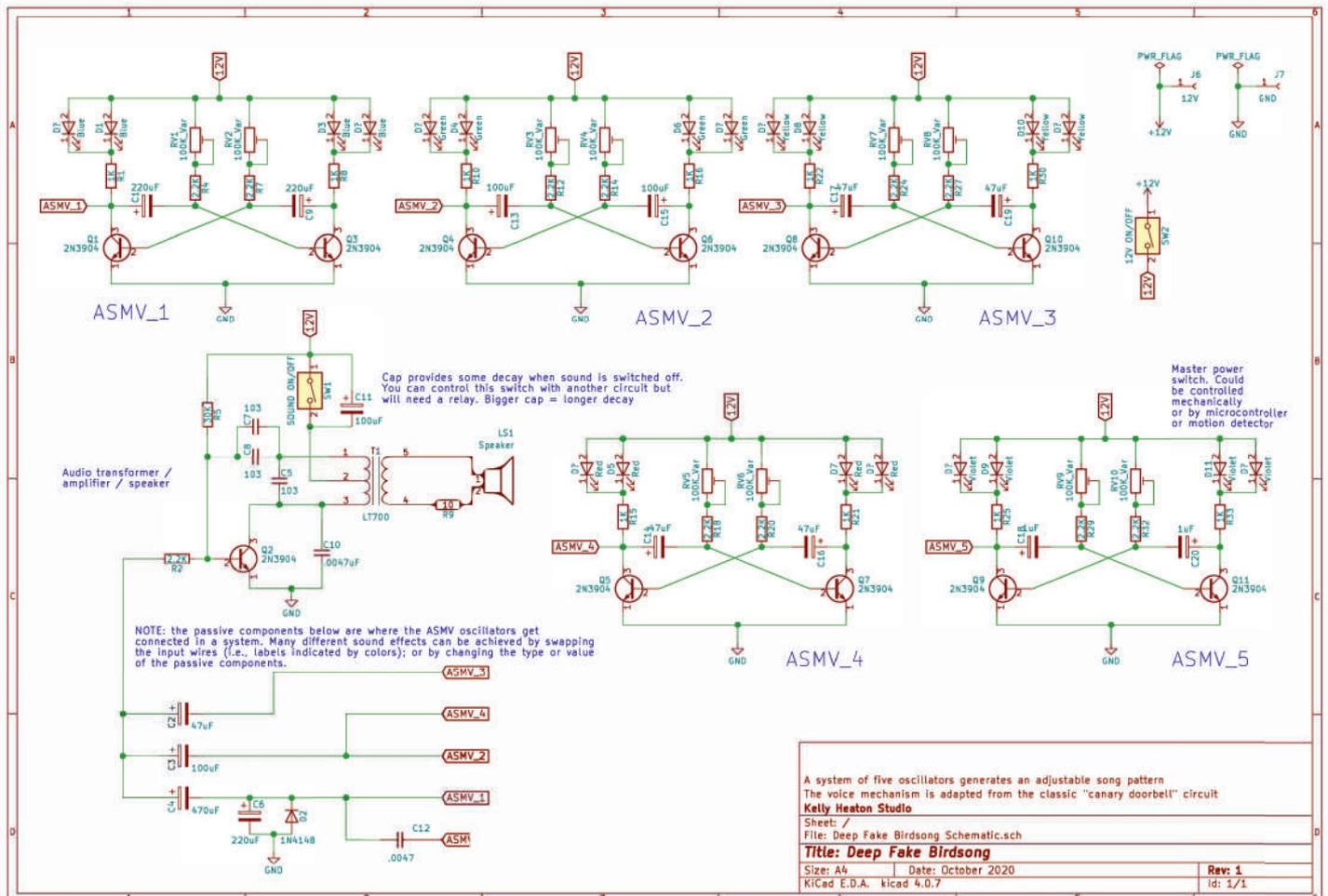


Kelly Heaton, „Printed Circuit Bird (Pfirsichvogel)“, 2021. Speziell angefertigte Analogelektronik und gedruckte Platine mit einer durchsichtigen Lötmaske (die das Kupfer pfirsichfarben erscheinen lässt). 7"×9"×1,5".

die von biologischen Lebewesen inspiriert sind. Aber es ist das natürliche Verhalten der analogen Elektronik, das ich im Geiste des elektronischen Naturalismus zelebriere. Es gibt vier Bewegungsdetektoren, die auf unter-

schiedliche Weise auf die Anwesenheit des Betrachters reagieren. Einige sind mit einem „Tree of Life“-Sequencer mit Relaischaltern verbunden, die von einem Arduino Uno gesteuert werden, der eine pseudozufällige

Routine ausführt (die John Wasser großzügigerweise für mich geschrieben hat). Mein Tree of Life steuert die Hörbarkeit der Schaltkreise, so dass sie sich lebendig und intelligent anfühlen. Unter dem Circuit Garden versteckt verbinden Hunderte von Metern Kabel die Schaltkreise mit dem Tree of Life und der 12-V-Versorgungsspannung. Meine größte technische Herausforderung bestand darin, alles allein während COVID, der Weihnachtsferien und des chinesischen Neujahrsfestes zu bauen, was alles zu Verzögerungen führte. Es hat nicht geholfen, dass ich bei einigen Platinen Fehler gemacht habe, aber es gab keine Zeit für einen zweiten Durchlauf. Meine künstlerischen Schaltungen sind Prototypen in Kleinserie, die ich selbst von Hand löte. Zur Fehlerbehebung verwendete ich ein Multimeter und ein Oszilloskop Tektronix 65, und Reparaturen führte ich mit einem Handschrauber und Schaltdraht durch. Glücklicherweise half mir ein Handwerker beim Bau und der Verlegung von Kabeln unter dem Sockel, aber alles andere habe ich in sechs Monaten selbst gemacht, und es war anstrengend. Ich werde



Kelly Heaton, „Schematic for Deep Fake Birdsong“, 2020.



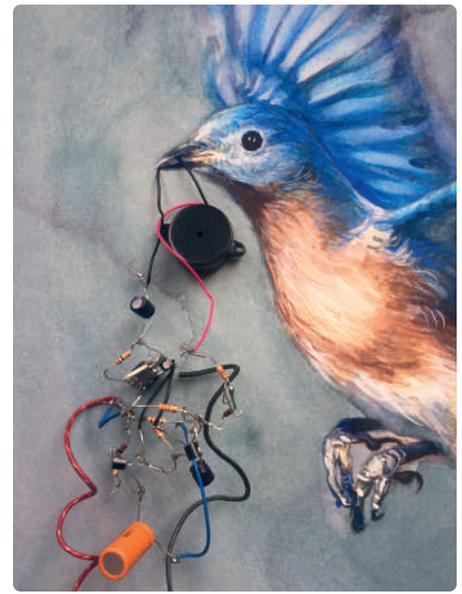
Kelly Heaton, „Circuit Garden“, 2022. Elektronische Skulptur mit gemischten Medien. 5'6"×21"×4'. Kuratiert von Kendra Roberts von Common Ground Arts und in Auftrag gegeben von Arts Brookfield für Manhattan West und Brooklyn Commons. (Bildnachweis: Arts Brookfield und Jason Wyche).



Kelly Heaton, Porträt einer Frau mittleren Alters aus den Appalachen in ihrem Garten mit einer Handarbeit, 2019. Die Steckboardschaltung ist meine „Mother Nature“-Platine, ein analoger elektronischer Sequenzer für „Birds at my feeder“, 2019.



Kelly Heaton, „The Tree of Life“, 2022. 13"×9"×1". Proof des Künstlers, noch nicht veröffentlicht.



Kelly Heaton, „Bluebird with Cricket“ (Detail), 2018. Aquarell und Analogelektronik auf Papier, 14"×14"×1".



Kelly Heaton, „Transparent Bird“, 2019. Freiform-Analogelektronik in lasergeschnittener und gefalteter BoPET-Folie (Mylar). 5"×8"×3".



Kelly Heaton, „Sounds of Another Time (Rising Dragon)“, 2021. Analoge Elektronik, gedruckte Platinen und Siebdruck auf stoffbezogener Platte. Einzigartige Serie von sechs elektronischen Mixed-Media-Kunstwerken. 23,5"×37,5"×2".



Kelly Heaton, „Big Pretty Bird“, 2019. Maßgeschneiderte Analogelektronik und Platine mit grüner Lötmaske, weißem Bestückungsaufdruck und ENIG-Beschichtung. 18"×24"×1".

nie die langen Stunden vergessen, in denen ich in einer kalten Garage Seile in Kabelisolierung gequetscht oder Hunderte von Steckern gecrimpt habe. Ich muss einen Schutzengel haben, denn ich habe es geschafft, alles zu bauen, in einen Lastwagen zu packen, 350 holprige Meilen nach New York zu fahren und eine relativ zerbrechliche Ausstellung zu installieren, die drei Monate dauerte, während der die Elektronik 14 Stunden am Tag unüberwacht lief. Das geht nicht ohne Glück.

Abate: Können Sie uns einige Ihrer Kunstwerke nennen, von denen Sie glauben, dass sie bei den Elektor-Lesern besonders gut ankommen würden?

Heaton: Ich denke, Elektor-Leser würden alles aus meiner Arbeit des Electronic Naturalism zu schätzen wissen. Um genauer zu sein, schauen Sie sich Bluebird with Cricket (2018), Pretty Bird (2019) und Deep Fake Birdsong (2020) an. Leute, die frei verdrahtete Schaltungen mögen, nehmen Transparent Bird und Birds at My Feeder aus dem Jahr 2019 unter die Lupe. Wer nächtliche Klanglandschaften mag, sollte sich die Videos meiner verschiedenen Elektroskulpturen und Sounds of Another Time (Rising Dragon) aus dem Jahr 2021 ansehen. Tree of Life (2022) wird denjenigen gefallen, die meine Leidenschaft für Spiritualität teilen. Auf meinen Instagram- und Vimeo-Seiten finden sie entsprechende Videodokumentationen. Für weitere Informationen über meinen Prozess empfehle ich, in meinem Archiv nach Hacking Nature's Musicians (2018) zu suchen, das auf Hackaday.io archiviert ist.

Abate: Was erstellen Sie derzeit? Sind neue Schaltungen in Arbeit?

Heaton: Ich arbeite mit einem Unternehmen zusammen, um kommerziell erhältliche Versionen meiner Schaltungen zu entwickeln, einschließlich eines oder mehrerer „printed circuit birds“. Außerdem entwerfe ich eine Reihe von „portablen“ Widerständen, Superkondensatoren und anderen Modeartikeln, um eine Haltung des Empowerments für jeden in unserer elektronischen Kultur zu fördern. Ich möchte Energiefluss zunehmend physisch und emotional darstellen, was mich zum Zeichnen, Malen und zur Bildhauerei zurückführt, weil die Einschränkungen der Elektrotechnik den Ausdrucksmöglichkeiten manchmal im Wege stehen. Es macht mir wirklich Spaß, analoge elektronische Teile spielerisch und in menschlichem Maßstab darzustellen, und ich hoffe auf einen Auftrag für einen Circuit Garden im Freien mit musikalischen Kreaturen aller Art. Ich möchte einen analogen elektroni-

schen sprechenden Buddha bauen, inspiriert von der tibetischen Thangka-Malerei. Folgen Sie meinen Fortschritten auf Instagram und Twitter (@kelly_heaton) und erhalten Sie so weitere Ankündigungen.

Abate: Ihre Arbeit bringt Elektronik, Kunst und Philosophie zusammen. Ich gehe davon aus, dass Ihre Projekte einige Innovatoren in der Elektor-Community dazu inspirieren werden, zu erforschen, wie sie verschiedene Disziplinen einschließlich der Elektronik nutzen können, um sich auszudrücken. Empfehlen Sie irgendwelche Online- oder Präsenzgruppen oder Communities, denen sie folgen oder beitreten können? Gibt es andere Künstler/Ingenieure, die sie sich ansehen sollten?

Heaton: Öffnen Sie Ihren Geist und Ihr Herz! Wertschätzen Sie die unglaubliche Artenvielfalt der Erde. Gehen Sie in Museen und Galerien, um sich von der Kunst inspirieren zu lassen. Unterstützen Sie die Open-Source-Maker-Bewegung und schließen Sie sich einem Makerspace in Ihrer Nähe an. Entwerfen Sie Schaltpläne und optimieren Sie sie. Hackaday ist eine großartige Online-Community und Informationsquelle. Adafruit ist ein großartiges Unternehmen mit einem inspirierenden YouTube-Kanal. Die Burning Man-Bewegung ist voll von Menschen, die Technik mit Kreativität und Zusammenarbeit verbinden. Folgen Sie Künstlern und Makern in den sozialen Medien, beteiligen Sie sich aktiv an ihren Beiträgen und beobachten Sie, wem sie folgen, um neue Kreative zu entdecken. Lernen Sie, wie man auch mit einer guten Einstellung scheitern kann. Ändern Sie Ihre Herangehensweise, aber geben Sie niemals das Streben nach Ihren Träumen auf. Seien Sie mutig und großzügig, denn es gibt so viel zu lernen, dass es überwältigend und kontraproduktiv sein kann, es allein zu versuchen. Glauben Sie an sich selbst, arbeiten Sie hart, stellen Sie Fragen, erkennen Sie an, gehen Sie Risiken ein, machen Sie Fehler, passen Sie sich an, bleiben Sie bescheiden, seien Sie optimistisch und lassen Sie sich von freundli-



Kelly Heaton, „Hug your resistor“, 2022.

cher Entschlossenheit zum Erfolg führen. Ich kenne so viele talentierte Menschen, dass es unfair wäre, nur einige wenige aufzuzählen. Abgesehen davon kuratiere ich eine Ausstellung für den Herbst 2023 mit, und mein Ziel ist es, Künstler hervorzuheben, die mit elektronischer Hardware als Medium arbeiten - bleiben Sie also dran!

Anmerkung der Redaktion: Das vollständige Interview in englischer Sprache finden Sie unter www.elektormagazine.de. ◀ 220247-02

Über den Autor

C. J. Abate ist Content Director bei Elektor. Sie können seine aktuellen Elektor-Artikel unter www.elektormagazine.de/abate lesen und ihm auf Twitter unter https://twitter.com/Elektor_US folgen.



Das Titelbild für Summer Circuits 2022

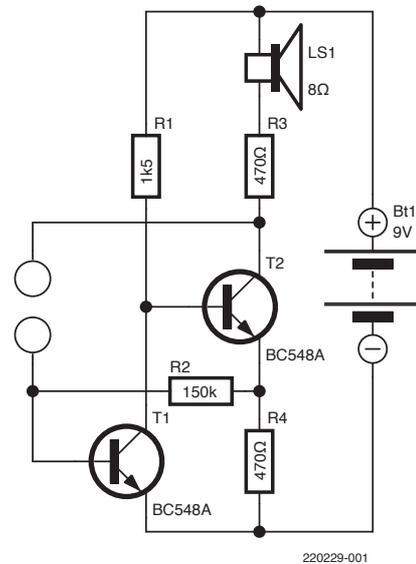
Kelly Heatons Kunstwerke sind auf dem Cover dieser Elektor-Sonderausgabe zu sehen. Besuchen Sie kellyheatonstudio.com für weitere Informationen über ihren Hintergrund und ihre früheren und aktuellen Arbeiten.



Zweifinger- Orgel

Von Burkhard Kainka (Deutschland)

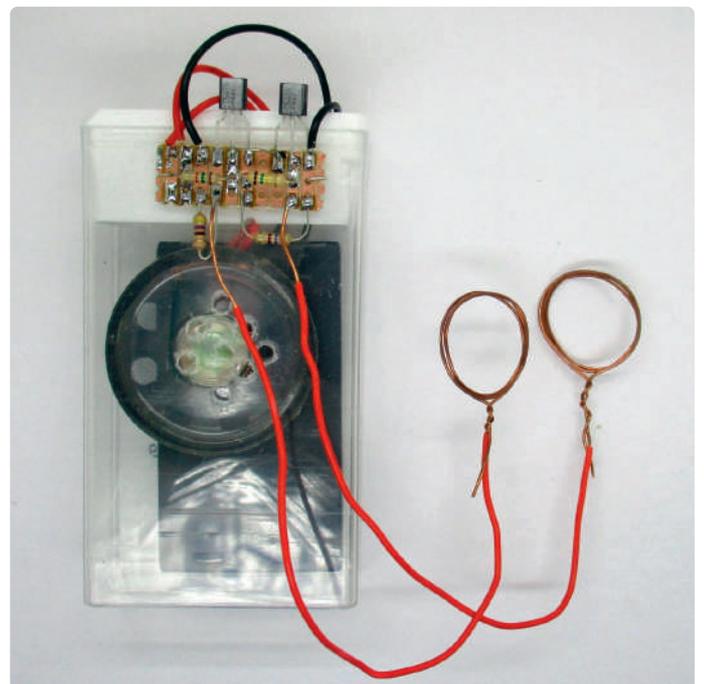
Die Zweifinger-
Orgel ist ein
Musikinstrument für Könner und
ähnlich schwer zu spielen wie das
Theremin!



Es handelt sich um einen Oszillator, der über den gesamten Hörbereich abgestimmt werden kann. Die eigentliche Schaltung besteht nur aus zwei Transistoren und vier Widerständen. Damit ein Oszillator daraus wird, fehlt noch ein Kondensator, oder besser ein Drehkondensator mit großem Bereich und großer Kapazität. Und dieser Kondensator wird durch die Fingerkontakte gebildet.

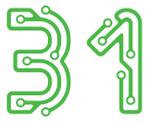
Alles wurde zusammen mit einer LiPo-Batterie und einem kleinen Lautsprecher in eine große Tic-Tac-Dose eingebaut. Zwei Drahringe werden über zwei Finger der gleichen Hand geschoben. Damit hat man einen Finger-Kondensator mit wenigen Nanofarad. Wenn man nun die Finger zusammenzieht, steigt der Druck auf die Drähte. Dadurch wird die Kontaktfläche zwischen Drähten und Fingern, also die Fläche des Kondensators, größer [1]. Damit steigt auch die Kapazität, und die Frequenz sinkt. Umgekehrt steigt die Frequenz, wenn man die Finger streckt und damit die Drähte entspannt. ◀

220229-02



WEBLINK

[1] Burkhard Kainka, „Hautwiderstand und Hautkapazität“, Elektor 7-8/2022: <https://www.elektormagazine.de/200621-02>



Meine erste Platine

Crash-Einstieg in KiCad

Von George Lydecker (USA)

Interessieren Sie sich für KiCad? Mit der Open-Source-Software können Sie Platinen für eine Vielzahl von Projekten entwickeln. Trauen Sie sich, Ihre erste Platine ist nur ein paar Schritte entfernt!

Im Rahmen meines Projekts „Einfaches analoges ESR-Messgerät“, das in der Elektor-Ausgabe Juli/August 2022 veröffentlicht wurde, hatte ich die Gelegenheit, mich mit KiCad zu beschäftigen [1]. Mit dieser Open-Source ECAD-Software konnte ich einen Arbeitsablauf für die Erstellung von Leiterplatten für dieses und zukünftige Projekte entwickeln. KiCad hat mich interessiert, weil es kostenlos ist, aber noch wichtiger ist, dass es eine Fülle von Informationen in Online-Tutorials, YouTube-Videos und Artikeln in Elektor gibt.

Erstellen des Schaltplans

Da ich bereits einen handverdrahteten, funktionierenden Prototyp hatte, war die Erfassung des Schaltplans ziemlich einfach. Alle für dieses Projekt benötigten Komponenten waren in der KiCad-Standardbibliothek verfügbar. Das einzige Bauteil, das nicht in der Bibliothek zu finden war, war das analoge Drehspulinstrument.

Erstellen des Platinenlayouts

Der zweite Teil des Prozesses war ein wenig schwieriger. Wenn man das anfängliche „Rat's Nest“ sieht, erscheinen alle Bauteile im PCB-Arbeitsbereich auf einem Haufen. Für mich bestand der einzige logische

Ansatz darin, die Bauteile nach Funktionsblöcken herauszulösen und sie in einzelne Kästchen zu packen. Ich erstellte diese Kästen auf der Ebene *Dwgs.User* mit der Absicht, sie später zu verwerfen. Nachdem die Bauteile in den einzelnen Boxen waren, habe ich die Traces (Verbindungen) für jeden Abschnitt erstellt. Anschließend ordnete ich die Blöcke an und verlegte „richtige“ Leiterbahnen für die Stromversorgung, die Masse und die Signale zwischen den einzelnen Abschnitten. **Bild 1** bis **Bild 4** veranschaulichen den Prozess.

3D-KiCad-Renderings

Nachdem das Layout der gedruckten Schaltung fertig war, konnte ich mit der in KiCad integrierten 3D-Ansichtsfunktion eine Vorschau auf das Aussehen der Platine erhalten (**Bild 5**).

Die ersten Prototypen

Da ich mit meinem ersten Entwurf zufrieden war, bestellte ich drei Platinen. Dazu nutzte ich einen Online-Leiterplatten-Pooling-Service. Es gibt viele davon, und einige von ihnen akzeptieren KiCad-Dateien direkt. Solche Dienste erstellen eine Vorschau Ihrer Platine und können sogar prüfen und Sie warnen, wenn etwas im Design fragwürdig ist, zum

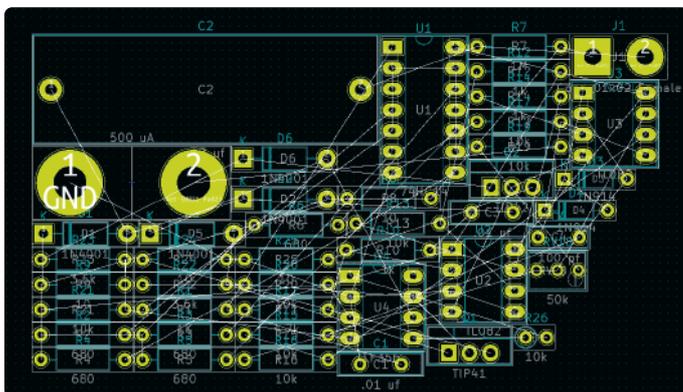


Bild 1. Zu Beginn liegen alle Bauteile auf einem Haufen.

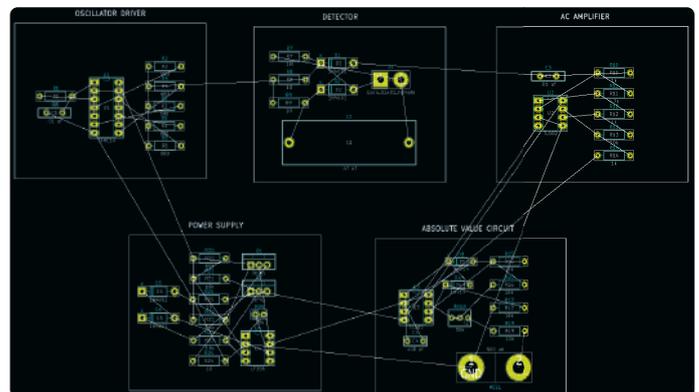


Bild 2. Die Bauteile werden in die einzelnen Blöcke verschoben.

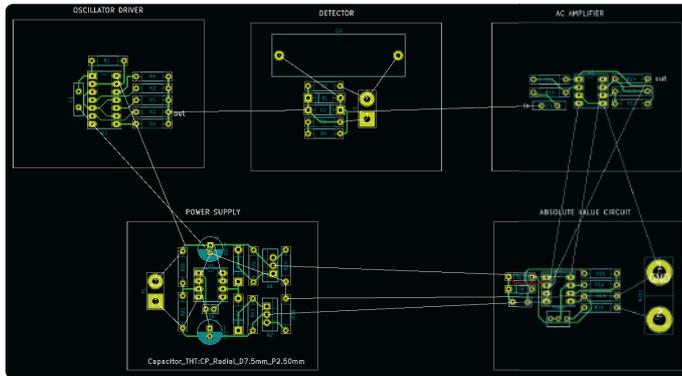


Bild 3. Zwischen den einzelnen Blöcken angelegte Traces.

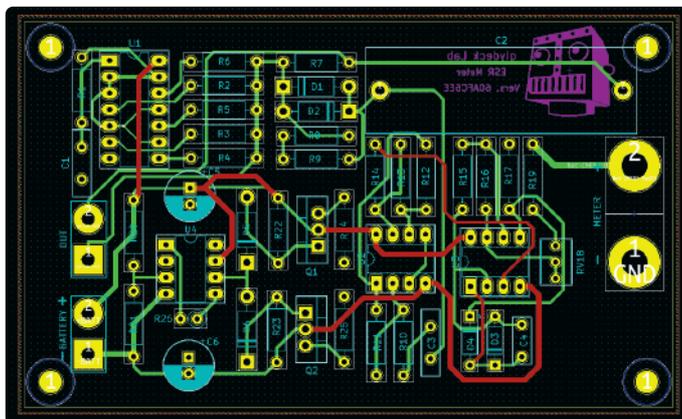


Bild 4. Zusammenfügen der Blöcke zu einem fertigen Platinenlayout.

Beispiel zu eng liegende Leiterbahnen. Die Platinen kamen nach etwas mehr als zwei Wochen an, und ich war mit der Qualität sehr zufrieden.

Testen der Platine

Beim Vergleichstest der Platinenversion des ESR-Meters (Bild 6) habe ich meinen ursprünglichen Steckboard-Prototyp herangezogen, um Spannungen und Wellenformen Seite an Seite zu vergleichen. Eine funktionierende Schaltung zu haben, hilft bei der möglicherweise notwendigen Fehlersuche. Auf diese Weise wurde ein Fehler im KiCad-Schaltplan entdeckt, der einen Fehler auf der Leiterplatte nach sich zog. Glücklicherweise war es einfach, die Musterplatinen manuell zu korrigieren. ◀

220134-02

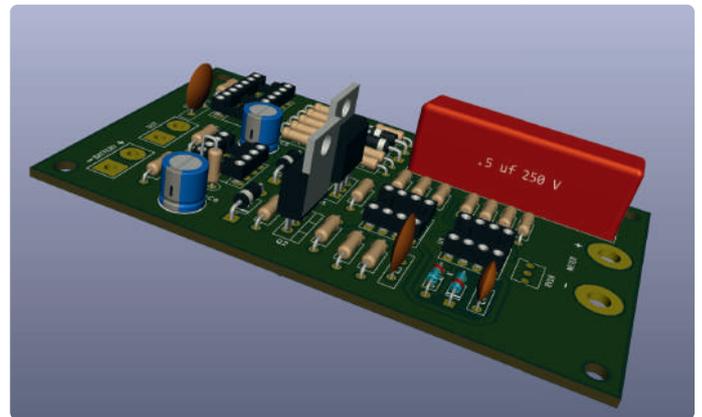


Bild 5. 3D-Rendering der aufgebauten Platine.

EIN WORT ZU GERBER-DATEIEN VON ELEKTOR

Gerber-Dateien, die mit Platinenlayouts verbunden sind, können mit PDF-Dokumenten verglichen werden. Wie PDF-Dateien, die es ermöglichen, ein Dokument so auszudrucken, wie es beabsichtigt war, liefern Gerber-Dateien den Leiterplattenherstellern die erforderlichen Informationen für die Herstellung einer Platine. Es handelt sich um ein gut dokumentiertes, von PCB-Entwurfsprogrammen unabhängiges Dateiformat, das jeder PCB-Dienstleister versteht.

CAD-Dateien sind besser als Gerber

Der Export von Gerber- und Bohrdateien aus einem Leiterplattenprojekt kann jedoch auch schief gehen. Deshalb akzeptieren Platinenhersteller mehr und mehr Platinenentwurfsdateien aus gängigen CAD-Paketen wie KiCad und Eagle. So können sie sehen, was der Platinenentwickler beabsichtigt hat, anstatt zu versuchen, es anhand eines falschen oder unvollständigen Satzes von Gerberdateien zu erraten. Das erspart dem Kunden nicht nur die Mühe, sie zu erstellen, sondern vermeidet Enttäuschungen und spart somit Geld. Laden Sie also, wenn möglich, immer CAD-Projekte anstelle von Gerber-Dateien hoch. Die Platinenherstellung hat sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Das ursprüngliche Gerber-Dateiformat RS-274-D wurde durch RS-274-X ersetzt, und auch die

Anforderungen an die Dateien haben sich weiterentwickelt. Jeder seriöse Leiterplattenhersteller sollte zwar immer noch das D-Format verarbeiten können, aber nehmen Sie diesbezüglich sicherheitshalber zuerst Kontakt mit ihm auf.

Elektor-Gerber-Dateien

Elektor hat schon immer mit Gerber-Dateien gearbeitet. Sie können diese von unserer Website herunterladen. Alte Gerberdateien sind im D-Format, neuere Dateien entsprechen dem X-Format. Unsere Gerberdateien wurden früher ohne eine separate Platinenumrissdatei geliefert, da diese in den anderen Layern enthalten ist. Einige neuere Platinen-Pooling-Dienste verlangen jedoch eine solche Datei und akzeptieren möglicherweise keine Elektor-Gerber-Dateien. Aus diesem Grund hat Elektor alle Gerber-Dateien ab 2018 überarbeitet und um eine Outline-Datei ergänzt. Dies sollte die Kompatibilität mit den meisten Online-Leiterplattenherstellungsdiensten gewährleisten.

Wenn Sie dennoch auf ein Problem mit Elektor-Gerber-Dateien stoßen, lassen Sie es uns bitte wissen. Vielleicht können wir Ihnen und anderen Makern helfen. Beachten Sie jedoch, dass wir keine RS-274-D formatierten Dateien in RS-274-X konvertieren können; wir sind kein Leiterplattenhersteller!



Bild 6. Die bestückte Platine ist bereit zum Test.



Über den Autor

George Lydecker ist Diplom-Ingenieur für Elektronik und hat Aufbaustudiengänge über Geometrische Optik, Computergrafik, Werkzeugmaschinenpraxis und Netzwerfilter absolviert. Er hat hauptsächlich in den Bereichen Audio, Video, HF, Netzwerk- und Computertechnik gearbeitet. Seine bisherigen Projekte reichen von der Gestaltung von Audio- und Videoanlagen bis hin zur Entwicklung vieler Arten von Multimedia-Inhalten. Ihm wurden neun Patente für Audio-, Video- und Datenstandards erteilt. Im September 2019 ging George Lydecker als Vizepräsident für Forschung und Entwicklung eines großen Plattenlabels in den Ruhestand, was ihm nun die Muße gibt, neue Dinge zu erlernen und seine Hobbys wie Amateurfunk, Astronomie und natürlich Elektronik zu genießen. Mehr über George Lydecker und seinen gut ausgestatteten Arbeitsbereich erfahren Sie unter www.elektormagazine.com/workspace-la.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



Passende Produkte

- **P. Dalmaris, KiCad 6 Like a Pro**
 Buch: Fundamentals and Projects (SKU 20158) www.elektor.de/20158
 E-Buch: Fundamentals and Projects (SKU 20159) www.elektor.de/20159
 Buch: Projects, Tips and Recipes (SKU 20160) www.elektor.de/20160
 E-Buch: Projects, Tips and Recipes (SKU 20161) www.elektor.de/20161
 Bücher als Bundle (SKU 20180) www.elektor.de/20180
 E-Bücher als Bundle (SKU 20181) www.elektor.de/20181
- **Solderless Breadboard - 1660 Stecklöcher (SKU 18068)**
www.elektor.de/18068

WEBLINK

[1] G. Lydecker, „Einfaches analoges ESR-Messgerät“, Elektor Magazine, 7-8/2022: <https://www.elektormagazine.de/210017-02>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #06

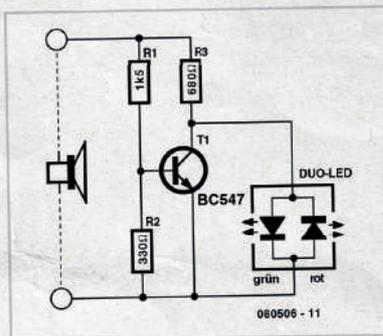
Von Michiel Ter Burg

Als Leistungsanzeige dient hier eine Duo-LED, die bis zu einer Leistung von ca. 1 W grün, ab etwa 1,5 W orange und ab etwa 3 W nur noch rot leuchtet.

Die Schaltung wird einfach parallel zum Lautsprecher angeschlossen und versorgt sich direkt aus dem NF-Signal. Die Belastung des Signals durch die Schaltung ist gering, es liegen etwa 470 Ω parallel zum Lautsprecher.

Während der positiven Halbwelle des NF-Signals wird die grüne Teil-LED über R3 mit Strom versorgt und leuchtet. Bei höherer Spannung beginnt T1 zu leiten (abhängig vom Spannungsteiler R1/R2) und entzieht somit der grünen LED den Strom.

Während der negativen Halbwelle fließt der Strom durch R3 und die rote Teil-LED



- allerdings erst bei etwas höheren Spannungen, da zu Anfang die Serienschaltung aus R2 und der Basis-Kollektor-Strecke von T1 zu viel Strom abzweigt. Im Übergangsgebiet leuchtet die rote LED „schon“ und die grüne „noch“, sodass sich

die orange Mischfarbe ergibt. Bei zunehmender Spannung wird die rote LED dann heller und T1 schließt die grüne LED kurz. Durch die Werte der Widerstände wird das Ansprechen der LEDs auf die angegebenen Leistungen eingestellt. Es ist schon erstaunlich, wie laut man hören muss, damit die LEDs überhaupt anfangen zu leuchten! Widerstände mit einer Belastbarkeit von 1/4 W reichen aus, solange der Verstärker nicht mehr als 40 W Dauerleistung abgibt. Oberhalb dieser Leistung wird es auch mit dem Transistor etwas eng und man sollte einen spannungsfesteren Typ verwenden. Die Stromverstärkung ist unkritisch, da ausreichend Basisstrom vorhanden ist. Die angegebenen Leistungsschwellen gelten für 4 Ω-Lautsprecher. Bei 8 Ω gilt: R1 = 3k3, R2 = 470 Ω und R3 = 1 k.

(060506)

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop



www.elektormagazine.de/summer-quiz6

32 Rauscharmer ADC-Kalibrator für moderne Mikrocontroller

Von Giovanni Carrera (Italien)

Müssen Sie den Bereich und die Linearität des ADC-Wandlers eines Mikrocontrollers überprüfen? Diese Do-it-yourself-Schaltung vereinfacht die Kalibrierung.

Häufig müssen wir den Bereich und die Linearität des ADC eines Mikrocontrollers überprüfen. Diese Schaltung ist eine rauscharme einstellbare Spannungsquelle, die Hand in Hand mit einem genauen Digitalvoltmeter geht. Die Schaltung besitzt eine Ausgangsspannung von etwa 0,025 V bis 3,3 V. Um Schäden an Mikrocontrollern zu vermeiden, ist keine höhere Spannung vorgesehen.

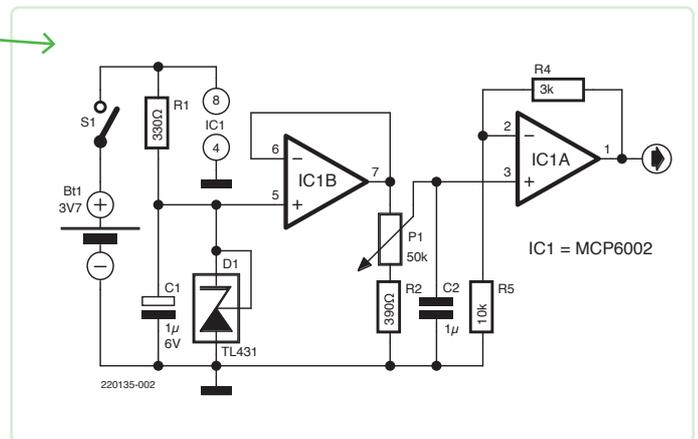
Die Schaltung weist ein geringes Rauschen und eine hohe Stabilität auf und muss deshalb mit einer Batterie betrieben werden - nicht mit einem Schaltnetzteil, das üblicherweise mit einem hohen Ausgangsrauschen zu kämpfen hat. Um das leider unvermeidliche Rauschen im 230-V-Netz auszuschließen, ist es ratsam, auch das System beim Testen mit einer Batterie zu versorgen.

Die Schaltung ist, wie **Bild 1** zeigt, sehr einfach. Es muss eine sehr stabile Referenzspannungsquelle mit geringen Temperaturschwankungen und geringem Rauschen verwendet werden. Eine normale Z-Diode besitzt diese Eigenschaften nicht, also haben wir eine gewöhnliche TL431 mit einer Referenzspannung von 2,5 V verwendet.

Um auf 3,3 V zu kommen, verwenden wir einen nicht-invertierenden Operationsverstärker mit einer Verstärkung von 1,3. Der Operationsverstärker IC1B funktioniert als Impedanzwandler mit einer Verstärkung von eins und ist am Ausgang mit einem einstellbaren Widerstandsteiler beschaltet, der aus dem Widerstand R2 und dem Potentiometer P1 besteht. R2 verhindert nur, dass der Ausgang von IC1B völlig auf Masse kurzgeschlossen werden kann. Es folgt der Operationsverstärker IC1A mit einer kleinen Verstärkung von 1,3.

In dieser Anwendung kann kein normaler Zweifach-Opamp wie der LM358 eingesetzt werden, da dieser nicht in der Lage wäre, mit Spannungen nahe der Betriebsspannung zu arbeiten. Daher wird ein Rail-to-Rail-Opamp MCP6002 verwendet.

Mit der Präzision der Bauteile, was Toleranz und Temperaturdrift betrifft, steht und fällt auch die Präzision des Kalibrators. Um eine genaue Auflösung zu erhalten, wurde für P1 ein 10-Gang-Poti verwendet, aber auch die entscheidenden Widerstände sind präzise 1%-Typen. Beachten Sie, dass es präzisere Doppelopamps als den MCP6002 gibt und auch die Referenzdiode ist in mehreren „Grades“ erhältlich.



Es sind nur wenige Änderungen erforderlich, um eine maximale Ausgangsspannung zum Beispiel von 5 V zu erreichen. In diesem Fall muss die Schaltung mit vier 1,5-V-Batterien betrieben werden, und mit $R4 = 10\text{ k}$ wird die Verstärkung von IC1A auf den Faktor 2 eingestellt. 

220135-02



STÜCKLISTE

Widerstände:

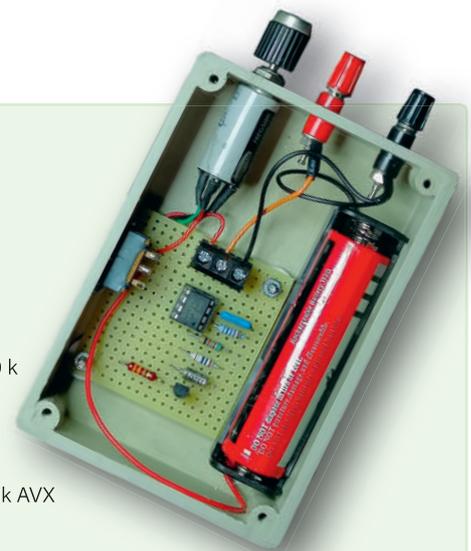
- R1 = 330 Ω, ±5%
- R2 = 390 Ω, ±1%
- R4 = 3 k, ±1%
- R5 = 10 k, ±1%
- P1 = 10-Gang-Poti, 50 k

Kondensatoren:

- C1 = 1 μ, 6 V Elko
- C2 = 1 μ, 25 V, Keramik AVX

Halbleiter:

- IC1 = MCP6002, Zweifach-Opamp
- D1 = TL431





DC/DC- Aufwärts- wandler

Aus einzelnen Bauteilen!

Von Mathias Claußen (Elektor)

Natürlich gibt es DC/DC-Wandler-ICs, die günstig und platzsparend sind. Doch ist so eine Lösung nicht ein wenig langweilig? Bei unserem DC/DC-Booster lernt man eine Menge und kann die Schaltung und Platine an eigene Zwecke anpassen - KiCAD-Dateien werden mitgeliefert!

Der hier gezeigte DC/DC-Aufwärtswandler ist ein modifizierter Teil eines anderen Projekts, das ich auf dem Tisch hatte. Ursprünglich sollte die ganze Schaltung nur ein reiner Testaufbau sein, um aus 3 V bis 5,5 V am Ende 5 V zu generieren. Die Idee für diese Platine bildet der DC/DC-Wandler des Entwicklers und YouTubers SM6VFZ [1].

Schaltung

Die Schaltung (Bild 1) ist in vier Sektionen aufgeteilt. Die erste Stufe ist die Takterzeugung, hier mit einem NE555 in astabiler Operation als Taktgeber. Die Frequenz soll im Bereich 8 MHz/128 liegen, also grob bei 62 kHz. Die Ausgangsfrequenz ergibt sich aus

$$f = \frac{1,44}{(R_a + 2 \times R_b) \times C}$$

Mit den Werten aus dem Schaltplan ergibt sich:

$$f = \frac{1,44}{(100 \Omega + 2 \times 10 \text{ k}\Omega) \times 1 \text{ nF}} = 71,640 \text{ Hz}$$

Wir kommen also gut mit Bauteilwerten aus der Normreihe aus.

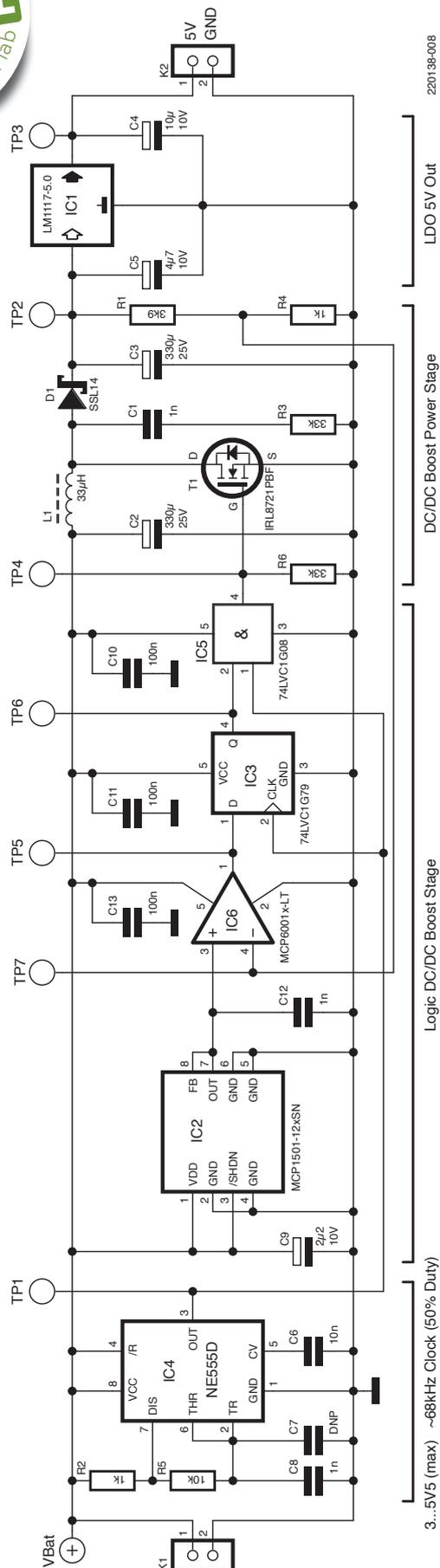
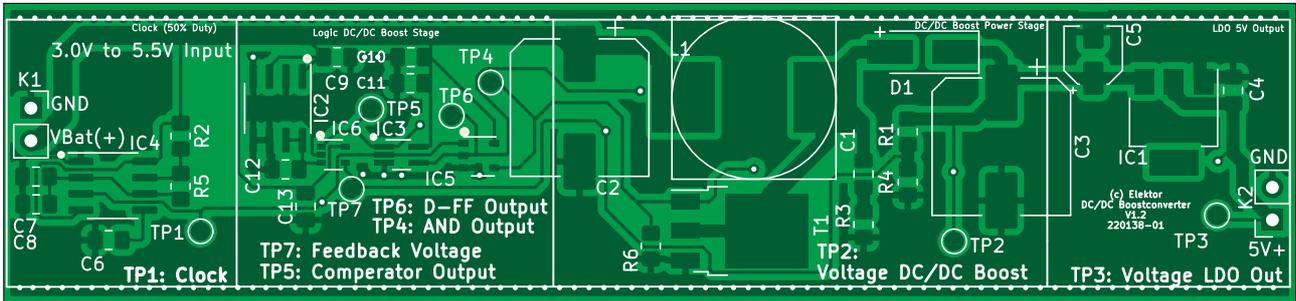
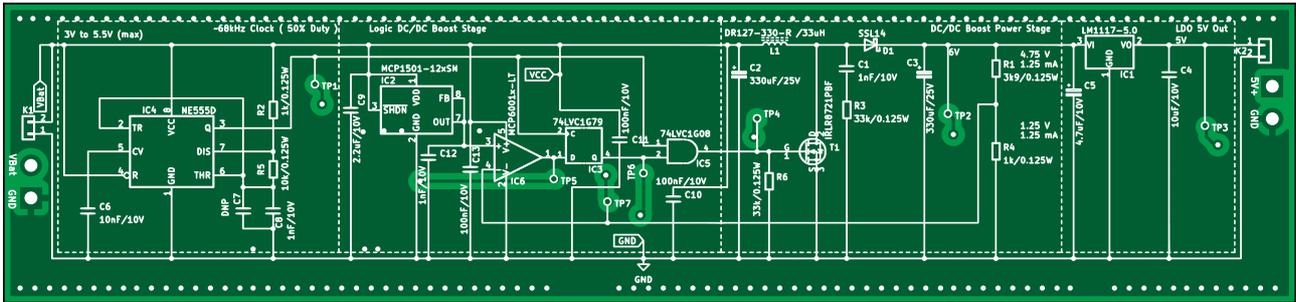


Bild 1. Schaltplan.



Die zweite Sektion ist die Logik. Die Ausgangsspannung (TP2) wird über den Spannungsteiler aus R1 und R4 mit einer Referenzspannung von 1,25 V aus IC2 (MCP1501-12) verglichen. Der Ausgang des Komparators und der Takt aus dem NE555 werden an ein D-Flipflop (74LC1G79, IC3) geführt. Bei einer steigenden Taktflanke wird der Ausgangswert des Komparators in das D-Flipflop geladen. Der Ausgang des D-Flipflops und das Taktsignal werden anschließend durch ein logisches UND (IC5) miteinander verbunden und sorgen für die Ansteuerung des MOSFETs T1 in der nächsten Stufe. Beim Schaltwandler-IC MC34063A von onsemi [2] wird ein ähnliches Prinzip angewandt (Bild 2).

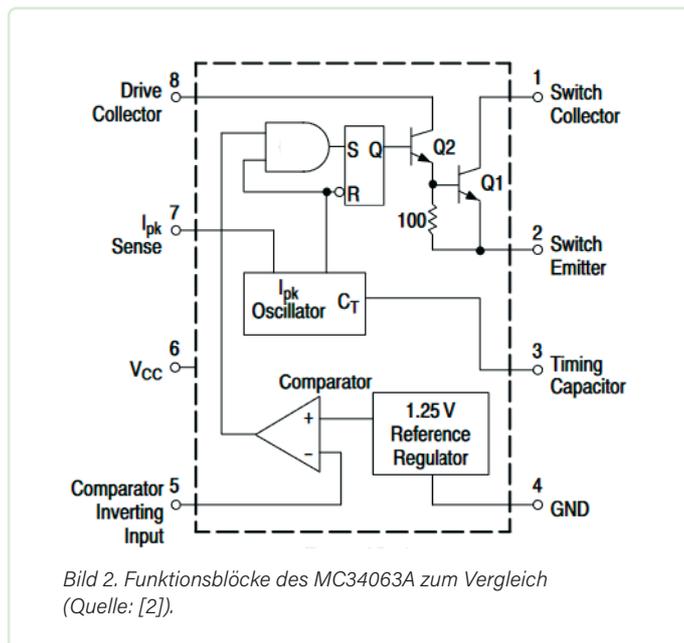


Bild 2. Funktionsblöcke des MC34063A zum Vergleich (Quelle: [2]).



STÜCKLISTE

Widerstände:

(0,25 W, 5%, 0805 SMD)

R1 = 3k9

R2,R4 = 1 k

R3,R6 = 33 k

R5 = 10 k

Kondensatoren:

C1,C8,C12 = 1 n, 10 V, 0805 SMD

C2,C3 = 330 μ, 25 V, 10 x 10,5 mm SMD

C4 = 10 μ, 10 V, 0805 SMD

C5 = 4,7 μ, 10 V, 4 x 4,5 mm

C6 = 10 n, 10 V, 0805 SMD

C7 = DNP

C9 = 2,2 μ, 10 V, 0805 SMD

C10,C11,C13 = 100 n, 10 V, 0805 SMD

Halbleiter:

D1 = SSL14, SMA

IC1 = LM1117-5,0, SOT-223

IC2 = MCP1501-12, SOIC-8

IC3 = 74LVC1G79, SC-70-5

IC4 = NE555D, SOIC-8

IC5 = 74LVC1G08, SC-74A

IC6 = MCP6001-LT, SC-70-5

T1 = IRL8721PBF, SOT-252-3

Induktivitäten:

L1 = 33 μ, DR127-33-R

Sonstiges:

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

Leistung

Die dritte Sektion ist der Leistungsteil, in dem die Spule L1 und der MOSFET T1 untergebracht sind. Für T1 muss ein Typ verwendet werden, der ein $U_{GS(th)}$ von unter 2 V hat, sonst wird der MOSFET bei 3 V (die als minimale Eingangsspannung vorgesehen sind) nicht niederohmig genug. Am Ende dieser Stufe werden dann 6 V erzeugt.

Die vierte Sektion ist optional, da in der dritten Sektion schon direkt 5 V erzeugt werden könnten. Der LDO (IC1) hat nur eine glättende Funktion und soll im Fehlerfall in den vorderen Sektionen die Spannung am Ausgang begrenzen.

Die DC/DC-Wandler kann bei 3 V am Eingang 5 V bei 200 mA an seinem Ausgang bereitstellen. Wer die Platine nachbauen möchte, findet die KiCad-Daten im Download zu diesem Artikel. Im Rendering (**Bild 3** und **Bild 4**) lässt sich schon gut erkennen, wie die Platine später aussehen soll - und auch wie der auf der Rückseite „abgedruckte“ Schaltplan wirken wird. Die fertige Platine ist in **Bild 5** und **Bild 6** zu sehen. ◀

220138-02

Sie haben Fragen oder Kommentare?

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

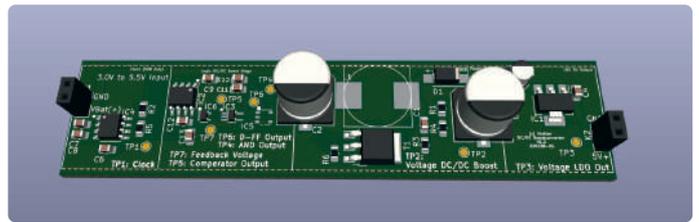


Bild 3: 3D-Ansicht der Vorderseite aus KiCad.

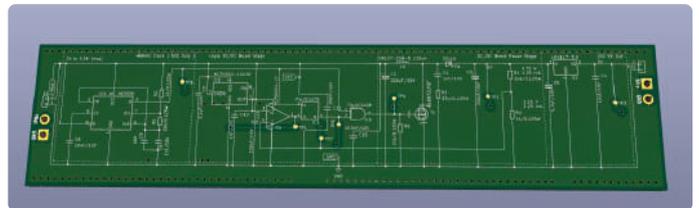


Bild 4: 3D-Ansicht der Rückseite.



Bild 5: Oberseite des Prototypen.

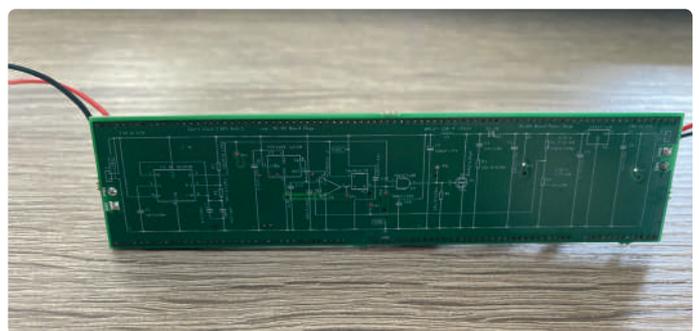


Bild 6: Unterseite der Platine.



Passende Produkte

- **DIY LiPo Supercharger Kit (by GreatScott!)**
(SKU 19525) www.elektor.de/19525
- **Velleman VTSS230 - 2-in-1 SMD-Heissluft-Löt-Station**
(SKU 19833) www.elektor.de/19833
- **Andonstar ADSM201 HDMI Digital-Mikroskop mit 3" LCD**
(SKU 18063) www.elektor.de/18063

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

WEBLINKS

- [1] SM6VFZ, „Boost regulator with ATtiny“: <https://sm6vfz.wordpress.com/2020/12/11/boost-regulator-with-attiny/>
- [2] Datenblatt onsemi MC34063: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/mc34063a-d.pdf>

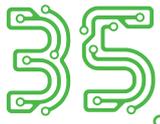
15.–18. November 2022

Driving sustainable progress.

Die Zukunft schon heute erleben.
Auf der electronica 2022.

Save the date!





Zwei Potentiometer an einem digitalen Eingang

Wo ein Wille ist, ist auch ein Weg

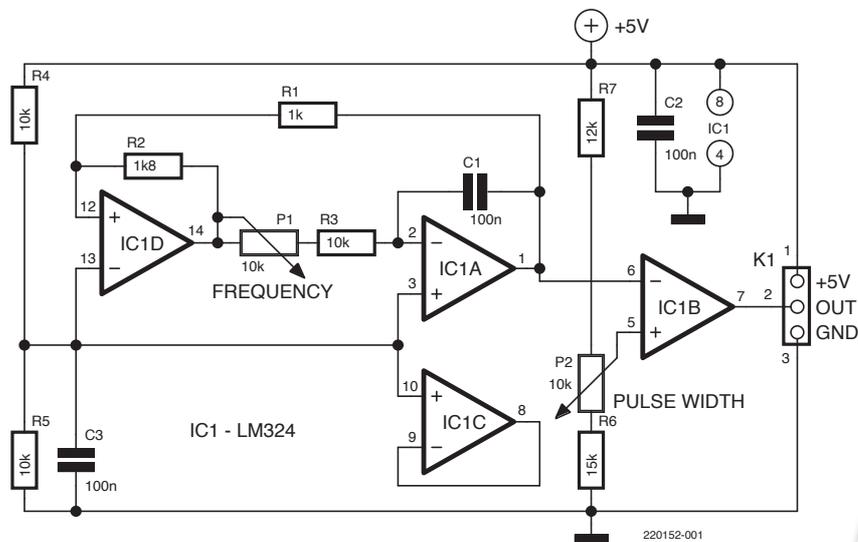


Bild 1. Diese Schaltung, ein klassischer Dreieck- und Rechteckwellengenerator auf Op-Amp-Basis, liefert das Eingangssignal für die Potentiometer-Decoder-Software.



Von Clemens Valens (Elektor)

An anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe erfahren Sie, wie man zwei „digitale“ Drehgeber an nur einem Analogeingang des Mikrocontrollers anschließen kann. Jetzt wollen wir gewissermaßen das Gegenteil tun, nämlich zwei analoge Potentiometer an einen digitalen Eingang anschließen.

elektor TV

Sehen Sie sich ein Video zu diesem Projekt an!



Um einen analogen Wert mit einem Mikrocontroller zu lesen, braucht man einen Analog-Digital-Wandler (ADC). Mikrocontroller haben in der Regel viele digitale I/Os, aber meist nur wenige interne ADCs, wenn überhaupt. Deshalb sollten Sie interne analoge Eingänge für etwas Wichtigeres als dem Auslesen von Potentiometern einer Benutzerschnittstelle verwenden. Solche einfachen Aufgaben kann man auch mit digitalen Eingängen erfüllen.

So etwas wie ein Spannungs-Frequenz-Wandler wandelt ein analoges Signal in ein digitales Ein-Bit-Signal, ein symmetrisches Rechtecksignal mit variabler Frequenz um. Eine andere Möglichkeit ist ein Rechteck mit fester Frequenz, aber variabler Pulsbreite, was man als PWM bezeichnet. Dabei ist das Tastverhältnis unabhängig von der Frequenz des Signals.

Diese Tatsachen können wir nutzen, um die Stellungen zweier Potentiometern mit nur einem Rechtecksignal zu übertragen. Eines der Potis bestimmt die Frequenz, das andere das Tastverhältnis. Ein Mikrocontroller misst die Frequenz und das Tastverhältnis des eingehenden Signals und wandelt diese Werte wieder in Potentiometerpositionen um.

Eine klassische Schaltung

Bild 1 zeigt eine Schaltung, die diese Art von Signal erzeugen kann. Es handelt sich um einen klassischen Dreieck-/Rechteck-Oszillator auf Opamp-Basis. Sie können aber auch jeden anderen Oszillatortyp verwenden, der eine Rechteckwelle mit variabler Frequenz und variablem Tastverhältnis erzeugen kann. Der Clou dieses Projekts liegt also nicht in der Schaltung, sondern in dem, was wir mit dem Signal machen. IC1D bildet zusammen mit R1 und R2 einen Komparator mit positiver Rückkopplung. IC1A, P1, R3 und C1 arbeiten als invertierender Integrator. Wenn der Ausgang von IC1D low ist, steigt der Ausgang von IC1A mit einer durch P1, R3 und C1 bestimmten Geschwindigkeit an. Die Spannung am nicht-invertierenden Eingang (Pin 12) von IC1D steigt ebenfalls an, bis sie höher ist als die feste Spannung am invertierenden Eingang (Pin 13). Jetzt kippt der Ausgang von IC1D auf high und zieht dank des Widerstands R2 den nicht-invertierenden Eingang hoch. Die Spannung an diesem Eingang ist plötzlich viel höher als an seinem invertierenden Eingang, und so bleibt der Ausgang von IC1D zunächst auf high.

Um zum Ausgangspunkt zurückzukehren, lesen Sie den vorigen Absatz noch einmal, aber mit vertauschtem „hoch“ und „hinunter“ beziehungsweise „low“ und „high“. Der Oszillator schwingt!

Der Ausgang von IC1A ist ein Dreieckssignal, dessen Frequenz von Potentiometer P1 eingestellt wird. Der Wert von P1 bestimmt die Minimalfrequenz, R3 legt die Maximalfrequenz fest. Die Frequenz wird natürlich auch durch C1 beeinflusst. Mit den angegebenen Bauteilwerten habe ich einen Bereich von etwa 250...500 Hz erhalten, was ein Mikrocontroller spielend leicht verarbeiten kann.

IC1B vergleicht das Dreieckssignal mit der durch P2, R6 und R7 eingestellten Spannung. Wenn die Dreiecksspannung niedriger als der Schwellwert ist, ist der Ausgang von IC1B high, und wenn sie höher als der Schwellwert ist, ist der Ausgang low. Das Ergebnis ist ein Rechtecksignal mit einem durch P2 gesteuerten Tastverhältnis. Mit den angegebenen Bauteilwerten kann das Tastverhältnis im Bereich von etwa 10...90 % eingestellt werden. Durch Anpassung von R6 und R7 kann der Bereich verändert werden. Im Idealfall hätten sie identische Werte, aber da das Dreieckssignal nicht perfekt um die halbe Versorgungsspannung zentriert ist, sind die Widerstände leicht unterschiedlich.

IC1C wird nicht verwendet und ist so geschaltet, wie es sich für nicht genutzte Operationsverstärker in einer Schaltung gehört. C2 und C3 sind die üblichen Entkopplungskondensatoren.

Dekodierung ist einfach

Die zur Dekodierung des modulierten Rechtecksignals erforderliche Software kann recht einfach gehalten bleiben. Wie üblich gibt es mehrere mögliche Ansätze. Die von mir verwendete Methode besteht darin, in der Hauptschleife das Signal nur ab und zu zu überprüfen; es hat keinen Nutzen, dies mit einer superhohen Rate zu tun. Ein Intervall von 10 ms oder so ist gut genug. Dann wartet das Programm auf eine Pegeländerung/Flanke des Signals, wobei man natürlich immer die gleiche Flanke (fallend oder – wie bei mir – steigend) wählt.

Sobald die Flanke erkannt wird, merkt sich das Programm diese Zeit t_0 und beginnt, auf die nächste Flanke zu warten, in meinem Fall eine fallende Flanke. Wenn diese eintrifft, notiert das Programm erneut die

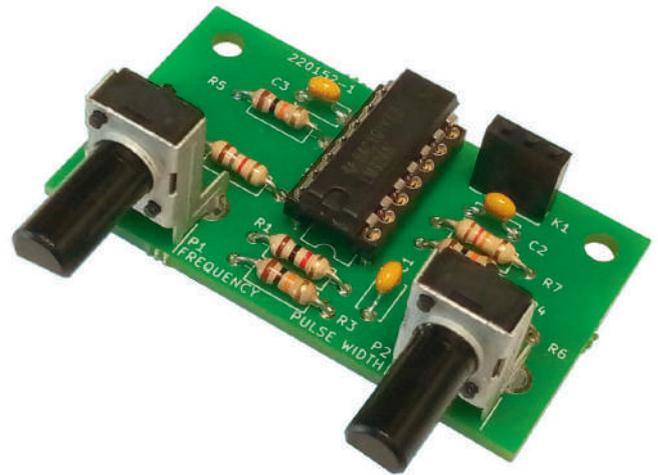


Bild 2. Der Prototyp in seiner ganzen Pracht.

Zeit, und zwar als t_1 , und wartet dann auf die dritte Flanke. Und wenn diese Flanke erkannt wird, wird der Zeitpunkt als t_2 gespeichert. Wir haben nun drei Zeitstempel, aus denen wir die Frequenz und das Tastverhältnis berechnen können:

$$\text{Periode: } T = t_2 - t_0 \text{ (s)}$$

$$\text{Frequenz: } f = 1/T \text{ (Hz)}$$

$$\text{Tastverhältnis: } D = 100 * (t_1 - t_0)/T \text{ (\%)}$$

Aus diesen Werten lassen sich die Positionen der linearen Potentiometer ableiten (in Prozent):

$$P1 = 100 * (f - f_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}) \text{ (\%)}$$

$$P2 = 100 * (D - D_{\min}) / (D_{\max} - D_{\min}) \text{ (\%)}$$

Beachten Sie, dass Sie die Frequenz nicht berechnen müssen, wenn Sie stattdessen minimale und maximale Perioden angeben. Die erhaltenen Werte sind etwas ungenau, was hauptsächlich auf das Rauschen der Potentiometer zurückzuführen ist, so dass Sie eventuell eine Filterung vornehmen sollten.

Derselbe Algorithmus lässt sich mit Hilfe von Interrupts implementieren, wodurch er als Hintergrundaufgabe ausgeführt werden kann. So bleibt die Hauptschleife frei für andere Aufgaben.

Drei Potentiometer?

Nun werden die Schlaumeier vielleicht sagen, warum nicht auch noch eine Amplitudenmodulation des Rechtecksignals? Dann haben wir drei Potentiometer statt nur zwei! Nun, das kann man natürlich machen, aber dann bräuchte man doch einen Analogeingang am Mikrocontroller, und unser Ziel war es ja, keinen Analogeingang zu verwenden.

Mehr als ein Zaubertrick

Die hier vorgestellte Technik ist mehr als nur ein Trick oder eine Kuriosität. Da die Informationen in binärer Form über eine einzige Leitung transportiert werden, ist sie störungsresistent und ermöglicht große Entfernungen zwischen den Potentiometern und dem Mikrocontroller. Außerdem ist es einfach, eine galvanische Trennung hinzuzufügen. Dies eignet sich beispielsweise für medizinische Anwendungen oder für die sichere Steuerung eines Systems, das direkt an der Netzspannung angeschlossen ist. Es kann auch über eine Infrarotverbindung betrieben werden, so dass Sie eine Art Fernsteuerung erhalten. Alle Dateien für dieses Projekt einschließlich eines Platinenentwurfs können unter [1] heruntergeladen werden. ◀

220152-02



Passende Produkte

- Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (SKU 17967) www.elektor.de/17967
- Elektor Ultimates Sensor-Kit (SKU 19104) www.elektor.de/19104

Stückliste

Widerstände:

(5%, 0,125 W)
 R1 = 1 k
 R2 = 1k8
 R3,R4,R5 = 10 k
 R6 = 15 k
 R7 = 12 k
 P1,P2 = 10 k, Potentiometer,
 linear, liegend

Kondensatoren:

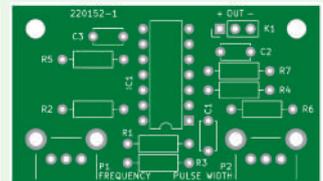
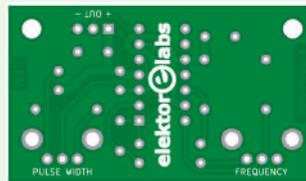
C1,C2,C3 = 100 n, Raster 5 mm

Halbleiter:

IC1 = LM324

Außerdem:

K1 = 1x3-polige Stiftleiste,
 Raster 0,1"



↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

WEBLINK

[1] Dieses Projekt auf Elektor-Labs.de: <https://www.elektormagazine.de/labs/two-potentiometers-on-one-digital-input>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #07

In kommerziellen NiCd-Ladegeräten findet man meist eine zwar kaum nennenswerte, aber für eine Primitiv-Ladung ausreichende Elektronik, die aus nichts anderem als dem (Stecker-) Netzteil, zwei Widerständen und einer Leuchtdiode besteht. Widerstand R1 erfüllt dabei eine Doppelrolle, er legt nämlich einerseits den richtigen Ladestrom fest und generiert andererseits einen Spannungsabfall, so daß die LED leuchten kann, wenn ein ausreichender Ladestrom fließt. Es wird mit einem Strom von ungefähr 0,25 C, also einem Viertel der Nennkapazität geladen. Ein Akku ist ziemlich schnell in vier bis fünf Stunden voll, gleichzeitig ist es aber kein Malheur, läßt man den Akku einmal eine Stunde zu lang am Ladegerät.

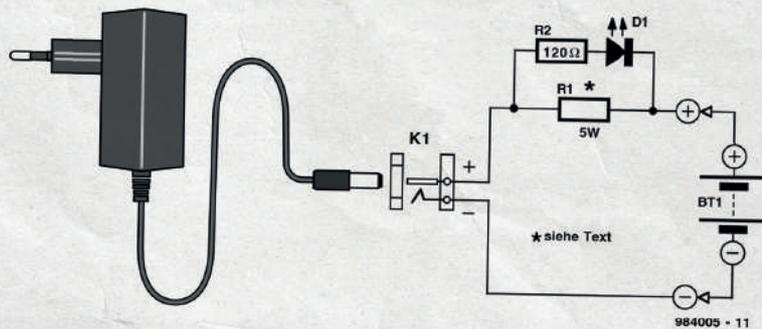
Zur Dimensionierung wendet man Faustformeln an. Gegeben ist die Kapazität und die Nennspannung des Akkus. Das Netzteil muß eine Spannung liefern, die um den Spannungsabfall über R1 von 3,3 V höher ist das

1,17fache der nominalen Akkuspannung. Das Netzteil muß einen Strom liefern können, der mindestens die Hälfte der Akkukapazität (0,5 C) beträgt. Auch die Farbe der LED (nämlich rot) ist wichtig, da rote LEDs die niedrigste Diodenspannung aufweisen. Mit der Tabelle wird das Umrechnen zum Kinderspiel. Für R1 sollte man stets eine 5-W-Version wählen. Die Tabelle gilt für Akkus mit einer Kapazität von 1 Ah. Bei anderen Kapazitäten wird der rechnerische Wert für R1 aus der Tabelle durch den Wert der Akkukapazität geteilt und erst anschließend der neue E12-

Akkuspannung	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	V
Minimale Spannung	4,7	6,1	7,5	8,9	10,3	11,7	V
Netzteilspannung	4,5	6	7,5	9	12	12	V
R1 (rechnerisch)	12,4	12,8	13,2	13,6	20	14,4	Ω
R1 (E12-Reihe)	15	15	15	15	22	15	Ω
R2	120	120	120	120	240	120	Ω

Wert bestimmt. Geht es beispielsweise um einen 6-V-Akku mit einer Kapazität von 0,6 Ah, teilt man 20 Ω/0,6 und erhält für R1 den E12-Wert 33 Ω.

Wert bestimmt. Geht es beispielsweise um einen 6-V-Akku mit einer Kapazität von 0,6 Ah, teilt man 20 Ω/0,6 und erhält für R1 den E12-Wert 33 Ω.



Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop

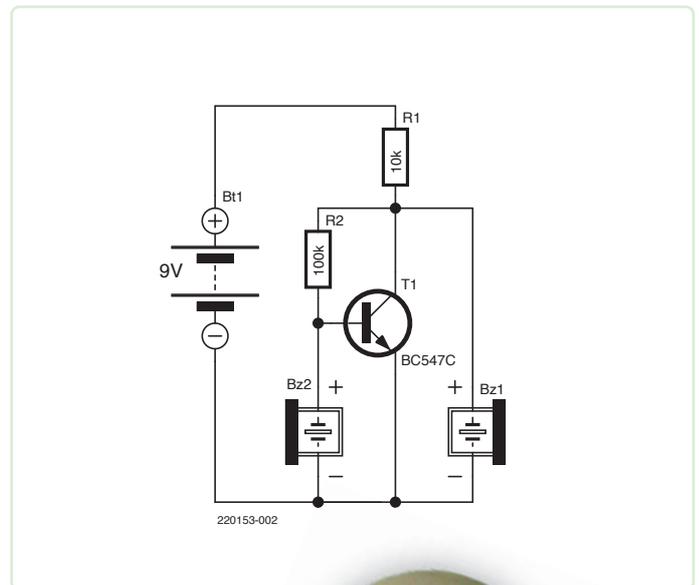


www.elektormagazine.de/summer-quiz7

36 Akustischer Näherungssensor

Von Burkhard Kainka (Deutschland)

Man kennt das Prinzip von Ultraschallsensoren, aber es funktioniert auch im hörbaren Bereich mit zwei Piezo-Schallwandlern.



Einer dieser Piezo-Schallwandler arbeitet als Mikrofon, der andere als Lautsprecher. Dazwischen liegt ein einfacher Verstärker mit einem einzelnen Transistor in Emitterschaltung. Hält man die beiden Wandler nahe aneinander, kommt es zu einer akustischen Rückkopplung mit einem hörbaren Pfeifen. Die Position muss nun so ausgerichtet werden, dass gerade noch kein Geräusch entsteht. Wenn man dann eine Hand oder einen Gegenstand annähert, kommt es zu einer Reflexion des Schalls und damit wieder zur Rückkopplung. Die Annäherung bewirkt damit einen gut hörbaren Ton.

Manche Piezoscheiben haben drei Anschlüsse. Zwei getrennte Flächen wirken ähnlich wie ein Mikrofon und ein Lautsprecher. Dieselbe Schaltung wie oben macht aus einem solchen Piezo-Wandler einen aktiven Schallgeber. Die abgebildete Scheibe stammt aus einem alten Rauchmelder, deren große Lautstärke ist ja bekannt ist. Der Trick ist dort, dass mit einer Spule die Spannung stark erhöht wird. Der Summer funktioniert aber auch mit unserem Transistor und den zwei Widerständen. ◀

220153-02



Mit intelligenter Software Hardware minimieren

Die Technik von InnoFaith unter der Lupe

Von Jan Buiting (Elektor)

In der letzten Elektor-Ausgabe habe ich Walter Arkesteijn nicht nur als begeisterten Unternehmer, sondern auch als Elektor-Liebhaber und Inspirator kennengelernt. Höchste Zeit, dachte ich mir, das Labor des Eindhovener Unternehmens InnoFaith Beauty Sciences zu besuchen, um herauszufinden, wie ihre High-End-Geräte zur Hautanalyse entstehen.



Bild 3. Ein Blick auf die Kunden-/Patientenseite des Observ 520x. Die Themen Optik und Elektronik verschmelzen hier auf sehr ästhetische Weise.

Um die Arbeitsweise der Hard- und Softwareentwickler von InnoFaith zu verstehen, ist es sinnvoll, einen Blick auf die Firmenphilosophie zu werfen. Das ist im Hightech-Industriegebiet ESP im niederländischen Eindhoven nicht schwer. Wie bereits im vorangegangenen Artikel [1] erläutert, sind Kreativität und Zusammenarbeit zentrale Faktoren im Unternehmen, und diese Fähigkeiten werden auf allen Ebenen umfassend und konsequent eingesetzt. Zum Beispiel tragen fast alle Mitarbeiter von InnoFaith zum „Look and Feel“ der App bei, die zu ihrem Hauptprodukt, dem Hautanalysegerät Observ 520x gehört. Wie Walter Arkesteijn betont, sind sich alle bewusst, dass sie ein technisch komplexes Produkt für hauptsächlich nicht-technische Benutzer entwickeln, die ihrerseits mit Kunden in einer Klinik oder an einem anderen Ort arbeiten, an dem Hautanalysen durchgeführt werden.

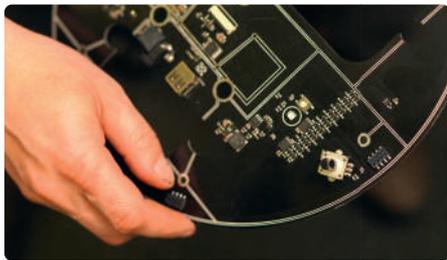


Bild 1. Mit einfachen Einsen und Nullen und ein paar Transistorpaaren kann jede LED in einer Kette einzeln ein- und ausgeschaltet werden.

Trotz der großen Menge an internem und externem Input rund um das Produkt kommt es natürlich vor, dass die Techniker bei einem Problem um Hilfe bitten müssen oder bei einer Software- oder Hardwareentwicklung stecken bleiben. Arkesteijn beginnt dann mit ihnen zu „reflektieren“, ein Prozess, bei dem kurze Momente des Stoppens und Umkehrens in den Entwicklungsablauf eingefügt werden, bis ein Ausweg erfolgreich gefunden ist. Manchmal ergibt sich daraus sogar ein völlig neues (Teil-) Produkt oder (Software-) Modul, das zur späteren Verwendung ins Regal gestellt werden kann. Diese Gespräche sind also eher anregend als kritisch, was die Techniker sehr zu schätzen wissen. Die Kommunikationswege bei InnoFaith sind sehr kurz.

Eintreten in das Labors

Siedse Buijs ist leitender, multidisziplinärer Elektronikingenieur bei InnoFaith. Bei der Produktentwicklung arbeitet er hauptsächlich mit dem leitenden Ingenieur Han van Triest und den Softwareentwicklern Rowan Dings und Sander de Laat zusammen.

Bei einem Besuch im Bereich der Elektronikentwicklung von InnoFaith kann ich das Ergebnis des Spiels Software gegen Hardware erahnen, das auch Elektor-Lesern bekannt ist: **1:0**. Oder vielleicht 2:1, aber auf jeden Fall zugunsten von Bits, Bytes und C++ gegenüber Transistoren und Löt Rauch. Bei InnoFaith lautet die technische Devise: Vereinfache

deine Hardware bis zum Äußersten und lass die Software und vor allem den Mikrocontroller die Arbeit machen.

Ein schönes Beispiel ist die Steuerung einer Reihe von UV-LEDs, die in Ringform angeordnet sind. Siedse zeigt die Platine eines frühen Prototyps (**Bild 1**) und erklärt, dass man „alle LEDs schön einfach in Reihe schalten und sie durch eine Konstantstromsteuerung gleichmäßig leuchten lassen kann, aber was ist, wenn man ein oder zwei LEDs in einer solchen Kette ein- oder ausschalten möchte, um ein bestimmtes Lichtmuster statt eines Kreises zu erhalten?“ Die Antwort liegt auf der kreisförmigen Platine: kein Bauteilgrab mit großen Kühlkörpern, sondern ein Feld von SMD-MOSFETs, in dem softwaregesteuert jede einzelne LED abgeschaltet werden kann, ohne die Helligkeit der anderen zu verringern. Das Konzept der „Kommunikation“ im Labor

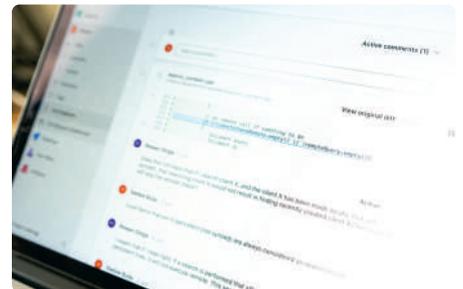


Bild 2. Ich schaue nur im Technikforum nach, ob jemand eine Lösung für mein Problem kennt.



Bild 4. Die interaktive Hilfe zur präzisen Kopfpositionierung und -stabilisierung im Observ 520x.



Bild 5. Zertifizierte Standardmodule und „Dongles“ erleichtert die Entwicklung eines komplexen Geräts wie dem Hautanalysegerät Observ 520x.

beschränkt sich nicht auf elektronische Bauteile, Busse und dergleichen - es gibt viele Auseinandersetzungen, Diskussionen und Brain-Stormings in einem lebhaften technischen Forum, in dem Siedse und seine Kollegen täglich mit viele externen Köpfen beraten, wie es in **Bild 2** zu sehen ist.

Das Observ 520x

Han van Triest erklärt uns leidenschaftlich das Funktionsprinzip des Observ 520x, dem Flaggschiff des Unternehmens, das weltweit unter dem Markennamen Sylton vertrieben wird. Sechs softwaregesteuerte UV-LEDs fungieren als Punktlichtquellen, die jeweils eine präzise geformte Reflektorschale beleuchten (**Bild 3**). Diese Untertassenform ist ein Meisterwerk der Optik und der Physik. Das Gesicht des Kunden kann mit diffusem Licht gut beleuchtet werden, da die Lichtquellen vollständig konfigurierbar sind. Für die Messung muss der Kunde den Kopf in einem optimalen Abstand zum Sensor halten. Dazu dienen eine Kinnstütze und eine interaktive „Einparkhilfe“, die dem Patienten/Kunden mit einem Strich auf einem superkleinen Display anzeigt: „nach oben bitte“ oder „nach unten bitte“ (**Bild 4**). Der genaue Abstand zwischen Kamera und Gesicht wird mit einer Ultraschallmessung ermittelt.

Das Bild des Gesichts wird von einer Apple iPad-Kamera aufgenommen, die für ihre Zuverlässigkeit und stabile Bildausgabe besonders bei solchen Anwendung bekannt ist. Währenddessen sieht der Hautspezialist sowohl das Gesicht als auch die Balkenanzeige auf der App (in der Regel verwendet er ein Tablet), wo er auch die Lichtverteilung und -intensität einstellen oder eine bestimmte Aktion vom Patienten verlangen kann. Die UV-Dosis für den Patienten liegt natürlich im Rahmen der allgemein anerkannten Normen und wird genau erfasst.

Die über die App bei verschiedenen Einstellungen gespeicherten Bilder können später

oder vor Ort von einem Hautarzt oder einem Kosmetiker analysiert werden. Außerdem können die vor und nach einer Hautbehandlung aufgenommenen Bilder leicht verglichen werden.

Die Elektronik (die Hardware) des Observ 520x ist absolut minimal; das meiste davon dient der Kommunikation mit der App über Bluetooth und mit der Außenwelt über WLAN.

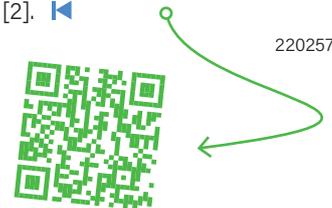
Module = Kein Ärger

Unter den Entwicklern von InnoFaith gilt der Grundsatz der „minimalen Hardware“ auch für Elemente, die man besser als Module kauft als sie selbst zu entwickeln. Der (wohlüberlegte) Kauf und der Einsatz bewährter Komponenten wie eines Netzteils, eines Bluetooth- oder WLAN-Moduls (**Bild 5**) befreit weitgehend von

Problemen mit Zertifizierungen, Einfuhrbestimmungen und Grenzkontrollen. Außerdem bleibt so mehr Zeit für die wirklich interessante Arbeit: die Entwicklung intelligenter Software für die Kommunikation mit diesen Modulen. Schnell, sicher und super zuverlässig – auch für Nicht-Techniker!

In Bild und Ton

Elektor hat der InnoFaith in Eindhoven einen Videobesuch abgestattet. Sie können das Video auf dem Elektor TV-Kanal auf YouTube sehen [2].



220257-B-02

Klar, ein Variac

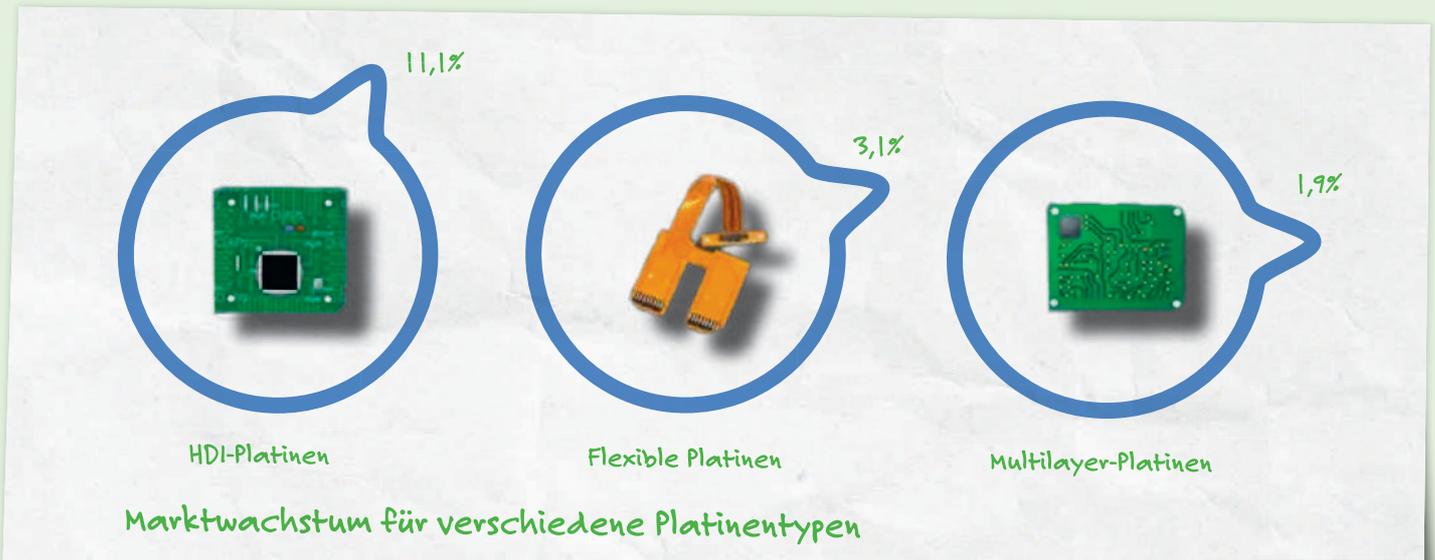
Als einziges „Vintage“-Gerät zwischen all der Miniatur-Elektronik, den Mikrocontroller-Systemen und den hochmodernen Messinstrumenten im Entwicklungslabor von InnoFaith sticht der hellbraune, völlig veraltete Variac an Siedses Arbeitsplatz sofort ins Auge. Das schwere Gerät ist ein so genannter Stelltransformator ohne galvanische Netztrennung und dient vor allem dazu, Netzteile auf korrekte Ausgangsspannung und -strom zu überprüfen. „Solche Netzteile werden mit unseren Geräten geliefert und dann will man doch wissen, ob sie bei all den verschiedenen Netzspannungen auf der Welt wie 110 V, 115 V, 230 V, 240 V und so weiter die Spezifikationen erfüllen“, erklärt Siedse. „Jeder kann eine Spezifikation auf die Plastiksachtel drucken, aber messen heißt, es genau zu wissen. Bei einem solchen Steckernetzteil schaue ich mir die Stabilität, die Wärmeentwicklung, die Restwelligkeit und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Spannungsspitzen an - und das alles unter realen und Spitzenlastbedingungen. Ein alter Variac ist dafür einfach ideal.“ Auch wenn ein geeigneter Netzteiltyp gefunden und in großen Mengen gekauft wurde, prüft Siedse weiterhin Muster auf Herz und Nieren.



WEBLINKS

- [1] „Inspiration: Was wirklich wichtig ist“, Elektor 7-8/2022: www.elektormagazine.de/220257-02
- [2] https://youtu.be/cAL17Zl_UvQ

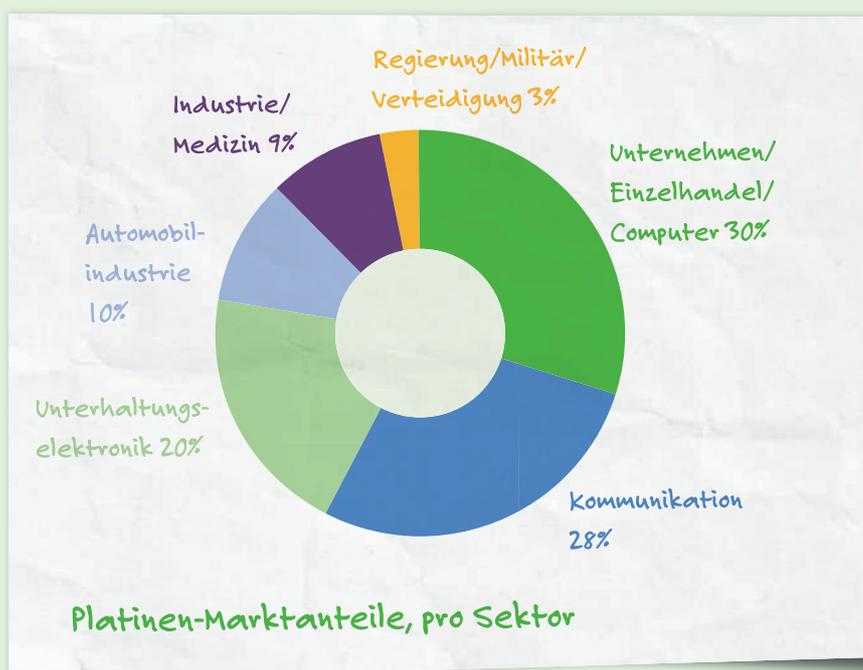
Platinen der nächsten Generation



Die Zeiten, in denen Platinen nur und ausschließlich ein- oder doppelseitig waren, liegen weit hinter uns. Es gibt einige „new kids on the block“. Die High-Density-Interconnect-Platine ist die lebhafteste von allen, mit einer Wachstumsrate von 11,1 % in den kommenden Jahren. Aber vergessen wir nicht die Flex-Platine, die mit einer Wachstumsrate von 3,1 % ebenfalls schnell ihren Kinderschuhen entwächst. Und dann ist da noch die Multilayer-

Leiterplatte, die zwar eindeutig schon aus den Kinderschuhen herausgewachsen ist, aber immer noch voller Energie steckt (1,9 %). Betrachtet man den Weltmarkt für Platinen (der auch die ein- und doppelseitigen umfasst), so beträgt die Wachstumsrate 3,3 %, ausgehend von einem Umsatz von 70,92 Mrd. USD im Jahr 2020 und 86,17 Mrd. USD im Jahr 2026. (Quelle: MKTPCB)

Leiterplatten zeigen, was zuerst kommt

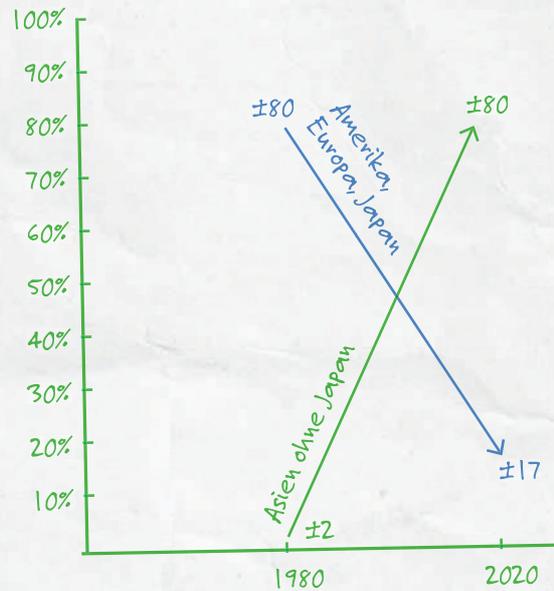


Die Art und Weise, wie Platinentypen auf verschiedene Anwendungen verteilt sind, sagt viel über die weltweite Verteilung der Hardware aus. Ist die Unterhaltungselektronik auf dem Vormarsch oder liegt der Unternehmenssektor bei der Hardware-Nachfrage immer noch vorn? Selbst wenn wir davon ausgehen würden, dass die Hälfte der Telekommunikationshardware und die Hälfte der Automobilhardware aus der Verbrauchernachfrage stammt, wäre der Unternehmenssektor immer noch ein eindeutiger Gewinner bei der Hardware-Nutzung. Das Tortendiagramm zeigt zwar die Zahlen für 2020, doch es gibt keinen Grund zu der Annahme, dass dies 2022 anders sein wird, mit Ausnahme der Militärausgaben aufgrund des Krieges in der Ukraine. (Quellen: Beroe; IndustryARC; PR Newswire)

Die Rollen sind umgekehrt, wenn man 2020 mit ... 1980 vergleicht

Wir alle wissen, dass China den größten Anteil am weltweiten Platinenmarkt übernommen hat. Im Jahr 1980 entfielen 80 % der weltweiten Produktion von Platinen auf die USA, Europa und Japan. Vierzig Jahre später liegt dieser Anteil bei knapp 17 %. Im Jahr 2020 entfielen 52 % des weltweiten Produktionsvolumens auf China. Alles in allem werden heute 90 % der Leiterplatten

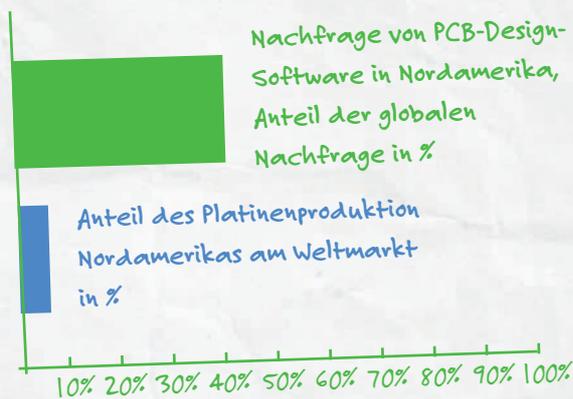
in Asien hergestellt. Europa hat keinen Grund, besonders optimistisch zu sein. In den letzten Jahren ist die Platinenproduktion je nach europäischem Land um 5 % bis 15 % eingebrochen. Die erfolgreichsten Platinenhersteller in Europa und den USA sind diejenigen, die Nischenmärkte wie die Automobil- und Verteidigungsindustrie bedienen. (Quelle: Taiyo America)



Weltweite Produktion von Platinen, Asien vs. Amerika und Europa

Nordamerika: Hochentwickelte Schaltungen, aber geringe Stückzahlen

Platinenproduktion vs. Platinendesign in Nordamerika



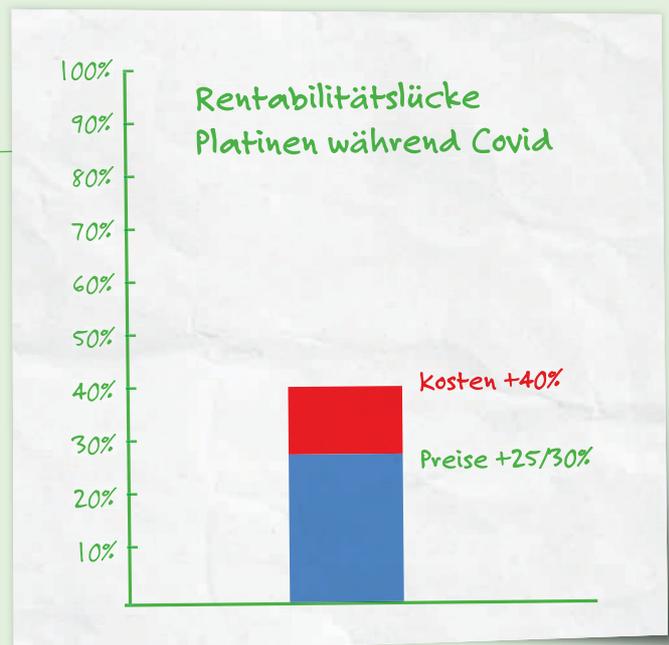
Bei der Untersuchung des nordamerikanischen Marktes für die Platinenproduktion wird nicht nur deutlich, dass Nordamerika nur magere 5 % der weltweiten Platinenproduktion hält. Untersuchungen zeigen auch, dass 40 % aller neuen PCB-Designsoftware von nordamerikanischen Unternehmen gekauft wird. Wie lässt sich ein so großer Unterschied erklären? Im Grunde kann es nur eine Antwort geben: Amerikanische Platinenhersteller sehen sich genau wie ihre europäischen Kollegen als Produzenten von (hoch-)entwickelten Schaltungen, die in eher geringen Stückzahlen verkauft werden. In der Tat: Nischenmärkte sind der Schlüssel.

(Quellen: Future Market Insights; Taiyo America)

Hohe Nachfrage, aber Rentabilität ist eine Herausforderung

Marktforschungsunternehmen sind recht optimistisch, was das Marktwachstum für Platinen in diesem Jahrzehnt angeht. Die Wachstumsraten schwanken zwischen 3 % und 4 %, je nach den von diesen Unternehmen durchgeführten Erhebungen. Allerdings haben die Leiterplattenhersteller Schwierigkeiten, ausreichende Gewinnspannen zu erzielen. Während des Covid-Zeitraums sind die Kosten für die Herstellung einer Platine um etwa 40 % gestiegen, während die OEMs nur eine Preiserhöhung von 25 % bis 30 % akzeptiert haben. Das bedeutet, dass die Platinenhersteller in Europa und den USA nicht nur mit der Konkurrenz aus Asien, sondern auch mit einem erheblichen Anstieg der Materialkosten zu kämpfen haben. Dies ist eine große Herausforderung!

(Quellen: ICABE-Gruppe; NCAB-Gruppe)

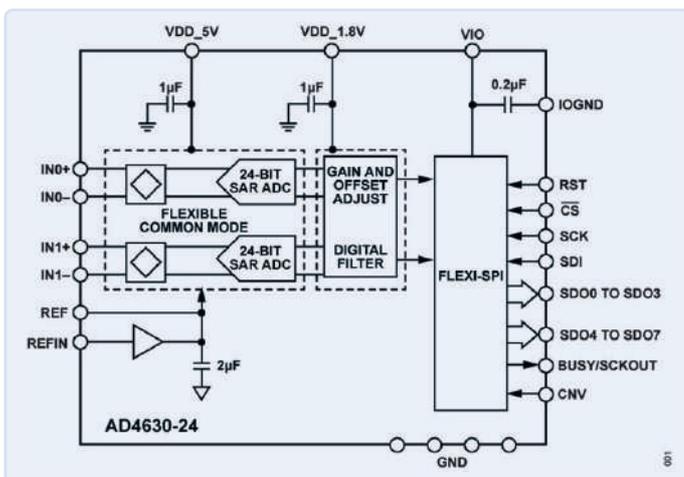


Neuigkeiten von Analog Devices

Interessante ICs für viele Anwendungen

Analog Devices (ADI) ist einer der weltweit großen Entwickler und Hersteller von analogen, Mixed-Signal- und digitalen Signalverarbeitungsschaltungen. Die Produkte werden in praktisch allen Arten von elektronischen Geräten eingesetzt. Auch wenn es für Gerätehersteller in verschiedenen Bereichen derzeit schwierig ist, Halbleiter zu beschaffen, hält dies ADI nicht davon ab, regelmäßig neue Produkte auf den Markt zu bringen. Hier stellen wir eine Auswahl neuer Bauteile vor, von ADCs bis zu Ethernet und von Sicherheitselementen bis zu kompletten 5G-Funklösungen. Dies sollte das breite Spektrum der von den Produkten abgedeckten Anwendungen verdeutlichen.

Neue Easy Drive-SAR-ADCs vereinfachen das Design



Ein neues Portfolio von ultrahochpräzisen 16- bis 24-Bit-SAR-Analog-Digital-Wandlern (ADCs) vereinfacht den oft komplizierten Prozess der Entwicklung von ADCs für Messgeräte, Industrie- und Gesundheitsanwendungen. Die neue ADC-Familie verfügt über die patentierte Easy-Drive-Technologie von Analog Devices und die vielseitige serielle Flexi-SPI-Peripherieschnittstelle, die Herausforderungen beim Systemdesign lösen und die Auswahl an direkt kompatiblen Begleitprodukten erweitern. Mit Easy Drive bleibt die Leistungsfähigkeit der Bauelemente erhalten, während viele der üblichen Herausforderungen des Systemdesigns wie strenge Layout-Richtlinien,

starre Timing-Anforderungen für digitale Schnittstellen und die komplizierte Auswahl von Begleitprodukten entfallen. Die Flexi-SPI-Schnittstelle erleichtert die Zusammenarbeit von Host-Prozessor und ADC durch einfach einzuhaltende Timing-Anforderungen.

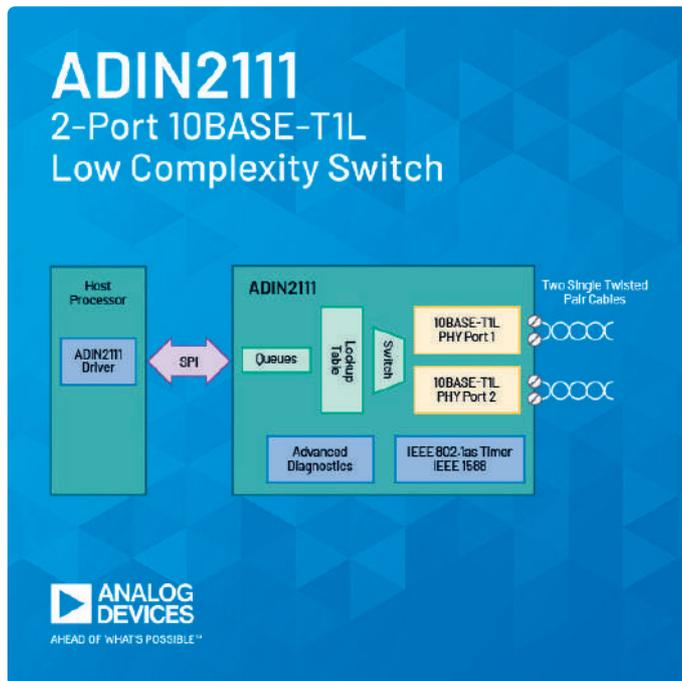
Der 24-Bit-Doppelkanal-ADC AD4630-24 mit simultaner Abtastung bei 2 MSPS pro Kanal ist das erste Mitglied der sechsköpfigen pinkompatiblen ADC-Familie und bietet eine Genauigkeit (INL) von 0,9 ppm, was eine vierfache Verbesserung im Vergleich zu Konkurrenzprodukten darstellt. Der AD4630-24 verfügt über einen Referenzpuffer und alle kritischen Entkopplungskomponenten in einem einzigen Chip, was eine zweifach höhere Bauteildichte im Vergleich zu anderen Chips ermöglicht.

Wichtigste Merkmale AD4630-24

- Garantierte Genauigkeit von 0,9 ppm INL mit einer typischen Performance von 0,1 ppm
- Signal-Rausch-Verhältnis von typisch 105,7 dB
- Das *Chip Scale Ball Grid Array*-Gehäuse (CSP-BGA) enthält alle wichtigen Stromversorgungs- und Referenz-Bypass-Kondensatoren, um die erforderliche Platinenfläche und die Anzahl der Systemkomponenten zu reduzieren
- Ein breiter Gleichtakt-Eingangsbereich gewährleistet die Kompatibilität sowohl mit Single-Ended- als auch mit Differenzeingangssignalen.

www.analog.com/en/products/ad4630-24.html

Langstrecken-Ethernet für Netzwerke in der Gebäudeautomatisierung



Der neue 2-Port-Ethernet-Schalter ADIN2111 ist eine komplette 10BASE-T1L-Ethernet-Lösung für Netzwerke der Gebäudeautomatisierung. Digitale, vernetzte Automatisierungsgeräte ermöglichen ein ganzheitliches Gebäudemanagement von Heizung, Lüftung und Klimatisierung bis hin zum Wohnkomfort. Der neue ADIN2111 ermöglicht die Anbindung von Controllern, Sensoren und Aktoren über Long Reach Ethernet und liefert dabei Erkenntnisse für ein effizienteres und nachhaltiges Gebäudemanagement. Der

ADIN2111 ist ideal für den Einsatz in kleinen, stromsparenden Edge-Geräten geeignet und ermöglicht im Vergleich zu diskreten Implementierungen Einsparungen von bis zu 50 % bei der Stromaufnahme und bis zu 75 % bei der Platinenfläche.

Der ADIN2111 ermöglicht die Übertragung von Daten in Linien- und Ringnetzwerken (Daisy Chain) über bestehende Twisted-Pair-Verkabelung innerhalb von Gebäuden und senkt so die Kosten für die Nachrüstung. Erweiterte Diagnosefunktionen verkürzen die für Inbetriebnahme und Installation benötigte Zeit und verringern Systemausfallzeiten, da Probleme schnell und effektiv mit Hilfe der Echtzeitanformationen über die Verbindungsqualität und den Fehlerort behoben werden können.

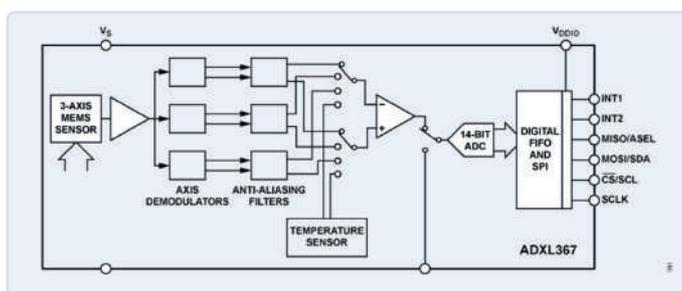
Die Lösung entspricht dem Standard IEEE 802.3cg und ermöglicht Ethernet-Konnektivität über 1,7 km Twisted-Pair-Verkabelung, unterstützt Ringredundanz und Echtzeit-Protokolle wie Modbus/TCP, BACnet/IP und KNX.

Wichtigste Merkmale ADIN2111

- Ultrageringe Leistungsaufnahme von 80 mW
- Kleines LFCSP-Gehäuse (7 mm x 7 mm)
- SPI-Host-Schnittstelle macht Mikrocontroller mit integrierter MAC-Schnittstelle überflüssig
- Erweiterte Paketfilterung entlastet den Prozessor von der Verwaltung des Prioritätsverkehrs über eine Look-up-Tabelle mit 16 MAC-Adressen
- Zeitstempel nach IEEE-1588

www.analog.com/en/products/adin2111.html

MEMS-Beschleunigungssensor mit sehr geringer Stromaufnahme für medizinische und industrielle Anwendungen



Der neue dreiaxige MEMS-Beschleunigungssensor ADXL367 wurde für eine Vielzahl von Anwendungen im Gesundheitswesen und in der Industrie entwickelt, zum Beispiel für die Überwachung von Vitalzeichen, Hörgeräten und bewegungsaktivierten Verbrauchsmessern. Im Vergleich zu dem älteren ADXL362 wurde die Stromaufnahme halbiert und das Rauschverhalten um mehr als 30 % verbessert. Der neue Beschleunigungssensor bietet deshalb eine längere Einsatzzeit: Die Batterielebensdauer wird maximiert und die Wartungshäufigkeit und -kosten reduziert.

Der ADXL367 benötigt nur 0,88 μA bei einer Ausgangsdatenrate von 100 Hz und 180 nA im bewegungsgesteuerten Wake-up-Modus. Im Gegensatz zu Beschleunigungssensoren, bei denen der Strombedarf durch zyklisches Ein- und Ausschalten der Stromversorgung gesenkt wird, entsteht beim ADXL367 kein Aliasing der Eingangssignale durch Unterabtastung, sondern es wird bei allen Datenraten die gesamte Bandbreite des Sensors genutzt.



Wichtigste Merkmale ADXL367

- > 200 nW Leistungsaufnahme bei Bewegungserkennung im Wake-up-Modus und 970 nW im Messmodus
- > Tiefer Multimode-Ausgangs-FIFO, ein eingebauter Mikro-
power-Temperatursensor, ein interner ADC für die synchrone
Umwandlung eines zusätzlichen Analogeingangs, Single-
und Double-Tap-Erkennung und State-Machine zur Vermeidung
von fehlerhaften Triggerungen
- > Funktioniert mit Versorgungsspannungen von nur 1,1 V,
was den Betrieb mit einer einzelnen Batterie ohne externe
Aufwärtswandler ermöglicht.
- > Möglichkeit zur externen Steuerung der Abtastzeit und/oder
eines externen Taktgebers
- > Vielfältige digitale Funktionen wie Single- und Double-Tap-,
Freifall- und Aktivitätserkennung reduzieren den Rechenaufwand
für den Host-Mikroprozessor und verbessern zusätzlich die
Verlustleistung des Systems weiter.

www.analog.com/ADXL367

Eindraht-Secure-Authenticator schützt Produkte kryptografisch

Der „1-Wire ECDSA Secure Authenticator“ DS28E30 ist eine kostengünstige Lösung zur Erkennung und zum Schutz von Produkten vor Fälschungen oder Missbrauch. Durch die Kombination einer kryptographischen Toolbox mit festen Funktionen, die auf dem Industriestandard FIPS 186 Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) basiert, der sicheren Speicherung von Schlüsseln und Anwendungsdaten und der 1-Wire-Schnittstelle mit nur einem Kontakt lässt sich das Bauteil leicht in bestehende oder neue Designs integrieren.

Der DS28E30 bietet sichere Funktionen für die Verwaltung von Tools, Sensoren und anderen Peripheriegeräten mit begrenzter Lebensdauer. Dazu gehören ein monotoner, nicht rücksetzbarer, nur dekrementierender Zähler und ein 3 Kbit großes Allzweck-EEPROM, das optional ECDSA-geschützt werden kann, um Anwendungsdaten einschließlich Informationen über den Lebenszyklus des Endprodukts zu speichern.

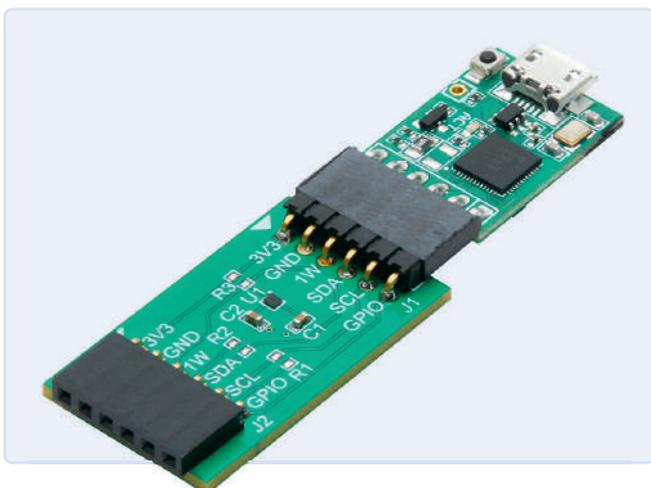
ner, nicht rücksetzbarer, nur dekrementierender Zähler und ein 3 Kbit großes Allzweck-EEPROM, das optional ECDSA-geschützt werden kann, um Anwendungsdaten einschließlich Informationen über den Lebenszyklus des Endprodukts zu speichern.



Wichtigste Merkmale DS28E30

- > 3 Kbit geschütztes EEPROM für Anwenderdaten, Schlüssel und Zertifikat
- > Großer Betriebsbereich: 1,62...5,25 V, -40...+85 °C
- > Kleines 4-Pin-WLP-Gehäuse (1,2 mm x 1,4 mm) im 0,5-mm-Raster

www.maximintegrated.com/DS28E30



Millimeterwellen-5G-Chipsatz reduziert die Anzahl der benötigten Komponenten erheblich



Der neue Chipsatz besteht aus zwei einkanaligen (1T1R) Auf-/Abwärtswandlern (UDCs) und zwei 16-kanaligen Dual-Polarisations-Beamformern auf Basis eines modernen CMOS-Prozesses. Die Leistungseffizienz und die lineare Ausgangsleistung der Beamformer ermöglichen eine Reduzierung von Größe, Gewicht, Strombedarf und Kosten von mmW-basierten Phased-Array-Designs im Vergleich zu konkurrierenden Lösungen. Die Full-Band-UDCs mit hohen Treiberpegeln machen Varianten für bestimmte Frequenzbänder und separate Treiberstufen überflüssig, was den Bauteileaufwand verringert.

Der Chipsatz ermöglicht außerdem die problemlose Nutzung der Phased-Array-Kalibrierungsfunktionen im laufenden Betrieb im Feld, zusätzlich zum werksseitigen Abgleich mit patentiertem IP im nichtflüchtigen Speicher (NVM). So umgehen OEMs die Beschränkungen herkömmlicher NVM-Designs, die auf eine nur einmalige Kalibrierung des Beamformers im Werk beschränkt sind und bei der Nicht-Idealitäten außerhalb der ICs unter den Tisch fallen, was oft zu nichtoptimalen Kalibrierungsergebnissen führte. ◀

220334-02

Ein neuer Millimeterwellen-5G-Front-End-Chipsatz von vier hochintegrierte ICs stellt eine Komplettlösung dar, mit der die Anzahl der für 5G-Funklösungen mit 24...47 GHz benötigten Komponenten erheblich reduziert werden kann. Dadurch können Entwickler die Komplexität verringern und kleinere und vielseitigere Funklösungen schneller auf den Markt bringen.

Die weltweit steigende Verbreitung der 5G-Technik konfrontiert die Betreiber mit einem größeren Druck, die Kosten für die 5G-Einführung zu senken und gleichzeitig ihre Netzausdehnung mit energieeffizienteren, leichteren und zuverlässigeren Funkeinheiten zu erweitern. Dies erfordert hochlineare, kompakte und energieeffiziente Breitbandprodukte, die eine Wiederverwendung vorhandener Designs über mehrere Bänder hinweg ermöglichen, ohne Kompromisse bei Qualität und Leistung einzugehen.

Der mmW-5G-Chipsatz von ADI ermöglicht es OEMs, vom Schmalband-Paradigma abzuweichen, bei dem konkurrierende Lösungen eine Minderung der Bandbreite in Kauf genommen haben, um die Designausführung zu vereinfachen und die HF-Leistung zu verbessern, während sie gleichzeitig kritische Teile des geistigen Eigentums wie physikalische Ausführung, Test und thermische Modellierung auslagern.

Der mmW-5G-Front-End-Chipsatz von Analog Devices

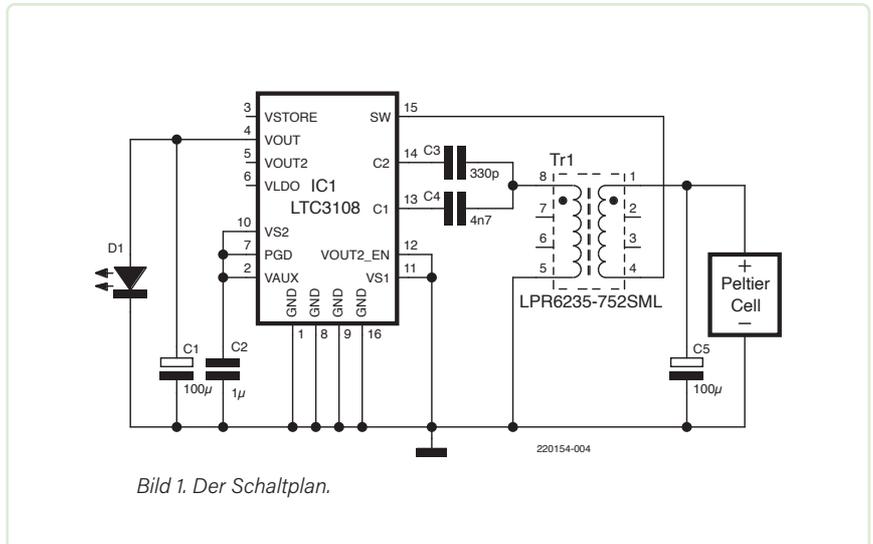
- ▶ **ADMV4828** - 16-Kanal-Beamformer, der das gesamte 24...29,5-GHz-Band in einem einzigen IC abdeckt, mit >12,5 dBm Ausgangsleistung bei 3 % EVM mit einem 400-MHz-64-QAM-5G-NR-Signal bei einer Leistungsaufnahme von nur 310 mW pro Kanal.
www.analog.com/admv4828
- ▶ **ADMV4928** - 16-Kanal-Beamformer, der das gesamte 37...43,5-GHz-Band in einem einzigen IC abdeckt, mit >11,5 dBm Ausgangsleistung bei 3 % EVM mit einem 400-MHz-64-QAM-5G-NR-Signal bei einer Leistungsaufnahme von nur 340 mW pro Kanal.
www.analog.com/admv4928
- ▶ **ADMV1128** - 24...29,5-GHz-Breitband-UDC mit optionalem On-Chip-HF-Schalter und hybriden x2/x4-LO-Multiplikator-modi sowie Basisband-IQ-Unterstützung.
www.analog.com/admv1128
- ▶ **ADMV1139** - 37...50-GHz-Breitband-UDC für das künftige 47-GHz-Band sowie die 5G-NR-Bänder von 37...43,5 GHz in einem einzigen IC mit optionalem On-Chip-HF-Schalter, Hybrid- und mit Basisband-IQ-Unterstützung.
www.analog.com/admv1139

37

Batterieloser Heizkörper-Sensor

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Brauchen Sie Unterstützung beim Energiesparen? Dieser Sensor mit einer blinkenden LED signalisiert, dass die Temperatur eines Heizkörpers ansteigt. Es werden keine Batterien benötigt, da er von einem Peltier-Element gespeist wird.



Linear Technology, jetzt unter den Fittichen von Analog Devices, ist einer der Weltmarktführer auf dem Gebiet des Energy Harvesting. Linear hat den LTC3108-1 im 16-poligen SSOP-Gehäuse mit einem Pin-Abstand von 0,635 mm im Angebot. Dieses IC ist bereits bei einer Eingangsspannung von 20 mV aktiv und kann so konfiguriert werden, dass es als Schaltregler eine Ausgangsspannung von 2,2...5 V erzeugt [1]. Diese Energie kann zur direkten Versorgung einer Last verwendet oder in einem Superkondensator gespeichert werden, um sie später zu nutzen.

Schaltung

In der gezeigten Implementierung wird der Chip über die VS1- und VS2-Pins so konfiguriert, dass er aus der vom Peltier-Element gesammelten Energie eine Ausgangsspannung von 3,7 V erzeugt und diese direkt zum Betrieb einer blinkenden blauen LED verwendet, die an VOUT angeschlossen ist (Bild 1). In diesem Fall wird also kein Supercap verwendet. Der von Linear empfohlene Mikro-Transformator LPR6235-752SML mit dem Wicklungsverhältnis 1:100 ist hier von grundlegender Bedeutung und kann als kostenloses Muster von Coilcraft bezogen werden.

Betrieb

Eine thermoelektrische Umwandlung durch den Seebeck-Effekt findet statt, wenn die beiden Seiten eines Peltier-Elements unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt sind. Wenn die Zelle an der Vorderseite eines Heizkörpers angebracht wird, erwärmt sich jedoch auch die anfänglich kältere Seite nach einiger Zeit, so dass die LED nach einigen Minuten, wenn ein thermisches Gleichgewicht erreicht ist, erlischt (Bild 2). Das Blinken setzt wieder ein, wenn die Temperatur des Heizkörpers wieder ansteigt, und folgt so den Zyklen der Heizungssteuerung. Ein Kühlkörper auf der kalten Seite verlangsamt die Erwärmung und verlängert so die Blinkdauer. Die Beziehung zwischen Temperatur und erhaltener Spannung lässt sich mit der folgenden Formel zusammenfassen:

$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT$$

Wenn man die Seebeck-Koeffizienten S_A und S_B (thermoelektrische Leistung) der beiden für die Thermoelemente verwendeten Materialien konstant hält, erhält man die lineare Beziehung $V = (S_B - S_A) * (T_2 - T_1)$.



Bild 2. Die an der Vorderseite eines Heizkörpers befestigte Schaltung wird bei einem Temperaturanstieg aktiv.



Bild 3. Der Prototyp.

Die Werte der Koeffizienten hängen stark von den Herstellern, den Kosten und der Qualität der verwendeten Materialien ab. Die Zelle TEC-12706 ist die kostengünstigste auf dem Markt und erzeugt mit ihren 127 Bismut-Tellur-Thermoelementen (Bi_2Te_3), die auf einer 40-mm-Keramik-Kachel in Reihe angeordnet sind, etwa 12 mV/K Temperaturdifferenz. Mit dem LTC3108-1 lässt sich die Anzeige in Echtzeit starten, sobald sich der Heizkörper zu erwärmen beginnt. Jede andere Technik würde eine Verzögerung mit sich bringen, da die Schwellspannung der verwendeten Halbleiter überwunden werden muss, um die Spannung auf die für die blinkende LED erforderliche Mindestspannung von 2,4 V anzuheben, und daher erst ab einer Temperaturdifferenz von etwa 40 K bei Germaniumtransistoren beziehungsweise 60 K bei Siliziumtransistoren anspringt.

Prototyp

Mein Prototyp (Bild 3) wurde mit SSOP-DIP-Adaptoren sowohl für das IC als auch für den Mikro-Transformator und vorgebohrten Clips aus dem Fischertechnik-Baukasten zur Befestigung des Geräts an der Vorderseite der Heizung umgesetzt. Die Baugruppe misst etwa 6 x 3 cm, aber bei einer reinen SMD-Bestückung lassen sich die Abmessungen weiter reduzieren. ◀

220154-02

WEBLINKS

[1] LTC3108-1: <https://bit.ly/LTC3108-1-manager>

[2] LPR6235:

<http://www.coilcraft.com/en-us/products/transformers/power-transformers/power-converter-transformers/lpr6235/>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #08

42

Lautsprecher-Balance-Meter

richtige Hilfsmittel zur Hand. Es wird mit den Eingängen L und R einfach an den rechten und linken Lautsprecher-Ausgang angeschlossen. Dem Stereoverstärker führt man sodann auf beiden Kanälen dasselbe Signal zu; möglichst ein Sinussignal von einem Tongenerator. Steht nun an beiden Lautsprecher-Ausgängen das Signal mit exakt gleicher Amplitude wieder an, zeigt das beim Lautsprecher-Balance-Meter vorhandene Drehspulinstrument M1 keine Regung. Das heißt: Das Meßinstrument bleibt in seiner Nullstellung. Da M1 seine Ruhelage in der Skalenmitte hat, weiß man sofort, daß bei z. B. Linksausschlag die Signalamplitude im linken Kanal höher ist als rechts. Also stellt man den Balance-Einsteller so ein, daß der Zeiger wieder auf Null zurückgeht; das asynchrone Potiverhalten ist eliminiert. P1 wird einfach so eingestellt, daß bei Ansteuerung nur eines Kanals und bei maximaler Signalamplitude das Meßinstrument bis zum Endauschlag ausschlägt.

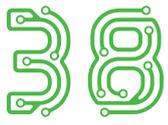
Bei einem Stereoverstärker sind mechanische Probleme, die die Wiedergabe beeinflussen, wohl das letzte, was man an Schwierigkeiten erwartet. Und doch sind sie häufiger vorhanden als allgemein bekannt. Die Auswirkungen allerdings sind so geringfügig, daß sie von den wenigsten auf Anhieb wahrgenommen werden. Verursacher dieser Probleme sind die Stereopotis, deren Gleichlauf auf beiden Widerstandsbahnen nicht selten asynchron ist. Die dadurch unterschiedliche Lautstärke der beiden Kanäle kann mit dem Balance-Einsteller wieder ausgeglichen werden. Wer die Unterschiede exakt feststellen und auch beseitigen will, hat mit dem Lautsprecher-Balance-Meter das

www.elektormagazine.de/summer-quiz8

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop ◀





Wanzen und drahtlose Kameras aufgespürt

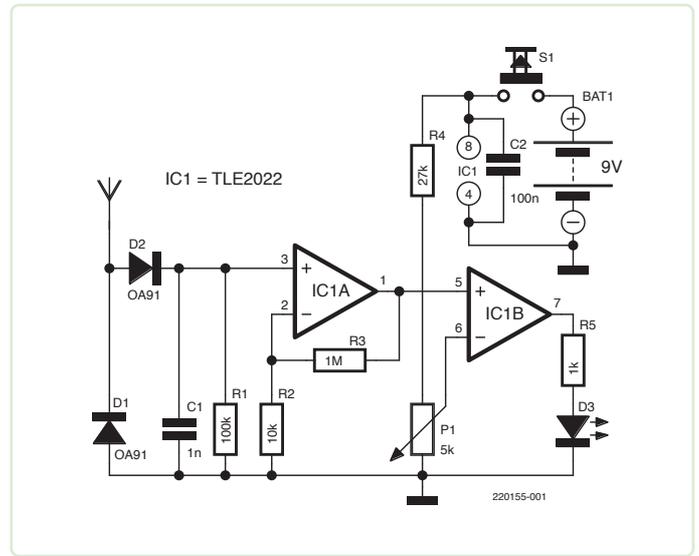
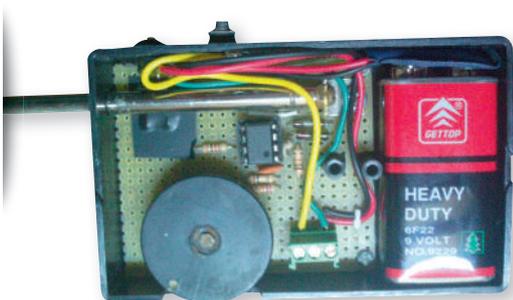
Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Möchten Sie wissen, ob Sie von elektronischen Spionen umzingelt sind? Dann versuchen Sie es mit dieser Schaltung für Frequenzen bis zu 1,2 GHz.

Mit dieser einfachen wie interessanten Schaltung können Sie Sender in der Umgebung aufspüren. Sie wurde für Frequenzen bis zu 1,2 GHz getestet. Ein Funkspion oder eine analoge drahtlose Kamera, die unterhalb dieser Frequenz arbeitet, wird durch das Aufleuchten einer LED signalisiert. Die Empfindlichkeit kann mit einem Potentiometer eingestellt werden und muss, damit die Suche effektiv ist, so weit abgesenkt werden, dass die LED erlischt. Ein Funksignal, das stärker ist als das Hintergrundrauschen, lässt die LED wieder aufleuchten, wenn wir uns in der Nähe des Senders befinden.

Die Schaltung verwendet einen Operationsverstärker TLE2022 von Texas Instruments, aber es spricht nichts dagegen, andere Modelle zu verwenden. Die erste Stufe wird als Signalverstärker für die Detektorschaltung am nicht-invertierenden Eingang eingesetzt. Sie besteht aus einem Paar Germaniumdioden, die empfindlicher sind und eine niedrigere Schwellspannung besitzen als Siliziumdioden. Auf den Diodendetektor folgt ein Tiefpassfilter, das aus einem 1-nF-Keramik-Kondensator parallel zu einem 100-k Ω -Widerstand besteht.

Die zweite Stufe des Operationsverstärkers wird als Pegelkomparator verwendet. Der Ausgang der ersten Stufe ist am nicht-invertierenden Eingang angeschlossen, während der invertierende Eingang mit einem Widerstandsteiler verbunden ist, der aus einem 5-k Ω -Potentiometer (aus einem kleinen Kofferradio entliehen) und einem 27-k Ω -Widerstand besteht. Die Werte wurden so gewählt, dass am Schleifer des Potentiometers in Mittelstellung 0,8 V anliegen. Dieser Schwellwert kann je nach Operationsverstärkertyp variieren. Experimentieren Sie



mit unterschiedlichen Werten für den Festwiderstand des Teilers, bis es passt. Die LED leuchtet auf, wenn das durch die Dioden gleichgerichtete, gefilterte und schließlich durch die erste Stufe des Operationsverstärkers verstärkte HF-Signal zu einer Spannung am Schleifer des Potentiometers führt, die über dem voreingestellten Wert liegt. Am Ausgang der Detektorstufe werden aufgrund der allgegenwärtigen Funksignale immer etwa 4...8 mV gemessen. Bei Annäherung an eine analoge drahtlose 1,2-GHz-Kamera erreichte der Pegel 50 mV und mehr, je nach Entfernung. Bei Tests mit älteren Mobiltelefonen steigt der Pegel sprunghaft an. Bei Smartphones leuchtet die LED aufgrund der höheren Frequenzen erst in einigen Zentimetern Entfernung auf. Mit speziellen HF- und Mikrowellenbauteilen wie dem AD8318 von Analog Devices können Sie die Frequenzgrenze nach oben setzen und sogar Smartphones oder WLAN-Router erkennen.

Die Einfachheit der Schaltung erlaubt es, die Bauteile auf einem Stück Lochraster zu montieren und alles in einer kleinen Plastikbox unterzubringen, in der auch die Batterie enthalten ist. Bringen Sie eine 80 cm lange Teleskopantenne an, um den Empfang zu optimieren. Es ist ratsam, die Länge der Antenne zu variieren, um sie auf die verschiedenen Frequenzen abzustimmen, die erfasst werden sollen. Anstelle eines Schalters könnte auch ein Taster eingebaut werden, so dass sich die Batterie nicht entlädt, wenn das Gerät nach dem Gebrauch versehentlich eingeschaltet bleibt. Platzieren Sie die Germaniumdioden in der Nähe der Antenne.

Auf dem Foto ist ein Prototyp zu sehen. Der „Knopf“ oben ist ein 6-mm-Taster, der mit seinen vier Stiften an 1-mm-Löchern direkt im Kunststoffgehäuse befestigt ist. Es ist genügend Platz für das große Daumenrad des Potentiometers vorgesehen. Dieses Gehäuse besitzt ein Séparée für die 9-V-Batterie. ◀

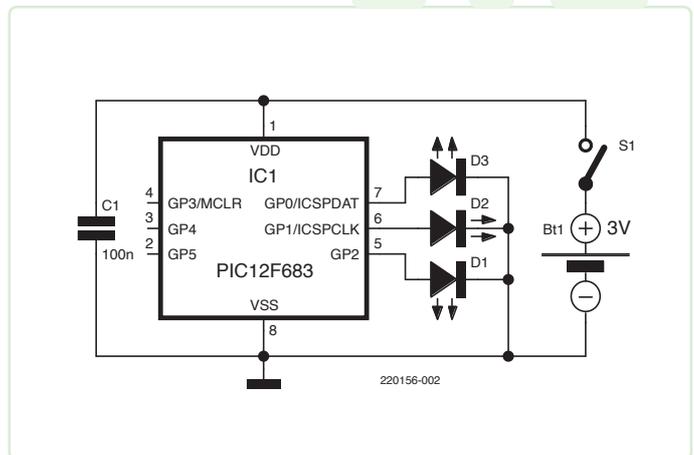
220155-02



Kerzen-Simulator

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Möchten Sie eine Kerze simulieren? Mit diesem einfachen Projekt, das nur ein aktives Bauteil und drei LEDs verwendet, können Sie das. Der Effekt ist extrem realistisch und der Bau dauert nur eine Stunde. Eine Platine ist nicht erforderlich!



Dieser Kerzensimulator besitzt zwei gelbe 5-mm-LEDs und eine große rote 10-mm-LED, wie man auf dem Foto sehen kann. Ein Papierrollchen um die Schaltung vervollständigt das Gerät.

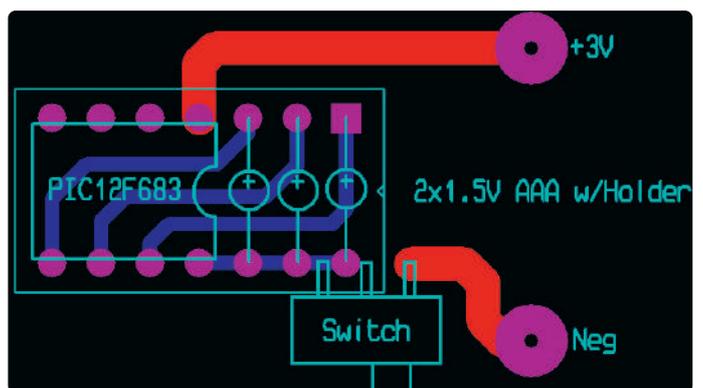
Der Schaltplan ist so einfach wie nur möglich. Sie brauchen nur den PIC von Microchip Technology mit der mitgelieferten HEX-Datei zu programmieren. Selbstverständlich ist für Interessierte auch der Quellcode im Download enthalten [2]. Teile des Codes sind in **Listing 1** dargestellt. Die Helligkeit jeder LED wird schnell geändert; dazu wird ein Timer verwendet, dessen Ablaufzeit immer wieder pseudo-zufällig festgelegt wird. Die neuen Helligkeitswerte (gesteuert durch PWM-Signale an den Ausgangspins) werden ebenfalls zufällig gewählt, innerhalb bestimmter Grenzen, die hartkodiert sind. Die PWM-Signale werden in der Software realisiert.

Auf den Bildern sehen Sie mein Layout, das ich auf einer DIP14-IC-Fassung aufgebaut habe. Acht Pins belegt der PIC12F683, während die anderen sechs zum Experimentieren mit verschiedenen Lichteffekten dienen. So können Sie die drei LEDs in Ihren bevorzugten Farben einsetzen.

Der Halter für die beiden 1,5-V AAA-Batterien wird auf den Kopf gestellt und dient als solide Stütze. Die Schaltung kann mit doppelseitigem Klebeband auf die flache Seite des Batteriehalters beklebt werden.

Die Papierrolle lässt sich mit durchsichtigem Klebeband fixieren. Alkali-Mangan-AAA-Batterien bieten eine ausreichende Kapazität, um die Kerze mehrere Tage in Betrieb zu halten. Sie können aber auch und besser wiederaufladbare NiMH-Akkus verwenden, da die Schaltung schon mit 2 V betrieben werden kann. ◀

220156-02



↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

WEBLINKS

[1] S. Purchiaroni, Projekt-Video: https://www.youtube.com/watch?v=wmvdNMYtW_s

[2] Hex-Code auf der Webseite des Autors: <http://www.purchiaroni.com/progetti/Candela/Candela.hex>



Listing 1. Auszug aus dem Quellcode

```

#define PWM_MIN      110
#define PWM_VAR      145
#define TIM_MIN      200
#define TIM_VAR      400

unsigned short p[6];           // Current PWM duty per each LED 0..5
unsigned int  t=0;           // Remaining time (tics) before duty change
unsigned short pulse=0;       // Current pulse in PWM block [0..255]

...

void OutPwm() {
// Turn on/off all LEDs according to current PWM setting per each LED

unsigned short i;
  for (i=0;i<NUMLED;i++) {
    if (pulse<=p[i]) setbit(GPIO,i); else clearbit(GPIO,i);
  }
}

...

void SetPwm() {
// Set a new random pwm duty cycle value per each LED
// This function is called at duration expiration
unsigned short i;
  for (i=0;i<NUMLED;i++) {
    p[i] = PWM_MIN+random(PWM_VAR);
  }
}

void interrupt() {

...

  if (t==0) {                 // Duration expired
    SetPwm();                 // Change all duty cycles on a random base
    t = TIM_MIN+random(TIM_VAR); // Set a new duration
  }

  t--;                        // Decrease remaining duration

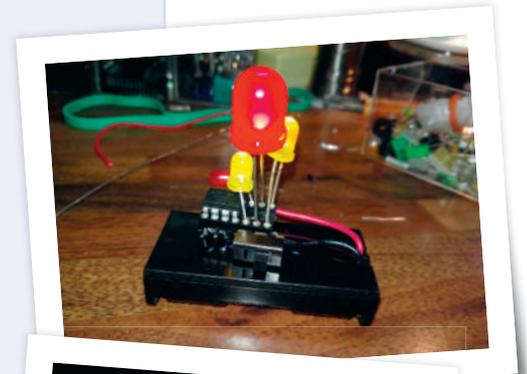
...
}

void main() {

...

  while (True) {
    pulse++;                  // Count 256 pulses in a PWM cycle
    OutPwm();                 // Apply current PWM duty(s)
  }
}

```





41 Digitaler Küchen- timer

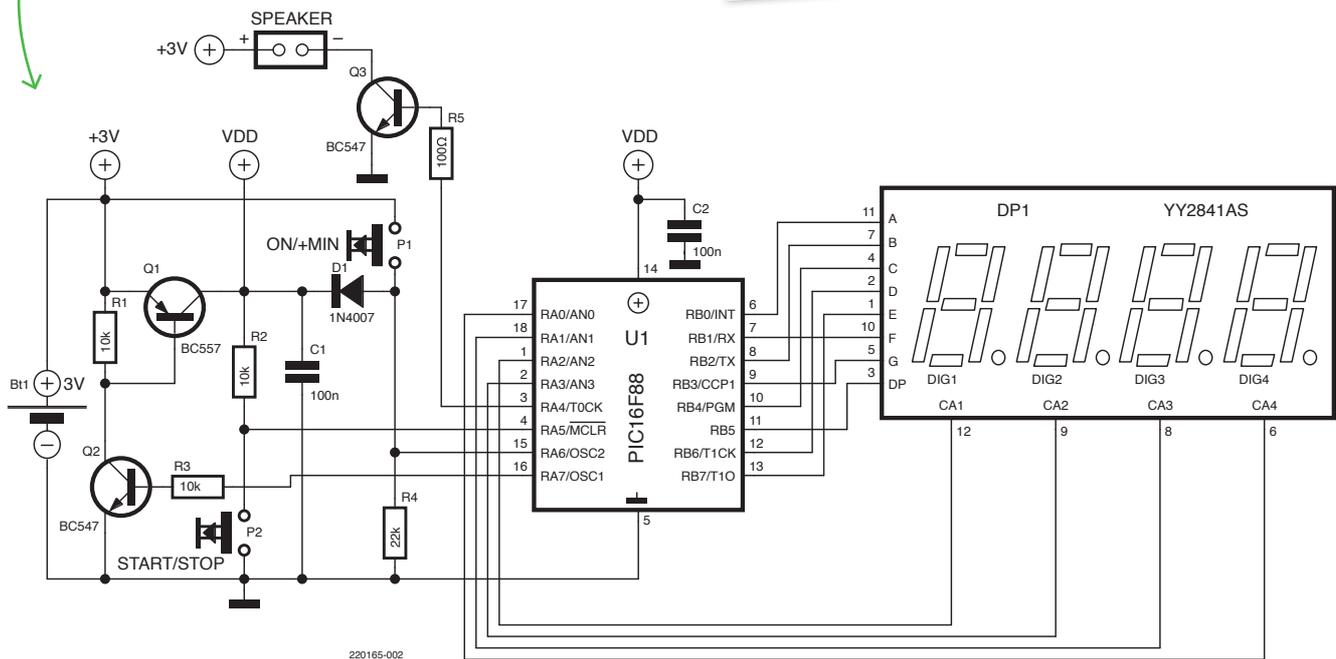
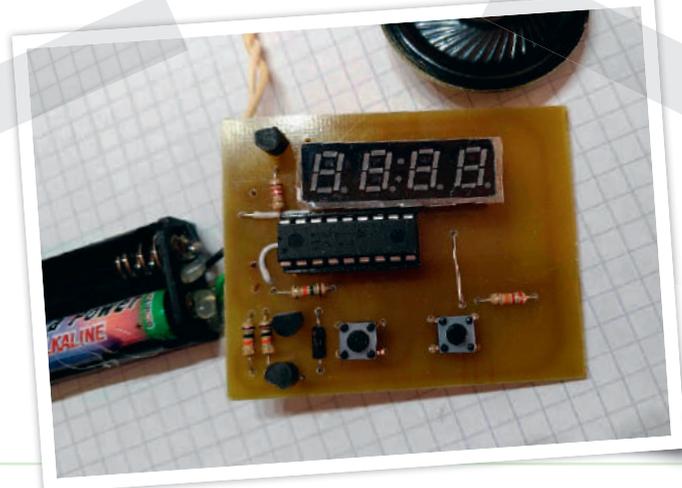


Bild 1. Schaltplan der Küchenzeitschaltuhr.

Von Stefano Purchiaroni (Italien)
 Beim Kochen von Speisen
 ist das Timing eine der
 wichtigsten Zutaten. Dieser
 digitale Timer kann eine
 große Hilfe sein!

Die Anzahl der im Schaltplan (**Bild 1**) verwendeten Bauteile ist sehr gering. Ich habe zwei AAA-Alkali-Mangan-Batterien für die Stromversorgung verwendet und die Widerstände zu den Segmenten der LED-Anzeige eliminiert. Die Schaltung arbeitet dennoch innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte, da die Anzeige mit 500 Hz gemultiplext wird und die Versorgungsspannung sehr niedrig ist. Zudem wird die Spannung für den Controller VDD durch Q1 (und durch D1, wenn der Taster P1 gedrückt wird) noch weiter reduziert wird. Der Ausgangsstrom an den Mikrocontroller-Pins bleibt so unter dem im Datenblatt angegebenen Höchstwert. Der Timer0 des Microchip-Technology-Mikrocontrollers, ein gängiger PIC16F88, ist so konfiguriert, dass er alle 2 ms einen Interrupt erzeugt. Während der Interrupt-Routine wird die

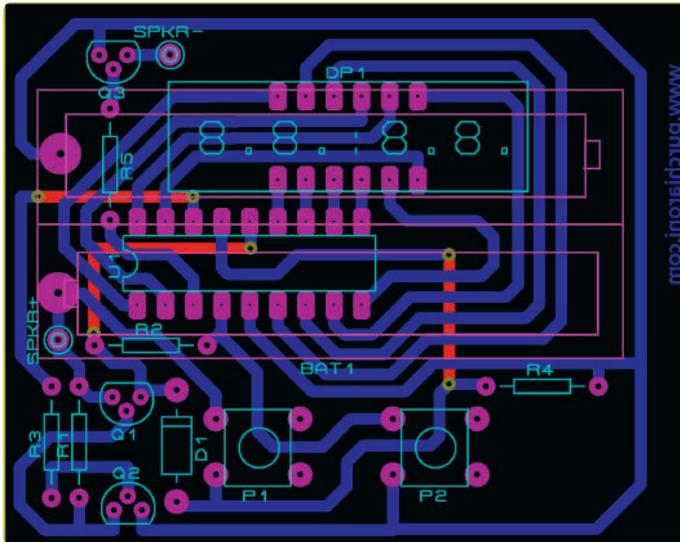


Bild 2. Das Platinenlayout.

Anzeige aktualisiert und die verbleibende Zeit verringert. Nach Ablauf der vom Benutzer eingestellten Zeit ertönt der Alarm durch einen 40-mm-Lautsprecher, der direkt an den Kollektor des NPN-Transistors Q3 angeschlossen ist. Der Alarm ist bis zu einer Entfernung von etwa zehn Metern hörbar.

Der Timer wird durch einen Druck auf den Taster P1 eingeschaltet und der Mikrocontroller über die Diode D1 mit Strom versorgt. Dadurch wird die Ausgangsspannung an RA7 high, so dass über die beiden Transistoren Q2 und Q1 die Stromversorgung eingeschaltet bleibt, bis der Code beschließt, sie zu unterbrechen und den Timer wieder auszuschalten. Ich habe keinerlei Leckstrom bei ausgeschalteter Schaltung feststellen können. D1 ermöglicht es, den Taster P1 bei eingeschalteter Schaltung weiter zu benutzen, ohne dass ein fester High-Pegel an den Mikrocontroller-Eingangspin gelegt würde. Alle Bauteile sind leicht erhältlich.

Betrieb

Bei ausgeschaltetem Timer:

P1 = Einschalten und dann die Zeit erhöhen, auch kontinuierlich durch Gedrückthalten.

P2 = Start des Timers oder Neustart durch Gedrückthalten für mehr als 2 s.

Während des Countdowns:

P1 = Restzeit erhöhen

P2 = Sofortiges Ausschalten

Am Ende des Countdowns, wenn der Alarm ertönt, schalten beide Tasten das Alarmsignal aus. Wird der Timer eingeschaltet, aber nicht innerhalb einer Minute gestartet, schaltet er sich automatisch aus, ebenso wenn der Alarm nicht innerhalb einer Minute gestoppt wird.

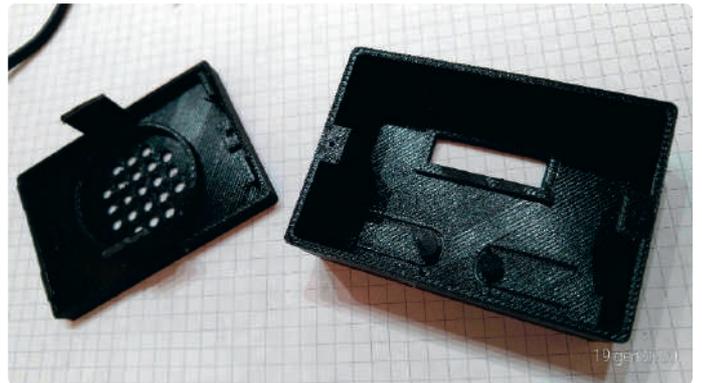


Bild 3. 3D-gedrucktes Gehäuse.

Bauen

Die Gerber- und Bohr-Dateien der Platine für dieses Projekt (**Bild 2**) sind zum Herunterladen verfügbar. Sie können diese Dateien verwenden, um die Platine bei Ihrem bevorzugten Hersteller zu bestellen. Auf derselben Website finden Sie auch die Software für den PIC16F88 sowie die Datei für den 3D-Druck eines maßgeschneiderten Gehäuses für diesen Küchentimer.

DP1 ist eine normale vierfache 7-Segment-Anzeige mit gemeinsamer Kathode, roten LEDs, 0,28" hoch und mit zwölf Pins ausgestattet. C1 (47...100 nF) sollte so nah wie möglich an den Stromversorgungspins des Mikrocontrollers platziert werden. Er ist im Layout nicht eingezeichnet, da er auf der Kupferseite der Platine zwischen Pin 5 (Masse) und Pin 14 (VDD) angebracht werden sollte. Vergessen Sie nicht die drei im Layout rot eingezeichneten Drahtbrücken!

Nachdem Sie alle Teile auf der Bauteilseite der Platine montiert haben, löten Sie den Entkopplungskondensator C1 auf die Kupferseite, direkt zwischen die Stromversorgungspins des Mikrocontrollers.

Das Gehäuse (**Bild 3**) kann mit den Gcode-Dateien aus dem Download 3D-gedruckt werden. Ich habe die Füllung auf 40% eingestellt, um eine robustere Konstruktion zu erhalten. Das Gehäuse wird mit zwei kleinen Schrauben verschlossen. ◀

220165-02

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.

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

42 Milliohm-Meter



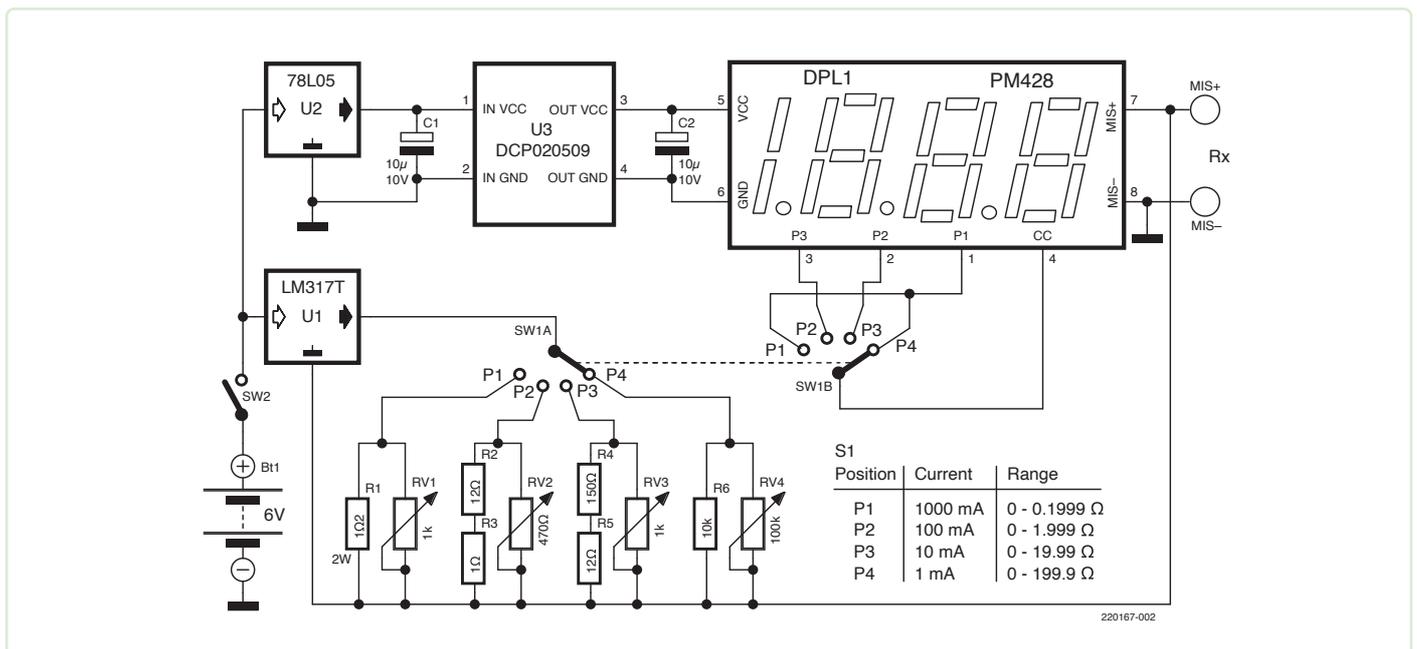
Von Stefano Purchiaroni (Italien)

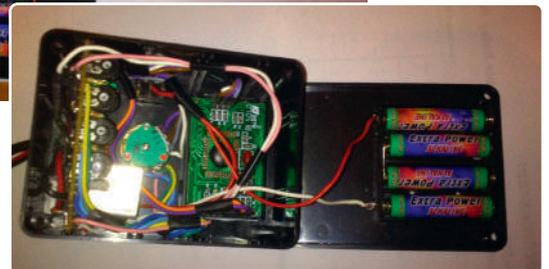
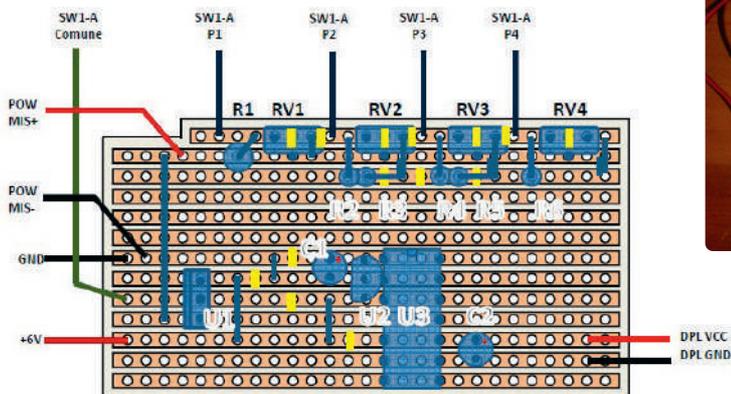
Die Messung kleiner Widerstandswerte ist nicht die Stärke der meisten üblichen Multimeter. Mit diesem Gerät können Sie Widerstände von $100\ \mu\Omega$ bis $200\ \Omega$ in vier Bereichen ($0,2\ \Omega$, $2\ \Omega$, $20\ \Omega$ und $200\ \text{m}\Omega$) und mit einer Genauigkeit von 2 % messen.

die von einem 5-V-Spannungsregler (U2) mit einem nachgeschalteten isolierten +9V-Stepup-Gleichspannungswandler U3 (DCP020509 von Texas Instruments) erzeugt wird. Die Anordnung hat Sinn, denn die Eingangsspannung des Wandlers darf 5,5 V nicht überschreiten, daher der Regler 78L05.

Im unteren Teil des Schaltplans erzeugt ein LM317 in „Konstantstrom-Konfiguration“ einen konstanten Strom durch das einstellbare Widerstandsnetzwerk. Welche Widerstände dabei ins Spiel kommen, bestimmt der Drehschalter SW1 mit vier Stellungen und zwei Ebenen. R1 muss ein 2-W-Widerstand sein. Die zweite Ebene SW1 schaltet den Dezimalpunkt der Anzeige in Abhängigkeit vom gewählten Bereich. Der Bereich P1 ist der für ein Milliohm-Meter entscheidende. Er ermöglicht nämlich Messungen von Widerständen im Bereich $0,1\dots 200\ \text{m}\Omega$, wobei der zu prüfende Rx mit 1 A versorgt wird. Die Zeit der Messung sollte in diesem Bereich sehr kurz gehalten werden, um Batteriekapazität zu sparen. Und noch wichtiger: Prüfen Sie immer, ob der Prüfling auch für 1 A oder mehr ausgelegt ist!

Das Gerät wird mit vier AAA-Lithiumbatterien mit sehr geringem Innenwiderstand mit Energie versorgt. Der obere Teil des Schaltplans besteht aus dem handelsüblichen 3,5-stelligen LCD-Panelmeter DPL1, zum Beispiel einem PM428, mit einem Eingangsbereich von 199,9 mV (Full Scale). Dieses Modul benötigt eine isolierte 9-V-Spannungsversorgung,





Kalibrieren Sie zunächst die Trimpoties, um die in der Tabelle angegebenen Stromwerte zu erhalten, indem Sie den Gleichstrom mit einem direkt an die Ausgangsklemmen angeschlossenen Multimeter messen. Um den zusätzlichen Widerstand der Messfühler zu minimieren, löten Sie die Messleitungen am besten direkt an die Krokodilklemmen. Die Anzeige auf dem LCD-Display entspricht natürlich immer der Summe aus dem Widerstand des Prüflings und dem Widerstand der Messfühler. Letzterer muss von den durchgeführten Messungen abgezogen werden, insbesondere im Bereich P1.

Die Bilder zeigen ein mögliches Layout dieses Milliohmometer auf einem Lochstreifen-Platinenabschnitt (gelb: zu unterbrechende Verbindungen). Sie können auch einige Bilder des Prototyps sehen. ◀

220167-02



Über den Autor

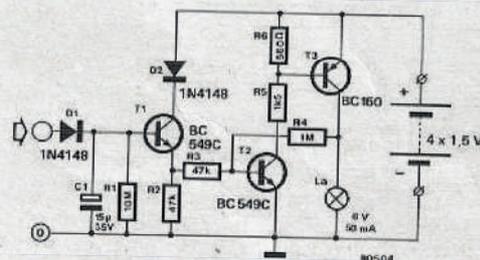
Stefano Purchiaroni, der eine Leidenschaft für Elektronik und Programmieren hat, teilt seine Arbeiten durch die Veröffentlichung von Projekten mit anderen und bietet außerdem an einer Volkshochschule kostenlose Robotikkurse für Jugendliche an. Derzeit ist er bei Telespazio angestellt und arbeitet in einem Satellitenzentrum in der Nähe der Hauptstadt.

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.

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #09

In unseren Breiten kommt es recht häufig vor, daß man mit Beleuchtung fahren muß. Das Unangenehme dabei ist, daß ein Fahrraddynamo nur dann die dafür nötige Energie liefert, wenn er möglichst schnell angetrieben wird. Bei etwas gemächlicherem Tempo und vor allem beim Anhalten vor Ampeln, Zebrastreifen und ähnlichen Hindernissen fällt die Beleuchtung aus. Dieser Zustand ist besonders bei nachfolgendem Verkehr sehr gefährlich. Der Gesetzgeber hat angesichts dieses Problems bereits reflektierende "Katzenaugen" für Fahrräder vorgeschrieben; der hier vorgestellte Sicherheits-Rückstrahler stellt dazu eine sinnvolle Ergänzung dar. Sobald der Dynamo angetrieben wird und Spannung abgibt, leuchtet der Rückstrahler auf. Das Besondere ist, daß unabhängig von der Geschwindigkeit das Rücklicht immer gleichmäßig hell leuchtet. Außerdem brennt die Lampe auch bei Fahrtunterbrechungen noch etwa 4 Minuten weiter. Diese Zeit reicht aus, um auch verkehrsreiche Kreuzungen gefahrlos zu überqueren. Leider besitzt die Schaltung auch



einen schwachen Punkt: Sie bezieht ihren Strom aus kleinen Akkumulatoren oder Batterien, solange der Vorrat reicht. Immerhin reicht die Energie von 4 oder 5 Mignon-Zellen (Alkali-Mangan) für etwa 35 Stunden Beleuchtung aus. Die Dynamoanschlüsse, an denen normalerweise die Spannung für die Lampen abgegriffen wird, verbindet man mit dem Eingang des kleinen Gerätes. Arbeitet der Dynamo, so schaltet der Transistor T1 durch, der nun T2 und T3 ansteuert. Damit leuchtet die Lampe auf. Liefert der Dynamo bei einer Fahrtunterbrechung keine Spannung mehr, so

bleibt T1 einige Minuten leitend, bis sich der Kondensator C1 über R1 entladen hat. Sperrt T1, so kippt der Schmitt-Trigger T2-T3 zurück, die Lampe verlöscht. Das Gerät hat sich also selbst abgeschaltet und entnimmt der Batterie keinen Strom mehr. Bei regelmäßiger, intensiver Benutzung des Gerätes setzt man zur Speisung am besten 5 NiCd-Zellen (Mignon) ein. Bei einer Kapazität von 0,5 Ah und einer 6-V-/50-mA-Gliühbirne sind die Akkus nach etwa 10 Stunden leer. ◀

www.elektormagazine.de/summer-quiz9

Testen Sie Ihr Wissen

Wissen Sie noch, aus welchem Jahr diese Schaltung stammt? Machen Sie das Quiz und gewinnen Sie bis zu 100 € für den Elektor-Shop



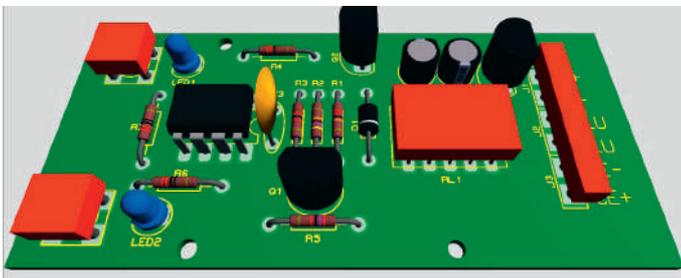
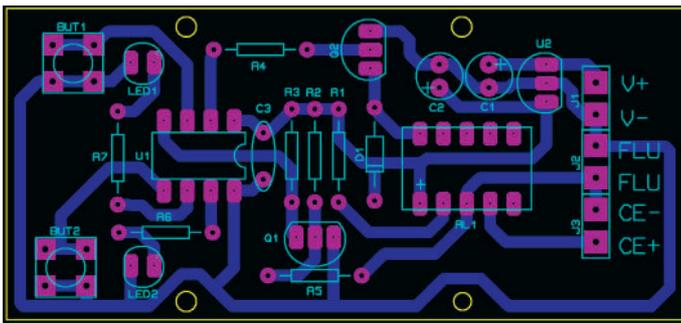


Bild 2. Layout und 3D-Ansicht der Platine.

Schaltung

Der Verzögerungstimer wird von einem Mikrocontroller PIC12F683 (U1) von Microchip Technology nach folgenden Prinzipien gesteuert (Bild 1):

- Wenn ein Durchfluss im Heißwasserkreislauf festgestellt wird, wird der Timer1 gesetzt und gestartet. Wenn der Durchfluss nach Ablauf von Timer1 anhält, wird der Heißwasserbereiter über Q2 und Relais RL1 eingeschaltet.
- Wenn der Durchfluss vor Ablauf von Timer1 endet, schaltet sich der Heißwasserbereiter nicht ein.
- Wenn der Durchfluss nach Ablauf von Timer1 endet, wird der Heißwasserbereiter ausgeschaltet und gleichzeitig Timer2 gestartet. Mit diesem Timer wird eine „Nachfrist“ (GRACE) gewährt: Wenn der Wasserhahn vor Ablauf von Timer2 wieder geöffnet wird, wird der Heizkessel sofort und ohne Verzögerung wieder eingeschaltet.

Wird Timer2 auf Null gesetzt, wird die Nachfrist deaktiviert. In diesem Fall führt selbst eine sehr kurze Unterbrechung des Warmwasserflusses dazu, dass Timer1 wieder abwartet, bis der Wasserhahn ausreichend lange geöffnet wird, bevor er den Heißwasserbereiter wieder einschaltet. Wird die Timer1 auf Null gesetzt, wird die Verzögerung aufgehoben.

Die beiden Zeitintervalle werden mit den Drucktasten eingestellt: Ein kurzer Druck auf But1 erhöht Timer1 um eine Sekunde, wobei die rote LED (LED1) so oft blinkt, wie die derzeitige Sekundeneinstellung beträgt. Ein langer Druck auf But1 setzt Timer1 auf Null zurück und die rote LED blinkt schnell. In ähnlicher Weise wird Timer2 über den Taster But2 mit optischer Rückmeldung durch die grüne LED2 eingestellt. Beim Abschalten der Stromversorgung bleiben die Timer-Einstellungen im internen EEPROM des Mikrocontrollers erhalten.



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

Die beiden LEDs zeigen im Betrieb den aktuellen Status des Verzögerungstimers an; die grüne LED den Status des Durchflussschalters – sie leuchtet, wenn er den Durchfluss von Warmwasser erkennt, während die rote LED den Status des Relais signalisiert, das das Heizelement aktiviert. Die Schaltung benötigt eine externe 9-V-Gleichstromversorgung, die einen Ausgangsstrom von mindestens 200 mA liefern kann. Der Quellcode und die HEX-Datei zur Programmierung des Mikrocontrollers stehen zum Download bereit. Dort finden Sie auch die Gerber-Dateien für die Platine, die für dieses Projekt entworfen wurde (Bild 2), und mit denen Sie eine Platine bei Ihrem bevorzugten PCB-Service bestellen können. ◀

220168-02

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.

Vorsicht Hochspannung!

Um diese Schaltung zu installieren, müssen Sie die Verkabelung Ihres Heißwasserbereiters ändern. Tun Sie es nicht, wenn Sie nicht wissen, was Sie tun! Weder der Entwickler noch Elektor übernehmen die Verantwortung für Schäden, die bei der Installation oder Verwendung dieses Projekts entstehen.



Stuckliste

Widerstände:

R1 = 220 k
R2 = 470 k
R3 = 12 k
R4 = 2 k2
R5 = 27 k
R6,R7 = 1 k

Kondensatoren:

C1,C2 = 47 µ/25 V radial
C3 = 100 n

Halbleiter:

LED1 = LED 5 mm rot
LED2 = LED 5 mm grün
D1 = 1N4148
Q1 = BC327
Q2 = BC337
U1 = PIC12F683
U2 = 78L05

Sonstiges:

RL = 5-V-Relais OMRON G6H-2-100 oder gleichwertig
But1, But2 = Drucktaster 6 mm
J1..J3 = 1x6-polige Platinenanschlussleiste, Raster 3,5 mm

4 Einfaches Ladegerät für zwei 18650-Zellen

Mit Überladungs- und Tiefentladungsschutz

Von Antonello Della Pia (Italien)

Li-Ion-Akkus des Typs 18650 sind eine großartige Energiequelle, aber wenn man eine höhere Spannung als die Nennspannung einer einzelnen Zelle von 3,6 V bis 3,7 V benötigt, kann es etwas schwierig werden. Ein kostengünstiger Stepup-Regler ist eine mögliche Lösung, doch wenn das Ziel eine rauscharme Stromquelle ist, dann wäre es wahrscheinlich die beste Lösung, zwei (oder mehr) Zellen in Reihe zu schalten. Aber wie lädt man sie dann wieder auf?

Das ordnungsgemäße Laden von zwei oder mehr 18650er-Zellen in Reihe erfordert spezielle Ausgleichs- und Schutzschaltungen, um zu verhindern, dass eine Zelle nur teilweise geladen und eine andere überladen wird. Nach einigem Experimentieren habe ich eine interessante Lösung gefunden, um dieses Problem zu umgehen. Sie verwendet zwei preiswerte und weit verbreitete Akkulademodule auf der Basis des TP4056. In diesem Projekt wurden solche Module mit eingebautem Überladungs- und Tiefentladungsschutz verwendet.



Bild 2. Der Prototyp während des Ladevorgangs. Normalerweise haben die Lademodule eine rote LED, die während des Ladevorgangs leuchtet, und eine blaue LED, die anzeigt, dass der Ladevorgang abgeschlossen ist.

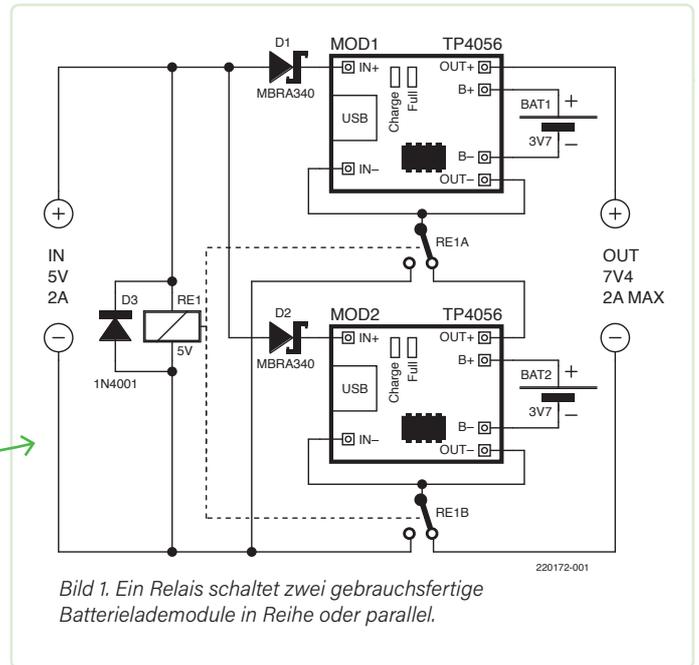


Bild 1. Ein Relais schaltet zwei gebrauchsfertige Batterielademodule in Reihe oder parallel.

Die Schaltung

Der Schaltplan ist in **Bild 1** dargestellt. Wenn die externe Stromquelle nicht angeschlossen ist, schaltet das Relais RE1 (DPDT, doppelpoliger Umschalter) die beiden Module in Reihe. Die beiden Batterien BAT1 und BAT2 sind nun ebenfalls in Reihe geschaltet und versorgen die Last über die Schutzschaltungen der Module mit Strom.

Wenn Sie eine externe Stromversorgung anschließen, wird die Spule des Relais erregt, so dass es MOD1 und MOD2 parallel schaltet. Die Batterien werden von der Last getrennt und über ihre jeweiligen Module sicher parallel aufgeladen. Der Nachteil dieser Schaltung ist, dass die Last während des Ladevorgangs nicht mit Strom versorgt werden kann. Um die Beschreibung der Schaltung zu vervollständigen: D1 und D2 verhindern, dass ein Rückstrom durch die Module fließt und bieten zusätzlich einen Verpolungsschutz für die externe Versorgung. D3 unterdrückt mögliche Spannungsspitzen, die von der Relaispule erzeugt werden.

Die Relaiskontakte müssen für mindestens 1 A DC ausgelegt sein, was dem Standardladestrom des TP4056-Moduls entspricht. Wenn der Laststrom diesen Wert übersteigt, muss das Relais natürlich entsprechend „dicker“ ausfallen. In den meisten Fällen kann jedoch ein Miniaturrelais verwendet werden.

Es besteht auch die Möglichkeit, zwei oder mehr dieser Schaltungen in Reihe zu schalten, um 4S-, 6S- usw. Konfigurationen zu erhalten. In diesem Fall ist zu beachten, dass die 5-V-Stromversorgung in der Lage sein muss, mindestens 1 A für jeden Akku in der Anordnung zu liefern, um sicherzustellen, dass sie ordnungsgemäß geladen werden.

Bild 2 zeigt einen funktionierenden Prototyp. Im Gegensatz zum Schaltplan wurde in der Realität eine kleine Klinkenbuchse für die externe Stromversorgung hinzugefügt, zusammen mit einem Schalter und einer blauen LED als Ausgangsanzeige. ◀

220172-02



Passendes Produkt

- ▶ BP. Scherz and S. Monk, **Practical Electronics for Inventors (McGraw Hill, 4th edition, 2016) (SKU 17685)**
www.elektor.de/17685

Elektor TV Shows



Elektor **Engineering Insights** (englische Show)

Elektor Industry Insights ist die erste Anlaufstelle für vielbeschäftigte Ingenieure und Hersteller, die sich über die Welt der Elektronik informieren möchten. In jeder Folge diskutiert Stuart Cording (Redakteur, Elektor) mit Experten aus der Elektronikbranche über echte technische Herausforderungen und Lösungen.

www.elektormagazine.com/elektor-engineering-insights



Elektor **LabTalk** (englische Show)

Haben Sie eine Leidenschaft für DIY-Elektronik, eingebettete Systeme oder technische Aufgaben? Diskutieren Sie mit! Unsere Ingenieure und Redakteure Jens Nickel und Mathias Claußen geben in jeder Folge technische Tipps, besprechen zukünftige Elektronikprojekte, geben Einblicke in die Elektor Ausgaben und beantworten Fragen aus der Community.

www.elektormagazine.com/elektor-lab-talk



elektor academy (englische Kurse)

Möchten Sie Ihre Elektronikkenntnisse verbessern? In der Elektor Academy finden Sie Kurse, um Ihre technischen Fähigkeiten zu verbessern. Unser Experte Stuart Cording führt Sie dabei durch die Kurse der Elektor Academy.

www.elektormagazine.com/elektor-academy



Bleiben Sie informiert und abonnieren Sie unseren YouTube-Kanal Elektor TV:

www.youtube.com/c/ElektorIM



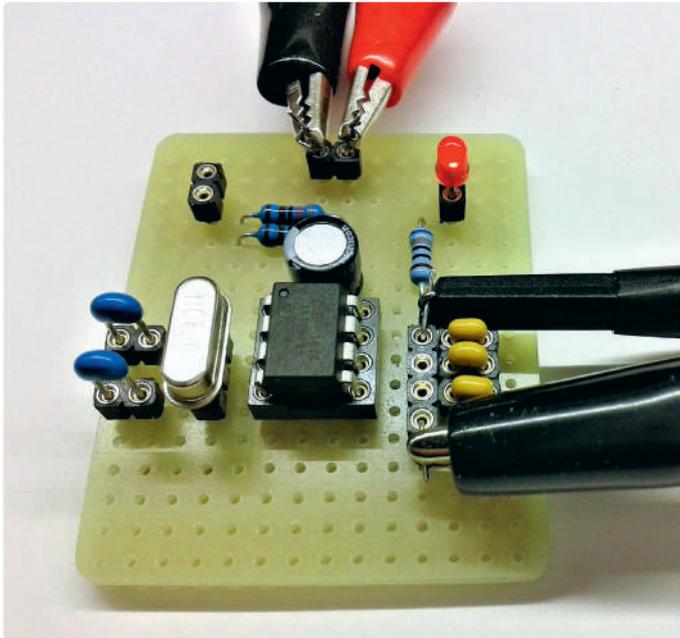


Bild 2. Der Prototyp auf einer Lochrasterplatine.

Die Software für das Projekt wurde in der Arduino-IDE erstellt. Die beiden Timer sind in der Funktion *setup* des Sketches vollständig konfiguriert, und so kann die Funktion *loop* leer bleiben. Damit sie trotzdem etwas Nützliches zu tun hat, habe ich beschlossen, sie zur Produktion eines 1-Hz-Rechtecks an Port PB2 heranzuziehen. Dies ist leicht zu erreichen, indem man den Pegel des Pins alle 500 ms umschaltet.

Zählen von Taktzyklen

Da die beiden Timer jedoch bereits verwendet werden, funktioniert die Arduino-Funktion *delay* nicht mehr, und so brauchte ich eine andere Lösung, um eine Verzögerung von 500 ms zu generieren. Diese fand ich in der speziellen Funktion `__builtin_avr_delay_cycles`, die Teil der integrierten Funktionen des GCC-AVR-Compilers ist. Diese Funktion erzeugt das Intervall durch das Zählen von Taktzyklen, anstatt einen Timer zu verwenden.

Die Verwendung ist recht einfach, da nur die Anzahl der zu wartenden Taktzyklen angegeben werden muss. Bei einem 16-MHz-Quarz dauert ein Taktzyklus (auch als Tick bezeichnet) 62,5 ns, so dass 500 ms 8 Millionen Zyklen entsprechen. Mit dieser Funktion können wir eine Frequenz im Bereich von 0,5 Hz (16 Millionen Zyklen) bis 500 kHz (11 Zyklen) erhalten. Beachten Sie, dass die Anzahl der Zyklen keine Variable sein kann, sondern nur eine Konstante, was bedeutet, dass sie als feste Zahl definiert sein muss.

In der Testschaltung blinkt auch eine LED an PB2 (Bild 2). Die Kondensatoren zwischen den Ausgängen und Masse sind nicht zwingend erforderlich, aber sie reduzieren das Rauschen und sorgen für eine sauberere Wellenform. Bild 3 zeigt die drei an den Ausgängen verfügbaren Wellenformen.

Das Programm wurde mit der Arduino-IDE 1.8.19 geschrieben und kompiliert, wobei zuvor der ATtiny Core 1.5.2 von Spence Konde installiert wurde. Zum Flashen der MCU habe ich einen USBasp-Programmer verwendet. Der Sketch benötigt nur 340 Bytes Programmspeicher, so dass auch ein ATtiny25 ausreichend wäre. Die Datei *ATtiny85_3_Square_Waves.ino*, die weitere Kommentare und Informationen enthält, kann leicht modifiziert und neu kompiliert werden. Sie ist genau wie die HEX-Datei im Artikeldownload [1] enthalten. ◀

220173-02



Passendes Produkt

- W. A. Smith, *Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language* (Elektor 2022)
Buch (SKU 20007): www.elektor.de/20007
E-Buch (SKU 20008): www.elektor.de/20008

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

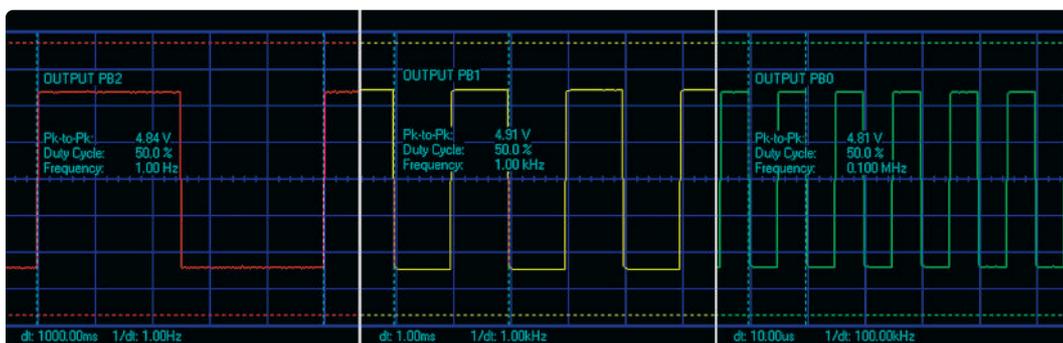


Bild 3. Die drei von der Schaltung erzeugten Ausgangssignale.

WEBLINK

[1] Downloads zu diesem Artikel: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-22>

46

Sparsamer IR-Schalter

Toggeln oder Tasten ohne Berührung

Von Antonello Della Pia (Italien)

Wollen Sie ein Gerät einschalten, indem Sie einen Gegenstand auf eine Oberfläche legen? Dieser stromsparende IR-Schalter kann diese Aufgabe meistern.

Für ein Projekt, an dem ich gearbeitet habe, brauchte ich einen Sensor, der ein Gerät einschalten kann, indem man ein Objekt auf eine Oberfläche legt. Zunächst dachte ich an ein preiswertes IR-Modul wie den TCRT5000, aber der Strombedarf von etwa 20 mA war mir zu hoch für einen Sensor, der ständig mit Strom versorgt werden muss. Außerdem war er auch etwas zu empfindlich gegenüber dem Umgebungslicht. Ich beschloss daher, selbst einen Infrarotsensor zu bauen, der meinen Anforderungen besser entsprach (**Bild 1**). Als Infrarotempfänger wählte ich den TSOP34838 (IC2). Der Empfänger hat viele interessante Eigenschaften wie einen geringen Stromverbrauch, einen Fotodetektor und einen Vorverstärker, ein Filter zur Unterdrückung des Trägers sowie eine gute Immunität gegen Umgebungslicht. R5 und C3 sorgen für eine gewisse Filterung des Rauschens der Stromversorgung von IC2. Ein ATtiny85-Mikrocontroller (IC1) steuert den IR-Sender (LED2). R4 begrenzt den Strom durch die IR-LED und folglich die Intensität des Infrarotsignals. Der Wert von R4 bestimmt also die Empfindlichkeit des Empfängers; experimentieren Sie ruhig mit verschiedenen Werten für R4 und der relativen Position von Sender und Empfänger, um die Erkennungsfähigkeiten an Ihre Bedürfnisse anzupassen. Der Träger des IR-Signals muss nahe der Mittenfrequenz von IC2 (38 kHz) liegen. Dies kann mit der Arduino-Funktion `tone` erreicht werden:

```
tone(irTxLed, 38000);
```

Dieser Befehl erzeugt einen 38-kHz-Rechteckträger am Pin `irTxLed` (PB4). Nach 10 ms liest der Mikrocontroller seinen Port PB0, der mit dem Ausgang des IR-Empfängers verbunden ist, und schaltet dann das Rechtecksignal aus. Der Mikrocontroller aktualisiert dann den Ausgang PB2 und die Status-LED an PB3, bevor er in den Ruhezustand übergeht, um damit den Strombedarf zu verringern. Zwei Sekunden

später wird der Mikrocontroller vom Watchdog-Timer aufgeweckt und der Prozess beginnt von vorne.

Um die Stromaufnahme weiter zu begrenzen, wird der IR-Empfänger (über PB1) unmittelbar nach dem Ende jedes Bursts abgeschaltet und erst 5 ms vor dem Beginn des nächsten Bursts wieder eingeschaltet. Auf diese Weise ist der Mikrocontroller in einem 2-Sekunden-Intervall nur 15 ms aktiv (was einem Tastverhältnis von lediglich 0,75 % entspricht, siehe **Bild 2**).

Der Ausgang des Sensors geht jedes Mal auf Low, wenn er das IR-Signal sieht. Wenn dies geschieht, wird der Ausgang des Schalters (PB2) auf high geschaltet. R2 schützt den Ausgang vor Kurzschlüssen. Der Anschluss PB3 hat eine Doppelfunktion. Gleich nach dem Einschalten des Schalters wird er als Eingang konfiguriert, damit die MCU die Position des Jumpers J1 lesen kann, um den Betriebsmodus des Schalters zu bestimmen. Sobald dies geschehen ist, wird der Anschluss als Ausgang zur Steuerung von LED1 rekonfiguriert.

J1 legt also den Betriebsmodus des Schalters fest. Es gibt zwei Modi, nämlich monostabil wie bei einem Drucktaster (Jumper auf Pins 2-3) oder bistabil wie bei einem Kippschalter (Jumper auf Pins 1-2).

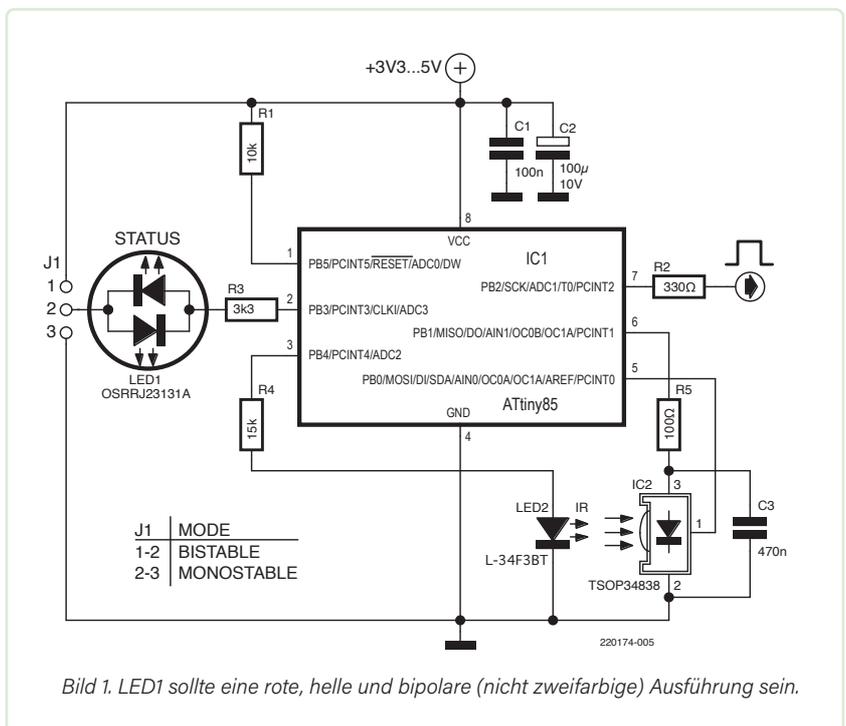


Bild 1. LED1 sollte eine rote, helle und bipolare (nicht zweifarbige) Ausführung sein.

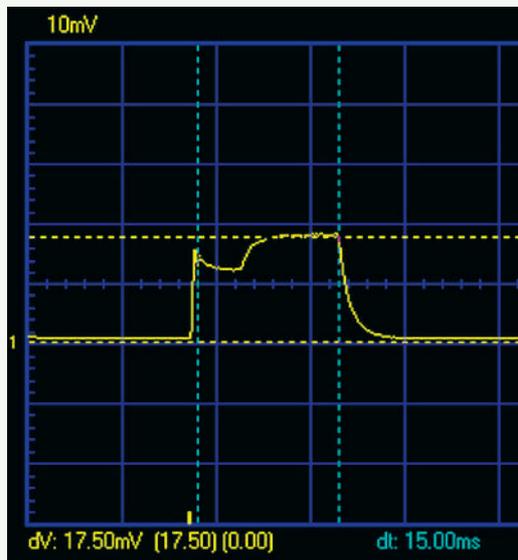


Bild 2. Ein Oszillogramm der Stromaufnahme. Dieser Impuls tritt alle zwei Sekunden auf. Die Zeit zwischen den blauen Cursors beträgt 15 ms, die Spannung zwischen den gelben 17,5 mV, gemessen über einen 10-Ω-Widerstand. Der Schalter wird mit 3,3 V versorgt und mit 1 MHz getaktet. Der Ruhestrom beträgt 4,6 µA, der durchschnittliche Strombedarf liegt bei 18 µA.

Beim Einschalten blinkt LED1 einmal für den monostabilen und zweimal, um den bistabilen Modus anzuzeigen. Während des normalen Betriebs blinkt LED1 alle zwei Sekunden, um anzuzeigen, dass der Schalter eingeschaltet, aber inaktiv ist. Wenn der Schalter aktiviert ist, zeigt LED1 den Zustand des Ausgangs PB2 an.

Beachten Sie, dass LED1 eine bipolare (nicht zweifarbig!) Ausführung mit hoher Helligkeit ist. Sie muss wegen der niedrigen Vorwärtsspannung rot sein, damit die Logikpegel des MCU-Pins eingehalten werden. Der Watchdog-Timer steuert die Dauer der Sleep-Periode. Um die Reaktionsfähigkeit des Schalters zu erhöhen, kann die Sleep-Periode auf (minimal) 16 ms reduziert werden (das Maximum sind acht Sekunden), wie im Quellcode angegeben. Selbst bei einer praktisch sofortigen Reaktion bleibt die durchschnittliche Stromaufnahme deutlich unter 1 mA. Der Prototyp (Bild 3) mit einer Sleep-Zeit von 2 s erreicht einen durchschnittlichen Verbrauch von 18 µA, was gar nicht so schlecht ist.



Bild 3. Es kann erforderlich sein, die IR-LED mit einem kurzen Röhrchen oder einem Stück Plastikschlauch abzuschirmen, um einen instabilen Betrieb aufgrund eines zu breiten IR-Lichtstrahls zu vermeiden.

Das Programm beziehungsweise der Sketch [1] wurde mit der Arduino-IDE 1.8.19 mit installiertem Attiny-Core 1.5.2 von Spence Konde geschrieben und kompiliert und mit einem USBasp-Programmierer in den Mikrocontroller geflasht. Der Sketch enthält viele Kommentare und nützliche Informationen und kann leicht modifiziert und neu kompiliert werden. Die HEX-Datei ist ebenfalls enthalten. ◀

220174-02

Über den Autor



Antonello Della Pia interessierte sich schon in seiner Kindheit für Elektrizität und elektronische Geräte. Er hat ein Diplom als Elektrotechniker erworben. Antonello hat seine Leidenschaft für analoge und digitale Elektronik stets gepflegt und weiterentwickelt. Zurzeit beschäftigte er sich mit Mikrocontrollern und Programmierung und versucht, seine Computerkenntnisse zu verbessern. Antonello liebt es, Projekte zu entwickeln und vorzustellen, die so originell wie möglich und - wie er hofft - auch interessant sind.

Wenn Sie Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, können Sie den Autor unter a.dellapia@elettronicaemake.it oder das Team von Elektor unter redaktion@elektor.de kontaktieren.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, können Sie den Autor unter a.dellapia@elettronicaemake.it oder das Team von Elektor unter redaktion@elektor.de kontaktieren.

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22



Passendes Produkt

> W. A. Smith, *Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language* (Elektor 2022) (SKU 20007) www.elektor.de/20007

WEBLINK

[1] Downloads für diesen Artikel:
<https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-2022>

47

Recyceln Sie den Auto-Handylader!

Von Walter Ribbert (Italien)

Viele ausrangierte Geräte lassen sich gut wiederverwerten. In diesem Artikel zeigen wir, wie ein Autotelefon-Ladegerät ein zweites Leben gewinnt.

Heute müssen wir mehr denn je auf die Umwelt achten und Gegenstände wiederverwenden oder recyceln, wann immer dies möglich ist. In diesem Artikel stelle ich drei Schaltungsvarianten vor, die recycelte Komponenten aus einem alten Auto-Handylader verwenden.

Bild 1 zeigt die Originalschaltung des Ladegeräts (im gestrichelten Kasten). Wie man sieht, besteht es aus einem integrierten Schaltregler namens MC34063 [1] (wobei er auch ICL34063 oder ähnlich heißen kann) und einigen anderen Bauteilen. In dieser Beschaltung handelt es sich um einen Gleichspannungswandler in einer typischen Abwärtskonfiguration. Die Schaltung wurde für den Einsatz in Pkw oder Lastwagen entwickelt und ist für eine Spannungsversorgung von 12...24 VDC und einer festen Ausgangsspannung von 5 VDC mit einem maximalen Laststrom von 600 mA ausgelegt.

Variable Spannungsversorgung

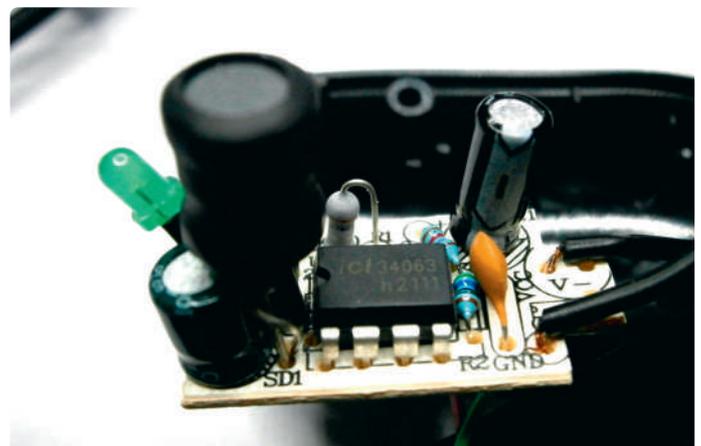
Mit ein paar Modifikationen können wir diese Schaltung nun in eine variable Spannungsversorgung für unser kleines Labor umwandeln, mit einem Ausgangsspannungsbereich von 1,3 VDC bis 26 VDC (Last <600 mA, 1,2 A Kurzschlussstrom). Die einzigen Änderungen beste-

hen darin, R3 durch einen variablen Widerstand von 12 kΩ zu ersetzen, den Wert von R4 auf 4,7 kΩ zu erhöhen und C3 durch einen Typ mit höherer Spannungsfestigkeit (zum Beispiel 220 μF, V > 35 V) zu ersetzen. Versorgen Sie die Schaltung mit einer Gleichspannung von 28...30 V oder einer Wechselspannung von maximal 26 V (in diesem Fall müssen Sie die gezeigte Gleichrichterbrücke und einen Glättungskondensator hinzufügen). Wenn Sie den Ausgang nicht mit einem Voltmeter überwachen wollen, können Sie anstelle des variablen Widerstands einen Wahlschalter verwenden, der eine Reihe von R3-Widerständen schaltet, die für feste Spannungen berechnet wurden. Die Widerstandswerte können mit dieser Formel berechnet werden:

$$R3 = R2 \frac{(V_{out} - 1.25)}{1.25}$$

LED-Stromversorgung (Abwärtsregler)

Die grundlegenden Teile der ursprünglichen Schaltung (IC, L, SD1 und C2) lassen sich für eine andere Aufgabe verwenden, nämlich als Stromversorgung einer LED-Kette für Partys oder für einen kleinen Weihnachtsbaum (**Bild 2**). Eine solche LED-Kette, die aus 20 parallelen LEDs in fünf verschiedenen Farben (jeweils fünf rote, grüne, gelbe und blaue) besteht, wird komplett mit Batteriehalter (3 VDC) im Handel angeboten. Die blaue und die grüne LED weisen eine Schwellspannung von circa 3 V auf, die höher ist als die der roten und der gelben LED, die bei 1,9...2 V liegt. Aus diesem Grund wurden zum Ausgleich der Helligkeit zwei 68-Ω-Serienwiderstände an die Anoden der roten und der gelben LED gelegt. Die neue Schaltung nutzt diese Unterschiede in den Schwellwerten aus, um einen pseudo-zufälligen intermittierenden Lichteffekt zu erzeugen: alles aus, alles an und nur rot-gelb an.



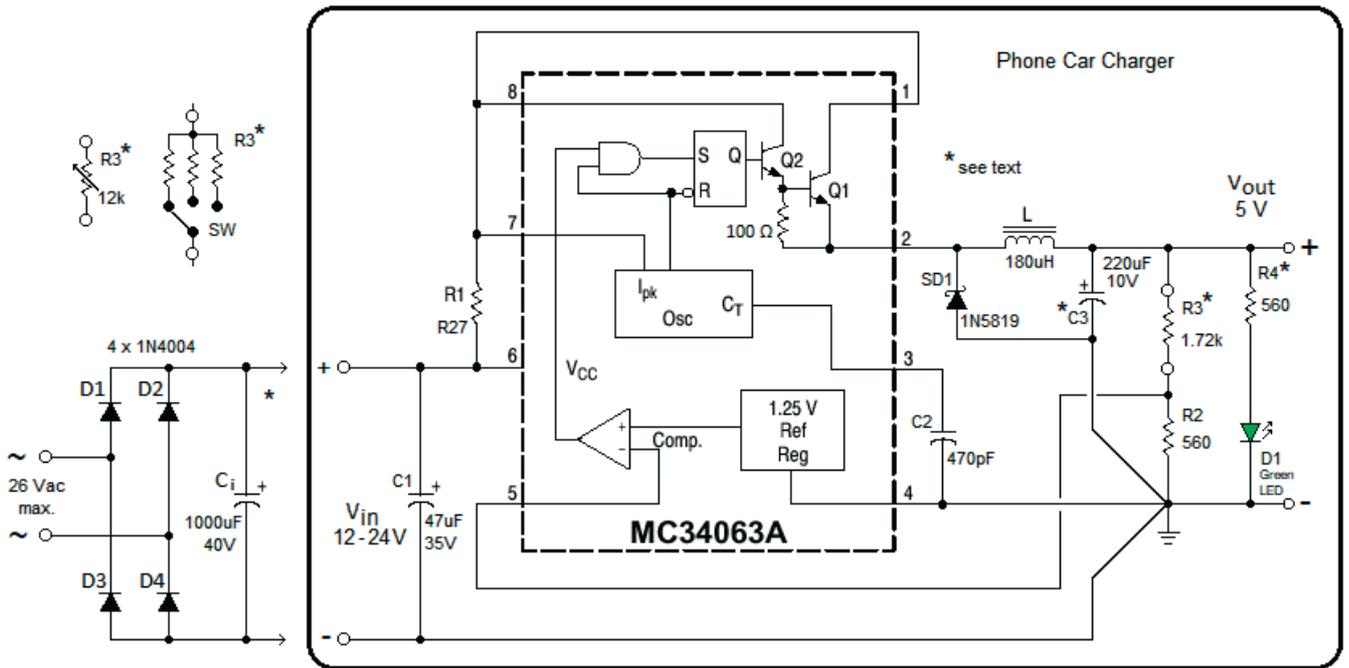


Bild 1. Schaltbild des MC34063A als Kfz-Handylader. (Quelle: Autor und OnSemi/Motorola)

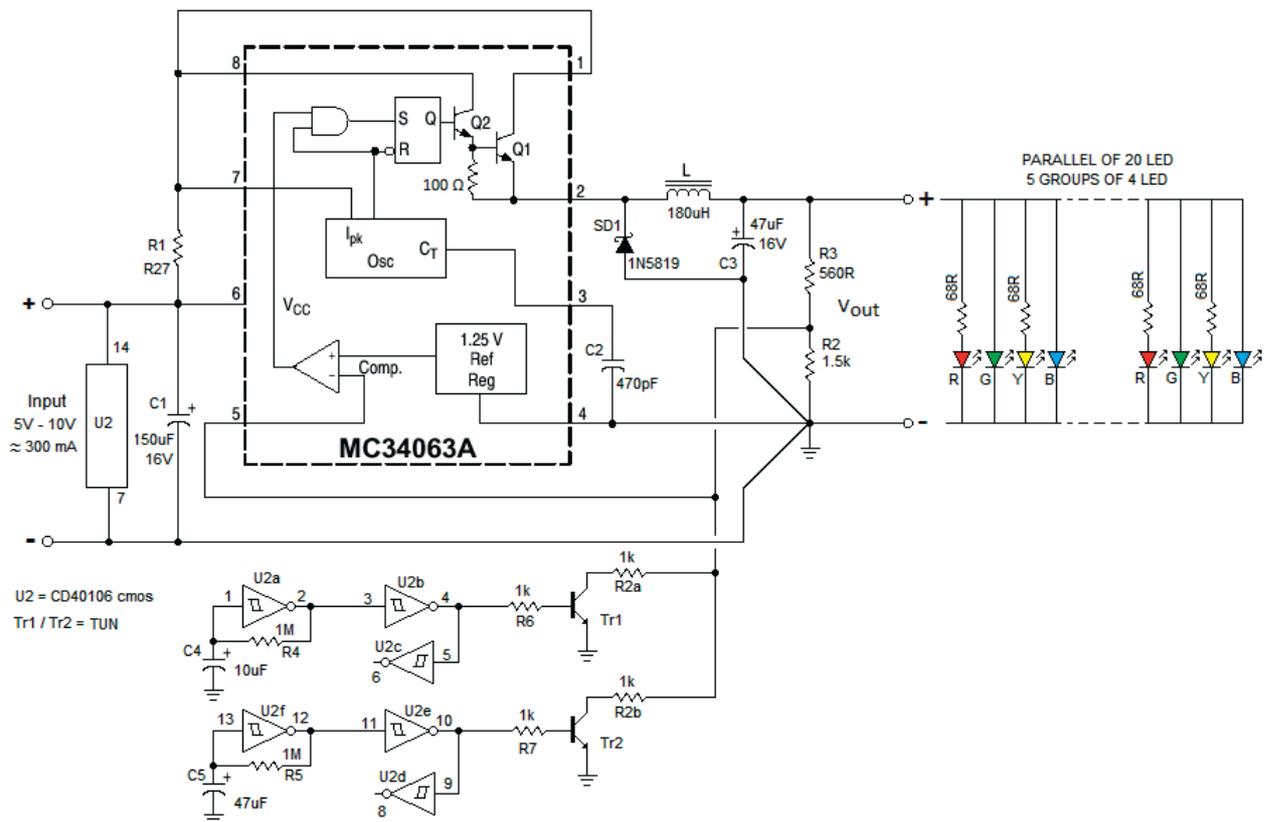
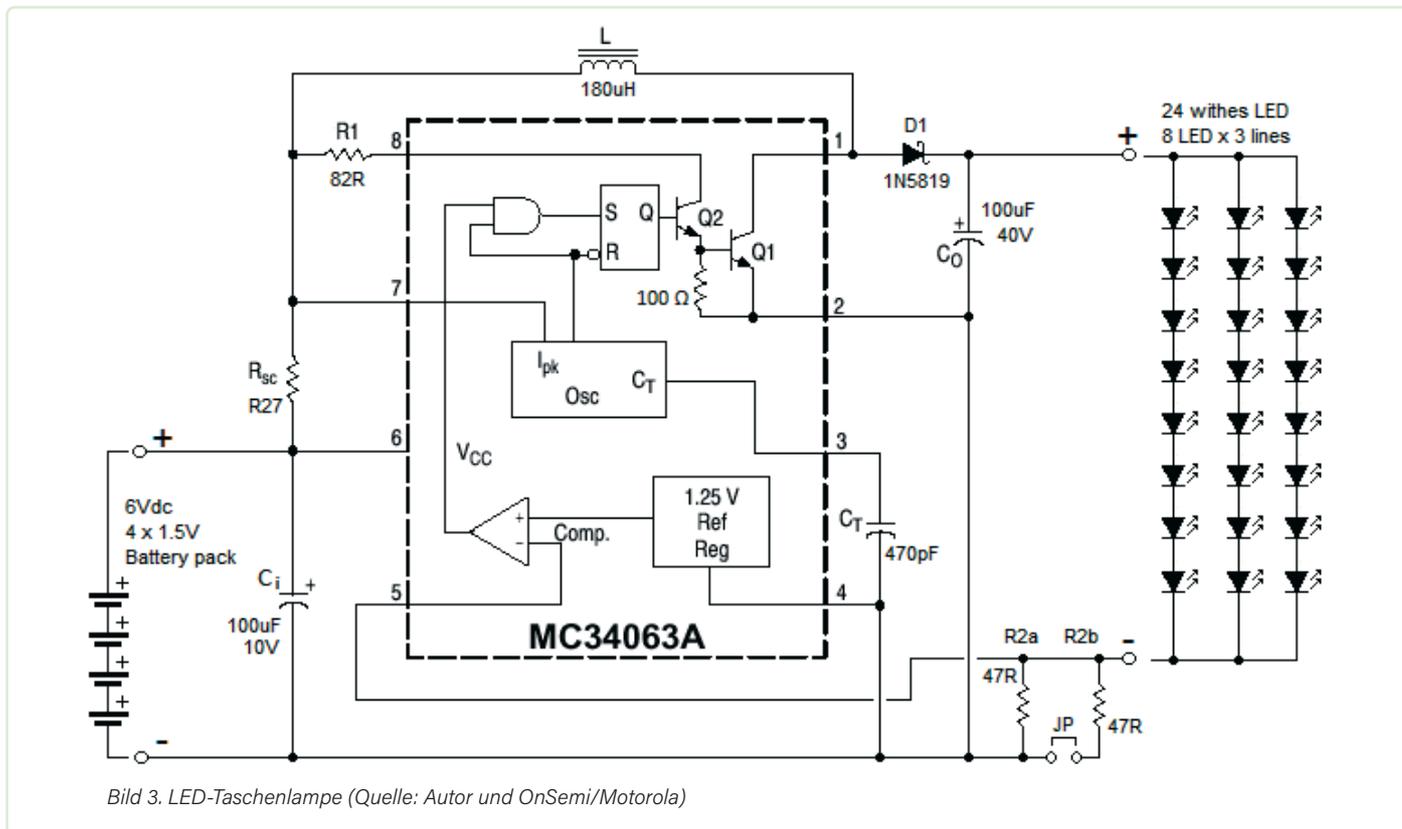


Bild 2. Stromversorgung für eine LED-Kette. (Quelle: Autor und OnSemi/Motorola)



Zwei invertierende Schmitt-Trigger mit nachfolgendem Puffer (U2a/ U2b und U2f/U2e), alles in einem gewöhnlichen CD40106, steuern als astabile Kippstufen die Treibertransistoren Tr1 und Tr2, die den aus den Widerständen R2 und R3 bestehenden Widerstandsteiler beeinflussen, der wiederum die Ausgangsspannung des Wandlers bestimmt. Am Ausgang V_{out} liegen so drei verschiedene Spannungen: 1,7 V (alle LEDs aus), 2,4 V (nur rot-gelb an) und 3,1 V (alle LEDs an). Die Intervalle betragen einige Sekunden, man kann sie leicht variieren, indem man die Werte von C4, C5, R4 und R5 ändert.

LED-Stromversorgung (Aufwärtsregler)

Bei der Schaltung in **Bild 3** handelt es sich ebenfalls um einen Gleichspannungswandler, allerdings in einer Step-Up-Konfiguration. Diese LED-Taschenlampenschaltung wurde entwickelt, um eine Gruppe von 24 weißen LEDs wiederzuverwenden (die ich aus einer 230-VAC-LED-Lampe mit zerbrochenem Deckglas ausgebaut habe). Man kann zwischen zwei LED-Stromstärken wählen, 26 mA oder 52 mA, je nachdem, ob man den Jumper JP steckt oder nicht. Die ideale Versorgungsspannung für diese Schaltung ist 6 VDC von vier Babyzellen (LR14). Diese Batterien garantieren eine lange Dauerbeleuchtung, mehr als 30 h respektive 20 h, je nach Stromaufnahme.

Vdc batt.	JP	I input	I LED
3 V	OPEN	270 mA	26 mA
4.5 V		190 mA	26 mA
6 V		147 mA	26 mA
3 V	CLOSE	327 mA	37 mA
4.5 V		342 mA	52 mA
6 V		267 mA	52 mA

Tabelle 1. Ströme der LED-Taschenlampe.

In **Tabelle 1** sind die verschiedenen Eingangsströme in Abhängigkeit des Jumpers JP und der Spannung der Batterien angegeben. Diese Schaltung ist effizienter als die vorherige und in der Lage, die LEDs mit konstantem Strom (gleiche Helligkeit) sowohl bei vollen als auch bei teilweise entladenen Batterien zu betreiben. ◀

220175-02



Über den Autor

Der 1957 in Turin geborene Walter Ribbert studierte Elektromechanik und Industrieelektronik und begann im Alter von 17 Jahren als Auszubildender zu arbeiten. Heute ist er im Ruhestand, nachdem er 43 Jahre lang als Elektro- und Elektronikonstrukteur in einem großen Unternehmen für Industrieautomation und Robotik gearbeitet hat, ohne jemals aufzuhören zu lernen. Jetzt, da er mehr Freizeit hat, studiert er wieder ein wenig Mathematik und Physik (ohne allzu große Anstrengung) und „spielt“ weiter mit den elektromechanischen und elektronischen Geräten seiner Kindheit. Wahre Leidenschaften sterben nie!

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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

WEBLINK

[1] Onsemi, „MC34063A: Buck / Boost / Inverting Regulator, schaltend, 1,5 A“, 2021: <https://bit.ly/onsemi-MC34063A>



48

Mikrofon-Vorverstärker für Arduino

Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Ein Standard-Elektretmikrofon und ein Ein-Transistor-Verstärker liefern ein Audiosignal, das über den analogen Eingang eines Arduinos verarbeitet werden kann. Und so wird es gemacht:

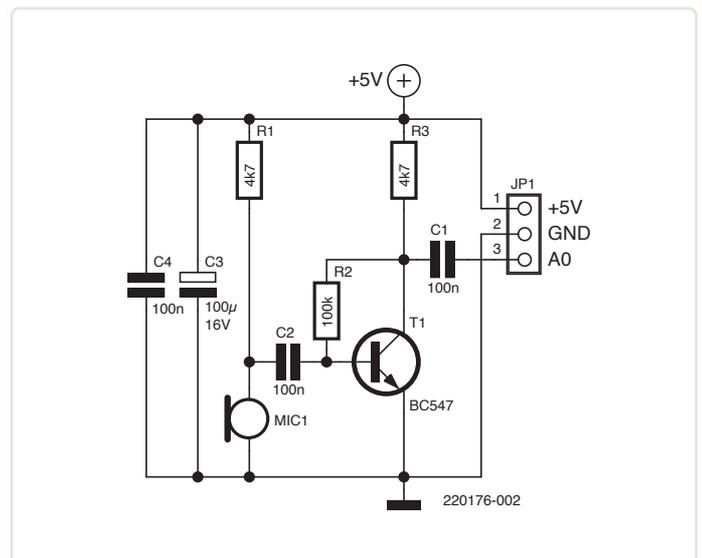
Das hier vorgestellte Projekt ist sehr einfach, leicht zu realisieren und gleichzeitig sehr effektiv. Es gibt bereits mehrere Breakout-Boards mit Mikrofonen im Handel, aber viele von diesen sind nicht mit einer Vorverstärkerstufe ausgestattet, andere liefern eine Klangqualität, die zu schlecht ist, um am Arduino gewinnbringend eingesetzt werden zu können. Die hier beschriebene Schaltung löst dieses Problem und ermöglicht es, den analogen Eingang eines beliebigen Arduino-Boards mit einem Audiosignal von nennenswerter Qualität zu versorgen und Projekte wie digitale VU-Meter und ähnliches zu realisieren.

Das hier verwendete Elektretmikrofon ist ein aktives Bauteil, das unter anderem eine kleine Verstärkerschaltung enthält (normalerweise ein kleiner JFET), die die sehr kleinen elektrischen Signale verstärkt, die vom internen Wandler erzeugt werden. Für den ordnungsgemäßen Betrieb dieser Mikrokapseln ist es erforderlich, eine Spannung zwischen 2 V und 10 V an die positive Leitung (+) anzulegen und die negative Leitung, die direkt mit dem Metallgehäuse der Kapsel verbunden ist, auf Masse zu legen.

Die Schaltung

Schauen Sie sich den Schaltplan in seiner ganzen Einfachheit an! Das Mikrofon MIC1 wird über den 4k7-Widerstand R1 versorgt und benötigt einen Betriebsstrom von etwa 0,35 mA. Die Versorgungsspannung der Kapsel liegt bei etwa 3,3 V.

Das von der Kapsel erzeugte Audiosignal gelangt auf die Basisleitung von T1, einem Standard-NPN-Transistor BC547 in Emitterschaltung, nachdem der 100-nF Koppelkondensator C2 verhindert hat, dass die Gleichspannungskomponente der Mikrofonspannung die Basis von T1 erreicht. Auf diese Weise wird nur die Wechsellspannung des Mikrofonsignals übertragen. Die Widerstände R2 und R3 sorgen für die Vorspannung des Transistors T1. Schließlich gelangt das verstärkte Signal am Kollektor von T1 über den weiteren 100-nF-Kondensator C1 (der die gleiche Funktion wie C2 hat) zum Ausgang an Anschluss JP1. Um die Amplitude des Signals zu reduzieren, kann man jederzeit ein

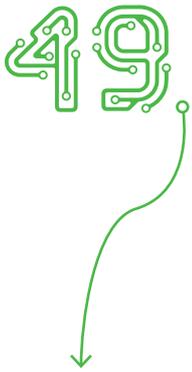


47-k Ω -Trimpoti zwischen dem rechten Pin von C1 und Masse schalten, die angepasste Amplitude am Schleifer abgreifen und dem Arduino-Anschluss A0 zuführen. Die Gesamtspannungsverstärkung der Schaltung liegt zwischen 10 und 20. ◀

220176-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



EMV-Filter im Selbstbau

Einfach aber wirkungsvoll

Von Dr. Thomas Scherer

Angeregt durch die EMI-Probleme eines Elektor-Lesers, der bei der Verwendung eines gewöhnlichen (Schalt-) Netzteils für LED-Leuchten enorme Probleme bezüglich EMV bekam, testete ich das Netzteil und stellte fest, dass ein einfaches Pi-Filter am Ausgang die Funkstörungen um mehr als 20 dB reduzieren würde (typischerweise 40 dB, ≥ 200 kHz). Von eBay bezog ich eine billige Lösung, aber billig ist selten gut. Also musste ich selbst ein Filter entwerfen.

Nachdem ich über EMV-Filterung nachgedacht hatte, orderte ich einen billigen EMI-Filter-Bausatz, den man bei eBay für weniger als 5 € für die Platine (**Bild 1**) inklusive Bauteilen kaufen kann. Da ich das Netzteil mit diesem Filter testen wollte, wäre dies eine schnelle und billige Lösung, die ausreichend sein müsste. Es wäre eine gute Idee, ein solches Filter zu verwenden, um ein preiswertes Schaltnetzteil zu einer störungsfreien (oder zumindest störungsarmen) Version aufzurüsten - wenn es denn funktionieren würde.

Gefahr

Aber als dieses Filter ankam, konnte ich sehen, dass die Platine zwar nett ist, aber der Hersteller sich überhaupt nicht um die notwendigen Leiterbahnabstände bezüglich Netzspannung gekümmert hat. Wie in **Bild 2** zu sehen ist, beträgt der Abstand zwischen den heißen Leitungen und Erde (PE) etwa 0,5 mm. Ich habe mich nicht getraut, die Platine zu bestücken und dann zu warten, bis sich ein Defekt oder etwas Gefährlicheres einstellt. Beerdigt war der Traum von einer schnellen und billigen Lösung.

„Wenn man etwas richtig machen will, muss man es selbst machen!“ war mein erster Gedanke nach dieser Enttäuschung. Andererseits ist ein EMI-Filter kein Hexenwerk, sondern basiert auf einer einfachen Grundschaltung. Ich habe nicht viel Zeit gebraucht, um zwei Platinen mit zwei verschiedenen Versionen eines EMI-Filters zu entwerfen.

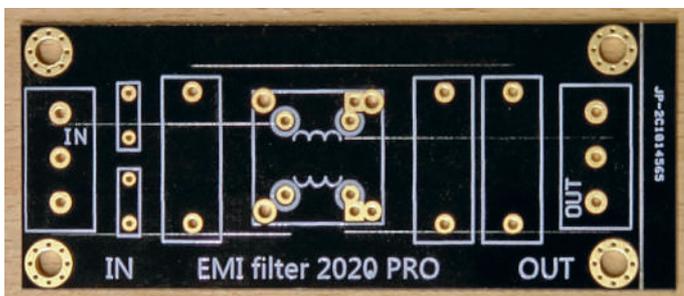


Bild 1. Bestückungsseite der billigen EMV-Filterplatine von eBay.

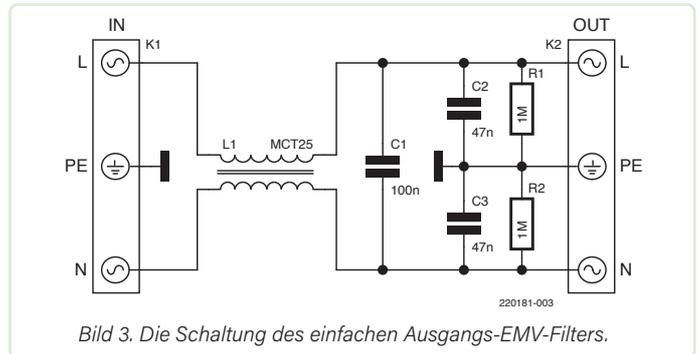


Bild 3. Die Schaltung des einfachen Ausgangs-EMV-Filters.

Zwei Filter

Das erste Filter ist nicht nur einfach gestrickt, sondern ein Ausgangsfilter - verwendbar auch für das erwähnten Netzteil. Das zweite Filter ist immer noch einfach, aber auch in der Lage, eine bidirektionale Filterung durchzuführen, die typischerweise am Netzeingang eines elektronischen Geräts sinnvoll ist. Störungen vom Netz zum Gerät werden genauso gut blockiert wie umgekehrt vom Gerät zum Netz.

Bild 3 beweist, dass ein Ausgangsfilter wirklich ziemlich einfach ist: Eine Gleichtaktinduktivität ($L1$), gefolgt von einem Kondensator ($C1$) zwischen L und N , gefolgt von zwei Kondensatoren zwischen L und PE ($C2$) sowie zwischen PE und N ($C3$) ist alles, was in einfacheren Fällen erforderlich ist. $R1$ und $R2$ entladen die Kondensatoren und verhindern so elektrische Schläge. Diese Art von Filter verhindert, dass höhere Frequenzen die an einen Ausgang angeschlossenen Leitungen erreichen, wie das bei einem Schaltnetzteil oder einem digitalen Verstärker der Fall ist.

Bild 4 ist die „komplexere“ Universalausführung. Im Vergleich zu **Bild 3** befinden sich hier auch Kondensatoren am Eingang. Dadurch wird verhindert, dass hohe Frequenzen aus beiden Richtungen auf die jeweils anderen Seiten gelangen. Am Eingang (auch am Netzeingang) eines elektronischen Geräts angeschlossen, verhindert dieses universelle EMI-Filter, dass das Gerät gestört wird UND dass das Gerät selbst Störsignale nach außen abgibt.

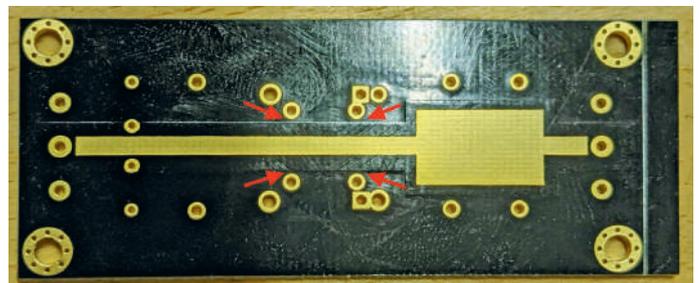


Bild 2. Lötseite der billigen EMV-Filterplatine von eBay. Die Pfeile weisen auf den 0,5-mm-Abstand zwischen den Leiterbahnen hin.

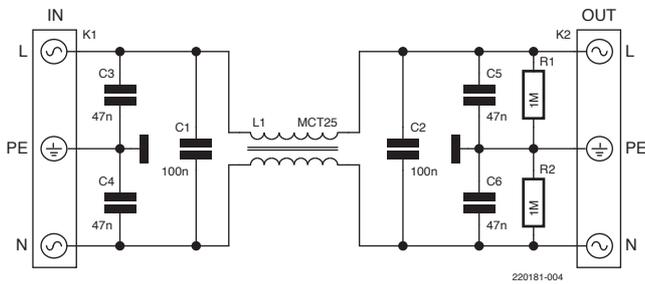


Bild 4. Die Schaltung des universellen EMI-Filters.

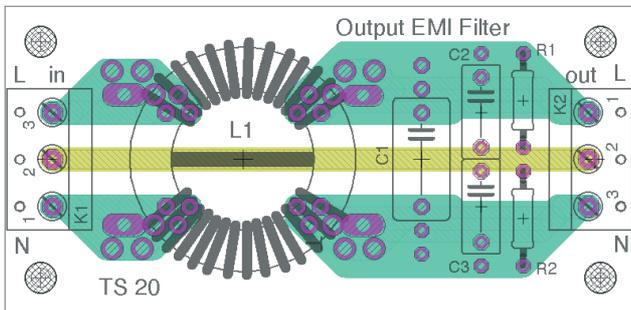


Bild 5. Das Platinen-Layout des einfachen Ausgangs-EMV-Filters.

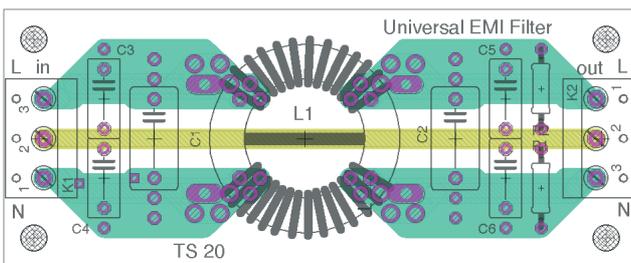


Bild 6. Das Platinen-Layout des universellen EMI-Filters.

Platine & Drossel

Die in dieser Art von Schaltungen verwendete Induktivität ist eine Gleichtaktdrossel. Diese Spulenvariante ist nichts Außergewöhnliches. Die gewählte Drossel stammt von Multicomp [1] und verträgt Dauerwechselströme von bis zu 6 A. Das macht die Filter für die meisten Anwendungen geeignet. Man kann aber auch eine andere Drossel von einem anderen Hersteller verwenden. Die beiden Platinen (Bild 5 und Bild 6) haben mehrere unterschiedlich angeordnete Löcher, die zu vielen verschiedenen Gleichtaktdrosseln passen. Ein extra Layout für das Ausgangsfilter ist sinnvoll, obwohl gegenüber dem universellen Filter nur drei Kondensatoren fehlen, da die Platine so kleiner ausfällt. Die Layout-Dateien im Eagle-Format können von der Artikel-Webseite [2] heruntergeladen werden.

Bei Verwendung dieser Filter an Netzspannung sollte die Isolationsspannung der Drossel besser als 1 kV sein und die Kondensatoren sollten Folienkondensatoren für Netzspannung (250 V \approx in Europa) sein. Diese Anforderungen gelten natürlich nicht, wenn das Ausgangsfilter zum Beispiel hinter einem Verstärkerausgang oder hinter einem der sogenannten „Elektronischen Trafos“ für 12 V angeschlossen ist. ◀

220181-02



STÜCKLISTE AUSGANGSFILTER

Widerstände:

R1, R2 = 1 M

Kondensatoren:

C1 = 100 n / 250 V \approx *

C2, C3 = 47 n / 250 V \approx *

Induktivität:

L1 = 5 mH / 6 A, MCT25, Multicomp *

Außerdem:

K1, K2 = dreipolige Schraubklemme, 1/10"

* siehe Text



STÜCKLISTE UNIVERSALFILTER

Widerstände:

R1, R2 = 1 M

Kondensatoren:

C1, C2 = 100 n / 250 V \approx *

C3...C6 = 47 n / 250 V \approx *

Induktivität:

L1 = 5 mH / 6 A, MCT25, Multicomp *

Außerdem:

K1, K2 = dreipolige Schraubklemme, 1/10"

* siehe Text



Passende Produkte

- > OWON HDS272S 2-Kanal-Oszilloskop (70 MHz) + Multimeter (20000 Counts) + Signal Generator (25 MHz) (SKU 19718) www.elektor.de/19718
- > PeakTech 3445 True RMS Digital-Multimeter mit Bluetooth (6000 Counts) (SKU 18774) www.elektor.de/18774

Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

WEBLINKS

[1] MCT25 Datenblatt: <https://www.farnell.com/datasheets/3153527.pdf>

[2] Layout-Dateien: <https://www.elektormagazine.de/summer-circuits-22>



Elektronischer Würfel - ganz ohne MCU

Von Mathias Claußen (Elektor)

Es muss nicht immer ein Mikrocontroller sein, manchmal reicht auch etwas Logik aus!

Wer einen elektronischen Würfel bauen möchte, wird heutzutage sicherlich direkt an einen Arduino, Taster und ein Paar LEDs denken. Doch es muss kein Mikrocontroller im Spiel sein. Ein NE555 und ein CD4017 reichen als Steuerung vollkommen aus!

Schaltung

Die Schaltung des Würfels kann man **Bild 1** entnehmen. Der NE555 (IC1) in astabiler Beschaltung sorgt für ein definiertes Taktsignal, die Geschwindigkeit, mit der der Würfel später „rollen“ wird. Der Taster SW1 ist mit dem $\overline{\text{Reset}}$ -Eingang des NE555 verbunden. Solange der Taster nicht gedrückt ist, sorgt der Pull-Down-Widerstand R3 dafür, dass kein Taktsignal ausgegeben wird, in dem er $\overline{\text{Reset}}$ nach Masse zieht. Wird der Taster SW1 gedrückt, gibt der NE555 ein Taktsignal aus, da nun der $\overline{\text{Reset}}$ -Eingang nach VCC gezogen wird. Das Taktsignal wird an den Takt-Eingang des CD4017 (IC2) gelegt, bei dem der $\overline{\text{Enable}}$ -Eingang fest mit Masse verbunden ist. Der CD4017 ist ein Dekaden-Zähler mit elf Ausgängen, für die Werte 0...9 und das

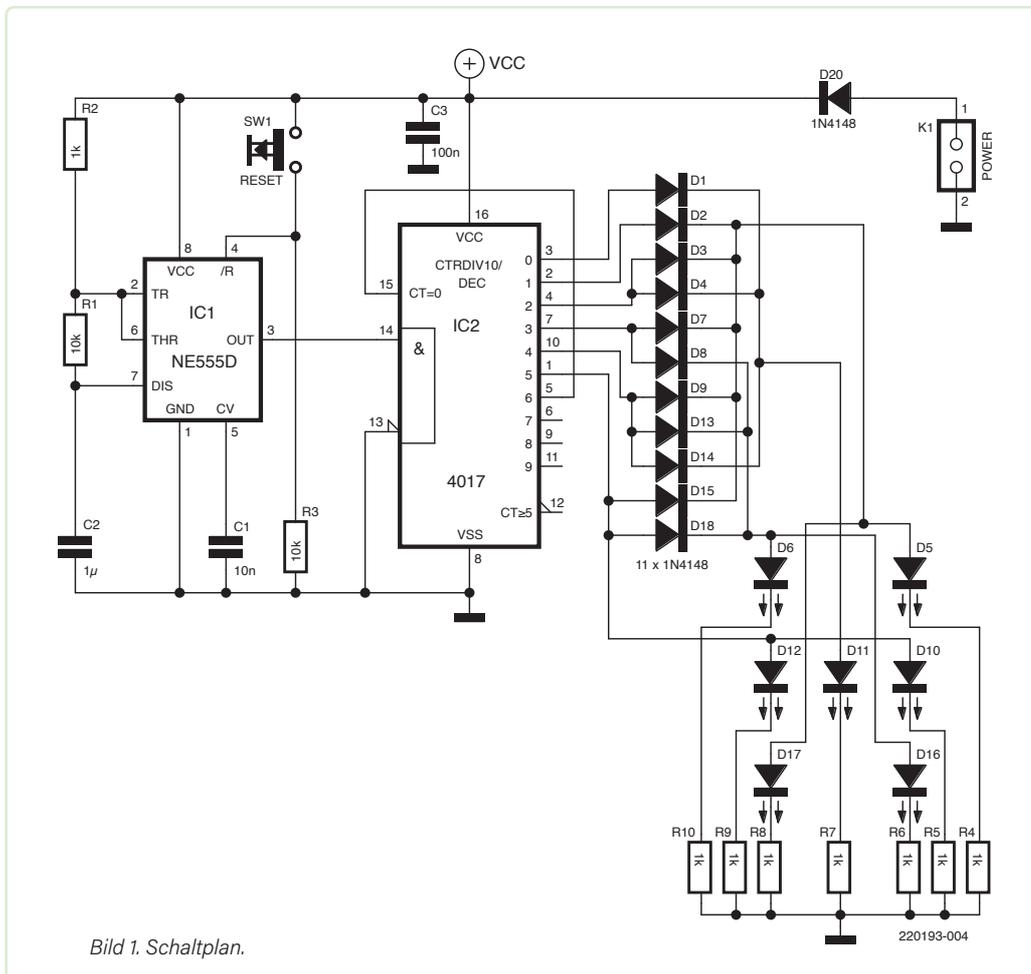


Bild 1. Schaltplan.



STÜCKLISTE

Widerstände:

(0,25 W, 5%, 0805 SMD)

R1,R3 = 10 k

R2,R4...R10 = 1 k

Kondensatoren:

(0805 SMD)

C1 = 10 n, 16 V

C2 = 1 μ , 16 V

C3 = 100 n, 16 V

Halbleiter:

D1,D2,D3,D4,D7,D8,D9,D13,D14,D15,D18,D20

= 1N4148, SOD-123

D5,D6,D10,D11,D12,D16,D17= rot LED, 1206 SMD

IC1 = NE555D, SOIC8

IC2 = CD4017, SOIC16-NARROW

Außerdem:

K1 = Batterie-Clip 9 V

SW1 = Taster

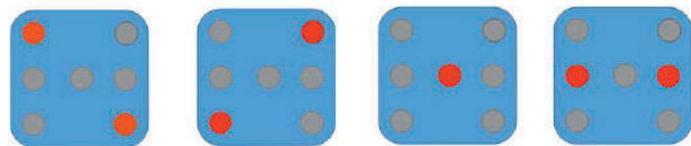
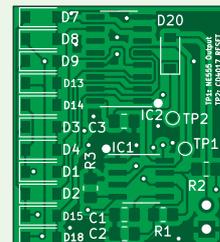
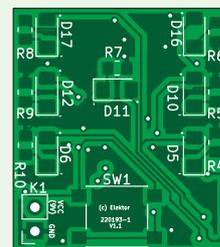


Bild 2. Mit diesen LED-Kombinationen lassen sich alle sechs Werte des Würfels anzeigen.

Carry-Bit (Übertrag, wenn der Zähler weiter als 10 gezählt hat). Für den Würfel brauchen wir nur von 0...5 zu zählen, für die Zahlen 1...6. Wenn der CD4017 bei 6 angekommen ist, soll er direkt wieder bei 0 beginnen. Um das zu erreichen, wird der Ausgang für den Wert 6 mit dem Reset-Eingang des CD4017 verbunden. Für die Werte 0...5 wird jeweils der Ausgang Q0 bis Q5 angesteuert, so dass immer nur ein Wert aktiv ist.

Leuchtdioden

Um die sieben LEDs (D5, D6, D10, D11, D12, D16 und D17) auf der Vorderseite des Würfels passend anzusteuern, sind diese in vier Gruppen verbunden: D11, D6 + D16, D5 + D17 sowie D12 + D10. Mit diesen vier Gruppen lassen sich alle sechs Seiten eines Würfels anzeigen (Bild 2). Im Schaltplan in Bild 1 ist zu sehen, dass für die sechs möglichen Seiten die passenden LED-Gruppen durch Dioden logisch oder-verknüpft worden sind.

Für die Schaltung wurde eine Platine in KiCad erstellt. Dabei sind alle Bauteile als SMD in 0805, SOIC oder 1206 ausgeführt, so dass sich auch das SMD-Löten üben lässt. Die KiCad 6-Dateien des Projektes stehen als Download zum Artikel bereit, dazu kommen Gerberdaten. Die fertig aufgebaute Platine ist in Bild 3 und Bild 4 zu sehen.

Alea iacta est - und damit viel Spaß beim Nachbauen. ◀

220193-02

Sie haben Fragen oder Kommentare?

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

↓ Projekt-Download



www.elektormagazine.de/summer-circuits-22

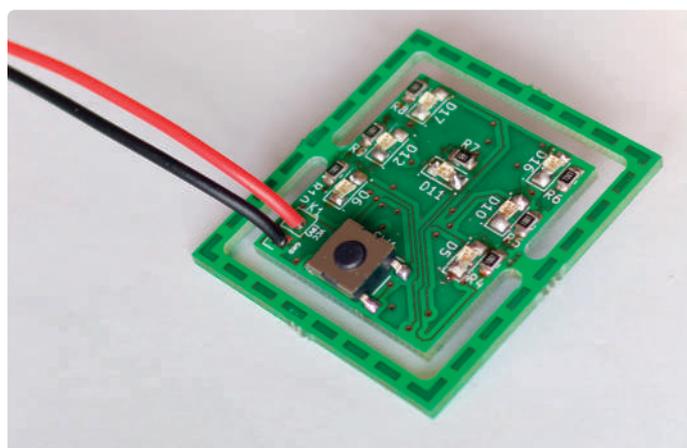


Bild 3. Oberseite des Würfels.

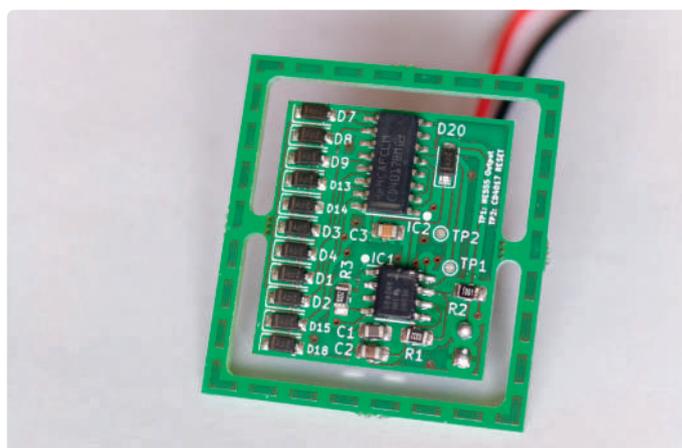
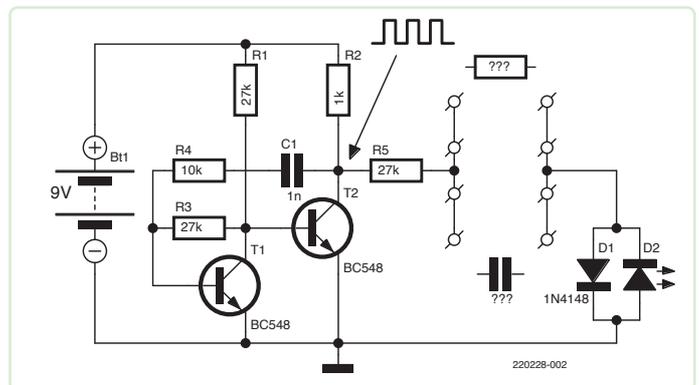


Bild 4. Unterseite des Würfels.

51 Finger-Kondensator

Von Burkhard Kainka (Deutschland)

Diese Schaltung mit zwei Transistoren bildet einen einfachen Rechteckgenerator mit einer Frequenz von rund 5 kHz. Die Verbindung zu einer LED führt über mehrere Kontaktstreifen und ist unterbrochen. Wenn man die Streifen mit dem Finger berührt, geht die LED an.



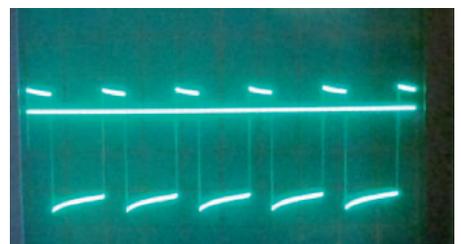
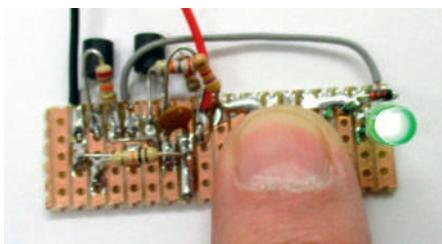
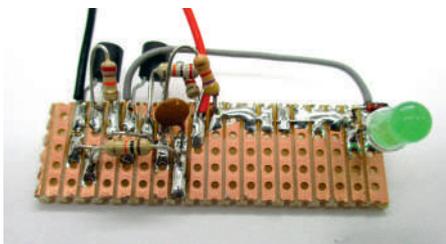
Man könnte vielleicht vermuten, dass der Hautwiderstand den Strom durch die LED leitet. Wenn man sich die Schaltung aber genauer ansieht, erkennt man, dass ein Widerstand das Ergebnis nicht erklären kann. Die Rechteckspannung wechselt ja zwischen 0 V und circa 9 V, aber die LED braucht eine negative Spannung. Zum Test halte man verschiedene Widerstände an die beiden Kontakte. Die LED bleibt aus, Strom fließt dann nur über die Si-Diode. Wenn man aber einen Kondensator mit einigen Nanofarad an die Kontakte legt, geht die LED an. Über den Kondensator fließt ein Wechselstrom. Die negative Phase lässt die LED leuchten.

Ein Finger hat also die gleiche Wirkung wie ein Kondensator (siehe hierzu auch [1]). Dass der Finger mit den Metallkontakten tatsächlich

eher einen Kondensator als einen Widerstand bildet, wird durch das Oszillogramm bewiesen. Die mittlere Linie zeigt das GND-Potential. Nach oben wird die Spannung durch die Si-Diode auf etwa 0,6 V begrenzt. Deshalb lädt sich der Fingerkondensator negativ auf und liefert Spannungen bis rund -2,5 V an die grüne LED.

Der Finger bildet also tatsächlich einen Kondensator. Diesen Effekt kann man auf polarisierte Doppelschichten aus Wassermolekülen zurückführen, ähnlich wie bei einem Superkondensator. In unserem Fall wirkt der Finger je nach Feuchtigkeit wie ein Kondensator von rund 10 nF und hat daher bei 5 kHz einen kapazitiven Widerstand von ungefähr 6 k Ω , während das Ohmmeter einen ohmschen Widerstand von deutlich über 100 k Ω misst. ◀

220228-02



WEBLINK

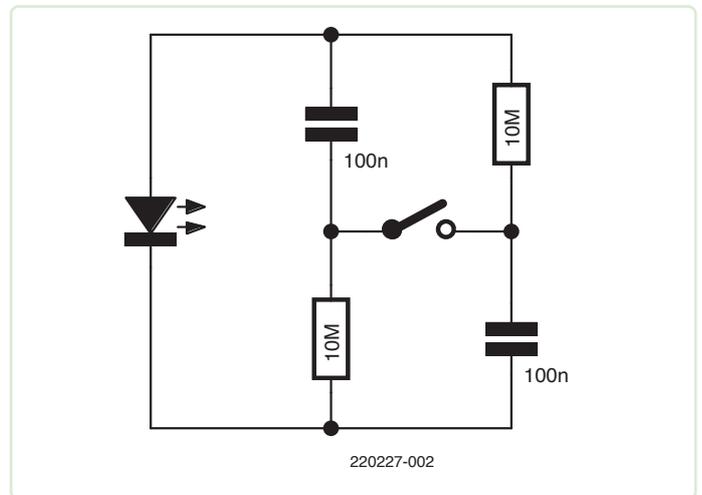
[1] Burkhard Kainka, „Hautwiderstand und Hautkapazität“, Elektor 7-8/2022 : <http://www.elektormagazine.de/200621-02>



Der selbstladende LED-Blitzer

Von Burkhard Kainka (Deutschland)

Eine superhelle grüne LED, zwei Widerstände á 10 M Ω , zwei keramische Kondensatoren mit 100 nF und ein Tastschalter, das ist die ganze Schaltung. Und wenn man auf die Taste drückt, entsteht ein deutlich sichtbarer Lichtblitz. Danach muss man einige Zeit warten, bis die Schaltung bereit für einen neuen Blitz ist. Woher stammt die Energie?



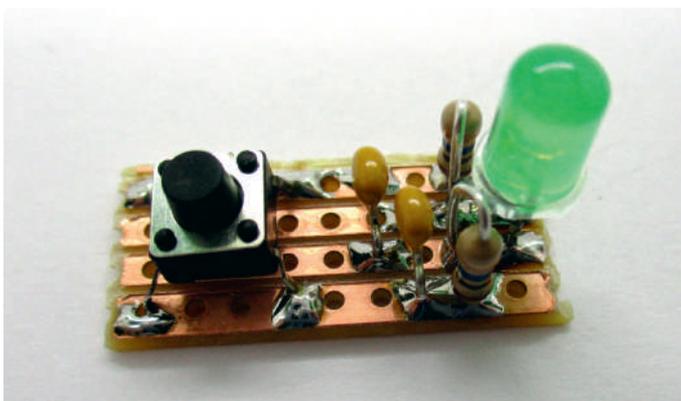
Auf den ersten Blick denkt man vielleicht, dass da irgendwo noch eine Batterie versteckt ist. Manch einer könnte auch denken, dass dies das lang gesuchte Perpetuum Mobile ist. Wieder andere könnten vermuten, dass die Schaltung freie Energie aus dem All anzapft.

Erklärung

Die Wahrheit ist ganz einfach: Jede LED ist zugleich auch eine Fotodiode und kann wie eine kleine Solarzelle eingesetzt werden. Eine grüne LED liefert sogar eine Spannung bis zu 2 V, allerdings nur sehr kleine Ströme. Die Leuchtdiode selbst wandelt also Licht in elektrische Energie um und lädt damit ganz langsam die Kondensatoren auf. In hellem

Sonnenlicht lässt sich eine Spannung bis 2 V erreichen, die ausreicht, um die LED bei Dunkelheit ganz schwach leuchten zu lassen. Allerdings ist der Helligkeitsunterschied dann so groß, dass man das schwache LED-Licht nicht sehen kann. Deshalb wird hier ein Trick angewandt. Die Kondensatoren sind nicht direkt mit der LED verbunden, sondern über Widerstände von 10 M. Effektiv liegen beide Kondensatoren parallel und werden also auf die gleiche Spannung bis etwa 2 V geladen. Drückt man auf den Tastschalter, legt man beide Kondensatoren in Reihe und bekommt damit eine höhere Spannung bis etwa 4 V. Bei dieser hohen Spannung fließt ein großer Strom durch die LED und erzeugt einen Lichtblitz. Die Kondensatoren werden in einem kurzen Moment weitgehend entladen. Gleichzeitig liegen nun die Widerstände parallel zu den Kondensatoren und entladen sie völlig. Der größte Teil der gespeicherten Energie geht aber an die LED.

Bei üblicher Arbeitsplatzbeleuchtung dauert das Aufladen eine oder zwei Minuten, bei vollem Sonnenlicht nur eine Sekunde. Damit kann man abschätzen, welchen Ladestrom die LED liefern kann. Wenn man ganz grob davon ausgeht, dass die LED 2 V braucht, um zu leuchten, muss jeder Kondensator bis auf 1 V geladen werden. Der Ladestrom ist dann $I = U \cdot C / t$, also $I = 1 \text{ V} \cdot 100 \text{ nF} / 1 \text{ s} = 100 \text{ nA} = 0,1 \mu\text{A}$ bei vollem Sonnenlicht. Das Sonnenlicht weist eine Helligkeit von 100.000 lux auf, eine typische Arbeitsplatzbeleuchtung rund 1000 lux, also etwa 100 Mal weniger. Der Ladevorgang dauert damit rund 100 s, weil der Ladestrom nur noch rund 1 nA beträgt. ◀



220227-02

DER Elektor-Metalldetektor

„Wir sind zuverlässig darüber informiert, dass Gold tatsächlich einen Doppelimpuls in Form eines Echos erzeugt.“

Von Larry Kossek (Elektor)

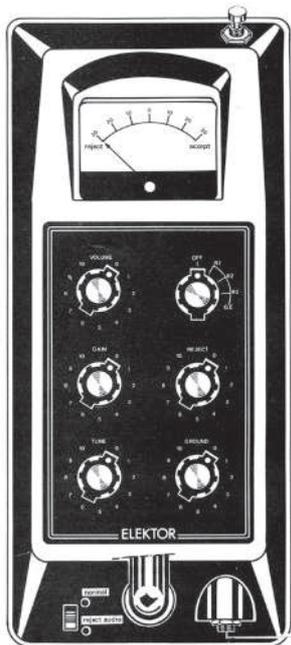
Dass die November-Ausgabe 1981 der Elektor so schnell ausverkauft war, lag wohl weniger an der extravaganten Titelbildgestaltung, sondern vielmehr an einem - nein, DEM lang erwarteten Metalldetektor. Nach dem kometenhaften Erfolg dieser Ausgabe zu urteilen, muss die Nachfrage nach einem solchen Gerät groß gewesen sein, und das Angebot durchaus angemessen.

Der Suchkopf, das vielleicht wichtigste Teil, war im damals bei Elektor erhältlichen kompletten Gehäusebausatz enthalten. Seine Funktionsweise war zumindest fragwürdig.

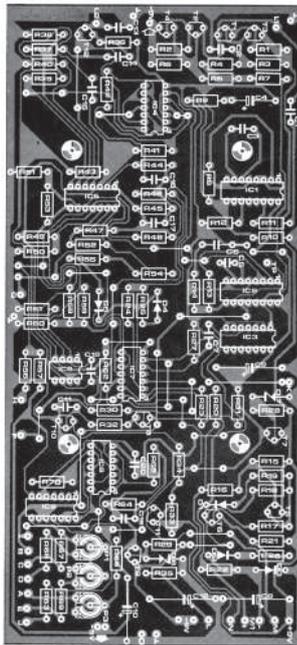


Das Titelblatt der Elektor-Ausgabe vom November 1981. Die Suche nach vergrabenen Schätzen muss in den frühen achtziger Jahren einen starken Aufschwung erlebt haben. Vierzig Jahre später ist dieser Detektor immer noch eines der bekanntesten, aber auch umstrittensten Projekte von Elektor.

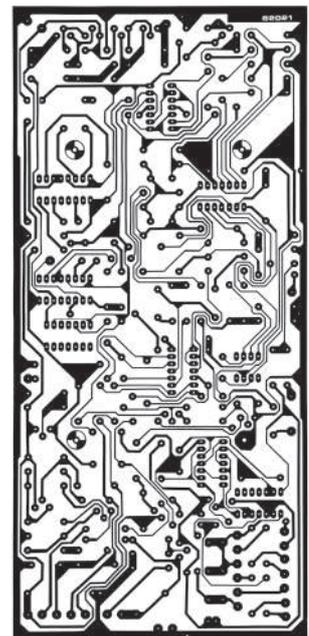
Wie bei allen Projekten, die im Hause Elektor konzipiert und entwickelt werden, wurde auch bei dieser Geschichte der wahre Name des Autors nicht genannt, wie es damals in den Labors und Redaktionen von Elektor üblich war, da es sich schließlich um eine Gemeinschaftsproduktion handelte. Jetzt, 40 Jahre später, ist es an der Zeit, den Autor/Gestalter posthum zu würdigen und bekannt zu machen: Jan Barendrecht, der exzentrische und unverblühte HF-Ingenieur im Elektor-Labor und der Guru of Coils & Antennas des Unternehmens.



Die Frontplatte für ein professionelles Aussehen.



Oberseite der Platine.



Unterseite der Platine.

VLF + PLL

Jan Barendrecht scheint viel länger an seinen Schaltplänen gearbeitet zu haben, als es der Zeitplan für die Veröffentlichung zuließ. Der Artikel beginnt nämlich mit einem Satz, der vermuten lässt, dass die Entwicklung zumindest kompliziert gewesen sein muss: „Auf der internen Elektor-Wunschliste stand der Metall-Detektor schon lange mit an der Spitze. Daß die Veröffentlichung doch ziemlich lange auf sich warten ließ, liegt sicherlich daran, daß ein wirklich guter Metall-Detektor - also keiner, der nur „irgendwas“ findet - sehr gründlich entwickelt werden muß.“

Das verwendete Prinzip ist ein VLF-Modell (very low frequency), das mit Hilfe von PLL-Techniken (phase-locked loop) Stabilität, eine gute Unterscheidung zwischen Metallen und die Eliminierung des schwer fassbaren „Bodeneffekts“ gewährleistet.

Wenn man zwischen den Zeilen der ersten Veröffentlichung von 1981 liest, könnte man sich sogar fragen, ob alle Probleme beseitigt worden sind. Diese Mutmaßungen über die Unwägbarkeiten der Entwicklung werden jedoch durch die Versprechen von Elektor ausgeräumt: „Mit seinem professionellen Gehäuse und einer Schaltung, die stabil und zugleich empfindlich ist, stellt der Metall-Detektor viele handelsübliche Geräte in den Schatten.“

Viele Leser scheinen von diesem klassischen analogen Designansatz überzeugt worden zu sein. Der mögliche Einsatz von „Mikroprozes-

soren können vielleicht Wunder vollbringen!“, wird in dem Artikel zwar erwähnt, aber gleich wieder verworfen, weil man „dann schon jeden Tag ein Goldstück finden (müsse), um die Kosten (...) wieder auszugleichen.“ Was für eine Prosa!

Hohe Leistung, einfache Konstruktion

In den frühen 1980er Jahren exportierte China nicht viel mehr als kleine rote Bücher, geschweige denn Metalldetektoren. Über die billigen Modelle, die auf dem Markt waren, heißt es in dem Artikel: „Große Empfindlichkeit, Unterscheidung der unterschiedlichen Materialien, keine Beeinflussung durch Störfelder (sind) Eigenschaften, die preiswerten Metall-Detektoren leider fehlen.“

Das Angebot von Elektor kam also zur rechten Zeit und wirkte fast wie ein Wunder. Elektor war auf dem Gebiet der Platinenerstellung gut etabliert. Unsere Zeitschrift versorgte ihre Leser mit reproduzierbaren Zeichnungen sowie gebrauchsfertigen geätzten, gebohrten und siebbedruckten Platten. Für diesen Metalldetektor hatte Elektor das ultimative Versprechen für seine Leser ausgeheckt: eine komplette Hardware-Baugruppe, einschließ-

lich des (gefürchteten) Suchkopfes, von der Stange. In den Worten der damaligen Zeit: „Das Hauptproblem beim Nachbau des Elektor-Metall-Detektors ist zweifellos das Gehäuse. Glücklicherweise ist das im Foto abgebildete Gehäuse als Bausatz erhältlich, so daß das Gerät ein sehr professionelles Aussehen bekommt.“

Wie dem auch sei, der Suchkopf des Detektors mit seinen komplizierten, bifilar-gegenphasigen, verdrehten und emaillierten Wicklungen (hä?) erwies sich als großer Stolperstein und war jahrelang die direkte Ursache für Hunderte von wütenden Leserbriefen. Aber dieser Metalldetektor war wirklich das damit gefundene Gold wert. ◀

220211-02

Über den Autor

Larry Kossek interessierte sich für die Besteigung des Mount Electronics mit dem Elektor-Seil vor allem durch seine musische Neigung. Dabei entdeckte er die digitalen Techniken, wie sie auftauchten, zusammen mit Kollegen und vielen Autoren, die zu seinen Weggefährten wurden.

WEBLINK

- [1] „Metall-Detektor“, Elektor 11/1981:
<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-198111/46406>

Der Elektor Store

Nie teuer, immer überraschend!

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

begeistert sind oder die wir einfach ausprobieren wollen. Wenn Sie einen Produktvorschlag haben, sind wir hier erreichbar (sale@elektor.com).
Unsere Bedingungen:
Nie teuer, immer überraschend!



Hioki DT4256 Digital-Multimeter (6000 Counts)

Preis: 199,95 €

Sonderpreis: 169,95 €

www.elektor.de/20208

PeakTech 1404 2-Kanal Oszilloskop (100 MHz)

Preis: 299,00 €

Mitgliederpreis: 269,10 €

www.elektor.de/20229





YDLIDAR TG30 Lidar
360-Grad-Laserscanner (30 m)



Preis: 449,00 €
Sonderpreis: 399,00 €

 www.elektor.de/20211

Ersa i-CON PICO
Lötstation (80 W)



Preis: 249,00 €
Mitgliederpreis: 224,10 €

 www.elektor.de/20186

Andonstar AD1605
4K HDMI
Digital-Mikroskop



Preis: 399,00 €
Sonderpreis: 339,00 €

 www.elektor.de/20183

Sensepeek PCBite
3-fach Lupe

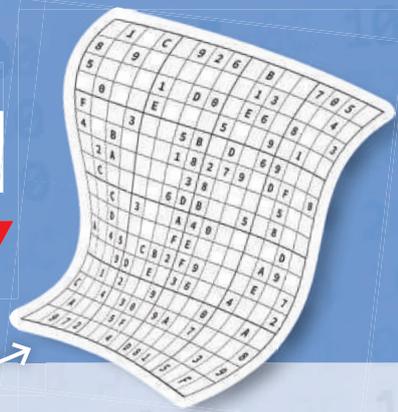


Preis: 74,95 €
Mitgliederpreis: 67,46 €

 www.elektor.de/20175

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, Fax oder Post an:

hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 15. September 2022.

Die Namen der Gewinner werden unter www.elektormagazine.de/hexadoku bekannt gegeben.

			2	1	C										D		
3	8	9		7	A		E		D		5						
F				8			0		7	A		3	9			E	
1	C		D		4	5		6	E		F		B				
				3			B	2		4	E	8		5			
		6	C					3		8	A		1				
8	F	A					6	5					B	3	0		
			3			8			B	C	6	F					
				D	F				2		7		8	3			
				E				F				9					
9	2		7	6			4						E		A	B	
		B	F		7	C	8					3		2	4	6	
6				5	8			C		7		2					9
	7	C		F					5	9					B		
0	3	D			E				A			5		6			
2	4		B		D				6				A	C	1		

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter der in der Unternehmensgruppe Elektor International Media B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

Treten Sie jetzt der Elektor Community bei!



Jetzt  Mitglied werden!



- ✓ Komplettes Webarchiv ab 1970
- ✓ 8x Elektor Doppelheft (Print)
- ✓ 8x Digital (PDF)
- ✓ 10% Rabatt im Online-Shop und exklusive Angebote
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber Dateien aus Elektor Labs



Auch erhältlich

Die digitale
Mitgliedschaft!



- ✓ Zugang zu unserem Webarchiv
- ✓ 10% Rabatt in unserem Online-Shop
- ✓ 8x Elektor Doppelheft (PDF)
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber Dateien aus Elektor Labs



www.elektormagazine.de/Abonnement

electronica fast forward is back!



New Logo, New Concept

Do you want to see the best of
the best start-ups and scale-ups
within the electronics scene?

Visit us at booth
B4.440 to get to
know them.