

e lektor

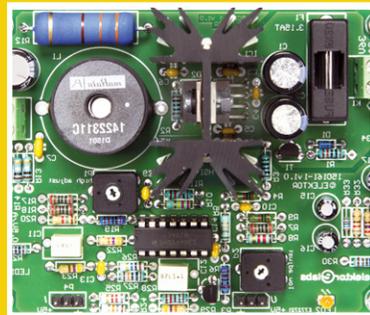
LEARN DESIGN SHARE



E-Paper-Display
Arduino steuert

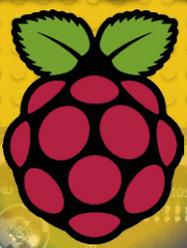


Bluetooth-Relais
Mit Android-App



UniLab 2
Geschaltetes Labornetzteil
0...30 V/3 A

LEGO® Control-Board für Raspberry Pi



Mit 4 Motor-Steuerungen und 16 digitalen Leitungen!

In dieser Ausgabe:
4 Labor-Projekte
2 Leser-Projekte
2 Reviews
2x Grundlagen
und mehr!

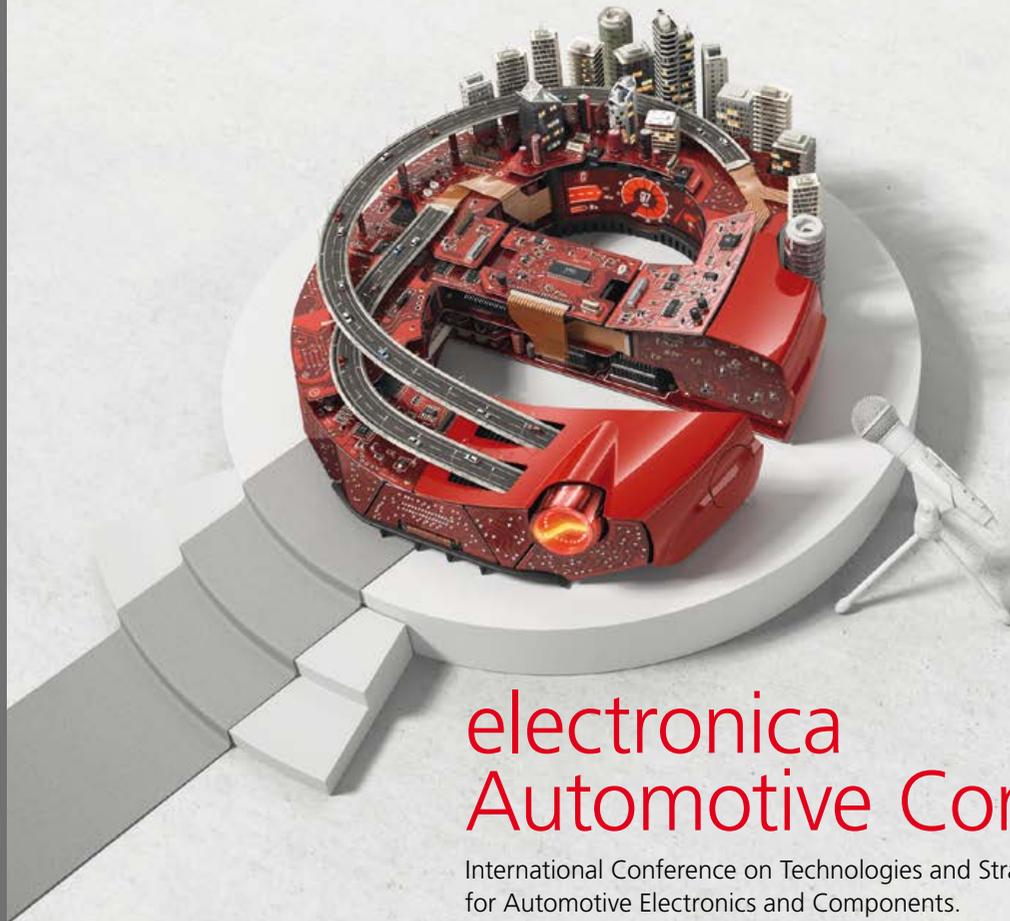
Webradio mit Fluoreszenz-Display

- Assembler Crashkurs: I²C- und SPI-Kommunikation
- **Grundlagen: Der Transistor-Verstärker**
- **Elektor SDR: Antennen**
- AxiCat: Starkes USB-Entwicklungs-Tool
- Walobot – ein 3D-Sensor für das Smartphone
- **Bemerkenswerte Bauteile: Symmetrisches Antennenkabel**
- Review: Anaren Bluetooth Smart Development Kit
- **Q & A: MQTT**





Messe München
Connecting Global Competence



electronica Automotive Conference.

International Conference on Technologies and Strategies
for Automotive Electronics and Components.

Topics:

- Safety and security
- Autonomous driving
- Interior electronics

Information & Registration:
electronica.de/en/automotiveconference

List of speakers (excerpt):

								
Simon Fürst BMW Group for AUTOSAR	Andreas Klage DRÄXLMAIER Group	Dr. Ludger Laufenberg Kostal	Wolfgang Lenders BMW Car IT	Steve Nadig Daimler Trucks	Dr. Reinhard Ploss Infineon Technologies	Dr. Stefan Poledna TTTech	Martin Schleicher Elektrobit	Dirk Wollschläger IBM

electronica Automotive Conference
November 7, 2016 | Messe München

The conference is held within the scope of **electronica**, the World's Leading Trade Fair for Electronic Components, Systems and Applications.



electronica 2016
inside tomorrow



SHARE

DESIGN

LEARN

Willkommen bei DESIGN

Von **Clemens Valens**, Elektor-Labor



James Watt (1736 – 1819)

James Watt wurde am 19. Januar 1736 in Greenock (Schottland) geboren, einer kleinen Stadt nordwestlich von Glasgow. Drei Jahre später durfte sich die Familie über weiteren Familienzuwachs freuen: Die Geburt eines Bruders (John) – und, ein weiteres Jahr später, einer Schwester (Jean). Der Vater James Henry war im Schiffsbau tätig, und die mit umfangreichem Wissen ausgestattete Mutter Agnes sorgte für die Bildung ihrer Kinder. James war handwerklich begabt und zeigte ein gewisses Talent zum Ingenieur, so dass er im Alter von 18 Jahren nach London zog, um dort den Instrumentenbau zu erlernen. Ein Jahr später kam er zurück nach Glasgow, durfte sich dort jedoch nicht als Geschäftsmann selbständig machen, weil er es versäumte, zuvor eine siebenjährige Ausbildungsphase zu absolvieren. Zum Glück fand er einen Job an der Universität von Glasgow, wo man seine Fähigkeit, astronomische Instrumente zu bedienen und zu reparieren, sehr schätzte.

James Watt wurde oft die Erfindung der Dampfmaschine zugeschrieben, aber solche Maschinen gab es bereits seit dem Jahre 1712, als Thomas Newcomen die „Atmospheric Engine“ erfand. Fast genau 50 Jahre später begann James, sich für diese Maschinen zu interessieren und unternahm verschiedene Experimente, die er jedoch bald schon wieder aufgab, weil es recht schwierig war, eine lauffähige Dampfmaschine zu konstruieren. Sein Interesse an diesem Thema wurde jedoch aufs Neue geweckt, als man ihn bat, die Dampfmaschine an der Universität Glasgow zu reparieren. Das relativ kleine Gerät litt sehr stark unter Wärmeverlusten und arbeitete daher nicht effektiv genug, was den Erfindergeist von James offensichtlich herausforderte.

Schließlich kam ihm die Einsicht, dass man der Maschine einen wesentlich höheren Wirkungsgrad verleihen könnte, wenn man die Kondensation aus dem Zylinder heraus in einen gesonderten Kondensator verlagerte. Die moderne Dampfmaschine war geboren und James ließ seine Idee patentieren. Neue Erfindung hin oder her: Die Dampfmaschine war und blieb in dieser

Epoche ein Produkt, das nur schwer herzustellen war, so dass James Geld brauchte. Als sein Patent in die Hände des Geschäftsmannes und Metallwaren-Fabrikanten Matthew Boulton fiel, schlossen sich beide zusammen und machten Watts Idee zu einem blühenden Geschäft.

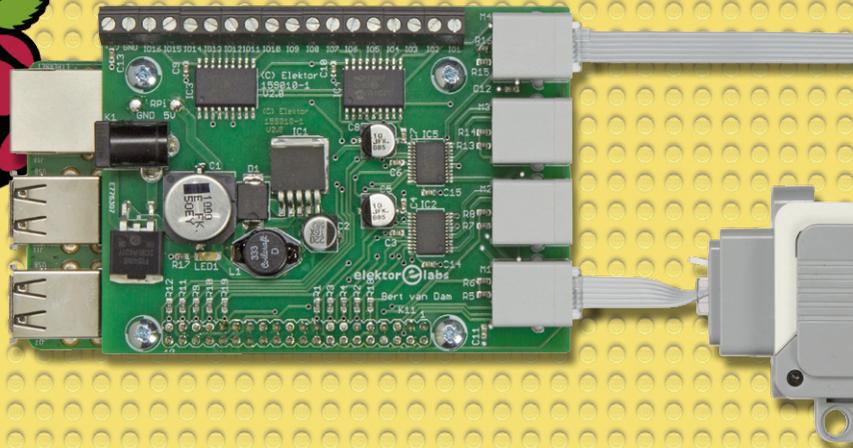
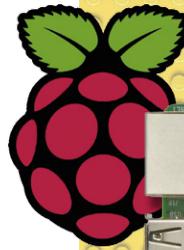
Es wird berichtet, dass James Watt eifrig darauf bedacht war, andere nur gegen eine Gebühr von seiner Erfindung profitieren zu lassen. Sein ganzes späteres Leben schien sich sogar darauf konzentriert zu haben, neue Technologien, die seine Erfindung bedrohen könnten, mit allen legalen Mitteln zu bekämpfen. Einige Kritiker werfen ihm sogar vor, dadurch die weitere Entwicklung der Technik bis zum Verfall seiner Patente im Jahre 1800 behindert zu haben.

Obwohl sich James Watt nie mit Elektrizität beschäftigte, wurde sein Name durch das Watt, die Einheit der (elektrischen) Leistung, verewigt ($1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$). ◀



(160135)

- 3 Impressum
- 6 Das Elektor-Netzwerk
- 30 News
- 78 Elektor World News
- 82 Hexadoku
Sudoku für Elektroniker



LEARN DESIGN SHARE

- 8 Willkommen bei LEARN
- 9 Bemerkenswerte Bauteile
Symmetrisches Antennenkabel
- 10 Assembler Crashkurs 2.3
I²C- und SPI-Kommunikation
- 20 E-Paper
Die Zukunft der Displays?
- 24 Grundlagen:
Der Transistor-Verstärker
- 29 Q & A
(Fast) alles, was Sie schon immer wissen wollten über ... MQTT

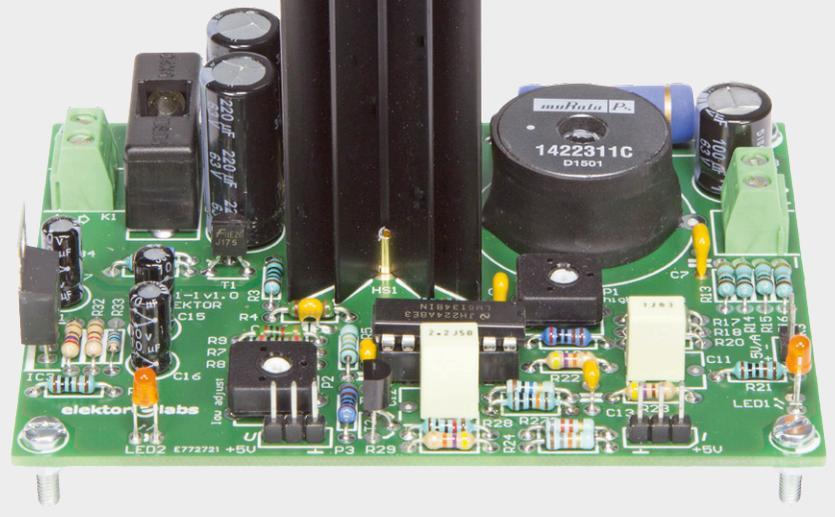
LEARN DESIGN SHARE

- 34 Willkommen bei DESIGN
- 35 Elektor SDR Reloaded (3)
Antennen für das SDR-Shield
- 38 LEGO® Control-Board für Raspberry Pi
Vier Motor-Steuerungen und 16 digitale Leitungen
- 44 Walobot –
ein 3D-Sensor für das Smartphone
Schaut auch durch die Wand!
- 46 UniLab 2
Geschaltetes Labornetzteil 0...30 V/3 A
- 51 Das E-Paper und der Arduino
Arduino-Sketch steuert Display EPA20-A

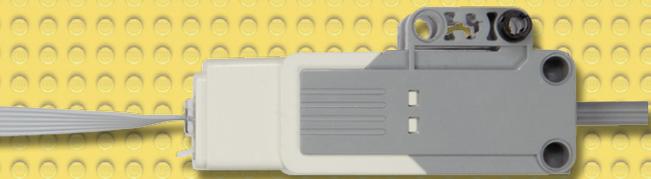
UNILAB 2 GESCHALTETES LABORNETZTEIL 0...30 V/3 A

Geräte für die Stromversorgung gehören seit Jahrzehnten zu den beliebtesten Selbstbauprojekten. Elektor hat dem Rechnung getragen und seit Beginn seines Bestehens Dutzende Labornetzteile aller Größen und Schattierungen veröffentlicht. Auf viel Interesse stieß im Jahr 2010 das UniLab, schon damals ein ausgereifter und nachbausicherer Entwurf. Doch nach über sechs Jahren schien es an der Zeit, einen Nachfolger zu kreieren: Das UniLab 2!

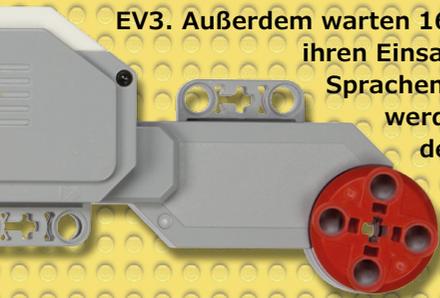
46



CONTROL-BOARD RASPBERRY PI



Das Board erweitert Ihren Raspberry Pi, Version 2 oder 3, um vier Kanäle zum Steuern von LEGO-Motoren des Typs EV3. Außerdem warten 16 digitale I/O-Leitungen auf ihren Einsatz. Der Raspberry Pi kann in den Sprachen Python oder C programmiert werden. Exemplarisch für den Einsatz des Boards stellen wir Ihnen ein kleines Nonsens-Projekt vor, unsere „Useless Box“.



51

DAS E-PAPER UND DER ARDUINO ARDUINO-SKETCH STEUERT EPA20-A

E-Paper heißt eine Klasse elektronischer Displays mit ungewohnten Eigenschaften. Solange Texte oder Grafiken statisch dargestellt werden, kommen diese Displays ohne fremde Energie aus. Nur wenn sich Inhalte ändern, ist der Energiebedarf größer als Null. Damit bietet sich das E-Paper für Einsatzfelder an, in denen Energie rar und kostbar ist. Dieser Beitrag zeigt, wie ein E-Paper mit einem Arduino Uno gesteuert werden kann.

- 54 **Bluetooth-Relais**
Mit Android-App
- 58 **Webradio mit Fluoreszenz-Display (1)**
Moderne Technik mit bewährter Anzeige
- 64 **AxiCat**
Starkes USB-Entwicklungs-Tool

LEARN | DESIGN | SHARE

- 73 **Willkommen bei SHARE**
- 74 **Review**
Anaren Bluetooth Smart Development Kit
- 76 **Projekt 2.0**
Korrekturen, Updates und Leserbriefe
- 80 **Fast Forward Start-up Award**
Kleine Auswahl der ersten Einsendungen

Vorschau

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

Aus dem Inhalt:

- WLAN-Controllerboard mit Android-App
- Freie CAD-Programme
- Labor-Projekt: Drahtlose Energie-Übertragung
- Elektor mbed Interface
- Sensoren am Arduino: In BASCOM und C
- Webradio mit Fluoreszenz-Display: Radio auf dem Raspi
- Ampel für Modellbahn

Und vieles mehr!

Änderungen vorbehalten.

Elektor November erscheint am 19. Oktober 2016.
Verkaufsstellen findet man unter www.pressekaufen.de.

Die Elektor-Community

LEARN

DESIGN

SHARE

Elektor durchbricht die Schranken einer Zeitschrift und wird zur Community aktiver E-Ingenieure - vom Anfänger bis zum Profi – begierig, überraschende Elektronik zu lernen, zu entwickeln, zu teilen.



Elektor-Shop: 24 Stunden an 7 Tagen der Woche für jeden Elektroniker geöffnet! Dauerhafter Rabatt von 10% für alle GOLD- und GREEN-Mitglieder. www.elektor.de



Elektor-Zeitschrift: 10 Ausgaben pro Jahr voll gepackt mit Elektronik-Projekten, Artikeln, Besprechungen, Tipps und Tricks. www.elektormagazine.de



Elektor-Platinen-Service: Bestellung von Platinen als Einzelstück oder Kleinserie. www.elektorpcbservice.de



Elektor wöchentlich & papierlos: Wöchentlicher digitaler Newsletter. Kostenlos und aktuell. www.elektor.de/newsletter



Elektor Academy: Webinare, Seminare, Präsentationen, Workshops, DVDs und mehr = praxisorientiertes Lernen. www.elektor.de



Elektor-Bücher & DVDs: Arduino, Raspberry Pi, Mikrocontroller und vieles andere mehr. Im Online-Shop mit 10% Rabatt für Mitglieder! www.elektor.de/bucher



Elektor.TV: Reviews, Eindrücke, Unboxings und persönliche Journale. Anschauen heißt Erfahrung sammeln. www.elektor.tv



Elektor-Labs: Eigene Projekte vorstellen – von Anderen lernen – Anderen helfen und mit Anderen teilen. Elektor macht mit und testet Ihre Ideen! www.elektormagazine.de/labs

Treten Sie dem weltweit größten Elektroniker-Netzwerk bei!

GREEN 1,78 €/Woche

- ✓ Zugang zum Elektor-Archiv
- ✓ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
- ✓ 10x Elektor jährlich (Digital)
- ✗ 10x Elektor jährlich (Print)
- ✓ Exklusive Top-Angebote
- ✓ Zugang zu **elektorlabs**
- ✗ Elektor Jahrgangs-DVD



www.elektor.de/green-mitglied

GOLD 2,45 €/Woche

- ✓ Zugang zum Elektor-Archiv
- ✓ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
- ✓ 10x Elektor jährlich (Digital)
- ✓ 10x Elektor jährlich (Print)
- ✓ Exklusive Top-Angebote
- ✓ Zugang zu **elektorlabs**
- ✓ Elektor Jahrgangs-DVD

www.elektor.de/gold-mitglied

GRATIS

- ✗ Zugang zum Elektor-Archiv
- ✗ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
- ✗ 10x Elektor jährlich (Digital)
- ✗ 10x Elektor jährlich (Print)
- ✓ Exklusive Top-Angebote
- ✓ Zugang zu **elektorlabs**
- ✗ Elektor Jahrgangs-DVD

www.elektor.de/newsletter



82

Länder

248153

Mitglieder

1040

Experten & Autoren

489

Literatur

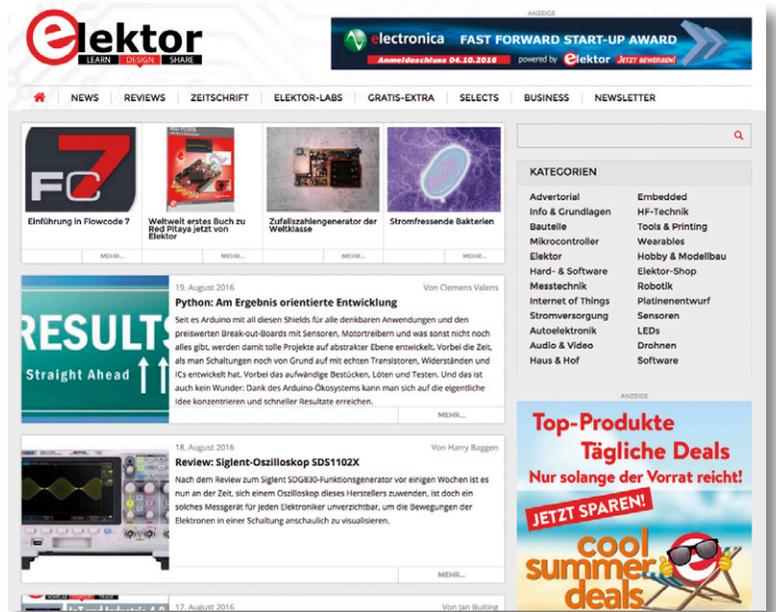
235332

Monatliche Besucher

www.elektormagazine.de

Eine ganze Welt mit Elektronik-News

Elektroniker entdecken eine ganze Welt mit Projekten, News, Videos und mehr auf unserer neu überarbeiteten Website. Rechts oben kann man einfach die Sprache auswählen. Zur Wahl stehen Deutsch, Englisch, Französisch und Niederländisch. Die intelligenten Such-Tools erleichtern das Auffinden von Artikeln und weiterführender Information. Registrieren Sie sich als GREEN- oder GOLD-Mitglied; mit Ihrem persönlichen Login haben Sie vollen Zugriff auf den Online-Shop inklusive vieler Extras. Hier können Sie auch Ihren Account überarbeiten – und das gilt auch für Ihre Mitgliedschaft, das gedruckte Heft und den Newsletter *Elektor*.



Elektor : wöchentlich & papierlos

Ein wöchentlicher Newsletter vollgepackt mit Information

Mehr als 120.000 Elektroniker haben bereits ein Abonnement unseres kostenlosen *Elektor-Newsletters*. Jede Woche gibt es hier News, Tipps, Trends und mehr direkt in ihrem digitalen Briefkasten. Außerdem erhalten Sie so Zugriff auf weitere exklusive Projekte, Spezialangebote und Rabatte für den Online-Shop.

Registrieren Sie sich noch heute:
www.elektor.de/newsletter





SHARE

DESIGN

LEARN

Willkommen bei **LEARN**



von **Jens Nickel**

Mehr vom Pretzel Board



Letztes Wochenende habe ich mir ein paar Stunden freigeschaufelt, um weiter mit dem „Pretzel Board“ zu experimentieren. Der ATmega328 auf dem Board blieb so programmiert, dass er über USB übermittelte Zeichen direkt an den WLAN-Baustein ESP8266 weitergab und umgekehrt. Doch statt die AT-Kommandos weiter händisch in ein Terminalprogramm auf dem PC einzugeben, habe ich mir ein eigenes kleines PC-Programm geschrieben, das auf Knopfdruck die nötigen Zeichen über die (virtuelle) serielle Schnittstelle des Computers losschickt. Klar hätte ich mir auch gleich einen passenden Arduino-Sketch schreiben können, der die Kommandos direkt im ATmega328 generiert. Aber ich hatte ja schon eine kleine MQTT-Library für den PC, die Funktionen konnte ich dann für erste MQTT-Experimente weiter nutzen. Und außerdem entstand nebenbei ein kleines selbst geschriebenes Terminalprogramm in C#, das ich sicher auf meinem „Weg in das Internet of Things“ noch einmal gebrauchen konnte.

Wie es weiterging, lesen Sie unter www.elektormagazine.de/tags/mein-weg-ins-iot.



Elektronik im Weltraum

Vor einigen Wochen bekam ich eine E-Mail von Elektor-Leser Jaime Estela. Der Ingenieur ist bei der Spectrum ARC GmbH angestellt, die verschiedene Dienstleistungen im Bereich der Raumfahrt anbietet. Jaime hat ein profundes Expertenwissen darüber, wie Hardware konstruiert sein muss, dass sie die harschen Bedingungen im Weltall (und auch den Raketenstart) übersteht. Und dieses Wissen ist beileibe nicht mehr nur für eine Handvoll Spezialisten, sondern mehr und mehr auch für die ganze Elektronik-Community interessant. Denn mit den Nanosatelliten haben

inzwischen auch Studententeams, Amateurfunk-Vereine und Maker-Spaces die Möglichkeit, eigene Boards in den Weltraum zu bringen. In einer der kommenden Ausgaben lesen Sie mehr über dieses spannende Thema.

E-Paper ausprobiert

Elektor ist ja bekannt dafür, Wissen in einer Mischung aus Theorie und Praxis zu vermitteln. Eine sehr interessante Technologie sind E-Paper-Displays, und in dieser Ausgabe finden Sie gleich zwei Artikel zum Thema. Elektor-Autor Ibrahim Dogan wird im LEARN-Abschnitt die Hintergründe der stromsparenden Anzeigen beleuchten; und im DESIGN-Abschnitt stellen wir Ihnen ein Eval-Board vor, das in Form eines Arduino-Shields ausgeführt ist. Mein junger Kollege Niek Laskarzewski hat die Hardware und die zugehörige Library ausprobiert und auch eine kleine Demo-Anwendung geschrieben, die zu weiteren Experimenten einlädt. ◀



(160132)

Symmetrisches Antennenkabel

Bemerkenswerte Bauteile

Von Neil Gruending (Kanada)

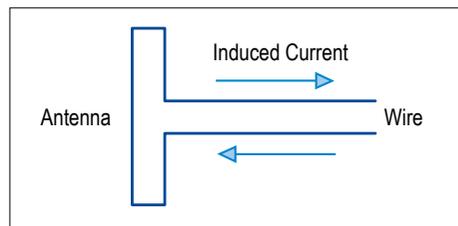


Bild 1. Prinzip einer gefalteten Dipol-Antenne.

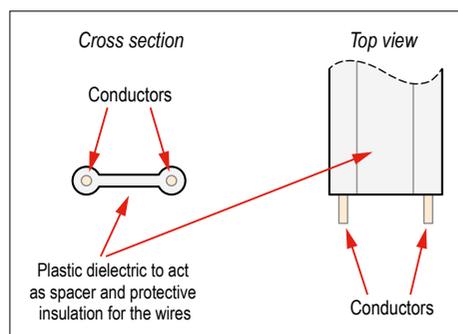


Bild 2. Symmetrisches Antennenkabel [1].

Wie empfängt man HF-Signale z.B. für UKW-Radios oder terrestrisches Fernsehen? Für Elektroniker ist es natürlich viel interessanter, hierfür eine Dipol-Antenne zu verwenden statt eines langweiligen Kabelanschlusses oder einer schnöden Internetverbindung. Eine Dipol-Antenne erzeugt in einem elektromagnetischen HF-Feld kleine Ströme, die mit einer einfachen Zweidraht- bzw. Bandleitung an den Empfänger geleitet werden, die auch als Stegleitung oder symmetrisches Antennenkabel bekannt ist. Die Eigenschaften dieses fast vergessenen Kabeltyps sind sehr interessant.

Da HF-Signale sehr klein sind, spielt Interferenz eine wichtige Rolle. Glücklicherweise hat eine Dipol-Antenne schon einen passenden symmetrischen Ausgang wie in **Bild 1** als Stromschleife am Ende zweier Leiter. Das eigentliche Signal ist die Differenz der Leitersignale. Störstrahlungen betreffen normalerweise beide Leiter und gelangen daher nicht in den Empfängereingang. Für symmetrische Leitungen sind konstante Impedanzen wichtig, denn Fehlanpassun-

gen stören die Symmetrie, reduzieren die Pegel und es gibt Interferenzen.

Heute werden fast überall Koaxial-Kabel verwendet, doch bei einer Dipol-Antenne ist das suboptimal, da das Kabel über die Masseverbindung der Abschirmung eine der beiden Antennenhälften erden würde, was die Symmetrie stört. Außerdem ist die Anpassung der Koaxial-Impedanz von typisch 50...75 Ω an die charakteristischen 300 Ω einer Dipol-Antenne nicht so einfach. Bandleitungen wie in **Bild 2** lösen das Problem durch eine sogenannte Transmission-Line mit zwei Leitern. Leiterabstand bzw. die Kabelbreite werden über den Kunststoffsteg bestimmt, der direkt die Impedanz determiniert. Diese flachen Kabel kennt man vielleicht noch von uralten Installationen mit Antennen auf dem Dach. Dieser Kabelaufbau hat eine im Vergleich zu Koaxialkabeln deutlich geringere Kabelkapazität zur Folge, was merkbar geringere Kabelverluste bei gleicher Frequenz und Länge ermöglicht.

Auf der anderen Seite ist es nicht ganz so einfach, mit solchen flachen Kabeln einen guten Empfang zu gewährleisten, da alle Verdrillungen oder auch nur die Nähe metallischer Gegenstände die Kabelimpedanz stellenweise ändert, was zu Fehlanpassungen und Interferenzen führt. Von daher wird heutzutage einfach mit Hilfe eines 4:1-Abwärts-Balun-Trafos das Signal von symmetrisch auf unsymmetrisch gewandelt. Die Bezeichnung „Balun“ ergibt sich aus der Kombination der englischen Begriffe „**balanced**“ und „**unbalanced**“. Mit dem Balun-Trafo kann man auch ein Koaxialkabel zum Anschluss einer Dipol-Antenne verwenden, denn er passt nicht nur die Impedanzen an, sondern isoliert die Antenne gleichzeitig von der Abschirmung des Koaxialkabels.

Wer gerne einmal mit solchen symmetrischen Bandleitungen experimentieren möchte: Ein UKW-Radio ist ein geeignetes Testobjekt dafür, da die Ausstrahlung terrestrischer Analog-TV-Signale ja weitgehend eingestellt wurde. **Bild 3** zeigt ein kommerzielles Produkt [2], das einen Abschnitt eines 300- Ω -Kabels als

Dipol-Antenne einsetzt. **Bild 4** zeigt eine ungewöhnliche Anwendung einer leiterförmigen Stegleitung in einem Oszilloskop aus den 1960er Jahren aus Jan Buitings *Retronik*-Sammlung.

(150704)

Weblinks

- [1] www.radio-electronics.com/info/antennas/balanced_feeder/balanced_feeder.php
- [2] www.retrokabel.de

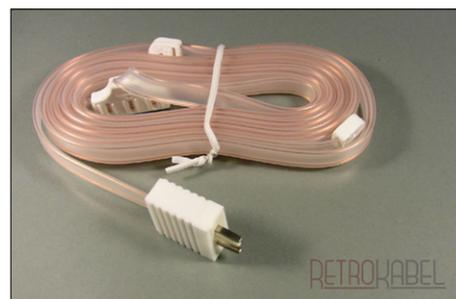


Bild 3. Solch eine aus einer Bandleitung gefertigte Dipol-Antenne für den Inhouse-UKW-Empfang wurde früher guten Receivern beigelegt.



Bild 4. Symmetrisches Antennenkabel in einem Oszilloskop des Typs PM3110 von Philips. Es verbindet die Ablenkelektroden der Kathodenstrahlröhre mit dem Ausgang des Y-Verstärkers. Diese kurze Leitung überträgt bis zu 10 MHz bei 360 V_{y1-y2} mit akzeptabler Kapazität.



Steuern Sie weitere Bauteile hinzu: Mailen Sie an neil@gruending.net.

Assembler Crashkurs 2.3

I²C- und SPI-Kommunikation

In den ersten beiden Folgen dieses zweiten Assembler-Crashkurses ging es um die Ansteuerung eines LED-Displays im Multiplexverfahren sowie um die indirekte Adressierung. Die dritte und letzte Folge dreht sich um die serielle Kommunikation via I²C- und SPI-Schnittstelle.

Von **Miroslav Cina** miroslav.cina@t-online.de

Modernere Mikrocontroller können nicht nur wie anno dunnemals „normal“ seriell mit anderen Geräten Daten austauschen und haben dafür in der Regel integrierte Hardware-UARTs (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) eingebaut, sie beherrschen auch schnelle Bus-Systeme wie I²C (Inter-Integrated Circuit) oder SPI (Serial Peripheral Interface). Beide Systeme sind sehr weit verbreitet, denn sie erfordern auf Hardware- wie Software-Seite wenig Aufwand und kommen mit den für Mikrocontroller üblichen Spannungspegeln aus. Es gibt vielfältige Peripherie-Chips wie etwa Sensoren, die mit mindestens einer dieser beiden Kommunikationsarten ausgestattet sind. Nachfolgend geht es darum, wie man diese Schnittstellen in Assembler behandelt.

MSSP

Jedes Mitglied der verwendeten PIC-Familie und sogar deren kleinste Vertreter haben mindestens eine MSSP-Einheit, manche sogar zwei davon. Wozu ein MSSP (Master Synchronous Serial Port) dient, ist aus seinem Akronym ersichtlich. Ein MSSP kommt vor allem da zum Einsatz, wo:

- viele I/O Ports benötigt werden (mehr als der Mikrocontroller selbst bietet),
- spezielle Peripherie-Chips angesteuert werden (ADCs, DACs, RTCs, Sensoren etc.),
- Daten mit mehreren Chips unkompliziert ausgetauscht werden und/oder
- Daten über Distanzen (durchaus etliche Meter) getauscht werden.

Ein MSSP kann in vielen verschiedenen Modi betrieben werden. Besonders wichtig ist dabei seine Konfiguration als I²C- oder SPI-Schnittstelle. Bei PICs ist in beiden Modi die Konfiguration als Slave oder Master möglich. Viele Mikrocontroller bieten ein SSP-Modul; doch der Buchstabe

„M“ (stellvertretend für Master) ist besonders interessant, da dieses Feature viel Zeit und Programmspeicher spart, wenn man die serielle Schnittstelle als Master einsetzen muss.

I²C

Das I²C-Protokoll samt Bus wurde schon 1982 von Philips Semiconductors (heute NXP) für „smarte“ Fernseher entwickelt. Dieser Bus wird hauptsächlich zur unkomplizierten Kommunikation innerhalb eines Geräts eingesetzt. Praktisch kommuniziert dabei ein Mikrocontroller seriell mit anderen ICs oder weiteren Controllern, dabei typischerweise ein Master mit mehreren Slaves. Atmel hat dann dieses Bus-System aufgrund seiner Einfachheit übernommen und es als TWI (Two Wire Interface) umgetauft, denn es kommt mit nur zwei Datenleitungen (plus Masse) aus. Heute unterstützen über 50 Hersteller diesen Bus. I²C bietet eine synchrone und bidirektionale Kommunikation, jedoch nur „half duplex“. Um einzelne Chips anzusprechen, belauschen die Slaves den Bus bzgl. ihrer Adresse und antworten dem rufenden Master. SDA ist die Datenleitung und SCL die Taktleitung. Es ist klar, dass immer nur ein Datenpaket gleichzeitig auf dem Bus unterwegs sein kann. Die Datenübertragungsraten reichen prinzipiell von anfänglichen 100 kbit/s bis zu High-Speed-Modus mit 5 Mbit/s, wobei 100, 400 und 1.000 kbit/s häufig unterstützt werden.

SPI

Der SPI-Bus wurde als Protokoll von Motorola bei der Einführung der legendären 68K-CPU 1979 entwickelt. Bei SPI handelt es sich ebenfalls um eine synchrone serielle Schnittstelle, doch hier „full duplex“. Dies hat einen etwas komplexeren Bus zur Folge, denn für die bidirektionale Kommunikation braucht es außer dem Takt auf SCLK und den beiden Datenleitungen MOSI (Master Output, Slave Input) bzw. SDO (Serial Data Out) und MISO (Master Input, Slave Output) bzw. SDI (Serial Data In) auch noch mindestens eine SS-Leitung (Slave Select) plus Masse. Genau genommen benötigen alle Slaves eigene SS-Leitungen (manchmal auch CS = Chip Select genannt), die dann einfach durchnummeriert werden.

Der höhere Aufwand und die Verwendung von Push-Pull-Treiberstufen (gegenüber der Open-Collector-Auslegung bei I²C) ermöglichen allerdings sehr viel höhere Datenraten; es wird auch weniger Betriebsstrom benötigt. Nachteil ist die begrenzte Leitungslänge, die etwa den Beschränkungen bei RS232 entspricht. Aufgrund von Geschwindigkeiten bis zu 80 Mbit/s eignet sich SPI vor allem zur Anbindung von Chips mit hohem Datenaufkommen wie schnelle ADCs oder externe Flash-Chips. Manche Mikrocontroller können sogar beide Protokolle gleichzeitig unterstützen (z.B. MSSP1 als I²C-Master und MSSP2 als SPI-Master) und sind somit hochgradig flexibel.

Design-Fehler

Wenn man einen Mikrocontroller im MSSP-Master-Mode verwendet, gibt es definierte Pins, die für die Kommunikation zuständig sind. Die bei der MCU PIC16F1829 für die I²C- und SPI-Kommunikation vorgesehenen Pins entnimmt man den **Tabellen 1** und **2**. Bei SPI sind die Chip-Select-Pins frei wählbar, da sie nicht über die MSSP-Hardware, sondern über die Firmware gesteuert werden. In Tabelle 2 sieht man, dass bei SPI und MSSP2 die SDO-Leitung wahlweise auf die Ports RA5 oder RC1 gelegt werden kann.

An dieser Stelle der Hinweis, dass mir im ersten Teil dieser Serie ein Fehler unterlaufen ist, denn ich habe die Ports RA5, RC1 und RC7 schon mit der Displaysteuerung belegt. Das ist für I²C kein Problem, denn hier werden nur die Portpins RB4 und RB7 benötigt. Um aber mindestens einen SPI-Port für Experimente zugänglich zu machen, muss einer der drei Portpins RA5, RC1 und RC7 freigemacht werden.

Dank dieses Missgeschicks ergibt sich jetzt die Möglichkeit zu demonstrieren, dass so eine Umbelegung samt Software-Anpassung recht einfach machbar ist. Soll zum Experimentieren MSSP2 verwendet werden, kann man die Kathode von LD3 statt von RA5 besser von RA2 ansteuern lassen. Hierzu trennt man einfach die alte Verbindung auf und verbindet die Kathode neu mit RA2. Jetzt ist noch ein kleiner Eingriff in die Firmware notwendig:

In der Routine *init_main* wird RA2 als Ausgang konfiguriert. Dazu wird Bit 2 des TRISA-Registers statt auf „1“ jetzt auf „0“ gesetzt. Aus:

```
movlw B'11001100'
movwf TRISA
```

wird jetzt:

```
movlw B'11001000'
movwf TRISA
```

Wo bisher auf `PORTA,D'005'` zugegriffen wurde, muss jetzt `PORTA,D'002'` stehen. Das ist an folgenden Stellen der Fall:

- Am Ende der Routine *init_main* (alle Kathoden werden deaktiviert).
- In der Subroutine *ishow_digit3* (letzte Kathode wird aktiviert).
- In der Subroutine *disp_off* (alle Kathoden werden deaktiviert).

Tabelle 1.			
MSSP #	Signal	Port	Pin #
1	SDA1	RB4	13
	SCL1	RB6	11
2	SDA2	RB5	12
	SCL2	RB7	10

Tabelle 2.			
MSSP #	Signal	Port	Pin #
1	SDO1	RC7	9
	SDI1	RB4	13
	SCK1	RB6	11
2	SDO2	RA5/RC1	2/15
	SDI2	RB5	12
	SCK2	RB7	10

- An allen drei Stellen gibt es jeweils die folgende Änderung:
 - `bsf PORTA,D'005'` wird zu: `bsf PORTA,D'002'` bzw.
 - `bcf PORTA,D'005'` wird zu: `bcf PORTA,D'002'`

I²C-Kommunikation

Nachdem schon grob geklärt ist, wozu ein MSSP genutzt werden kann, geht es jetzt in die Details der I²C-Kommunikation.

PIC16F1829 als I²C-Master

Wie schon erwähnt kann ein Mikrocontroller als Master auf sehr einfache Art und Weise viele interessante Chips ansteuern. Zur Verwendung der MSSP-Funktionen muss man lediglich mit drei Registern umgehen können und ein paar passende Zeilen Code schreiben.

Das erste Register ist **SSPxCON1**. Eine „1“ oder „2“ an Stelle des „x“ informiert darüber, ob MSSP1 oder MSSP2 gemeint ist. Die aus MSSP-Sicht größeren Mikrocontroller besitzen also ein SSP1CON1- und SSP2CON1-Register, doch die „kleineren“ mit nur einem MSSP lediglich SSP1CON1. Die Organisation des Registers entnimmt man **Tabelle 3**. Zunächst sind lediglich die vier LSBs SSPM<3:0> und das Bit SSPEN interessant.

Mit SSPM<3:0> konfiguriert man das MSSP-Modul. Ohne in die Einzelheiten zu gehen sei verraten, dass der Wert 1000b für die Funktion als I²C-Master steht. Die Datenrate wird anhand folgender Formel von der Systemfrequenz abgeleitet:

$$I2C \text{ Clock Speed} = F_{osc} / (4 * (SSPxADD+1))$$

SSPxADD ist das zweite relevante Register. Für den I²C-Master-Mode wird dort nur ein Wert für die Division abgelegt. Nur der Vollständigkeit halber: Beim I²C-Slave-Mode steht hier die I²C-Adresse.

Mit dem Bit SSPEN wird der MSSP eingeschaltet (= 1) oder ausgeschaltet (= 0).

Das letzte Register ist **SSPxSTAT**. Für Experimente mit I²C ist lediglich wichtig, dass alle Bits auf „0“ gesetzt werden müssen. Eine I²C Initialisierungsroutine in Assembler sieht dann z.B. so aus wie der Code von **Listing 1**. Zuerst werden die beiden Eingangs-Ports eingestellt (step 1) – das ist die Voraussetzung dafür, dass man sie im I²C-Mode verwenden kann.

Anschließend werden die Einstellungen für SSP2CON1 vorge-

nommen (step 2): Der MSSP-Mode wird mit dem Wert 1000b als Master festgelegt. Gleichzeitig wird der MSSP durch den Wert von „1“ für Bit 5 (SSPEN) aktiviert. Zum Schluss wird die Übertragungsgeschwindigkeit festgelegt und das Status-Register initialisiert (step 3). Im Code-Beispiel ergeben sich 62,5 kHz ($F_{osc} = 16 \text{ MHz}$, $SSP2ADD = 63$). Jetzt ist der Mikrocontroller als I²C-Master einsatzbereit.

I²C-Kommunikationsroutinen

Für die Kommunikation via I²C benötigt man ein paar „Basics“. Es wird davon ausgegangen, dass man mit der I²C-Kommunikation zumindest grundlegend vertraut ist. Falls nicht: Google findet auf Anhieb etliche Beschreibungen.

Kommunikation braucht Zeit. Mit der Beobachtung des SSP2STAT-Registers kann man feststellen, wann der aktuelle Kommunikationsprozess beendet worden ist. Für erste Experimente und die meisten Anwendungen ist es aber ausreichend, nach jedem Kommunikationsschritt einfach kurz zu warten und schlicht anzunehmen, dass nach der Pause alles fertig ist. Die Firmware wird damit extrem einfach. Dieses nachfolgend beschriebene Verfahren ist vor allem dann voll ausreichend, wenn die Übertragungsrate nicht so wichtig ist.

Jede I²C-Übertragung beginnt mit einer sogenannten Start Condition und wird durch den Master initiiert. Diese Startbedingung kann man in Assembler unter Verwendung des MSSP sehr einfach generieren:

```
i2c_start  bsf   BSR,D'002'  ;select register BANK 4
           bsf   SSP2CON2, SEN
           bcf   BSR,D'002'  ;select register BANK 0
           call  d55
           return
```

Eigentlich reicht es aus, das Bit SEN des SSP2CON2-Registers auf „1“ zu setzen. Mit der recht einfachen Subroutine d55 wird die Pause am Ende des Kommunikationsschritts erzeugt:

```
d55  movlw D'255'
     movwf TIMER2
d55_loop decfsz  TIMER2,F
     goto  d55_loop
     return
```

In d55 wird einfach 256 Mal eine leere Schleife durchlaufen. Bei 16 MHz Takt ist diese Verzögerung bei der gewählten Datenrate für alle I²C-Kommunikationsschritte ausreichend.

Jede I²C Kommunikation wird mit einer Stop Condition abgeschlossen. Wie schon bei der Startbedingung ist ihre Implementierung in Assembler ein Kinderspiel:

```
i2c_stop  bsf   BSR,D'002'
           bsf   SSP2CON2, PEN
           bcf   BSR,D'002'
           call  d55
           return
```

Man sieht, dass die eigentliche Arbeit von der MSSP-Hardware übernommen wird, denn man muss lediglich das Bit PEN des SSP2CON2-Registers auf „1“ setzen.

Um eine Datenübertragung konkret durchzuführen muss man nur noch wissen, wie man Daten schreibt und liest. Mit der folgenden Routine kann ein Master ein Byte zum Slave schicken:

```
;transmitting the content (byte) from register W
i2c_send  bsf   BSR,D'002'
           movwf SSP2BUF
           bcf   BSR,D'002'
           call  d55  ;pause
           return
```

Das Versenden eines Bytes ist also ebenfalls sehr einfach. Es reicht aus, die zu sendenden Daten in das Register SSP2BUF zu schreiben. Danach übernimmt wieder die MSSP-Hardware

Tabelle 3.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
R/C/HS	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
WCOL	SSPOV	SSPEN	CK	SSPM<3:0>			

Listing 1.

```
;-----
;set up MSSP2 for I2C BUS communication (PIC is the
master)
;-----
;
;step 1
i2c_init nop
  banksel  TRISB
  bsf     TRISB,D'007'  ;SCL
  bsf     TRISB,D'005'  ;SDA
  movlw  H'04'
  movwf  BSR  ;select BANK 4
;
```

```
;step 2
  movlw  B'00101000' ;see Datasheet Page 277
           ;bit 3-0 SSPM<3:0> = 1000
           ;1000 = I2C Master, clock = FOSC/
(4*(SSPADD+1))
  movwf  SSP2CON1
;
;step 3, set I2C speed
  movlw  B'00111111'
  movwf  SSP2ADD
  clrf  SSP2STAT
  clrf  BSR  ;select BANK 0
  return
```

die eigentliche Arbeit und das Byte aus dem W-Register gelangt seriell auf den I²C-Bus.

Die Empfangsroutine, die ein Byte vom Slave liest, ist etwas komplizierter:

```
;storing received byte into register W
;step 1
i2c_receive bsf   BSR,D'002'
             bsf   SSP2CON2, RCEN
             bcf   BSR,D'002'
             call  d55
;step 2
             bsf   BSR,D'002'
             movf  SSP2BUF,0
             bcf   BSR,D'002'
             return
```

Zunächst wird das Bit RCEN des SSP2CON2-Registers auf „1“ gesetzt (step 1). Damit weiß die MSSP-Hardware, dass ein Byte empfangen werden soll. Dann wird wieder kurz gewartet und anschließend sollte sich das empfangene Byte im SSP2BUF-Register befinden. Anschließend wird es ausgelesen und ins W-Register übertragen (step 2).

Die nächsten drei Code-Bausteine werden in den angeführten Beispielen zwar nicht benötigt, doch da sie wichtige Bestandteile der I²C-Kommunikation sind, sollen sie noch erläutert werden. Nachdem der Master ein Byte von einem Slave empfangen hat, wird er typischerweise ein ACK (Acknowledge) oder NACK (Not Acknowledge) an den Slave schicken, um diesen darüber zu informieren, ob die Übertragung erfolgreich war. Eine ACK-Subroutine kann so aussehen:

```
i2c_ack bsf   BSR,D'002'
             bcf   SSP2CON2, ACKDT   ;ACK
             bsf   SSP2CON2, ACKEN
             bcf   BSR,D'002'
             call  d55
             return
```

Wenn das Bit ACKEN auf „1“ gesetzt wird, initiiert die MSSP-Hardware eine ACK-Sequenz, durch die ein ACKDT-Bit auf den Bus gelegt wird. Wenn dieses Bit „0“ ist, wird ACK abgeschickt. Eine „1“ bedeutet NACK. Die NOT_ACK-Subroutine sieht deshalb nahezu identisch aus, da hier lediglich das Bit ACKDT des SSP2CON2-Registers auf „1“ gesetzt wird:

```
i2c_not_ack bsf   BSR,D'002'
             bsf   SSP2CON2, ACKDT   ;NACK
             bsf   SSP2CON2, ACKEN
             bcf   BSR,D'002'
             call  d55
             return
```

Mit dem I²C-Restart sind die Code-Bausteine dann vollständig. Ein I²C-Restart ist dann erforderlich, wenn die Richtung der Kommunikation mit einem Slave geändert werden soll. Die I²C-Restart-Subroutine kann dann so aussehen:

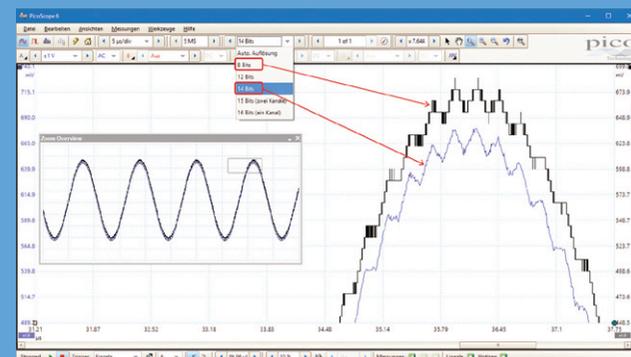
```
i2c_restart bsf   BSR,D'002'
```

Anzeige

pico[®]
Technology

PicoScope[®] 5000 Serie OSZILLOSKOPE MIT FLEXIBLER AUFLÖSUNG

DIE OSZILLOSKOPE DER PICOSCOPE 5000 SERIE MIT FLEXIBLER AUFLÖSUNG HABEN EINE AUSWÄHLBARE AUFLÖSUNG VON 8 BIS 16 BIT UND ABTASTGESCHWINDIGKEITEN BIS 1 GS/S.



Moderne elektronische Baugruppen und Geräte erzeugen eine Vielzahl von sehr schnellen und sehr hochauflösenden Signalen. Die Fähigkeit, kleine Signale in Gegenwart von größeren aufzuspüren und zu charakterisieren ist der Schlüssel zur Prüfung elektronischer Designs der nächsten Generation. Die Präzision eines Oszilloskops wird bestimmt durch seine Auflösung und Genauigkeit. Hier sehen Sie, wie sich unterschiedliche Auflösungen bei Oszilloskopen auswirken:

Das Signal im Screenshot wurde zunächst mit 8-bit-Auflösung erfasst; ein 64x-Zoom zeigt die Grenzen der 8-bit-Auflösung. Das gleiche Signal, erfasst mit einem PicoScope, das auf 12-bit-Auflösung eingestellt wurde, zeigt Details, die im 8-bit-Modus nicht sichtbar waren.



Alle Modelle inkl. Software und 5 Jahren Gewährleistung. Die Software umfasst standardmäßig Messungen, Spektrum-Analyse, erweiterte Trigger, farbiges Nachleuchten, serielles Decoding (16 Protokolle inkl. 1-Wire, CAN, Ethernet, I²C, I²S, LIN, RS-232, SENT, SPI, USB 1.1), Masken, mathematische Kanäle; mit KOSTENFREIEN Updates. Außerdem kostenfreies Software Development Kit erhältlich.

www.picotech.com/PS473

```

bsf  SSP2CON2, RSEN
bcf  BSR,D'002'
call  d55
return

```

Wie Sie wohl schon vermutet haben, braucht man nur ein Bit (RSEN) des SSP2CON2-Registers auf „1“ zu setzen.

Noch ein Hinweis: Alle Subroutinen setzen voraus, dass vor dem Aufruf das Register BSR auf Bank 0 zeigt (BSR = 00h). Wenn das nicht der Fall sein sollte, muss vor jedem Befehl `bsf BSR,D'002'` noch der Befehl `clrf BSR` eingefügt werden.

Porterweiterung mit PCF8574N

Nach der Beschreibung der Code-Bausteine für die I²C-Kommunikation können wir sie nun praktisch einsetzen. Für erste Experimente ist ein Chip sinnvoll, bei dem die Wirkung dank einer einfachen Ansteuerung von LEDs gleich sichtbar wird. Das IC PCF8574N von Texas Instruments (oder NXP) bietet sich für diesen Zweck an. Es handelt sich um einen I/O-Port-Expander für 8 bit mit I²C-Schnittstelle, der auch im DIP-16-Gehäuse verfügbar ist.

Seine acht I/O-Pins sind als Ein- oder Ausgänge schaltbar. Falls an die Ausgänge nennenswerte Lasten angeschlossen werden, sollte man diese zwischen V_{DD} und die Ausgänge schalten und zudem den maximalen Strom pro Ausgang von 25 mA sowie den maximalen Gesamtstrom des Chips von 100 mA beachten. Zunächst werden die acht LEDs angesteuert und anschließend

dann auch die Eingangspegel an den acht Pins ausgelesen.

Bild 1 zeigt die Schaltung für die ersten I²C-Experimente. In **Bild 2** sieht man, wie die um einen I²C- und SPI-Port erweiterte Anzeige aus dem Teil 1 dieses Kurses aussieht, wenn man sie auf einem Stück Lochrasterplatte aufbaut. Unten rechts in Bild 1 befindet sich rund um IC2 die Porterweiterung mit den acht LEDs. Baut man diese auf einer eigenen Lochrasterplatte als eigenständiges Modul auf, sieht die Sache etwa so wie in **Bild 3** aus.

Die Ausgangsstufen des PCF8574N sind in Open-Drain-Konfiguration geschaltet. Dies ermöglicht, dass man an die Ausgänge „zerstörungsfrei“ zusätzlich zu den LEDs noch Taster Richtung Masse schalten kann. Wenn so ein Taster betätigt wird, leuchtet die jeweilige LED unabhängig vom Status des ICs. In Bild 3 wurde anstelle von Tastern der Einfachheit halber ein achtpoliger Dip-Schalter verwendet.

Die Schaltung von Bild 1 wurde außerdem auch noch um die beiden Pull-up-Widerstände R9 und R10 ergänzt, denn ein I²C-Bus ist ein Open-Collector- bzw. Open-Drain-System ohne Push-pull-Ausgänge – folglich ist eine Kommunikation ohne Pull-ups nicht möglich.

Experiment 1: I²C-Write

Das erste Experiment besteht darin, Daten an die Porterweiterung mit PCF8574N zu schicken. Hierzu wird lediglich die letzte Demoanwendung aus dem zweiten Kursteil etwas ausgebaut. Jetzt werden die aus dem Flash-Speicher gelesenen Daten

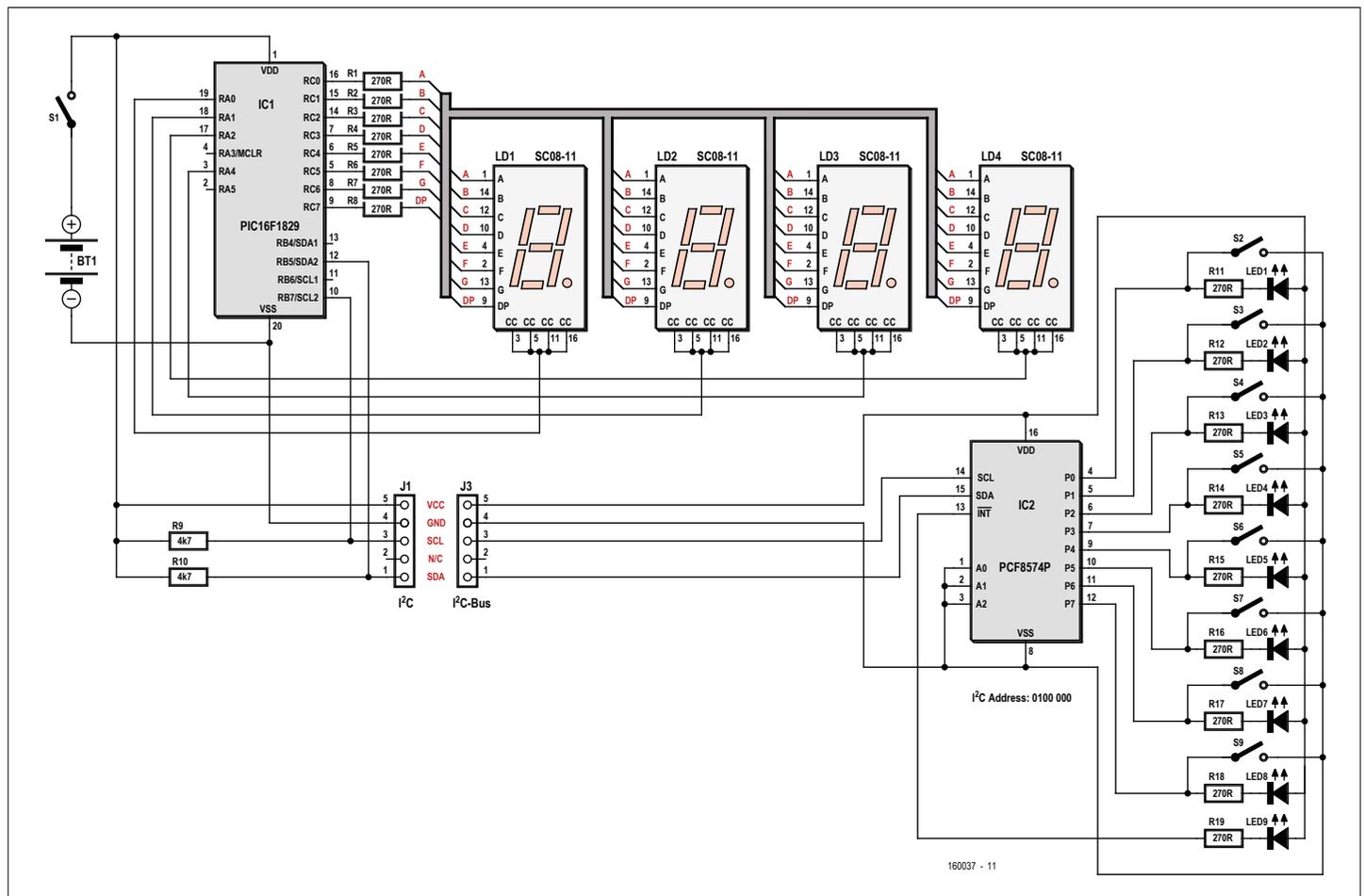


Bild 1. Die um einen Portexpander mit acht LEDs erweiterte LED-Anzeige.

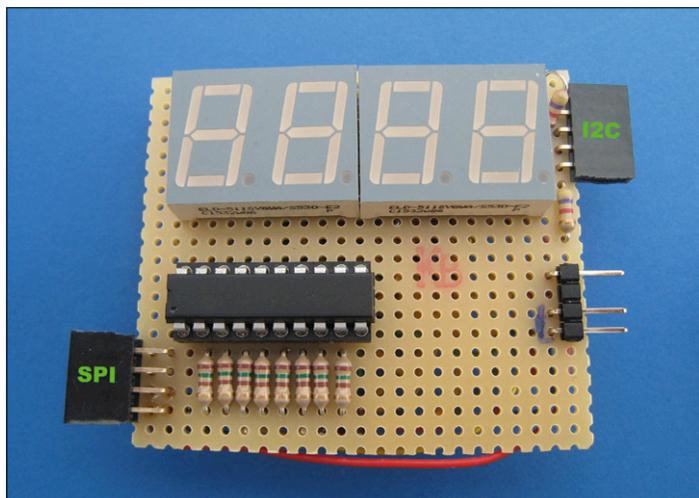


Bild 2. Erweitert man die LED-Anzeige um eine I2C- bzw. SPI-Schnittstelle, kann das Ergebnis so aussehen.

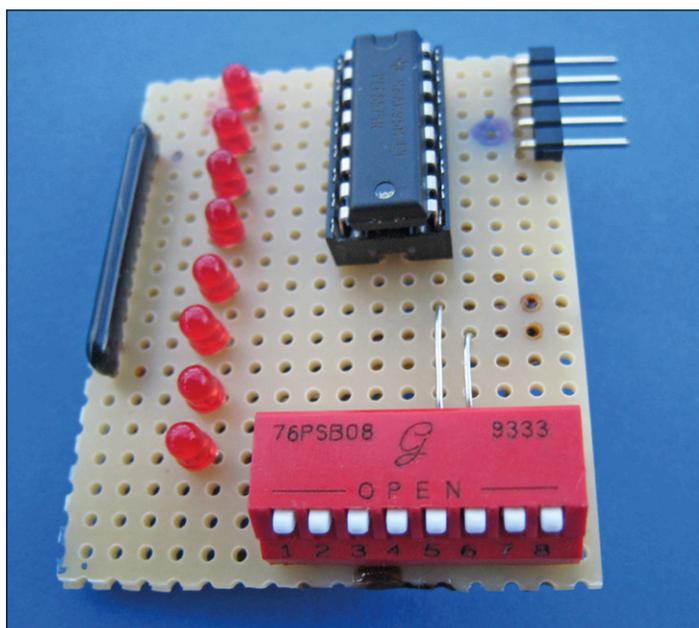


Bild 3. Prototyp des Portexpanders mit acht LEDs auf einer Lochrasterplatine als eigenständiges Modul.

nicht nur auf dem LED-Display hexadezimal, sondern parallel auch via PCF8574N und seinen acht LEDs binär angezeigt. So wie die acht LEDs angeschlossen sind, leuchten sie bei einer „0“ und sind bei einer „1“ dunkel. Wer möchte, kann dies im Code gerne umkehren.

Die einzige Änderung in der Hauptschleife der Demoanwendung besteht darin, dass vor der Ausgabe der Daten an das LED-Display noch die zusätzliche Subroutine `PCF8574_send` aufgerufen wird. Wie ihr Name schon vermuten lässt, schickt sie ein Byte per I²C an das IC PCF8574N:

```
;step 1
PCF8574_send call i2c_start
    movlw B'01000000'
    call i2c_send
```

Anzeige

Die neuesten Produkte
für Ihre neuesten Designs™



Mehr neue
Produkte
auf Lager als
jeder andere
Distributor.



Jetzt bestellen auf
mouser.de

```

;step 2
    movf  v_value,0
    call  i2c_send
;step 3
    call  i2c_stop
    return

```

Die Subroutine ist dank der schon beschriebenen I²C-Code-Bausteine fast trivial. Zunächst wird die Startbedingung generiert (step 1) und danach der Slave (PCF8574N) adressiert. Die I²C-Adresse des Chips ist im Beispiel 0100000b. Eigentlich ist die Adresse ja nur 7 bit lang - die letzte „0“ signalisiert, dass geschrieben werden soll. Anschließend wird das zu sendende Byte an das IC PCF8574N geschickt (step 2). Sofort nach dessen Empfang sollten die LEDs entsprechend aufleuchten. Zum Schluss kommt der Kommunikationsabschluss mit der Stoppbedingung (step 3).

Experiment 2: I²C-Read

Dieses Beispiel demonstriert, wie man Daten von einem Slave (PCF8574N) anfordert und empfängt. Hierzu wird die Hauptschleife so geändert, dass nicht etwa die Daten aus dem

Flash-Speicher auf dem LED-Display dargestellt werden, sondern das vom PCF8574N stammende Byte:

```

;step 1
PCF8574_read  call  i2c_start
               movlw B'01000001'
               call  i2c_send
;step 2
               call  i2c_receive
               movwf v_value
;step 3
               call  i2c_not_ack
               call  i2c_stop
               return

```

Am Anfang der Routine wird wieder die Startbedingung abgeschickt (step 1) und gleich darauf das IC PCF8574N adressiert – jetzt aber im Lese-Modus. Das letzte Bit der Adresse ist daher „1“. Der Slave weiß nun, dass er ein Byte senden soll, wodurch das Slave-IC den Port-Inhalt auf den I²C-Bus legt. Danach wird die Subroutine *i2c_receive* aufgerufen (step 2), um dieses Byte auszulesen und in das W-Register zu transferieren. Das emp-

Listing 2.

```

;-----
;set up MSSP2 for SPI BUS communication (PIC is the
master)
;-----

;SPI initialization on MSSP2
    ;RB7 = SCK2
    ;RB5 = SDI2
    ;RA5 = SD02
;
;step 1
spi_init nop
    banksel TRISB
    bsf  TRISB,D'005' ;SDI2 (RB5 -- input)
    bcf  TRISA,D'005' ;SD02 (RA5 -- output)
    bcf  TRISB,D'007' ;SCK2 (RB7 -- output)
    bcf  TRISB,D'006' ;CS  (RB6 -- output)
;
;step 2
    banksel APFCON1
    bsfAPFCON1,SD02SEL;SD02 is on RA5 (not on RC1)

```

```

banksel SSP2CON1
movlw B'00000010' ;see Datasheet Page 260
    ;bit 7 = 0 -> N/A
    ;bit 6 = 0 -> N/A
    ;bit 5 = 0 -> disable MSSP2
    ;bit 4 = 0 -> Idle state for clock
                    is a low level
    ;bit 3-0 = 0010 -> SPI Master mode,
                    clock = FOSC/64

movwf SSP2CON1
clrf  SSP2STAT
;
;step 3
;bit 7 = 0 -> Input data sampled at middle
                    of data output time
;bit 6 = 0 -> Transmit on transition from
                    idle to active clock state
    bsf  SSP2CON1,D'005' ;enable SPI on MSSP2
    clrf BSR
    bcf  PORTB,D'006' ;CS = 0 --> inactive
    return

```

Listing 3.

```

;-----
;send and receive SPI data
;-----
;
;step 1
spi_send nop
    banksel SSP2CON1
    bcf  SSP2CON1,SSPOV ;for safety...
    bcf  SSP2STAT,BF ;for safety...
;

```

```

;step 2
    movwf SSP2BUF
    spil2 btfss SSP2STAT,BF
    goto spil2
;
;step 3
    movf  SSP2BUF,0
    clrf  BSR
    movwf v_spi_buffi
    return

```

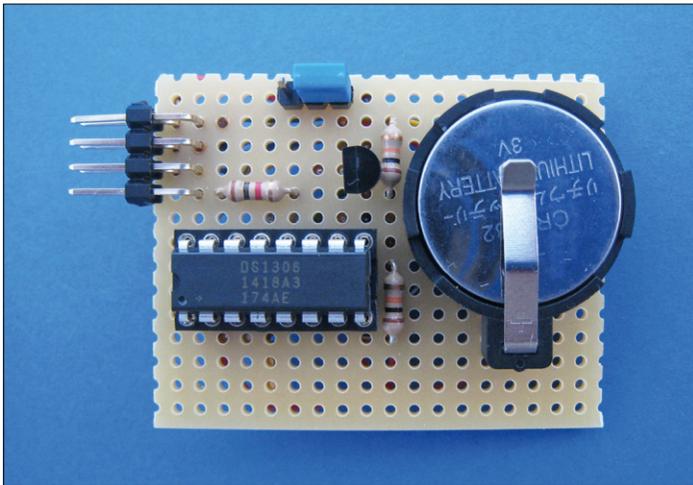



Bild 5. Prototyp der Echtzeituhr mit SPI-Schnittstelle auf einer Lochrasterplatine als eigenständiges Modul.

zurück auf „0“ gesetzt. Dies zur Sicherheit, falls bei der letzten Datenübertragung etwas schiefgelaufen sein sollte.

Anschließend (step 2) wird das zu sendende Byte in das SSP2BUF-Register geschrieben. Damit springt auch schon die MSSP-Hardware an und schiebt den Inhalt von SSP2BUF via SDO-Leitung auf den Bus. Die Firmware wartet in der Schleife, bis die Übertragung beendet ist. Das erkennt sie am Bit BF des Registers SSP2STAT, das am Ende der Kommunikation auf „1“ gesetzt ist.

Aufgrund der Bidirektionalität wird auch gleichzeitig die SDI-Leitung abgetastet und die empfangene Information am Ende der Übertragung in das SSP2BUF-Register geschrieben.

Zum Schluss (step 3) wird das SSP2BUF-Register ausgelesen und sein Inhalt für die spätere Verwendung an der Speicherposition `v_spi_buffi` abgelegt.

RTC DS1306 anschließen

Der Anschluss des Uhrenbausteins DS1306 via SPI ist nicht wirklich aufwändig. **Bild 4** zeigt unsere SPI-Schaltung. Baut man die Echtzeituhr rechts unten als separates Modul auf ein Stückchen Lochrasterplatte auf, sollte das Ergebnis in etwa wie in **Bild 5** aussehen.

Entscheidend für einen funktionierenden Anschluss des RTC-Moduls an die SPI-Schnittstelle der Basisplatine mit der Anzeige ist, dass dabei SDI und SDO gekreuzt werden, denn was des Masters Ausgang ist, ist des Slaves Eingang und umgekehrt. SDI und SDO beziehen sich also immer auf das jeweilige IC. Als Chip-Select-Leitung dient RB6. Eine RTC benötigt einen Uhrenquarz, typischerweise mit 32,768 kHz. Für das gewählte IC sollte ein Quarz verwendet werden, der für eine Lastkapazität von 6 pF ausgelegt ist.

Experiment 3: Uhr mit LED-Anzeige

Um das LED-Display in eine Uhr zu verwandeln, braucht es lediglich noch etwas geeigneten Code, der einfacher ausfällt, als man denken würde. Erforderlich ist vor allem eine Subroutine, welche die Zeitinformation aus dem DS1306 auslesen kann. Dazu muss man die Eigenheiten des DS1306 kennen. Das Uhren-IC hat 128 adressierbare Speicherplätze. Die ersten

sieben sind für die Uhr selbst reserviert, wobei auf Adresse 00h die Sekunden, auf 01h die Minuten und auf 02h die Stunden zu finden sind. Für eine Uhr genügt das schon. Die einzelnen Werte sind im BCD-Format gespeichert. Für die Zeit 14:32:56 Uhr würde man also folgende Werte auslesen können:

- Adresse 00h (Sekunden) = 56h
- Adresse 01h (Minuten) = 32h
- Adresse 02h (Stunden) = 14h

Bei jeder Kommunikation erwartet ein DS1306 zunächst die Adresse und stellt danach die angeforderten Daten zur Verfügung. Bei nicht deaktiviertem CS-Signal wird der Adresszähler nach jedem Lesezugriff inkrementiert. Es ist also sehr einfach möglich, sukzessive mehrere Bytes auszulesen.

Bei einer um 80h erhöhten Adresse geht der Uhrenbaustein davon aus, dass man nicht lesen, sondern schreiben will. Wenn man also als Adresse statt 01h jetzt 81h schickt, erwartet das IC DS1306 einen Wert, der auf die „Minuten-Adresse“ geschrieben werden soll.

Listing 4 enthält eine Leseroutine, die Stunden, Minuten und Sekunden aus dem DS1306 ausliest. Zuerst wird das CS-Signal aktiviert (step 1), indem es „1“ wird. Ab jetzt lauscht der Slave am Bus. Gleich danach wird von der RTC die Adresse des zu lesenden Registers erwartet. Also wird mit der Subroutine `spi_send` der Wert 00h auf den Bus gelegt (step 2). Jetzt weiß der DS1306, dass der Inhalt des Sekundenregisters erwartet wird.

Um den Sekundenwert abzuholen, wird einfach die Routine `spi_send` noch einmal aufgerufen (step 3), ohne explizit ein zu sendendes Byte anzugeben, da dessen Inhalt für das Einlesen egal ist. Der Slave wertet dieses Byte gar nicht erst aus, sondern schickt über die andere Datenleitung den Wert von Adresse 00h. Der Sekundenwert ist anschließend in Register `W` zu finden. Dieser wird auf dem Speicherplatz `v_sec` abgelegt. Dann kommt der nächste Aufruf der Routine `spi_send`. Dank der Autoinkrement-Funktion des DS1306 wird jetzt der Inhalt des Minutenregisters geliefert. Mit dem letzten Aufruf erhält man den Wert für die Stunden.

Die weiteren Register des DS1306 sind für dieses Experiment nicht von Interesse. Die Kommunikation wird deshalb mit Deaktivierung des CS-Signales beendet (step 4).

Jetzt steht die aktuelle Uhrzeit in den Variablen `v_hrs`, `v_min` und `v_sec` für die weitere Verwendung zur Verfügung. Das Auslesen der Uhrzeit aus dem DS1306 erforderte lediglich das viermalige Aufrufen der Routine `spi_send`, und dabei wurde nur einmal ein Byte an den Slave übertragen und dreimal ein vom Slave stammendes Byte ausgelesen. Bleibt nur noch, diese Daten als Uhrzeit anzuzeigen.

Da die Zeitwerte bereits im BCD-Format vorliegen und schon eine Routine zur Anzeige von HEX-Daten existiert, ist dies recht einfach zu machen. **Listing 5** enthält die Hauptanwendung. Die Routine `Main_Appl` zeigt für eine kurze Zeit „--.--“ an (step 1) und ruft dann die SPI-Initialisierung auf (step 2). Die Hauptschleife `clock_loop` (step 3) wartet kurz und liest dann mit Hilfe der Subroutine `spi_read_time` die Zeitinformation des DS1306 aus. Anschließend werden wie schon im letzten Artikel beschrieben die BCD-Daten auf jeweils zwei

Nibbles aufgeteilt und das Resultat an die „Videospeicher-Variablen“ `v_pos0` bis `v_pos3` (step 4) übergeben. Damit ist die Arbeit auch schon getan.

Die Sekunden werden nicht verwendet, da die Anzeige nur vierstellig ist. Wenn man möchte könnte man aber in „step 4a“ die Variable `v_min` und bei „step 4b“ die Variable `v_sec` verwenden und schon zeigen sich auf dem Display Minuten und Sekunden. Es gibt noch eine kleine Erweiterung der Anzeigeroutine, die sich nur darum kümmert, dass der Punkt in der Mitte blinkt. Aus Platzgründen wird hier auf die Beschreibung verzichtet, doch ist das Ganze kein Hexenwerk und der unter [1] downloadbare Source-Code ist aufschlussreich genug.

Ebenfalls nicht vorhanden ist Code, mit dem man die Uhr stellen könnte. Mit dem durch diesen Kurs vermittelten Wissen sollte dies kein großes Problem sein. Wie man neue Daten in das IC DS1306 schreibt, wurde ja weiter oben beschrieben. Doch selbst ohne diesen Code kann man eine genaue Uhrzeit erhalten. Dazu muss man lediglich etwas länger aufbleiben und genau um 00:00 Uhr die Stromversorgung einschalten. Weitere Konfigurationen sind nicht erforderlich. Die Uhr nutzt das 24-h-Format als Standard.

Weitere Experimente

Wie schon erwähnt sind dank I²C- oder SPI-Schnittstelle sehr viele Interface-Chips auf einfache Weise anschließbar. Googeln Sie einfach mal nach „I²C IC“ oder „SPI IC“ und Sie werden staunen: Es gibt fast nichts, was es nicht gibt.

Man könnte die LED-Anzeige z.B. mit dem IC INA219 sehr einfach in ein V/A-Messgerät verwandeln. Außer diesem Chip ist nur ein wenig Code erforderlich und im Falle der Strommessung natürlich noch ein Shunt. Der Mikrocontroller kann das Mess-IC INA219 sehr einfach steuern, seine Modi umschalten sowie die gemessenen Werte erfassen und anzeigen.

Genauso einfach ist es möglich, die LED-Anzeige als Thermometer einzusetzen. Hierzu eignen sich z.B. die Temperatur-Sensor-Chips TCN75 von Microchip, TMP100 von TI oder ADP7410 von Analog Devices sehr gut. Diese digitalen Thermometer sind leicht einsetzbar, denn sie benötigen so gut wie kein externes Bauteil. Die Chips liefern die jeweilige Temperatur preiswert und einfach via I²C-Schnittstelle.

Ausblick

Hiermit ist unser zweiter Assembler-Crash-Kurs an sein Ende gelangt. Hoffentlich hat es Ihnen gefallen und Sie haben interessante Anregungen erhalten.

Mögliche Rückfragen zum Thema beantworte ich gerne per Mail an miroslav.cina@t-online.de. ◀

(160037)

Weblink

[1] www.elektormagazine.de/160037

Listing 4.

```
;-----
;read time from DS1306 via SPI
;-----
;
;step 1
spi_read_time bsf   PORTB,D'006'   ;activate CS
;
;step 2
    movlw H'00'
    call spi_send ;send address
;
;step 3
    call spi_send ;read seconds
```

```
movf v_spi_buffi,0
movwf v_sec
call spi_send ;read minutes
movf v_spi_buffi,0
movwf v_min
call spi_send ;read hours
movf v_spi_buffi,0
movwf v_hrs
;
;step 4
    bcf   PORTB,D'006'   ;deactivate CS
return
```

Listing 5.

```
;-----
;Main Application - DS1306 Clock
;-----
;
;step 1
Main_Appl  movlw H'10'
    movwf v_pos0
    movwf v_pos1
    movwf v_pos2
    movwf v_pos3
;
```

```
;step 2
    call spi_init
;
;Step 3
clock_loop call dr2
    call spi_read_time
;
;step 4a
    movf v_hrs,0
    movwf v_value
    call calc_hex_disp
    movf v_msb,0
    movwf v_pos0
```

```
movf v_lsb,0
movwf v_pos1
;
;step 4b
    movf v_min,0
    movwf v_value
    call calc_hex_disp
    movf v_msb,0
    movwf v_pos2
    movf v_lsb,0
    movwf v_pos3
goto clock_loop
```

E-Paper

Die Zukunft der Displays?

Von Prof. Dr. Dogan Ibrahim (Zypern)



Konventionelle, flache Displays mit Hintergrundbeleuchtung leuchten selbst, wogegen ein E-Paper (auch EPD = Electronic Paper Display genannt) das Licht so wie ein

Blatt Papier reflektiert und daher auch im grellen Sonnenlicht verwendet werden kann. Weil die Schrift auch nach dem Ausschalten der Versorgungsspannung lesbar bleibt, ist der Stromverbrauch extrem gering. Im Folgenden beschäftigen wir uns mit der Geschichte, dem Funktionsprinzip, den Vor- und Nachteilen und der Zukunft der E-Paper-Displays.

Geschichtliches

Das erste E-Paper mit dem Namen *Gyricon rotating ball display* wurde in den Siebzigern von einem Team am Xerox's

Palo Alto Research Center (PARC) entwickelt, unter der Leitung von Nicholas K. Sheridon. Im Rahmen des „papierlosen Büros“ sollte ein Display entstehen, das

in seinem Erscheinungsbild demjenigen von Tinte auf Papier glich. Dazu wurden Millionen zweifarbig, kleiner Kugeln in eine Folie eingebettet. Die Mini-Kugeln ließen sich in einem elektrischen Feld ausrichten und erzeugten dabei die Farben schwarz und weiß und grau. Eine wichtige Eigenschaft dieser Erfindung bestand darin, dass ein angezeigter Text bzw. ein dargestelltes Bild so lange bestehen blieb, bis es durch ein anderes, elektrisches Feld verändert wurde, was zu einem sehr niedrigen Energieverbrauch beitrug. Das Bild blieb auch nach dem Abschalten der Versorgungsspannung erhalten, so dass das entsprechende Lesegerät jahrelang mit einer einzigen Batterie versorgt werden konnte.

Die ursprünglichen Gyricon-Displays waren jedoch teuer und besaßen nur eine geringe Auflösung, so dass sie hauptsächlich in Anzeigetafeln verwendet wurden. Aus diesem Grunde wurde das Projekt im Jahre 2005 aus finanziellen Grün-

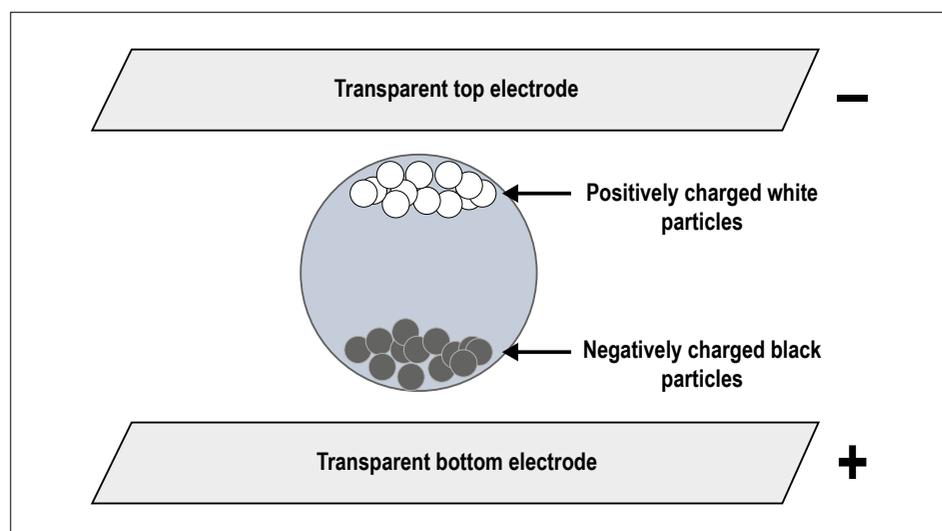


Bild 1. E-Paper-Prinzip.

Experten erwarten, dass die E-Paper-Technologie zum papierlosen Büro führen wird.

den von Xerox beendet. Seit dieser Zeit haben zahlreiche Unternehmen wie Sony, Hewlett-Packard, IBM, Fujitsu, Hitachi und Siemens weiter daran gearbeitet und dabei zahlreiche neue E-Paper-Versionen entwickelt. Einer der neueren Meilensteine auf diesem Gebiet ist die Entwicklung von E-Paper mit True-Color-Eigenschaften.

Wie funktioniert E-Paper?

Das heutige E-Paper basiert auf der E-Ink-Technologie, bei der Millionen kleiner Tintenkapselfn in einen dünnen Film eingebettet werden. Die Tintenkapselfn sind mit winzigen Partikeln gefüllt, die verschiedene Farben besitzen und verschiedene elektrische Ladungen aufweisen. Auf beiden Seiten dieses Films befinden sich Elektroden. Je nach Polarität und Intensität des durch diese Elektroden erzeugten Feldes (**Bild 1**) richten sich die Farbpartikel entweder mehr in Richtung Hintergrund oder mehr in Richtung Vordergrund aus und erzeugen dadurch Texte und Bilder mit unterschiedlichen Helligkeitswerten.

Zwei Eigenschaften machen das E-Paper besonders attraktiv: Wie bei einer Zeichnung auf einem Notebook-Display bleibt ein gezeichnetes Bild so lange erhalten, bis es durch ein anderes Bild überschrieben wird. Das E-Paper benötigt jedoch nur dann Energie, wenn das alte Bild durch ein neues ersetzt wird. So lange sich nichts ändert, wird auch kein Strom verbraucht. Beim Lesen eines E-Books zum Beispiel klingelt die Kasse im E-Werk daher nur im Moment des Weiterblätterns. Ein weiterer Vorteil besteht in der Tatsache, dass das E-Paper nicht selbst leuchtet, sondern reflektierend wirkt und daher umso besser lesbar wird, je heller die Umgebung ist. Eine Hintergrundbeleuchtung ist nicht erforderlich. Auch der größere Betrachtungswinkel, die Blendfreiheit und die Tatsache, dass kein vom Monitor ausgehendes Licht die Umgebung stört, machen das E-Paper zu einer Wohltat für die Augen.

Anwendungsmöglichkeiten

Aufgrund all dieser positiven Eigenschaften eignet sich das E-Paper für den Einsatz in Innenräumen und im Freien.

Anwendungen für den Innenbereich sind zum Beispiel:

- Mobile Lesegeräte wie E-Reader (z.B. Amazon Kindle, siehe **Bild 2**)
- Anzeigetafeln in Läden und an öffentlichen Plätzen
- Anzeigeschilder in Supermarktregalen
- Allgemeine Anwendungen in Hotels und Restaurants
- Hinweis- und Notiztafeln in den öffentlichen Räumen von Verwaltungen
- Hinweis- und Notiztafeln in Museen

Anwendungsmöglichkeiten im Freien:

- Verkehrszeichen
- Fahrpläne an Bus- und Zughalttestellen
- Parkplatz-Hinweisschilder
- Öffentliche Hinweise
- Werbung

Vor- und Nachteile von E-Paper

Vorteile:

- Extrem niedriger Energieverbrauch
- Bild mit Tinte auf Papier vergleichbar
- Gute Lesbarkeit im grellen Sonnenlicht
- Flexibler Aufbau

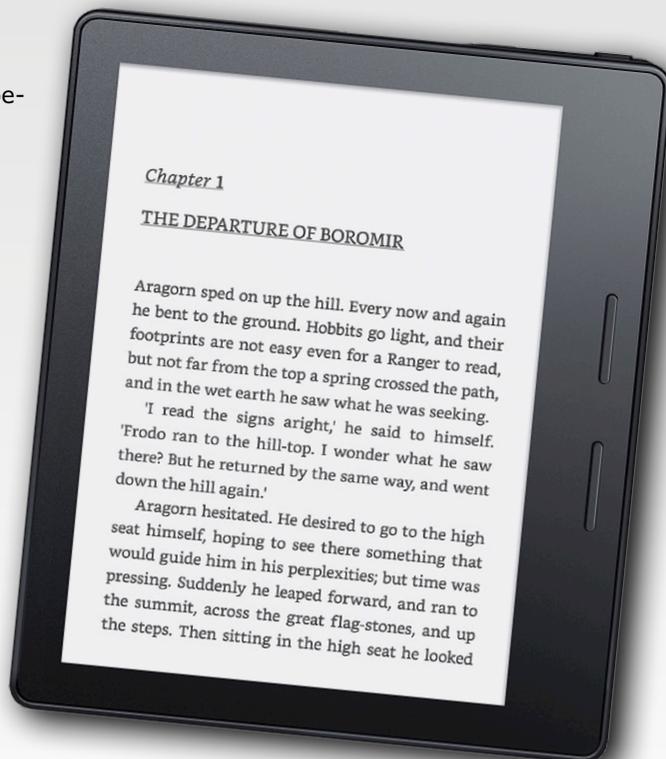


Bild 2. E-Reader, basierend auf Kindle E-Paper.

Nachteil:

- Spürbare Reaktionszeit (Response-Time)

Vergleich: E-Paper und LCDs

LCDs sind nun schon seit einigen Jahrzehnten in elektronischen Geräten im Einsatz, in denen eine Interaktion zwischen Mensch und Elektronik gefragt

Tabelle 1. Vergleich zwischen E-Paper und LCD-Textdisplay

E-Paper	LCD mit Zeichenanzeige
180° Blickwinkel	60° Blickwinkel
Leicht lesbar (sogar bei direktem Sonnenlicht-Einfall)	Lesbarkeit von Umgebung abhängig
Blendfrei	Anfällig für Blend-Effekte
Energieverbrauch im Ultra-Low-Bereich	Energieverbrauch im mittleren Bereich
Sehr guter Kontrast	Schlechter Kontrast
Sehr dünn	Mittlere Dicke
Flexibilität möglich	Nicht flexibel
Geringer Preis	Mittlere Preisklasse
Kann sehr groß sein	Abmessungen begrenzt
Keine Hintergrundbeleuchtung	Hintergrundbeleuchtung zwingend
Ideal zum Lesen von E-Books	Nicht ideal zum Lesen von E-Books
Stehendes, flimmerfreies Bild	Bild kann flimmern
Augenschonend	Kann anstrengend für die Augen sein



ist. **Tabelle 1** zeigt einen Vergleich zwischen E-Paper- und LCD-Displays. Beachten Sie bitte, dass diese Tabelle lediglich LCDs mit Zeichen-Anzeige berücksichtigt. Die Entscheidung für LCD oder E-Paper hängt nicht zuletzt vom Anwendungsfall ab. Wenn lange und starr auf das Display geblickt wird, zum Beispiel beim elektronischen Lesegerät (E-Reader), muss zweifellos dem E-Paper der Vorzug gegeben werden, da das betreffende Bild scharf, hoch aufgelöst und mit Druckerschwärze auf Papier vergleichbar ist, was nicht zuletzt auch die Augen und die Umgebung schont – vom größeren Betrachtungswinkel ganz zu schweigen. Da die meisten Lesegeräte mobil sind, fällt hier auch der niedrige Stromverbrauch positiv ins Gewicht, da er einen oftmals sogar jahrelangen Betrieb ohne Batteriewechsel erlaubt. Das E-Paper besticht nicht zuletzt durch die Tatsache, dass es sehr groß und flexibel – und in verschiedenen Formen und unterschiedlicher Dicke – hergestellt werden kann (siehe **Bild 3**).

Farbiges E-Paper

Der vielleicht größte Durchbruch auf dem E-Paper-Sektor ist die Entwicklung der True-Bright-Colour-Version. Farbiges E-Paper wurde ursprünglich durch Filter-Anordnungen auf den normalen Schwarz-Weiß-Folien realisiert, was jedoch deren Auflösung und Kontrast beeinträchtigte. Heute kommt farbiges E-Paper ohne diese Filter aus, wobei die damit erzeugten Bilder alle Farben naturgetreu darstellen. Die neue Technologie benötigt vier verschiedene Farbpigmente: Cyan, gelb, magenta und weiß. Diese Pigmente sind unterschiedlich groß und besitzen verschiedene elektrische Ladungen, durch die sie je nach angelegtem, elektrischem Feld an verschiedene Positionen gebracht werden können und so zur Farbgebung beitragen. Es wird geschätzt, dass sich mit dieser Technologie bis zu 32.000 Farben erzeugen lassen. **Bild 4** zeigt, wie sich die Farben weiß, cyan und grün durch Kombination der vorhandenen Pigmente an der Display-Oberfläche erzeugen lassen.

Bild 3. Flexibles E-Paper.

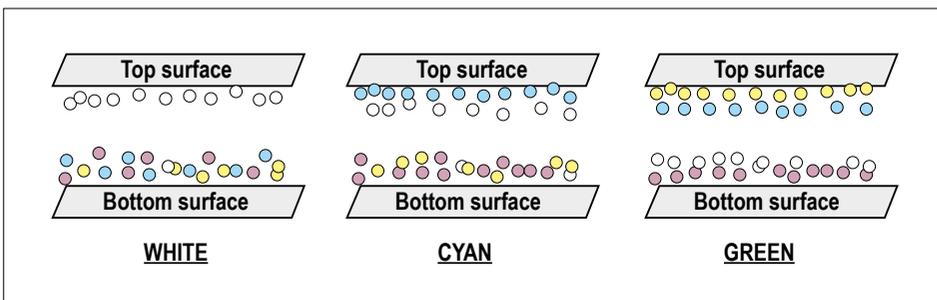


Bild 4. Farbiges E-Paper.

Weblinks:

- www.waveshare.com/4.3inch-e-paper.htm
- www.pervasivedisplays.com/kits/epd_xpro
- www.embeddedartists.com/products/displays/lcd_27_epaper.php
- www.adafruit.com/products/1316
- www.seeedstudio.com/depot/eink-display-shield-p-1374.html?cPath=132_134
- www.eink.com/esl_tags.html
- www.conrad.com/ce/en/product/1311174/PCB-design-board-Renesas-YLPDSKRL78EINK

Ein Beispiel

Bild 5 zeigt, wie solche Displays zusammen mit einem Mikrocontroller verwendet werden können. Beim dargestellten Display handelt es sich um das E1271CS021 von *Densitron* (www.densitron.com) mit den Abmessungen 70,42 x 45,8 x



Bild 5. Das E-Paper-Display E1271CS021 (www.densitron.com).

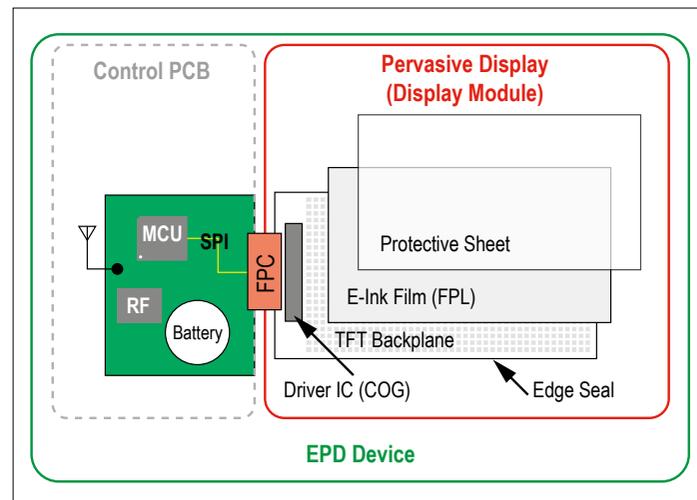


Bild 6. Struktur des Displays E1271CS021 (www.densitron.com).

1 mm und einer Auflösung von 264 x 176 Pixeln bei 117 dpi. Das Display ist mit einem Kaufpreis von rund 20 Euro relativ günstig im Vergleich zu ähnlich großen Exemplaren.

Im **Bild 6** ist ein Querschnitt durch das Display dargestellt: Ein E-Ink-Film, der sich auf der Oberfläche einer Trägerplatte befindet und mit einer dünnen Schutzschicht überzogen ist. Um das Timing sowie den Datentransfer zwischen dem Display und der Steuereinheit kümmert sich eine MCU auf einer kleinen Platine auf der Rückseite. Die Verbindung zur Außenwelt erfolgt über eine drahtlose WLAN-Verbindung, über die das Display mittels eines dazugehörigen *SmartConfig-Tools* auch konfiguriert werden kann.

Die Zukunft

Man schätzt, dass der Markt für E-Paper-Displays konstant weiter wachsen und

bis zum Jahre 2025 ein Volumen von 9 Milliarden US-Dollar erreichen wird. Ein weiterer Preisverfall in Verbindung mit einer technischen Weiterentwicklung und dem geringen Gewicht wird in diesem Zusammenhang nicht zuletzt auch für die weitere Verbreitung des papierlosen Büros sorgen. Durch seine faltbarkeit und Flexibilität ist

das Material sogar zur Verwendung in tragbaren Uhren geeignet (siehe *Seiko e-ink watch*). Der Autor ist fest davon überzeugt, dass das E-Paper nicht mehr aus unserer Welt wegzudenken ist und das Display der Zukunft sein wird. ◀

(160196)



Entwicklungssysteme

Viele Firmen bieten inzwischen E-Paper Development Kits zu günstigen Preisen an (siehe Weblinks):

- Das arduino-kompatible E-Paper von *Waveshare* bietet zum Preis von 55 US-Dollar eine 4,3"-Display-Fläche mit einer Auflösung von 800 x 600 Pixeln und seriellem Port.
- Von *Atmel* gibt es ein E-Paper Development Kit mit der Bezeichnung *EPD Xplained Pro*, das 72 US-Dollar kostet, ein SPI-Interface besitzt und

E-Paper-Größen bis 2,7" unterstützt.

- Das Kit von *Embedded Artists* kostet 29 englische Pfund und unterstützt ebenfalls Größen bis 2,7".
- Bei *Adafruit* gibt es gleich ein ganzes Trio von E-Paper-Kits mit dem Namen *rePaper Project Board*, die mit einer Versorgungsspannung von 5 V arbeiten. Die Preise liegen bei etwa 35 US-Dollar; „Bildschirm“ und in den Arduino-Header passendes 20-Pin-Kabel inbegriffen.
- Bei *SEED* ist ein 2,1" großes

E-Paper-Display zum Preis von 50 US-Dollar erhältlich, das auf einen Arduino gesteckt werden kann.

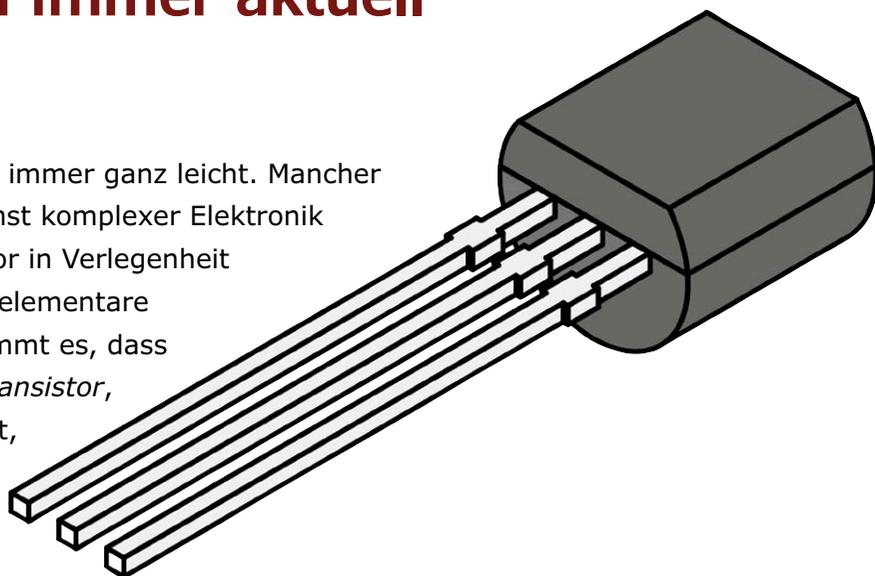
- Das Kit von *E-ink* besitzt zwei Displays und kostet 70 US-Dollar. Es enthält die komplette, notwendige Hardware und alle erforderlichen Treiber.
- *Renesas Electronics* bietet ein Development Kit mit kleinem Display und der benötigten Hardware über *CONRAD* zum Preis von 79 Euro an.

Der Transistor-Verstärker

Nicht neu, doch noch immer aktuell

Von **Robert Lacoste** (F)

Das Rückbesinnen auf die Anfänge ist nicht immer ganz leicht. Mancher gestandene Experte, der souverän mit höchst komplexer Elektronik umgeht, wird durch einen simplen Transistor in Verlegenheit gebracht. Das erscheint uns Grund genug, elementare Grundkenntnisse zu rekapitulieren. Wie kommt es, dass ein bipolarer Transistor (*Bipolar Junction Transistor*, BJT) Signale verstärkt? Seien Sie unbesorgt, die Theorie wird nur gestreift...



Elementare Eigenschaften

Als Erfinder des Transistors gelten die amerikanischen Physiker Walter H. Brattain und John Bardeen, sie stellten den bipolaren Transistor im Dezember 1947 der Öffentlichkeit vor. Die beiden Physiker arbeiteten mit William Shockley in den legendären Bell-Laboratorien zusammen, aus dem zahlreiche bahnbrechende technische Entwicklungen hervorgingen. An dieser Stelle wollen wir lediglich den bipolaren NPN-Transistor betrachten. Das Pendant, der PNP-Transistor, unterscheidet sich im Wesentlichen nur durch die Polarität der Spannungen. Transisto-

ren haben drei Anschlüsse, sie werden *Kollektor (C)*, *Emitter (E)* und *Basis (B)* genannt. Die interne Halbleiterstruktur des Transistors bewirkt, dass die Spannungen und Ströme dieser Anschlüsse in einem charakteristischen Zusammenhang stehen. Dazu wollen wir eine Schaltungskonfiguration betrachten, bei der, wie **Bild 1** zeigt, der Emitter an Masse liegt. Diese Konfiguration wird *Emitterschaltung* genannt. Für die Funktion des Transistors gelten zwei Grundregeln:

Regel 1: Der über den Kollektor fließende Strom ist proportional zu dem Strom, der in die Basis fließt. Das Verhältnis dieser

Ströme zueinander ist die Stromverstärkung des Transistors, Formelzeichen h_{FE} . Das kleine h steht für *hybrid equivalent circuit*, das F für *forward current amplification* und das E für *common emitter*. Die Großbuchstaben deuten an, dass es sich um Gleichströme handelt.

Als Formel geschrieben lautet der Zusammenhang:

$$I_C \approx I_B \cdot h_{FE}$$

Regel 2: Die Spannung zwischen Basis und Emitter ist konstant, sie beträgt

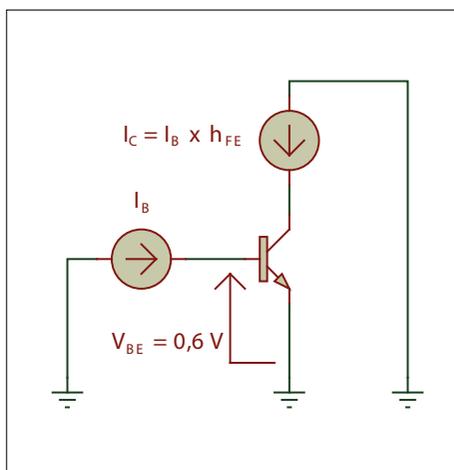


Bild 1. In der Emitterschaltung eines Transistors ist der Emitter der gemeinsame Bezugspol. Das Verhalten des Transistors wird von zwei Gleichungen bestimmt.

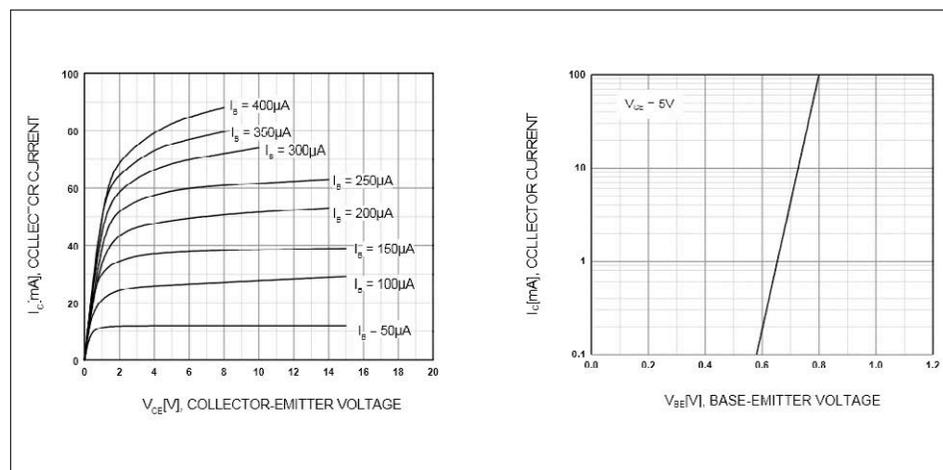


Bild 2. Ausschnitt aus dem Datenblatt des NPN-Transistors BC238B (Quelle: Fairchild Semiconductor).

ebenso wie bei anderen bipolaren Dioden ungefähr 0,6 V:

$$V_{BE} \approx 0,6 \text{ V}$$

Wenn die Spannung zwischen Basis und Emitter unter dieser Schwelle liegt, ist der Transistor *gesperrt*, so dass über den Kollektor kein Strom fließt. Oberhalb des Schwellenwerts 0,6 V fließt Strom über den Kollektor, der Transistor *leitet*. Da es nicht möglich ist, die Basisspannung wesentlich höher als 0,6 V zu schieben, arbeitet der Transistor als **Stromverstärker**. Wenn beispielsweise die Verstärkung eines Transistors 100 beträgt und in die Basis der Strom 1 mA fließt, hat dies einen Kollektorstrom von 100 mA zur Folge. Der über den Emitter fließende Strom ist die Summe dieser beiden Ströme, hier sind es 101 mA.

Wir wollen es bei dieser stark vereinfachten Darstellung komplexer physikalischer Zusammenhänge belassen. Zur Vertiefung empfehlen wir, bei Wikipedia das Transistor-Modell von *Ebers-Moll* nachzuschlagen.

Wenden wir uns nun einem praktischen Beispiel zu, dem NPN-Transistor BC238B, der früher von *Fairchild Semiconductors* gefertigt wurde. Auch andere Transistoren wie der 2N2222, der 2N3904 oder sogar der SMD-Typ BC847 können als Beispiel dienen. Da viele Typen in durchschnittlichen Schaltungen durch andere Typen ersetzbar sind, wurden sie früher bei Elektor TUN (*Transistor Universal NPN*) genannt. Die wichtigsten Eigenschaften des BC238B gehen aus den Diagrammen

in **Bild 2** hervor. Die linke Grafik stellt den Zusammenhang zwischen der Kollektor-Emitter-Spannung V_{CE} und dem Kollektorstrom I_C bei unterschiedlichen Basisströmen I_B dar. Die Kurve des Basisstroms $I_B = 200 \mu\text{A}$ sagt aus, dass bei V_{CE} größer 2...3 V der Kollektorstrom annähernd konstant rund 50 mA beträgt. Der Verstärkungsfaktor dieses Transistors ist folglich $50 \text{ mA} / 200 \mu\text{A} = 250$. Die rechte Grafik zeigt den Verlauf der Basisspannung bei steigendem Kollektorstrom. Die Basisspannung beträgt nicht exakt 0,6 V, sie bleibt aber dicht in der Nähe.

Wichtig: Die Verstärkung eines Transistor-Typs ist nicht genau definiert. Die einzelnen Exemplare sind bei der Herstellung einer enormen Streuung unterworfen. Außerdem hängt die Verstärkung von diversen Betriebsbedingungen ab, insbesondere von der Temperatur des Halbleitermaterials. Für den BC238B gibt der Hersteller eine Verstärkung im Bereich 180...460 an. Bei der Schaltungsentwicklung darf die Exemplarstreuung niemals vernachlässigt werden!

Transistor-Einstellungen

Wir wollen am BC238B einige Rechnungen durchführen. Unzählige Tools wie beispielsweise *Spice* können Transistor-Schaltungen simulieren, so dass wir nicht selbst rechnen müssen. Wir bevorzugen die *Spice*-Variante *VSM*, die Bestandteil des CAD-Pakets *Proteus* von *Labcenter* ist. **Bild 3** zeigt die Simulation einer Emitterschaltung mit dem BC238B. Dort liegt der Kollektor über einen Widerstand 1 k Ω an der Betriebsspannung

+10 V. Die Basis ist über einen Widerstand 1 M Ω mit +10 V verbunden. Da die Spannung 10 V beträgt, übersteigt sie die Schwellenspannung 0,6 V. Folglich leitet der Transistor, während die Basisspannung einen Wert von ungefähr 0,6 V beibehält. Der simulierte Wert hat sich auf 0,66 V eingestellt. Berechnen lässt sich der Basisstrom nach dem Ohmschen Gesetz, das bekanntlich $I = U/R$ lautet: $(10 \text{ V} - 0,66 \text{ V}) / 1 \text{ M}\Omega = 9,34 \mu\text{A}$. Den Kollektorstrom erhalten wir, indem wir den Basisstrom mit der Verstärkung multiplizieren. Die Simulation ergibt den Kollektorstrom 2,9 mA, dort wird folglich die Verstärkung 310 veranschlagt. Die nächste Größe ist die Kollektorspannung. Auch der Spannungsabfall am Kollektorwiderstand ergibt sich aus dem Ohmschen Gesetz:

$$U = R \cdot I = 1 \text{ k}\Omega \cdot 2,9 \text{ mA} = 2,9 \text{ V}$$

Deshalb muss die Spannung zwischen Kollektor und Masse bei der Betriebsspannung 10 V gleich $10 \text{ V} - 2,9 \text{ V} = 7,1 \text{ V}$ sein. Die Simulation bestätigt diesen Wert.

Unser nächster Schritt ist der Bau einer Schaltung mit dem BC238B, die wechselförmige Signale, beispielsweise Audiosignale verstärkt. Wir nehmen die Schaltung aus Bild 3 und führen der Basis des Transistors eine Wechselfrequenz zu. Dieses Signal ist dem Gleichstrom überlagert, der über den 1-M Ω -Widerstand in die Basis fließt. Das überlagerte wechselförmige Signal erscheint als verstärktes Signal am Kollektor.

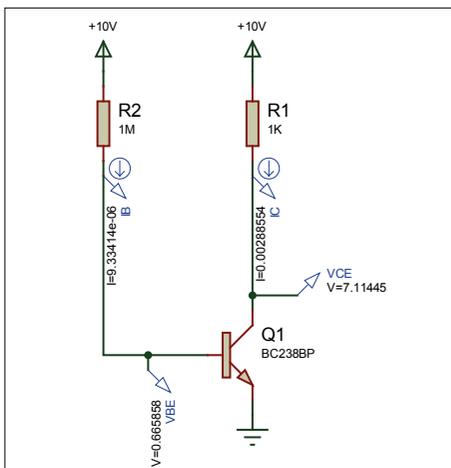


Bild 3. Der Kollektorstrom ist in dieser Simulation um den Faktor 310 höher als der Basisstrom. Die Basisspannung beträgt stets ungefähr 0,6 V.

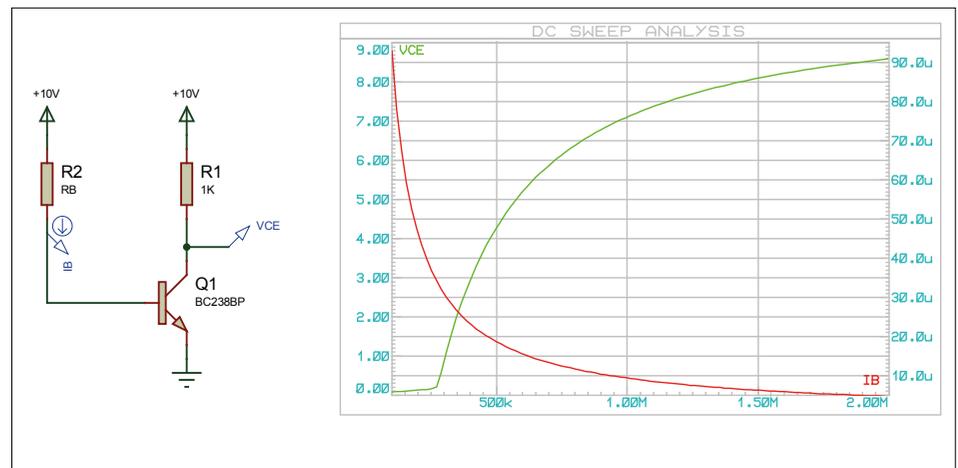


Bild 4. Die Simulation zeigt die Kollektorspannung (grün) und die Basisspannung (rot) als Funktion des Basiswiderstands. Bei ungefähr 560 k Ω liegt der Kollektor auf der halben Betriebsspannung.

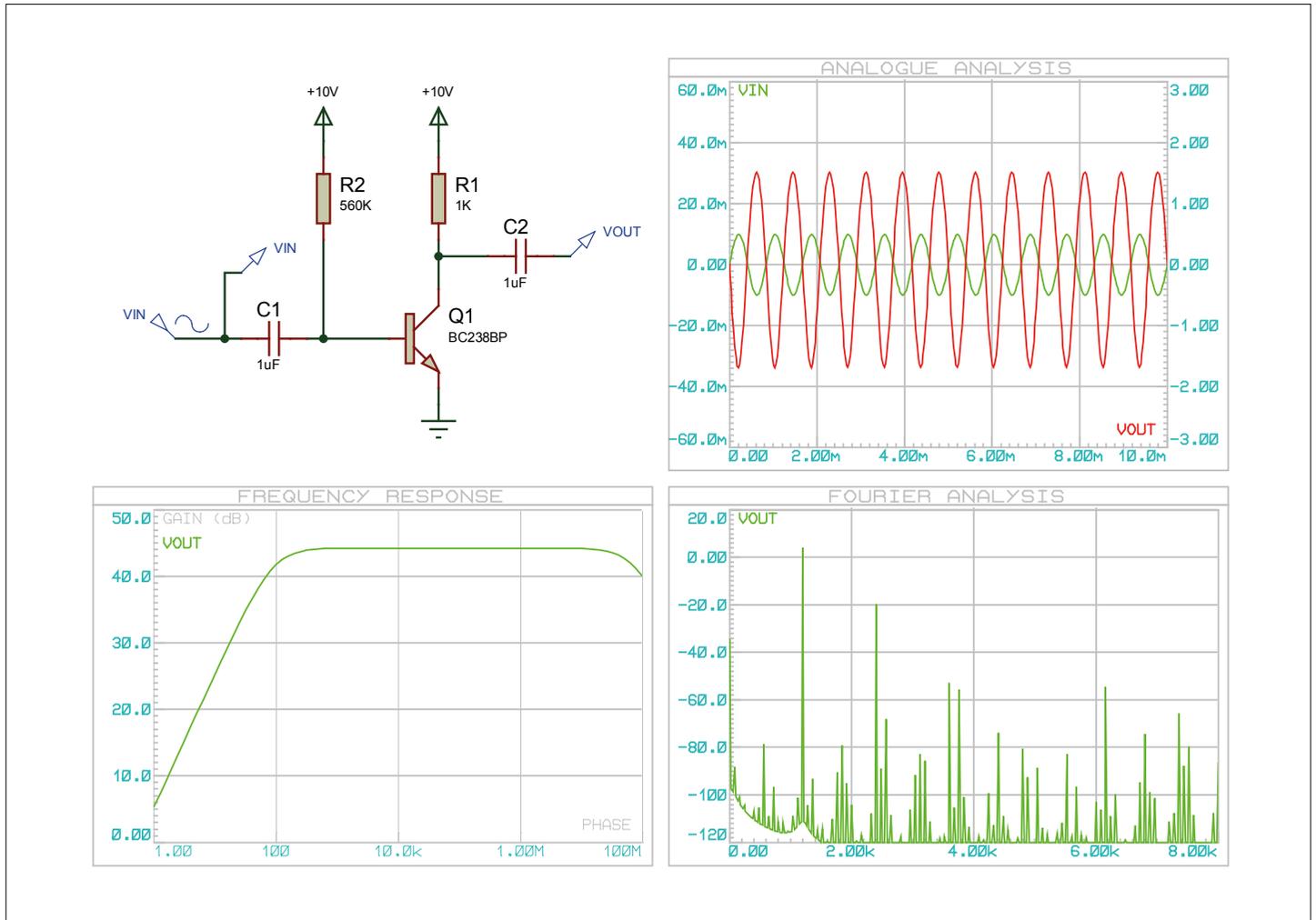


Bild 5. Hier ist der Transistor fest eingestellt. Der Basis wird über einen Kondensator ein wechselförmiges Signal zugeführt. Die Simulation über die Zeit ergibt, dass ein 10 mV_{SS} großes Signal auf $1,6\text{ V}_{SS}$ verstärkt wird. Die Bandbreite reicht von 100 Hz bis über 100 kHz. Die harmonischen Verzerrungen bewegen sich um 1 % (zweite Harmonische bei -25 dBc).

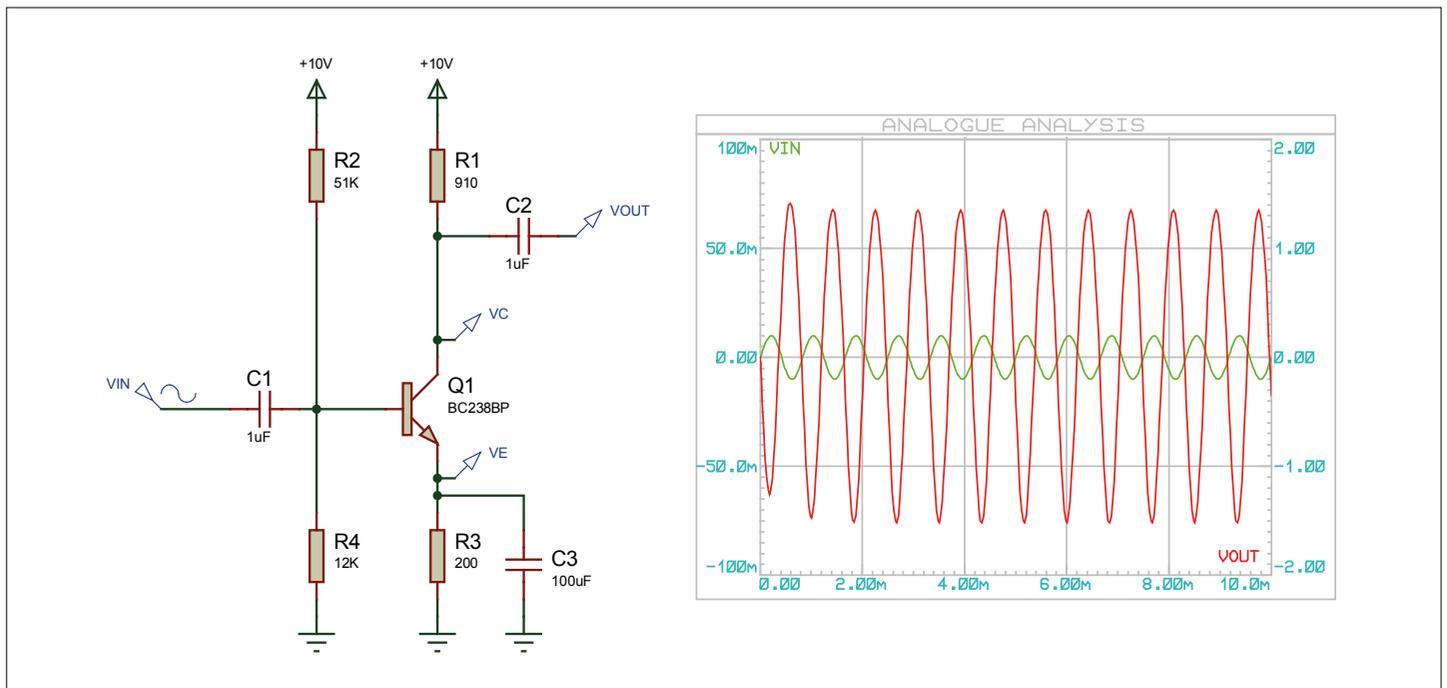


Bild 6. Stabilisierung des Transistors durch einen Emittorwiderstand. Außerdem werden noch ein zweiter Widerstand und ein Kondensator benötigt.

Das Entwerfen eines solchen Verstärkers beginnen wir damit, dass wir den Arbeitspunkt des Transistors festlegen. Das geschieht durch Definieren der Gleichströme und Gleichspannungen, die ohne Eingangssignal auftreten sollen. Zuerst wird der Wert des Kollektorwiderstands abhängig von der gewünschten Ausgangsimpedanz bestimmt, wir wählen 1 k Ω . Dann berechnen wir den Basiswiderstand (Widerstand zwischen Basis und Betriebsspannung) in der Weise, dass die Gleichspannung am Kollektor ungefähr die Hälfte der Betriebsspannung beträgt. Dadurch erhalten wir einen weiten dynamischen Aussteuerungsbereich. Die Simulation in **Bild 4** zeigt die Kollektorspannung als Funktion des Basiswiderstands: Ein Basiswiderstand mit ungefähr 560 k Ω bewirkt eine Gleichspannung am Ausgang, die $10\text{ V}/2 = 5\text{ V}$ beträgt. Bei diesem Wert fließt permanent Strom durch den Transistor. Der Wert dieses Stroms ist $I = U/R = 5\text{ V}/1\text{ k}\Omega = 5\text{ mA}$. Ein solcher Verstärker wird als *Klasse-A-Verstärker* bezeichnet. Entstanden ist eine Transistor-Schaltung mit korrekter Gleichstromeinstellung, bei der das wechselförmige Signal über einen Koppelkondensator (zum Blockieren der gleichförmigen Signalanteile) an die Basis gelegt werden kann. Das Ausgangssignal wird über einen zweiten Kondensator, wie **Bild 5** zeigt, am Kollektor abgegriffen. Die Kapazitäten der Koppelkondensatoren stehen in direktem Zusammenhang mit der

niedrigsten zu verarbeitenden Frequenz, wir können sie berechnen oder simulieren. Zur Erinnerung: Die Impedanz eines Kondensators ist $Z = 1/(2\pi f C)$. Mit 1 μF als Wert liegt die Grenzfrequenz um 100 Hz. Der Simulator kann das Signal abhängig von der Zeit ähnlich einem Oszilloskop und auch den Frequenzgang darstellen. Aus **Bild 5** ist ersichtlich, dass unsere Transistor-Schaltung bei der Eingangsspannung 20 mV die Ausgangsspannung 3,3 V_{SS} liefert, die verstärkende Funktion ist nicht übersehbar. Dabei ist die Spannungsverstärkung 160 nicht gleich der Stromverstärkung 310 des Transistors. Tatsächlich ist die Spannungsverstärkung stets niedriger als die Verstärkung h_{FE} , zwischen den beiden Größen existiert kein unmittelbarer Zusammenhang. Wer sich tiefergehend mit diesem Thema beschäftigen möchte, kann in der englischsprachigen Wikipedia unter *Hybrid Pi Model* nachschlagen.

Emitter-Gegenkopplung

Wir haben mit einem NPN-Transistor, zwei Widerständen und zwei Kondensatoren einen Verstärker aufgebaut, doch genügt das bereits? Wegen der weiten Exemplarstreuung von Transistoren gleichen Typs reicht das vermutlich noch nicht aus. Ein Notbehelf wäre das Aussortieren von Transistor-Exemplaren, die möglichst identische Eigenschaften aufweisen, und das Konstanthalten der Transistor-Temperatur. Ohne solche Vorkehrungen würde

die Verstärkung abhängig vom Exemplar variieren oder der Verstärker überhaupt nicht arbeiten! Wenn wir den Verstärker noch einmal bauen, mit einem Transistor gleichen Typs, jedoch der doppelten Verstärkung, steigt der Kollektorstrom bei gleichem Basiswiderstand auf den doppelten Wert. Der Spannungsabfall am Kollektorwiderstand beträgt ebenfalls das Doppelte, fast 10 V anstelle 5 V. Im günstigsten Fall würde nur die negative Halbwelle des Eingangssignals verstärkt werden! Die Verstärkung der Schaltung muss auf andere Weise stabilisiert werden, sie muss vom Faktor h_{FE} des Transistors möglichst unabhängig sein. Eine Methode, die dies leistet, ist die Emitter-Gegenkopplung, die Schaltung ist in **Bild 6** dargestellt. Hinzugefügt sind hier zwei Widerstände und ein Kondensator. Ein Widerstand liegt zwischen Emitter und Masse, parallelgeschaltet ist ein Kondensator hoher Kapazität. Durch den Widerstand wird die Emitterspannung angehoben, meistens auf rund 1 V. Der zweite Widerstand ist von der Basis nach Masse geschaltet. Bis jetzt hat sich noch nichts Wesentliches geändert, doch was geschieht, wenn die Verstärkung des Transistors aus welchem Grund auch immer ansteigt? Der Strom, der über den Kollektor und den Emitter fließt, nimmt ebenfalls zu. Dadurch steigt auch der Spannungsabfall am Widerstand zwischen Emitter und Masse, die Emitterspannung wird auf ein etwas höheres Potential ver-

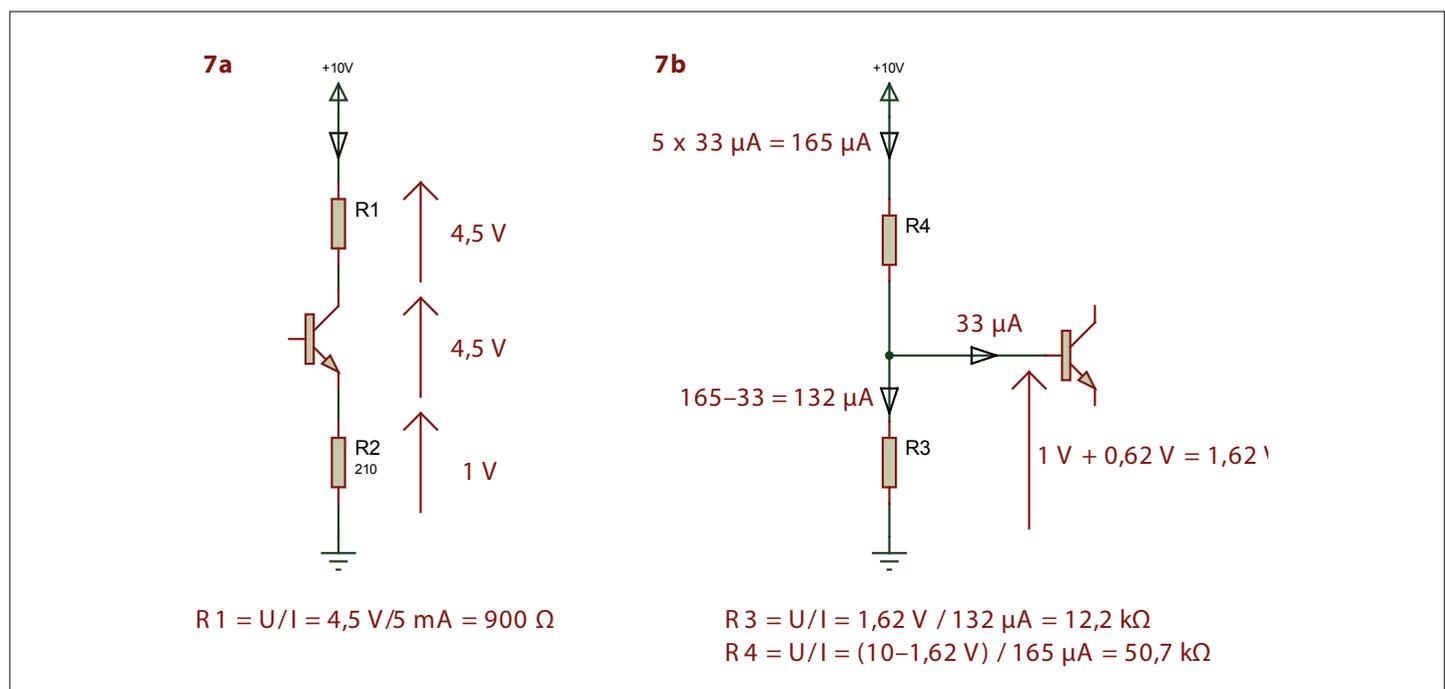


Bild 7. Berechnen des Kollektorwiderstands (7a) und der Basiswiderstände (7b) bei einem Transistor in Emitter-Gegenkopplung.

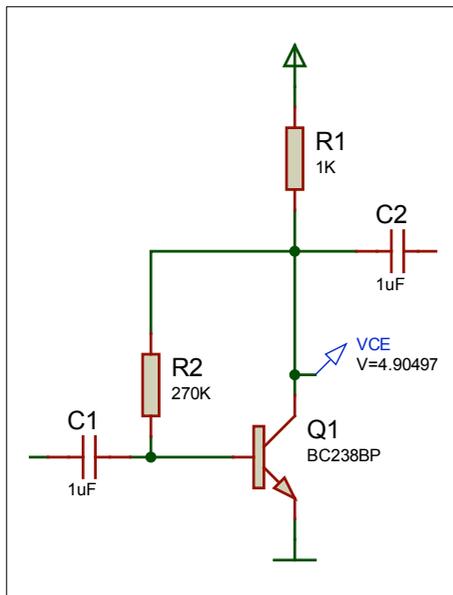


Bild 8. Bei der Kollektor-Gegenkopplung kommt der Transistor ohne zusätzliche Bauelemente aus.

schohen. Die Spannung an der Basis ist über den dort liegenden Spannungsteiler fest auf einen Wert zwischen 0 V und 10 V eingestellt. Wenn die Emitterspannung ansteigt, sinkt die Spannungsdifferenz zwischen Emitter und Basis. Folglich sinkt der Basisstrom, so dass der Kollektorstrom einen niedrigeren Wert annimmt und dadurch den Verstärkungsanstieg kompensiert. Wir haben eine selbsttätige Verstärkungsregelung konstruiert!

Wie lässt sich die Emitter-Gegenkopplung berechnen? Zuerst wird der Emitterwiderstand so festgelegt, dass daran 1 V abfällt (Bild 7a). Eine andere Berechnung hatte bereits ergeben, dass ein Kollektorwiderstand 1 kΩ den Spannungsabfall 5 V verursacht. Der Wert des Emitterwiderstands muss deshalb etwa ein Fünftel betragen. Wir entscheiden uns für den nächstgelegenen Normwert 210 Ω. Der Wert des Kollektorwiderstands muss nun herabgesetzt werden, um den Spannungsabfall 1 V zu kompensieren und den Strom 5 mA beizubehalten. Der nächstgelegene Normwert ist hier 910 Ω.

Die Berechnung der Basiswiderstände ist etwas komplizierter. Eine Regel besagt,

dass der Strom durch die Basiswiderstände ein Fünftel des mittleren Kollektorstroms betragen soll, in diesem Fall ist dies 1 mA. Mit dem Theorem von Thévenin und dem Ohmschen Gesetz lassen sich die beiden Widerstände berechnen (Bild 7b), wir kamen auf 51 kΩ und 12 kΩ. Die Kapazität des Kondensators, der den Emitterwiderstand überbrückt, muss hoch sein, damit wechselförmige Signalanteile möglichst nicht gegengekoppelt werden. Hier beträgt die Kapazität 100 μF.

Die Simulation ergibt für den so stabilisierten Verstärker die Spannungsverstärkung 130 (siehe Bild 6), sie liegt damit deutlich unter der Verstärkung 160 ohne Stabilisierung - doch das ist nun mal der Preis!

Auch über den Kollektor

Die Stabilisierung des Transistors über den Emitter gestaltet sich unkompliziert und effizient. Es gibt jedoch noch eine zweite Methode, die verglichen mit der nicht stabilisierten Variante keine zusätzlichen Bauelemente erfordert. Gemeint ist die Kollektor-Gegenkopplung, die in Bild 8 skizziert ist. Der Basisstrom wird hier mit einem Widerstand zwischen Basis und Kollektor eingestellt. Wenn die Transistorverstärkung steigt, steigt auch der Kollektorstrom, so dass die Kollektorspannung sinkt. Da der Basisstrom von der Kollektorspannung abhängt, sinkt der Basisstrom, was zur Folge hat, dass der Verstärkungsanstieg kompensiert wird. Der Wert des Basiswiderstands lässt sich mit dem Ohmschen Gesetz $R = U/I$ berechnen, wobei in diesem Fall $U = (V_{CC}/2)/I_B$ ist. Für den Basiswiderstand erhalten wir den Wert 270 kΩ. Im Vergleich zur Emitter-Gegenkopplung hat diese Methode zwei Nachteile: Die Spannungsverstärkung ist niedriger und die Stabilisierung ist weniger effizient, aber oft noch akzeptabel. Mit unserem Simulator haben wir drei Fälle miteinander verglichen, dabei haben wir den BC238B gegen den 2N2222 getauscht, der eine deutlich niedrigere Verstärkung aufweist. Bei identischen Einstellungen

wandert die Kollektorspannung von 5 V nach 6,6 V, während die Spannungsverstärkung von 156 auf 105 sinkt (-32 %). Die Emitter-Gegenkopplung ergibt, wie oben gezeigt, eine gute Stabilisierung, wobei die Verstärkung um nur 5,7 % sinkt. Bei der Kollektor-Gegenkopplung ist die Verstärkung um 15 % niedriger - ein nur mäßiges Ergebnis, jedoch wurden drei Bauelemente eingespart.

Schon vor 60 Jahren

Dieser Beitrag hätte auch aus der Zeit vor 60 Jahren stammen können, der Inhalt ist jedoch heute keineswegs überholt. Nicht selten lässt sich ein Operationsverstärker durch einen Transistor ersetzen, der damit verbundene wirtschaftliche Nutzen darf nicht übersehen werden. Das Unternehmen des Autors entwickelte für einen Kunden ein Alarmsystem, das mit einem piezoelektrischen Sensor arbeitet. Der Energiebedarf des Signalverstärkers musste so marginal sein, dass das System einige Jahre an einer Knopfzelle arbeitet. Hier gewann der Transistor das Rennen: Unter dem Aspekt der Energiebilanz ist er unschlagbar!

In diesem Beitrag haben wir die Funktionen der passiven Bauelemente rund um einen Transistor in Emitterschaltung erklärt. Um die Kenntnisse zu vertiefen, legen wir Ihnen ans Herz: Experimentieren Sie, besorgen Sie sich einen Simulator, beispielsweise den hervorragenden kostenlosen *LTSpice* von *Linear Technology*, und vollziehen Sie mit dem Simulator die hier beschriebenen Beispiele nach. Ändern Sie die Werte und analysieren Sie, wie sich die Änderungen auswirken. Greifen Sie dann zum Lötkolben, um herauszufinden, ob die Simulationen mit der Wirklichkeit übereinstimmen.

In einem folgenden Beitrag werden wir in ähnlichem Stil die unterschiedlichen Verstärkerklassen betrachten. ◀

(150403)gd

Dieser Beitrag erschien auch in

Circuit Cellar Nr. 279.

Quellen und Weblinks:

Proteus Design Suite: www.labcenter.co.uk

BC238B Bipolartransistor, Fairchild Semiconductor

<https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor>

<http://www-personal.engin.umd.umich.edu/~fmeral/ELECTRONICS%20I/004x%20BJT%20/0041%20BJT%20Bias.pdf>

Q & A

(Fast) alles, was Sie schon immer wissen wollten über... **MQTT**

MQTT ist ein Protokoll, das für das Internet of Things besonders geeignet ist. Warum, das erfahren Sie in unserer Rubrik „Fragen und Antworten“.

Von **Jens Nickel**

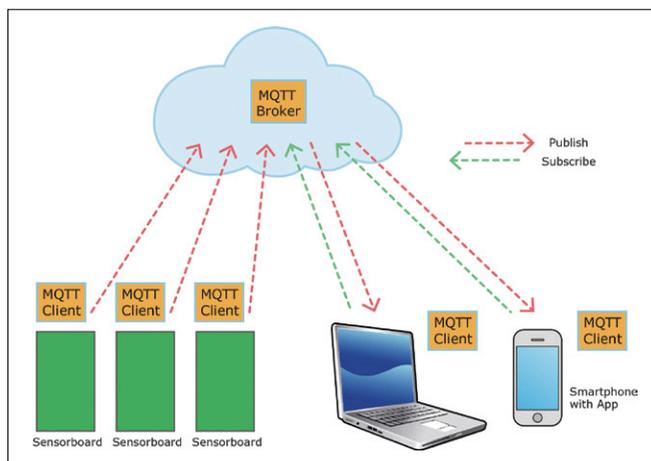
Q Was ist MQTT?

A MQTT (ursprünglich die Abkürzung von *Message Queuing Telemetry Transport*, dieser vollständige Begriff wird heute allerdings nicht mehr verwendet) ist ein Nachrichten-Protokoll für das Internet. Es setzt üblicherweise auf TCP/IP auf und kann selbst wiederum Daten beliebiger Anwendungsprotokolle transportieren.

Q Warum eignet sich das Protokoll so gut für das Internet of Things?

A Zuerst einmal ist das Protokoll leichtgewichtig, der Overhead ist kleiner als beispielsweise bei HTTP und man kommt somit mit geringeren Datenraten aus. Bei typischen IoT-Aufgaben wie der Erfassung von Umweltmesswerten oder der Hausautomatisierung hat man es darüber hinaus mit vielen Teilnehmern zu tun. Es gibt Knoten, die Daten produzieren und welche, die Daten konsumieren, etwa zur Weiterverarbeitung und Anzeige. Statt auf direkte Verbindungen zwischen Datenproduzenten und Datenkonsumenten setzt das bereits um die Jahrtausendwende entwickelte Protokoll auf einen Message-Broker, der Nachrichten weiterverteilt. Bei diesem *Broker* können sich Datenproduzenten (wie zum Beispiel Sensorknoten) und Konsumenten (wie zum Beispiel Smartphone-Apps) als *Clients* anmelden. Der Message-Broker verwaltet dann auch die Liste der IP-Adressen, der Entwickler/Nutzer muss sich die kryptischen Zahlenfolgen nicht mehr merken.

Q Wie funktioniert es, dass Daten von der richtigen Quelle zum richtigen Ziel gelangen?



A Datenproduzenten wie Sensorknoten teilen dem Broker mit, dass die mitgeschickten Daten (z.B. Messwerte) unter einem bestimmten „Thema“ (*Topic*) veröffentlicht werden sollen (*publish*). Solche Topics sind einfach zu merkende Zeichenketten wie zum Beispiel:

Gebäude/Büro/Temperatur
Gebäude/Küche/Temperatur

Um Daten etwa mit einer Smartphone-App zu empfangen, kann diese bestimmte Topics abonnieren (*subscribe*). Dabei sind auch Wildcards zulässig, um Nachrichten auf mehreren Topics zu erhalten:

Gebäude+/Temperatur

Q Warum eignet sich MQTT besonders für Verbindungen unter schwierigen Bedingungen?

A Gerade beim Internet of Things muss man damit rechnen, dass Knoten nicht immer online sind; sei es zur Batterieschonung oder wegen einer unzuverlässigen Funkverbindung. MQTT stellt bei Bedarf (zusätzlich zur Sicherung durch TCP) sicher, dass Daten auch ankommen. Wobei es hier gleich drei Servicequalitäten gibt (0 = egal, 1 =

kommt mindestens einmal an, 2 = kommt genau einmal an). Sehr nützlich ist auch der „letzte Wille“ (*last will*). Alle Clients können beim Message-Broker eine Nachricht pro Topic hinterlegen, die beim Unterbrechen der Verbindung an alle verschickt wird, die das Topic abonniert haben. Pro Topic kann der Broker auch eine „gehaltene Nachricht“ (*retained message*) speichern; diese bekommen immer alle neu angemeldeten Abonnenten. Sinnvoll ist das etwa für Sensoren, die nur ab und zu Daten übermitteln: So steht der letzte Messwert immer allen zur Verfügung.

Q Kann man das Protokoll frei verwenden?

A Ja, das ganze Protokoll ist in Händen der Open-Source-Community, es gibt auch viele Open-Source-Implementierungen für Clients und Broker in verschiedenen Programmiersprachen. Erste Anlaufstellen für Entwickler sind die offiziellen MQTT-Seiten [1] und die Seiten des Eclipse Paho Projekts [2]. Mehr Infos für Entwickler und einen Anwenderbericht findet man in unserem Blog „Mein Weg ins IoT“, zum Beispiel unter [3]. Darüber hinaus sind verschiedene MQTT-Broker im Internet für Testzwecke frei zugänglich [4][5]. ◀

(160085)

Weblinks

- [1] <http://mqtt.org>
- [2] www.eclipse.org/paho
- [3] www.elektormagazine.de/news/mein-weg-ins-iot-4-mqtt
- [4] test.mosquitto.org (Port 1883)
- [5] broker.hivemq.com (Port 1883)

electronica Fast Forward Start-up Award: Jetzt noch mitmachen!

Wir sind auf der Suche nach den innovativsten Ideen, Projekten und Start-ups weltweit! Der „electronica Fast Forward Start-up Award powered by Elektor“ verbindet erstmalig den weltweiten Elektronikmarkt, innovative Technologien sowie eine internationale Medienpräsenz und ist damit Garant, dass Ihre Start-up-Idee in den richtigen Köpfen das Meiste bewirkt.

Business-Plan vorlegen. Zusätzlich ergibt sich auf der Messe für Sie die Gelegenheit, Ihre kreativen Ideen einem internationalen Publikum und potentiellen Kunden vorzustellen.

Unter den Finalisten auf der Messe wird eine internationale Jury drei Gewinner aussuchen. Seien Sie einer dieser drei Gewinner des „electronica fast forward Start-up Awards“, der im Rahmen der



electronica FAST FORWARD START-UP AWARD

PUT YOUR INNOVATION IN THE SPOTLIGHT

powered by **elektor**

APPLY NOW



Start-ups und kreative Entwickler aus der ganzen Welt sind aufgerufen, ihre Beiträge spätestens bis zum 4. Oktober 2016 über die Webseite www.elektor.de/electronica-startup-award einzureichen.

Eine Jury, bestehend aus Redakteuren des Magazins Elektor und Ingenieuren des Elektor-Labors, wird die Einsendung sichten und bewerten. Die besten Ideen, Prototypen und Start-ups dürfen sich auf der electronica 2016 – die Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen der Elektronik in München – präsentieren und am Finale teilnehmen.

Als Teilnehmer in einer der Award-Kategorien „Idee“, „Prototyp“ und „Start-up“ haben Sie die einmalige Möglichkeit, Teil der „electronica fast forward Start-up Platform powered by Elektor“ zu sein und so weltweite Kontakte zu knüpfen.

Auf der electronica können Sie persönlichen Rat für Ihr Business einholen, Geschäftskontakte knüpfen und an vielen Events dieser Messe teilnehmen. Außerdem werden wir Ihnen für Ihre Start-up-Idee einen

electronica am 11. November 2016 verliehen wird. Prämiert werden die Gewinner mit internationaler PR, Consulting und Marketing im Gesamtwert von 150.000 € sowie einem nachhaltigen Zugang zum internationalen Elektor-Netzwerk mit über 250.000 Mitgliedern weltweit.

Der Gesamt-Sieger wird mit einer internationalen Elektor Cross-Over-Marketing-Kampagne im Wert von 75.000 € sowie einem Messestand auf der electronica 2018 ausgezeichnet, Platz 2 erhält eine Elektor Media-Kampagne im Wert von 50.000 € und der Drittplatzierte darf sich über eine Elektor Medienpräsenz im Wert von 25.000 € freuen.

Interessiert? Weitere Informationen, Teilnahmebedingungen und Teilnahmeformulare finden Sie unter

www.elektor.de/electronica-startup-award.

Wasserdichte Buzzer

Die CUI Components Group hat drei neue wasserdichte Buzzer mit Schutzklassen bis IP68 und Schalldrücken bis 95 dB in 30 cm Abstand im Programm. Diese Eigenschaften machen die Buzzer ideal für einen breiten Einsatzbereich in industriellen und Outdoor-Anwendungen, wo mit Feuchtigkeit und anderen Umweltfaktoren zu rechnen ist.

Die Typen CPT-1495C-300 und CPT-1495CI-300 sind Piezo-Schallwandler in einem Gehäuse mit 14 mm Durchmesser und 10 mm Höhe. Ihre Nennspannung beträgt 30 V bei einer Nennfrequenz von 4,25 kHz. Beide sind wasser-

dicht (IP67) und erreichen extern angesteuert einen Schalldruck von 84 dB im Abstand von 10 cm. Der Betriebstemperaturbereich beträgt -30...85 °C. Der Typ CPT-1495C-300 ist bedrahtet während der Typ CPT-1495CI-300 für das Wellenlöten in der Massenproduktion gedacht ist.

Für dauerhaften Betrieb in Wassertiefen bis 1 m benötigt man den Typ CPT-2521C-500 mit der Schutzklasse IP68. Der

Betriebstemperaturbereich beträgt für alle drei Ausführungen -30...85 °C.

www.cui.com (160144-9)



Die Rubrik ElektorBusiness in Elektor ist der Ort für Artikel, Neuigkeiten und andere Beiträge von Firmen und Institutionen, die im Bereich Elektronik tätig sind.
Redaktion Elektor Business: **Jan Buiting**

Beiträge nimmt er gerne entgegen unter newsdesk@elektor.com.



Aktive Störunterdrückung und mehr für USB-C-Kopfhörer

Conexant Systems stellt mit ihrem neuen Chip CX20888 einen Audio-Codec in Stereoausführung vor, der laut Hersteller die weltweit erste Ein-Chip-Lösung einer USB-C-kompatiblen ANC (Active Noise Cancellation) für Kopf- oder Ohrhörer darstellt.

USB-C setzt sich immer mehr durch, da dieser Anschluss höhere Datenraten, schnelles Laden und verbesserte Interoperabilität etc. mit einem einzigen Kabel ermöglicht. Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren Milliarden Consumer Devices mit USB-C ausgestattet werden, was USB-C wohl zum Standard-Anschluss machen wird. Schon jetzt hat dieser Standard einen hohen Einfluss auf Audio-Zubehör wie Kopfhörer, da er viele Begrenzungen alter Techniken vermeidet.

Der Typ CX20888 vereint eine ANC gegen Umweltgeräusche und „Wake-On-Voice“ in einem Chip. Die ANC-Technik von Conexant soll eine Störunterdrückung von bis zu 30 dB im Frequenzbereich bis zu 3,8 kHz ermöglichen.

Enthalten sind DAC und ADC mit 24 bit DAC für Musik und Sprache. Sampling-Raten von bis zu 96 kHz sind möglich. Dank den kondensatorlosen Endstufen und dem Verzicht auf einen externen Quarz ergeben sich

kleine Stücklisten. Der hochintegrierte Chip CX20888 kommt im 5 x 5 mm messenden BGA-Gehäuse und benötigt daher wenig Platinenfläche, was ihn ideal für die Integration in Kopfhörer und Docking-Stationen macht.

www.conexant.com
(160144-2)



Anzeige

#strongBEAD

*WE speed up
the future*

huge peak strong bead!



Die WE-MPSB ist die weltweit erste SMD-Ferritserie mit spezifizierter Spitzenstrombelastbarkeit. Sie verlängert die Lebenszeit Ihrer Anwendung. Der extrem niedrige R_{DC} ermöglicht höchste Nennströme bei gleichzeitig minimaler Eigenwärnung. Die Serie ist optimiert für die Befilterung von hocheffizienten DC/DC-Konvertern im rauen Industrieumfeld.

Weitere Informationen unter:
www.we-online.de/WE-MPSB

- Spezifizierte Spitzenstrombelastbarkeit
- Höchster Nennstrom
- Geringster R_{DC}
- Hohe Impedanz

electronica Halle B6 Stand 404

Gold-Sponsor des **electronica Fast Forward Awards**, powered by Elektor

Produktdarstellung in Originalgröße:



The Big Begeisterung

Ausblick

Hersteller & Trends

Start-ups 2016

*Innovationen und
Geistesblitze*

Finanzierung und Förderung

*Grundlagen für Ihren
Erfolg*

Technologie

*Alles, was Sie wissen
müssen*

Firmenseiten

*Präsentieren Sie sich
auf Ihrer eigenen
News-Seite*

Elektor- Talente

*Suchen Sie neue
Kollegen!*

Zurück in die Zukunft

*Aus der Geschichte
lernen!*

Im Dezember 2016 veröffentlicht der Elektor-Verlag zum ersten Mal sein Jahrbuch „The Big Red“. In The Big Red geht es um Begeisterung, und um den Mut, ein Unternehmer zu werden. In unserem Jahrbuch können Sie zeigen, dass Sie von Ihrem Produkt und Ihrer Dienstleistung überzeugt sind. Ihr Erfolg sollte nicht dem Zufall überlassen bleiben!

**Lassen Sie uns - die
Redaktion von Elektor
- Ihre Begeisterung
spüren!**

STA

Red für Elektronik

RT UP



Jetzt mitmachen: www.elektor.com/the-big-red-2017



Willkommen bei DESIGN

Von **Clemens Valens**, Elektor-Labor

SHARE

DESIGN

LEARN



James Watt (1736 – 1819)

James Watt wurde am 19. Januar 1736 in Greenock (Schottland) geboren, einer kleinen Stadt nordwestlich von Glasgow. Drei Jahre später durfte sich die Familie über weiteren Familienzuwachs freuen: Die Geburt eines Bruders (John) – und, ein weiteres Jahr später, einer Schwester (Jean). Der Vater James Henry war im Schiffsbau tätig, und die mit umfangreichem Wissen ausgestattete Mutter Agnes sorgte für die Bildung ihrer Kinder. James war handwerklich begabt und zeigte ein gewisses Talent zum Ingenieur, so dass er im Alter von 18 Jahren nach London zog, um dort den Instrumentenbau zu erlernen. Ein Jahr später kam er zurück nach Glasgow, durfte sich dort jedoch nicht als Geschäftsmann selbständig machen, weil er es versäumte, zuvor eine siebenjährige Ausbildungsphase zu absolvieren. Zum Glück fand er einen Job an der Universität von Glasgow, wo man seine Fähigkeit, astronomische Instrumente zu bedienen und zu reparieren, sehr schätzte.

James Watt wurde oft die Erfindung der Dampfmaschine zugeschrieben, aber solche Maschinen gab es bereits seit dem Jahre 1712, als Thomas Newcomen die „Atmospheric Engine“ erfand. Fast genau 50 Jahre später begann James, sich für diese Maschinen zu interessieren und unternahm verschiedene Experimente, die er jedoch bald schon wieder aufgab, weil es recht schwierig war, eine lauffähige Dampfmaschine zu konstruieren. Sein Interesse an diesem Thema wurde jedoch aufs Neue geweckt, als man ihn bat, die Dampfmaschine an der Universität Glasgow zu reparieren. Das relativ kleine Gerät litt sehr stark unter Wärmeverlusten und arbeitete daher nicht effektiv genug, was den Erfindergeist von James offensichtlich herausforderte.

Schließlich kam ihm die Einsicht, dass man der Maschine einen wesentlich höheren Wirkungsgrad verleihen könnte, wenn man die Kondensation aus dem Zylinder heraus in einen gesonderten Kondensator verlagerte. Die moderne Dampfmaschine war geboren und James ließ seine Idee patentieren. Neue Erfindung hin oder her: Die Dampfmaschine war und blieb in dieser

Epoche ein Produkt, das nur schwer herzustellen war, so dass James Geld brauchte. Als sein Patent in die Hände des Geschäftsmannes und Metallwaren-Fabrikanten Matthew Boulton fiel, schlossen sich beide zusammen und machten Watts Idee zu einem blühenden Geschäft.

Es wird berichtet, dass James Watt eifrig darauf bedacht war, andere nur gegen eine Gebühr von seiner Erfindung profitieren zu lassen. Sein ganzes späteres Leben schien sich sogar darauf konzentriert zu haben, neue Technologien, die seine Erfindung bedrohen könnten, mit allen legalen Mitteln zu bekämpfen. Einige Kritiker werfen ihm sogar vor, dadurch die weitere Entwicklung der Technik bis zum Verfall seiner Patente im Jahre 1800 behindert zu haben.

Obwohl sich James Watt nie mit Elektrizität beschäftigte, wurde sein Name durch das Watt, die Einheit der (elektrischen) Leistung, verewigt ($1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$). ◀



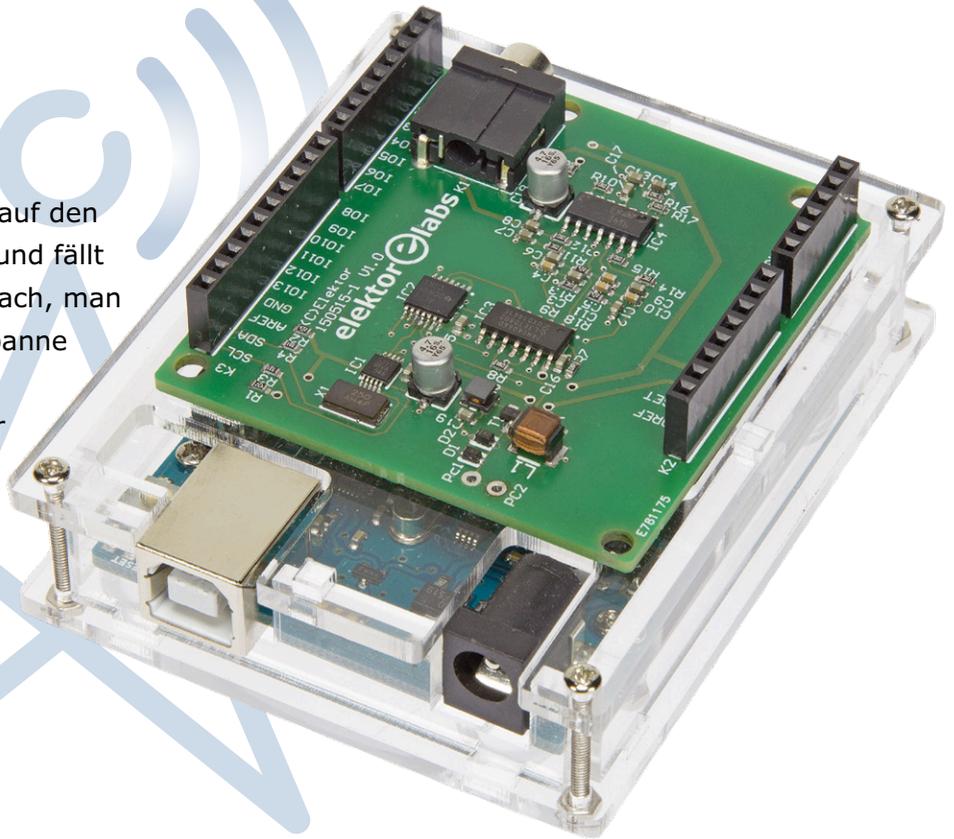
(160135)

Elektor SDR Reloaded (3)

Antennen für das SDR-Shield

Von **Burkhard Kainka** (D)

Der Empfang in den AM-Bereichen und auf den Kurzwellen-Amateurfunkbändern steht und fällt mit der Qualität der Antenne. Ganz einfach, man nehme einen 30 m langen Draht und spanne ihn in zehn Metern Höhe zwischen zwei Bäume möglichst weitab vom Haus. Nur leider ist das nicht überall möglich. Deshalb wird der ideale Kompromiss gesucht: eine Antenne die klein, unauffällig und wirksam ist.



Alle Erfahrungen zeigen, es kommt nicht nur auf die maximale Signalspannung an der Antenne an, sondern viel mehr auf den größtmöglichen Störabstand. Störungen gibt es reichlich und täglich werden es mehr. Vor allem im Wohnbereich wimmelt es von Störquellen. Computer, Netzteile, Geräte der Unterhaltungselektronik, Motoren und vieles mehr erzeugen einen dichten Rauschnebel, der vieles in den AM-Bereichen völlig überdeckt.

Antennenabschwächer

Auf dem SDR-Shield befindet sich bereits ein FET-Impedanzwandler (T1) mit HF-Drossel (L1) und Diodenbegrenzer (D1/D2). Als einfachste Antenne für den SDR reicht deshalb schon ein etwa drei Meter langer Draht, der einfach über den Schrank geworfen wird oder sogar auf dem Boden des Zimmers liegt. Am Abend kann man damit bereits viele starke Rundfunksender auf Kurzwelle hören. Einige Signale im 75-m-Band können bereits so kräftig sein, dass der Empfänger übersteuert wird. Da hilft ein Abschwächer in Form eines Potis, das einfach parallel zum Antenneneingang gelegt wird (**Bild 1**).

Sobald man den Antennendraht anschließt, steigt der Rauschpegel deutlich an. Das Grundrauschen ist auf den verschiedenen Bändern unterschiedlich stark und kann mühelos schwache Signale überdecken. Und es kommt nicht allein von der Antenne, sondern hauptsächlich von der verseuchten Erdleitung. Meist ist der PC über den Schutzleiter mit Erde verbunden. Aber auf dem Weg von der echten Erde bis zur Steckdose hat sich schon jede Menge Schmutz angesammelt. Dann kommt noch das USB-Kabel mit seinen breitbandigen Signalen hinzu, sodass auf der Masse des Arduino noch größere Störpegel zu finden sind. Selbst eine ideale Außenantenne kann dieses Problem nicht vollständig lösen, weil am Eingang die GND-Störungen und das Antennensignal in Reihe liegen. Eine gute Antenne könnte allenfalls stärkere Signale liefern, die besser aus dem Grundrauschen ragen.

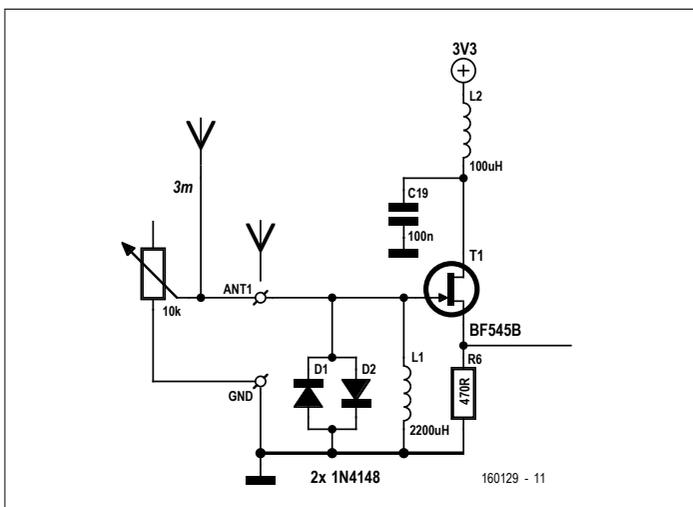


Bild 1. Zimmerantenne mit Abschwächer.

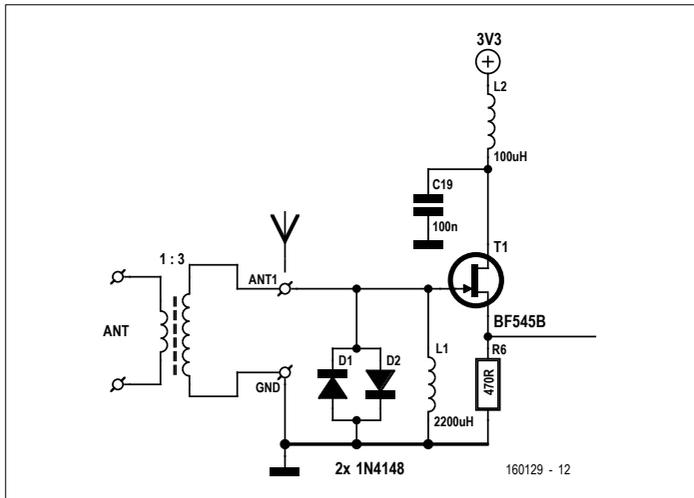


Bild 2. Verwendung eines HF-Übertragers.

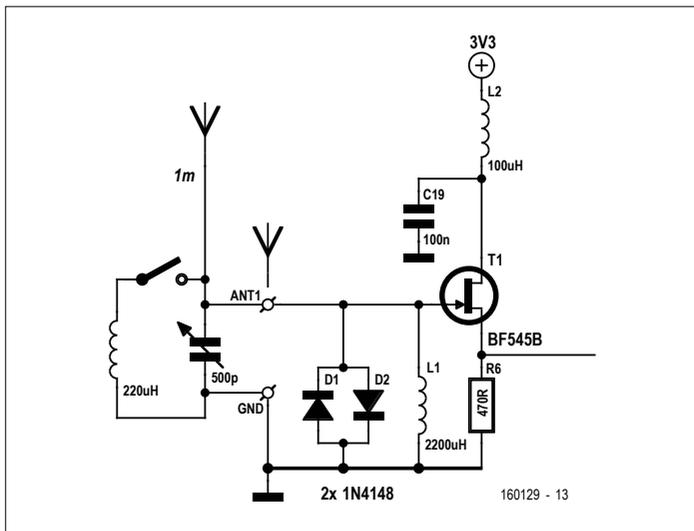


Bild 3. Abgestimmter Eingangskreis.

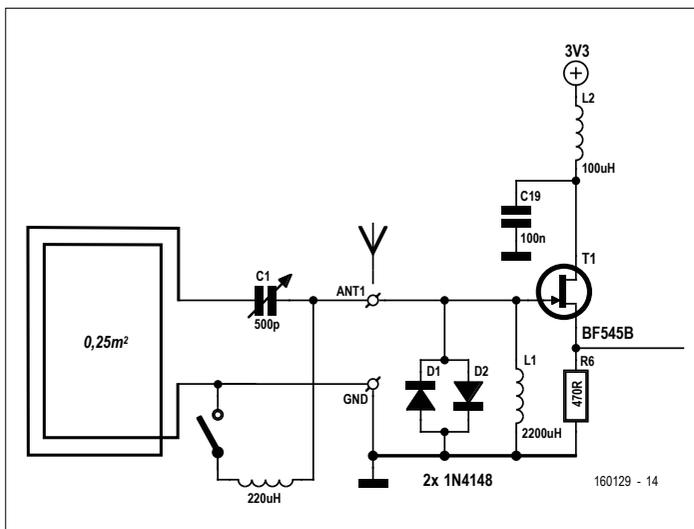


Bild 4. Rahmenantenne für Lang- und Mittelwelle.

Trenntrafo

Angenommen, man hat eine perfekte Außenantenne mit Koaxkabel oder eine Antennenanlage mit AM-Antenne auf dem Dach. Dann müsste man immer noch darauf achten, dass nicht über die Masse Störungen einkoppeln. Der beste Weg dazu ist ein HF-Trenntrafo (**Bild 2**). Man kann ihn auf einen Ringkern wickeln oder auch einen Doppellochkern verwenden. Richtwerte für die Wicklung sind zwei Windungen auf der Antennenseite und sechs Windungen auf der SDR-Seite.

Schwingkreis

Signale auf Lang- und Mittelwelle werden erheblich besser, wenn man sie mit einem Schwingkreis selektiert (**Bild 3**). Damit erhöht man im Resonanzfall die Signalspannung und dämpft zugleich unerwünschte Signale auf Vielfachen der Empfangsfrequenz. Mit einem Drehko von 500 pF erreicht die interne Drossel von 2,2 mH bereits das untere Ende des Rundfunk-Langwellenbands bei 150 kHz. Nun genügt schon eine kurze Antenne von einem Meter Länge. Allerdings ist der Kreis relativ schmalbandig, sodass man bei jedem Frequenzwechsel nachstimmen muss.

Für den Mittelwellenbereich ab 500 kHz schaltet man einfach eine Spule oder Festinduktivität von 220 μ H parallel. Es darf auch eine Mittelwellenspule auf einem Ferritstab sein, dann kann die Drahtantenne entfallen. Dabei fällt auf, dass der Störabstand mit einer Ferritantenne deutlich besser wird. Das liegt daran, dass sie hauptsächlich den magnetischen Anteil der Funkwellen empfängt, während die Störsignale im Nahfeld der Störer hauptsächlich als elektrische Wechselfelder auftreten. Bei allen Empfangsversuchen ist es immer wieder nützlich, Vergleiche mit anderen Radios anzustellen. Dabei kann zum Beispiel herauskommen, dass ein ganz einfaches Transistorradio mit Batteriebetrieb schwache Signale auf Mittelwelle deutlich klarer empfängt als das SDR. Klar, das einfache Radio arbeitet mit einer Ferritantenne, und es hat keine Erdverbindung, fängt sich also keine Masse-gebundenen Störungen ein. Da gibt es also noch einiges zu tun, das SDR ebenso störarm zu betreiben. Ein anderes Vergleichsobjekt sind Stereo-Kompaktanlagen mit AM-Bereich. Dabei ist meist eine kleine Rahmenantenne mit mehreren Drahtwindungen, die über ein längeres Kabel angeschlossen ist. In der Anleitung steht, dass man diese Antenne an einem geeigneten Ort abseits der Anlage aufstellen soll. Die digitalen Baugruppen im Gerät erzeugen nämlich so viele Störungen, dass eine interne Ferritantenne nicht möglich wäre. Versuche zeigen, dass der Abstand sehr viel ausmacht. Erst in etwa einem halben Meter Abstand bekommt man einen guten Empfang. Auf UKW sind diese Probleme übrigens sehr viel geringer, weil das Maximum der Störungen auf den tieferen Frequenzen liegt.

Rahmenantenne

Eine gute Rahmenantenne könnte die Lösung sein. Und eine etwas größere Spulenfläche bringt mehr Antennenspannung. Die Loopantenne soll zwei Windungen bei einer Kantenlänge von 0,5 m haben (**Bild 4**). Dazu braucht man vier Meter Draht oder besser gleich acht Meter, damit man die Antenne zwei Meter entfernt vom Computer aufstellen kann. Direkt angeschlossen hat man bereits eine recht brauchbare breitbandige Kurzwellenantenne. Aber auf Lang- und Mittelwelle ist die Induktivität noch zu gering. Man kann jedoch einen Drehko in

Reihe schalten. Damit wird die Loop-Antenne zu einem Teil des Eingangskreises und kann auf Langwelle in Resonanz gebracht werden. Mit einer kleineren Induktivität von $220\ \mu\text{H}$ kommt man auf Mittelwelle.

Stabantenne

Dass eine Stabantenne gar nicht schlecht sein muss, beweist eine übliche Autoantenne. Wer mal am Abend fernab bewohnter Gegenden auf einem Parkplatz steht und im Autoradio die Mittelwelle absucht, der mag sich wundern, wie gut da der Empfang ist. Man muss eine solche Antenne einfach nur am richtigen Ort aufstellen. Der beste Ort wäre auf dem Dach oder auf einem Antennenmast möglichst weit vom Haus entfernt. Ein Kompromiss wäre vielleicht eine Antenne, die wenigstens außerhalb des Fensters steht oder zur Not auch von innen an die Fensterscheibe geklebt wird.

Allerdings braucht man nun ein längeres abgeschirmtes Kabel. Und das funktioniert dann nur mit einem passenden Vorverstärker oder Impedanzwandler (**Bild 5**). Im einfachsten Fall reicht ein JFET als Impedanzwandler und Vorverstärker, der über das Kabel ferngespeist werden kann. Der Arduino liefert die passende Spannung von 3,3 V, die zusätzlich noch einmal gefiltert wird. Damit die Antenne möglichst universell einsetzbar ist, kommen noch ein Poti-Abschwächer und ein einfaches Tiefpassfilter hinzu.

Diese Antenne liefert bei günstiger Aufstellung bereits genügend Signalspannung auf allen Bändern. Allerdings bleibt ein Problem ungelöst: Über die Masseleitung kommen weiterhin Breitbandstörungen vom Computer und von anderen Geräten am Netz herein.

Loop-Antenne

Alle diese Versuche haben gezeigt, dass magnetische Antennen im Haus die besseren Ergebnisse liefern, dass man möglichst viel Abstand zum Computer halten soll und dass der beste Antennenort im Haus nahe der Außenwand oder an einem Fenster ist. All diese Erkenntnisse zusammen weisen in Richtung auf eine magnetische Loop mit Vorverstärker und Fernspeisung über ein Koaxkabel (**Bild 6**).

Die eigentliche Loop besteht aus vier Metern Koaxkabel, die an einem Fenster zu einem Quadrat mit einem Meter Kantenlänge aufgespannt sind. Als Loop dient der Innenleiter. Das Abschirmgeflecht ist mit der Masse verbunden und schirmt die Antenne gegen elektrische Felder ab. Am oberen Ende muss die Abschirmung aber unterbrochen werden, damit sie nicht selbst zu einem geschlossenen Leiter wird.

Der Vorverstärker verwendet einen NF-Transistor BC547B. Die Verstärkung reicht aber auch für die oberen Bänder aus. Der geringe Eingangswiderstand des Transistors stellt für den Antennenleiter praktisch einen Kurzschluss dar, was die Antenne extrem breitbandig macht. Der Vorverstärker wird über ein beliebig langes Koaxkabel angeschlossen und ferngespeist. Die Auskopplung des Signals mit Abschwächer und optionalem Tiefpass bleibt unverändert.

Eigentlich ist vieles an diesem einfachen Entwurf noch verbesserungswürdig. Die Impedanz ist nicht genau an das Kabel angepasst und auch in Sachen Linearität und Großsignalfestigkeit gäbe es noch einiges zu verbessern. Beides ruft nach einem größeren Kollektorstrom. Aber der Verstärker besticht durch seine Einfachheit und arbeitet recht zufriedenstellend.

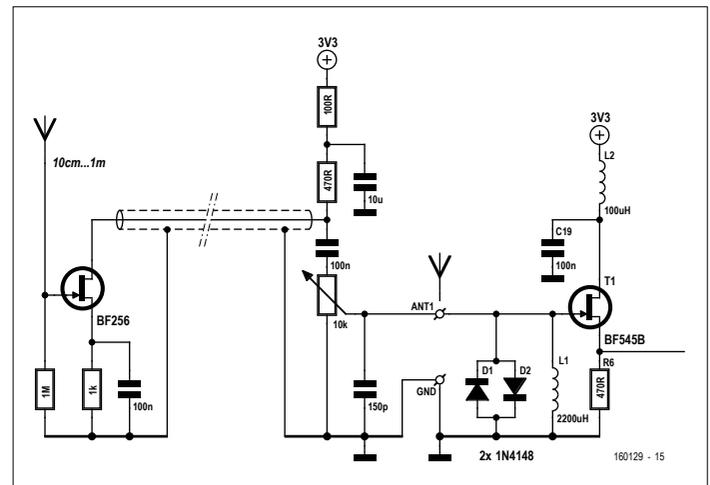


Bild 5. Stabantenne mit Vorverstärker.

► Eine magnetische Loop-Antenne bringt sehr gute Ergebnisse.

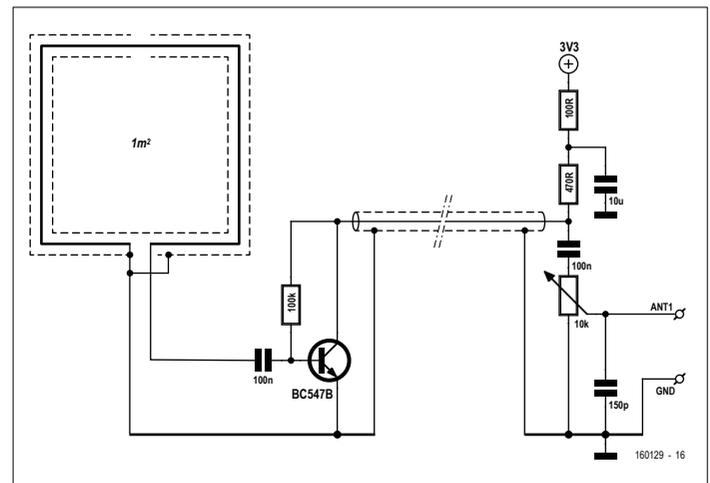
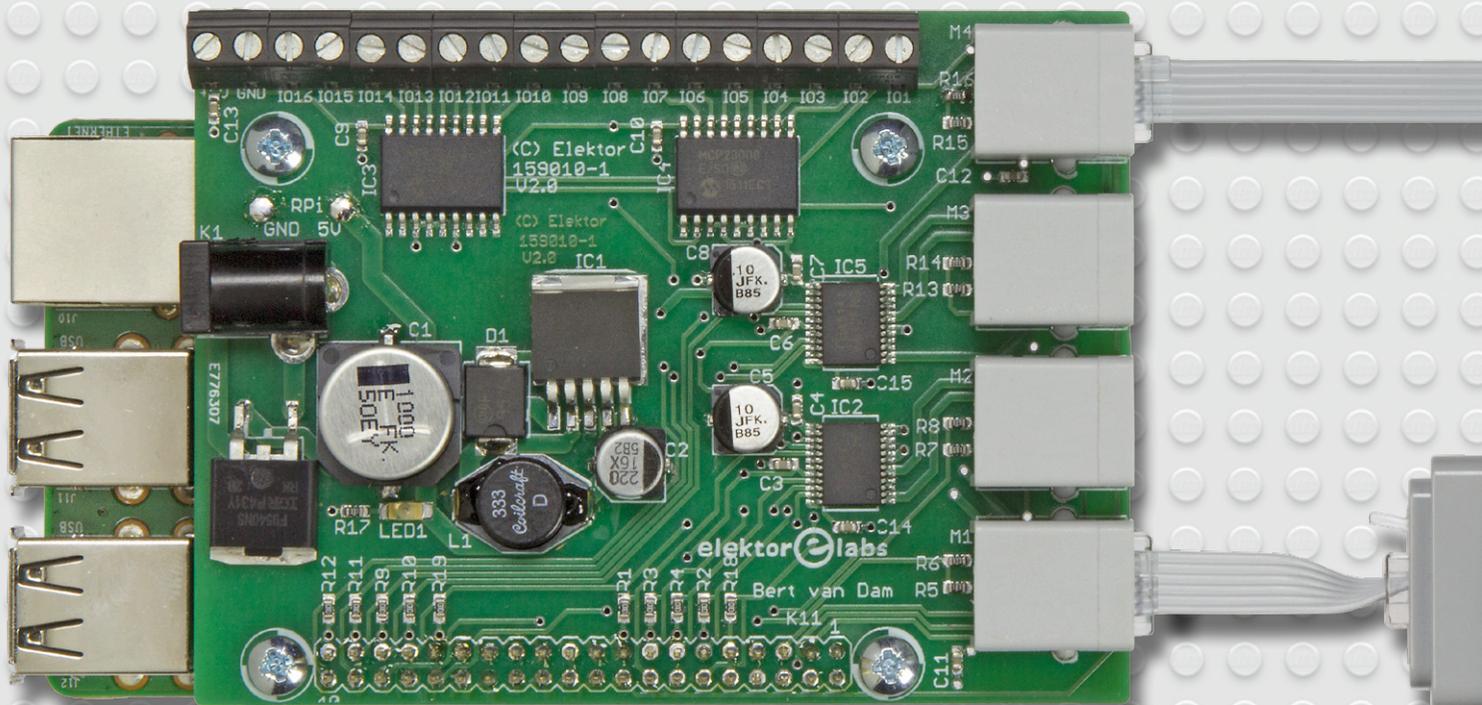


Bild 6. Breitband-Loop mit Vorverstärker.

Diese Antenne bringt sehr gute Ergebnisse auf allen Frequenzen von 150 kHz bis 30 MHz. Auch am Tag wird auf Langwelle ein hervorragender Störabstand erreicht. Vergleiche mit anderen Antennen zeigen fast immer die besseren Ergebnisse für die Loop. Zum Vergleich stand ein nicht mehr verwendetes Antennenkabel zur Verfügung, das beim Autor außen am Haus verlegt ist. Bei einer Höhe von rund zehn Metern bringt diese Antenne zwar große Signalspannungen, sie liefert aber zugleich ein breites Störspektrum. Der Empfang mit der abgeschirmten Loop bringt daher meist die besseren Ergebnisse. ◀

(160129)

LEGO® Control-Board für Raspberry Pi



Das Board erweitert Ihren Raspberry Pi, Version 2 oder 3, um vier Kanäle zum Steuern von LEGO-Motoren des Typs EV3. Außerdem warten 16 digitale I/O-Leitungen auf ihren Einsatz. Der Raspberry Pi kann in den Sprachen Python oder C programmiert werden. Exemplarisch für den Einsatz des Boards stellen wir Ihnen ein kleines Nonsens-Projekt vor, unsere „Useless Box“.

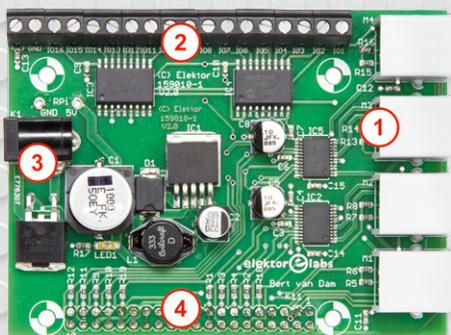


Bild 1. Anschlüsse auf dem Board: (1) Buchsen der vier LEGO-Motoren, (2) Klemmen der 16 I/O-Leitungen, (3) Betriebsspannung 9 V, (4) Kontaktleisten-Signale des angesteckten Raspberry Pi.

Unser LEGO-Control-Board führt die Vielseitigkeit und Flexibilität des LEGO-Systems mit der Programmierbarkeit und Leistungsstärke des Raspberry Pi zusammen. Wir hatten uns zum Ziel gesetzt, eine programmierbare Motorsteuerung zu entwerfen, die darüber hinaus weitere Konnektivität bietet und bei Bedarf auch an das Internet angebunden werden kann. Entstanden ist ein Board, auf dem sich Anschlüsse für vier LEGO-Motoren, Typ EV3 oder kompatible Typen, befinden. Die 16 gepufferten digitalen Leitungen sind als Eingänge oder Ausgänge konfigurierbar. Hier können geeignete Sensoren oder Schalter, LEDs oder andere Peripherie angeschlossen werden. Für die Kombination mit den speziellen LEGO-Sensoren ist das Board nicht vorgesehen, für diese

Sensoren wird der Einsatz des Controllers EV3 von LEGO empfohlen.

Auf dem Board ist eine Stromversorgung für den Raspberry Pi integriert, so dass eine einfache Spannungsquelle (9 V/5 A) für den Raspberry Pi und die Motoren genügt. Bei mobilem Einsatz können Akkus als Energiequelle dienen, ein effizienter, schaltender Spannungswandler geht sparsam mit der Energie um.

Die Kontaktleiste des Raspberry Pi wird durch das Control-Board geführt, so dass weiterhin Verbindungen mit SPI-, I²C- oder anderen Systemen hergestellt werden können. Dazu gehören auch die Projekte, die im Buch „Raspberry Pi – 45 Experimente mit Hard- und Software für Elektroniker“ von Bert van Dam beschrieben

Vier Motor-Steuerungen und 16 digitale Leitungen

Von Bert van Dam (NL)



ben sind. Auch jene Projekte sind mit LEGO-Modellen kombinierbar.

Über den Raspberry Pi kann das LEGO-Mo-

dell sogar mit dem Internet kommunizieren, wahlweise über Kabel oder WLAN.

Mit einem 4G-Stick, aufgesteckt auf einen

USB-Port, ist die drahtlose Kommunikation möglich. Damit ist das LEGO-Modell

über weite Distanzen drahtlos steuerbar!

Tabelle 1. Plus und Minus des LEGO EV3 und des Raspberry Pi.

LEGO: Plus

- Mechanisches Baukastensystem mit fast unbegrenzten Konstruktionsmöglichkeiten.
- Leistungsstarke Antriebe, für große und schwere Modelle werden Servos und Hydraulik benötigt.

Raspberry Pi: Plus

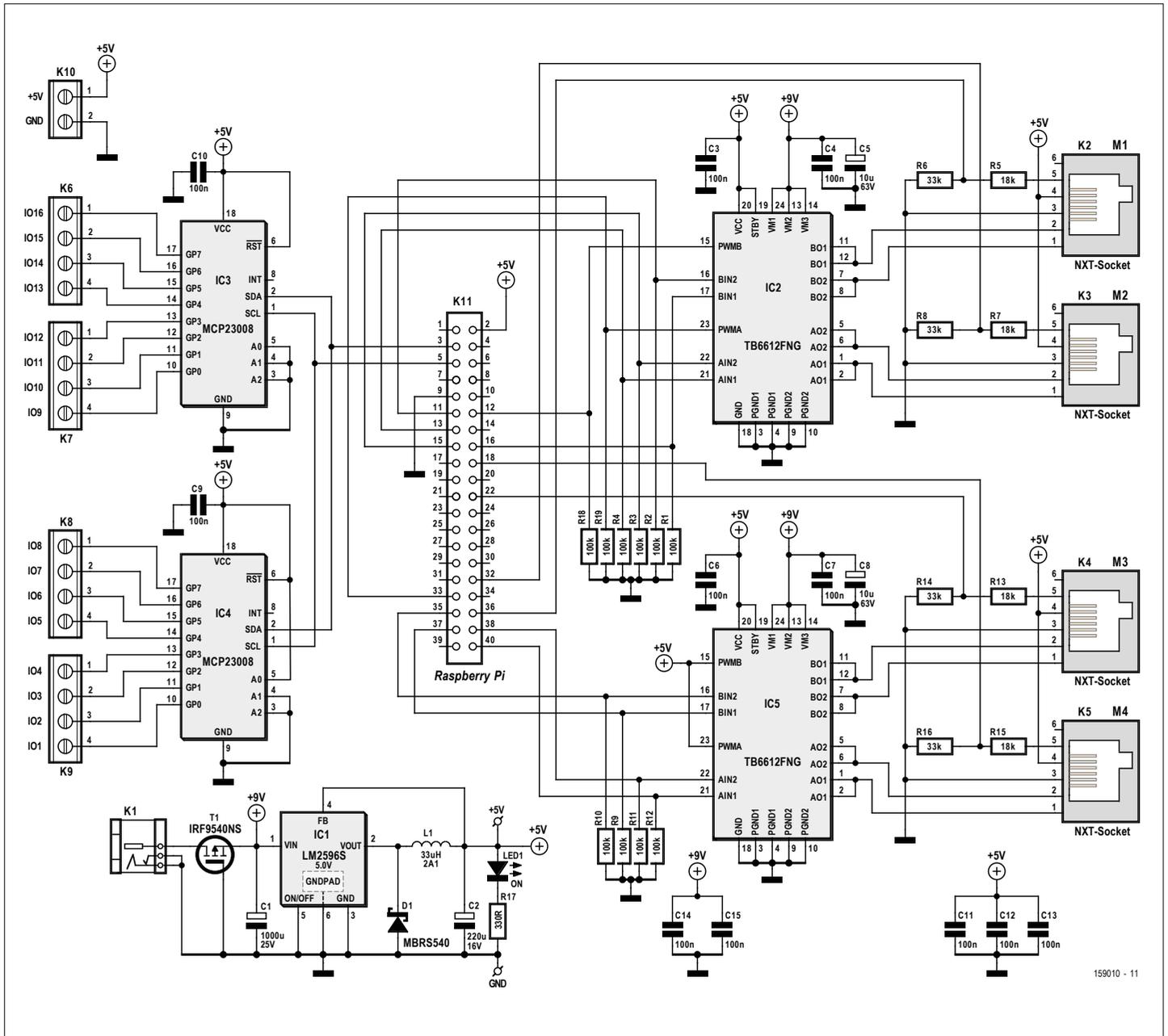
- Offenes System, zusammen mit der leicht erlernbaren Sprache Python unzählige Möglichkeiten. Auch in C programmierbar.
- Anzahl der I/O-Leitungen sehr gut, mit I/O-Expandern fast beliebig ausbaubar.

LEGO: Minus

- Sensoren-Konnektivität: Ernst zu nehmende Roboter brauchen mindestens vier Ultraschall-Sensoren.
- Verarbeitung visueller Signale sowie andere Features, für die LEGO Sensoren nicht vorsieht.

Raspberry Pi: Minus

- Anschlussleitungen nicht kurzschlussicher, Kontakte mechanisch nur mäßig robust.
- Strombedarf vergleichsweise sehr hoch



159010 - 11

Bild 2. Auf dem Board befinden sich zwei Motortreiber-Bausteine, zwei I²C-I/O-Expander und ein Abwärts-Spannungsregler.

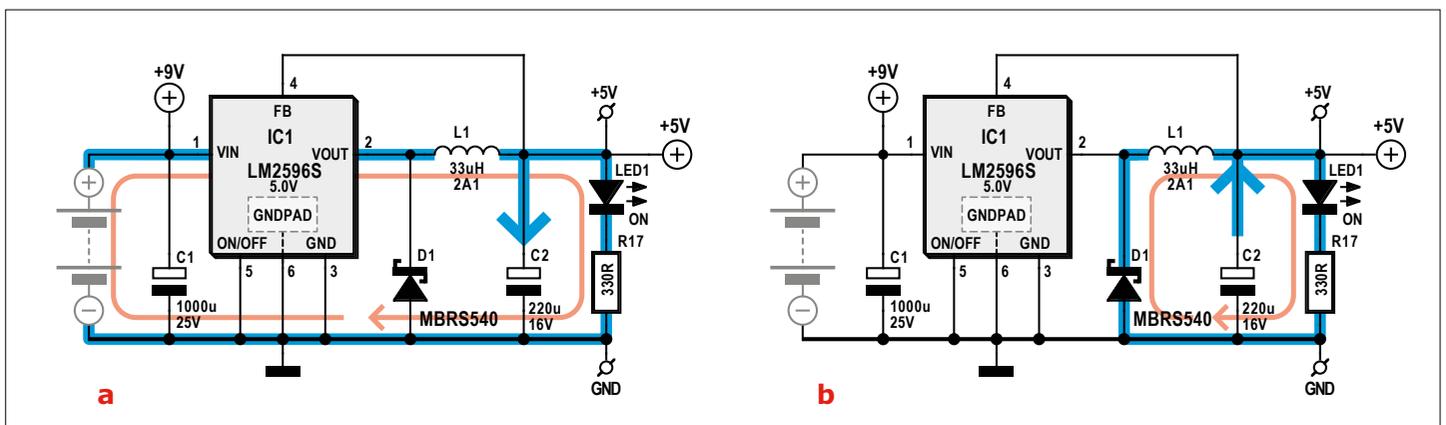


Bild 3. Prinzip des Abwärts-Spannungsreglers: a) Schwungrad wird angestoßen, b) Schwungrad läuft aus.

Konzept

Es war nicht unsere Absicht, den Controller EV3 von LEGO zu kopieren. Vielmehr hatten wir uns zum Ziel gesetzt, eine Brücke zwischen dem LEGO-System und dem Raspberry Pi zu schlagen. Die wichtigsten Stärken und Schwächen beider Systeme haben wir in **Tabelle 1** zusammengefasst. Wir hatten uns überlegt, dass das Control-Board folgende Eigenschaften haben soll:

- Vier Anschlüsse für LEGO-Motoren EV3 (LEGO 45502, 45503 oder kompatibel), vier Steuerungen sollen mit Tachosignalen arbeiten, zwei mit PWM,
- 16 gepufferte I/O-Leitungen, erweiterbar durch I²C,
- Energie sparende Stromversorgung für den Raspberry Pi mit Schaltwandler,
- Programmbibliothek für Python 2, die frei zugänglich ist,
- Durchschleifen der Kontaktleisten-Signale des Raspberry Pi, so dass Ergänzungen unkompliziert vorgenommen werden können.

Umsetzung

In **Bild 1** ist die Ansicht unseres LEGO-Control-Boards mit seinen Anschlüssen wiedergegeben, **Bild 2** zeigt die zugehörige Schaltung. Die wichtigsten Komponenten sind die beiden Motortreiber TB6612FNG von Toshiba und die beiden 8-bit-I/O-Expander MCP23008 mit High-speed-I²C-Schnittstelle und SPI-Interface von Microchip. Ein Motortreiber des Typs TB6612FNG kann zwei Motoren steuern, der Strom kann bis 1,2 A betragen.

Stromversorgung

Das Control-Board und der Raspberry Pi werden aus der gleichen Spannungsquelle versorgt. Am Control-Board liegt die Betriebsspannung 9 V, von dort gelangt sie auf 5 V herabgesetzt zum Raspberry Pi. Ein Netzteil 9 V/5 A oder ein ähnlich dimensionierter Akku liefern die nötige Energie. Damit beim Reduzieren der Spannung von 9 V auf 5 V möglichst wenig Energie verloren geht, kommt ein Abwärtsregler LM2596S-5.0V von Texas Instruments zum Einsatz. Dieser *Simple Switcher Power Converter* schaltet mit etwa 150 kHz, der Ausgangsstrom beträgt bis 3 A.

In **Bild 3** ist die Funktionsweise des Abwärtsreglers LM2596S-5.0V (IC1) skiz-

ziert: Die Schleife, bestehend aus Diode D1, Induktivität L1 und Kondensator C2, verhält sich elektrisch wie ein Schwungrad. Der Regler stößt das Schwungrad an, indem er Energie hineinpumpt. Weil der Kondensator über die Induktivität aufgeladen werden muss, kann das nicht abrupt geschehen. Bei diesem Vorgang baut die Induktivität ein elektromagnetisches Feld auf. Die Diode leitet noch nicht, der Strom fließt über den Regler. Wenn die Ausgangsspannung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, schaltet der Regler seinen Ausgang ab. Das Feld der Induktivität bricht zusammen, so dass die Spannung ihre Richtung wechselt und die Diode leitet. Jetzt fließt ein Strom über die Diode und die angeschlossene Last, der Kondensator entlädt sich. Über den Regler kann der Strom nicht fließen, denn dieser Weg ist unterbrochen. Sobald die Ausgangsspannung unter einen Grenzwert sinkt, schaltet der Regler wieder ein.

Der Abwärtsregler arbeitet nach dem Prinzip des schnellen elektronischen Schalters. Da die Übergänge zwischen den Schaltzuständen kurz sind, ist der Wirkungsgrad hoch. Bemerkbar ist dies daran, dass der LM2596S-5.0V nur sehr wenig Verlustwärme entwickelt. Der Wert von Kondensator C2 hat Einfluss auf das Schaltverhalten, hier und auch für C1 sind ausschließlich Low-ESR-Typen geeignet.

I/O

IC3 und IC4, zwei I/O-Expander vom Typ MCP23008, werden über I²C gesteuert, die I/O-Leitungen des Raspberry Pi werden nicht verwendet. Das hat mehrere Vorteile:

Unsere I/O-Leitungen arbeiten mit 5 V, die I/O-Leitungen sind stärker belastbar als die Leitungen des Raspberry Pi, falls ein Missgeschick auftritt, bleibt der Schaden auf einen Expander-Chip begrenzt.

Der maximale Strom, den eine einzelne I/O-Leitung des MCP23008 liefern kann, beträgt 25 mA, der Gesamtstrom eines Exemplars darf 125 mA nicht übersteigen. Die maximale Verlustleistung gibt der Hersteller mit 700 mW an. Wenn hohe Ströme fließen müssen, können sie auf zwei ICs verteilt werden.

Da die Kontaktleiste des Raspberry Pi bis zum Control-Board geführt ist, können dort weitere I²C-Komponenten angebunden werden. Mit den vom Control-Board verwendeten Adressen 0x20

und 0x21 darf kein Adressenkonflikt auftreten. Ergänzt werden kann das Board durch weitere I/O-Expander, D/A- oder A/D-Wandler, oder ähnliches mehr.

Motoren

In den Motortreiber-Bausteinen TB6612FNG von Toshiba (IC2 und IC3) befinden sich jeweils zwei Leistungsbrücken zum Steuern von insgesamt vier Motoren. Die LEGO-Motoren nehmen näherungsweise folgende Ströme auf:

	EV3 klein	EV3 groß
Freilauf	85 mA	80 mA
Normale Last	500 mA	1000 mA
Blockiert	780 mA	1800 mA

Motoren des Typs EV3 dürfen nur kurzzeitig blockiert werden, anderenfalls werden sie von den eingebauten Sicherungen abgeschaltet. Trotzdem müssen Blockierungen vermieden werden, denn falls die Sicherung versagt, kann der Motor verbrennen. Der Motortreiber TB6612FNG liefert in jedem der beiden Zweige Ströme bis 1,2 A, der Spitzenstrom beträgt 3 A.

Platine

Die Platine, die wir für unser LEGO-Control-Board entworfen haben, ist in **Bild 4** wiedergegeben. Die Abmessungen und Anschlüsse sind so gewählt, dass das Board unmittelbar auf einen Raspberry Pi der Modellversion 2 oder 3 passt (mit 40-poligem Steckverbinder). Weil die Platine größtenteils mit SMD-Bauelementen bestückt werden muss, hat der Elektor-Shop die gebrauchsfertig bestückte Platine in sein Angebot aufgenommen. Das Platinenlayout kann wie immer von der Projektseite [1] heruntergeladen werden. Die 40-polige Kontaktleiste K11 muss auf der Unterseite der Platine montiert werden. Die vier NXT-Buchsen der Motoren-Anschlüsse gehören nicht zu den alltäglichen Standard-Bauteilen, Bezugsquellen lassen sich jedoch im Internet finden.

Die „Useless Box“

Der nutzlose Kasten ist ein Behältnis, auf dem ein simpler Schalter montiert ist. Wenn ein neugieriger Zeitgenosse den Schalter bedient, kommt aus der Box ein stilisierter Finger zum Vorschein, der den Schalter zurückstellt. Das Innenleben unseres Demo-Projekts wollen wir

Stückliste

Widerstände:

R1,R2,R3,R4,R9,R10,R11,R12,R18,
R19 = 100 k, 1 %/100 mW, SMD 0603
R5,R7,R13,R15 = 18 k, 1 %/100 mW,
SMD 0603
R6,R8,R14,R16 = 33 k, 1 %/100 mW,
SMD 0603
R17 = 330 Ω, 100 mW, SMD 0603

Kondensatoren:

C1 = 1000 µ/25 V Elko, d = 12,5 mm,
h = 13,5 mm, ELPP-CP-125-135
C2 = 220 µ/16 V Elko, d = 6 mm,
h = 7,7 mm, ELPP-CP-063-066
C3,C4,C6,C7,C9,C10,C11,C12,C13,C14,
C15 = 100 n/16 V, 10 %/X7R, SMD 0603
C5,C8 = 10 µ/63 V, SMD D

Induktivität:

L1 = 33 µH, 2,1 A (z.B. Coilcraft DO3316)

Halbleiter:

D1 = MBRS540, 40 V/5 A, ELPP-DO-214AB

LED1 = LED rot, SMD 1206
T1 = IRF9540NSPBF, p-Kanal MOSFET,
D2-PAK
IC1 = LM2596S-5.0, DC/DC Schaltregler,
TO-263-5
IC2,IC5 = TB6612, Motortreiber, 24-SSOP
(Digkey TB6612FNGC8ELCT-ND)
IC3,IC4 = MCP23008-E/SO, I/O-Expander,
SOIC-18

Außerdem:

K1 = Stromversorgungsbuchse mit Mittelstift
1,95 mm, 12 V/3 A
K2,K3,K4,K5 = NXT-Fassung
K6,K7,K8,K9 = Kabelschraubklemme 4-polig,
RM 3,81 mm
K10 = Kabelschraubklemme 2-polig,
RM 3,81 mm
K11 = GPIO-Stiftkontaktleiste 2 · 20-polig,
extra hoch
Platine 159010-1

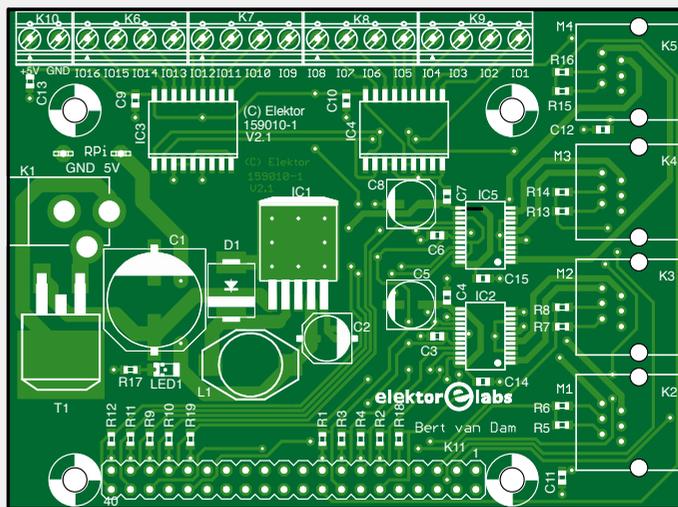


Bild 4. Platinenlayout für das LEGO-Control-Board. Die 40-polige Kontaktleiste K11 wird auf der Unterseite montiert.

Was brauchen Sie?

- Die SD-Speicherkarte aus dem Buch „Raspberry Pi – 45 Experimente mit Hard- und Software für Elektroniker“,
- die kostenfreie, zu diesem Beitrag gehörende Software (Bibliothek und Quellcode des Demoprojekts),
- einen LEGO-Motor 45502 („großer“ Motor) mit Anschlusskabeln und Kleinmaterial (zum Beispiel aus dem Baukasten LEGO Mindstorms EV3),
- einen Raspberry Pi, Modell 2 oder 3,
- das LEGO-Control-Board,
- zwei Widerstände, 1 k und 10 k, 0,25 W,
- einen kleinen, leicht bedienbaren Schalter (siehe Bild 4).

Mechanik

Wie unser Modell in noch nicht montiertem und in montiertem Zustand aussieht, ist aus **Bild 5** ersichtlich. Bewegung bringt ein „großer“ LEGO-Motor in unsere Box, die Typennummer lautet 45502. Der Motor ist Bestandteil des Baukasten LEGO Mindstorms EV3 sowie weiterer LEGO-Produkte. Der Kontakt des Schalters auf der Box wird, wie in **Bild 6** gezeigt, zusammen mit zwei Widerständen an I/O-Leitung 16 angeschlossen. Der 1-k-Widerstand dient zum Schutz, falls die I/O-Leitung versehentlich als Ausgang mit dem Signalzustand Low programmiert wird. Das Foto in **Bild 7** zeigt das aufgebaute und verkabelte Modell, auch hier ohne die umhüllende Box. Der schon erwähnte Videoclip demonstriert, wie der motorisierte Finger (rechts im Bild) konstruiert wird. Der Schalter muss so am Modell montiert werden, dass ihn der schwarze Hebel in seine Ausgangsstellung zurückbewegen kann.

Software

Das Programm, das den nutzlosen Kasten steuert, ist überraschend unkompliziert.

hier betrachten, die äußere Gestaltung bleibt Ihrer individuellen Phantasie überlassen. Im Download unseres Projekts ist

ein kurzer Videoclip enthalten, der jedoch ebenso wie die Fotos nur die mechanischen Details ohne umhüllende Box zeigt.

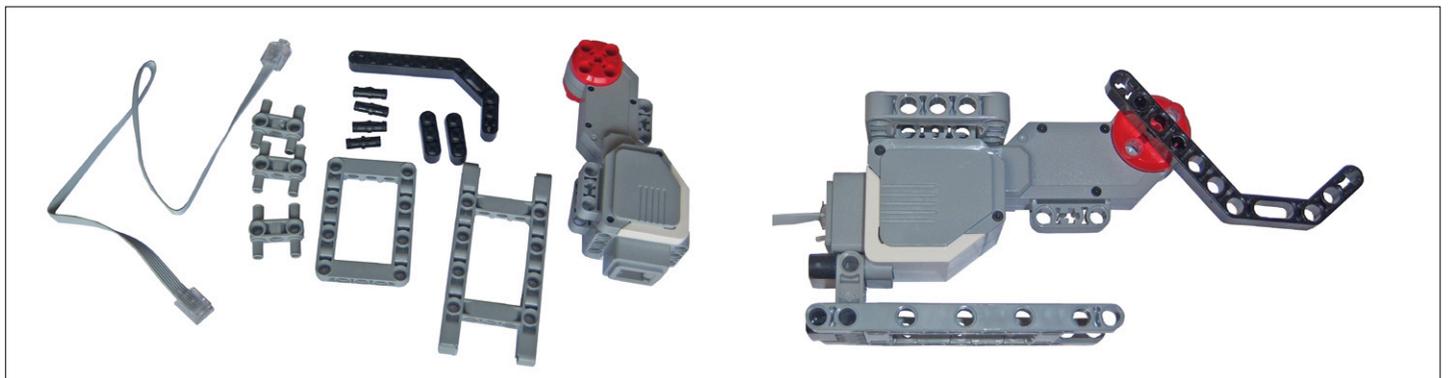


Bild 5. Einzelteile und aufgebautes Modell des „motorisierten Fingers“.

ziert. Vorausgeschickt sei, dass unsere Bibliothek `rpirobot.lib` für Programme bestimmt ist, die in der Sprache Python 2 geschrieben sind. Weitere Informationen zum Umgang mit der Bibliothek sind im Download enthalten, der auf der Projektseite [1] bereitsteht.

Zuerst wird die Bibliothek `rpirobot.lib` geladen und mit dem Kommando `execfile` ausgeführt. Die Bibliothek konfiguriert die Motorsteuerungen auf dem Control-Board, außerdem werden die PWM-Threads gestartet. Damit der Schalterzustand abgefragt werden kann, wird I/O-Leitung 16 des Control-Boards als Eingang konfiguriert.

```
execfile('rpirobot.lib')
```

```
# Switch on io 16, input
iodir(16,1)
```

```
print "Useless Box Program
running "
```

Das Programm beginnt mit einem *Try-Except*-Konstrukt (**Listing 1a**), es wartet, bis der Betrachter den Schalter betätigt oder aber das Programm mit Ctrl-C abbricht. Nachdem der Schalter gestellt ist, wartet das Programm noch etwa eine halbe Sekunde, so dass der Betrachter den Finger aus dem Aktionsbereich nehmen kann. Danach wird der LEGO-Finger vom Motor mit PWM 60 angetrieben, was 60 % der maximalen Geschwindigkeit entspricht. Wegen der auszuführenden PWM-Threads wird eine 1 µs lange Pause eingeschoben, in der nichts geschieht. Die Pause verzögert den Programmablauf nur unmerklich. Sobald der Schalter in seine ursprüngliche Stellung zurückgesprungen ist, wird der Motor gebremst und zum Stillstand gebracht.

Die nächste Aktion (**Listing 1b**) ist das Zurückfahren des LEGO-Fingers mit niedriger Geschwindigkeit (PWM 30, 30 % des Maximums). Jetzt wird am Ende der Bewegung kein Schalter betätigt, das Programm wertet deshalb das Tachosignal aus. Wenn 100 Impulse gezählt sind (28 % eines Vollkreises), stoppt der Motor. Der LEGO-Finger befindet sich dann etwa 1 cm über dem Boden.

Das nächste *Except*-Konstrukt (**Listing 1c**) fängt Fehlerzustände und den Abbruch durch den Betrachter ab (Ctrl-C).

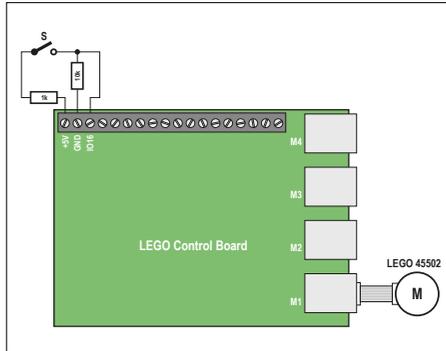


Bild 6. Der Schaltkontakt wird zusammen mit zwei Widerständen an einer I/O-Leitung angeschlossen.

Das Programm leitet das Abbruch-Kommando an die Raspberry-Pi-Bibliothek weiter und beendet sich dann selbst. Ohne dieses Konstrukt würde die Bibliothek in Funktion bleiben, was jedoch zu Komplikationen führen könnte.

Schritt für Schritt

- Bringen Sie den LEGO-Finger in die Ausgangsstellung, so dass der Abstand zum Schalter möglichst weit ist (zum Beispiel in Bodennähe).
- Starten Sie den Raspberry Pi und warten Sie, bis die Startphase beendet ist.
- Kopieren Sie aus dem Download den Ordner *Test* auf den Raspberry Pi, beispielsweise mit dem Tool WinSCP.
- Wechseln Sie mit `cd test` in den Ordner *Test*.
- Geben Sie das Kommando `python uselessbox.py`.
- Warten Sie, bis die Meldung *Useless Box Program running* auf dem Raspberry Pi erscheint und betätigen Sie den Schalter (danach Finger weg!).
- Der LEGO-Finger schaltet den Schalter wieder aus.
- Wiederholen Sie den drittletzten Schritt nach Belieben und beenden Sie dann das Programm mit Ctrl-C.

Das Beispiel des „nutzlosen Kastens“ ist nur eine kleine, nicht ganz ernst gemeinte Demonstration. Unser LEGO-Control-Board ist mit den vier Motorsteuerungen und 16 I/O-Leitungen in der Lage, wesentlich mehr zu leisten. ◀

(150597)gd

Weblink

[1] www.elektormagazine.de/150597

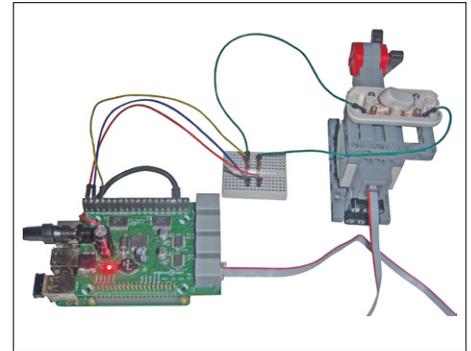


Bild 7. Das aufgebaute und verkabelte Modell.

Listing 1a.

```
try:
    while 1:
        # wait for the user
        # to push switch on
        if ioread(16):
            # push switch off
            time.sleep(0.5)
            reverse(1)
            pwm(1,60)
            while ioread(16):
                time.sleep(0.000001)
            brake(1)
```

Listing 1b.

```
# retract lever
forward(1)
pwm(1,30)
counter1=0
lastpin1=tacho(1)
while counter1<100:
    time.sleep(0.000001)
    if tacho(1)!=lastpin1:
        counter1+=1
        lastpin1=tacho(1)
# float motor
float(1)
```

Listing 1c.

```
except:
    # user aborts program with
    Ctrl-C
    print "Program aborting"
    abort()
    print "Done"
```

Walabot – ein 3D-Sensor für das Smartphone

Schaut auch durch die Wand!

Von **Naftali Chayat**, Vayyar Imaging Ltd. (Israel)

Stellen Sie sich einen Sensor vor, der 3D-Bilder seiner Umgebung macht, der unter Oberflächen sehen und minutenlangen Bewegungen folgen kann. Für Walabot ist das kein Problem – und das Gerät ist nicht größer als ein Handy.

Noch besser ist, dass man Walabot an ein Mobiltelefon befestigen und diese Anordnung als mobiles Überwachungsgerät nutzen kann. Walabot verwendet Radar, um seine Umgebung abzutasten, was durch die Luft genau so gut wie durch ein festes Material wie Gipskartonplatten gelingt. Wir wollen die Fähigkeiten des Sensors an zwei „Gestensteuerungen“ demonstrieren: einem „Luftklavier“ und einem „Seitenumblätterer“. Aber zuerst etwas zur Funktionsweise des Sensors.

Der Walabot-Sensor

Walabot gibt es als bloße Platine oder in ein Gehäuse eingebaut. Alles, was Sie brauchen, um den Sensor in Ihr Projekt einzubinden, ist ein USB-Kabel zu einem Host-Gerät, einem PC, einem Telefon oder einem Tablet (**Bild 1**).

Walabot basiert auf dem mehrkanaligen Funk-Transceiver-Chip VYYR2401, der von Vayyar Imaging entwickelt wurde. Der Chip ist mit einem Antennenarray (**Bild 2**) verbunden, das den Bereich vor der Platine „beleuchtet“ und die reflektierten HF-Wellen aufammelt. Die Informationen werden dem Hostgerät über einen USB-Controller übergeben. Ein Software-Treiber sammelt und verarbeitet anschließend die Bilddaten.

Der VYYR2401-Chip scannt sehr rasch durch den Frequenzbereich, so dass bestimmte Frequenzen nicht gestört werden. Dabei wird nur eine sehr geringe Leistung freigesetzt, unterhalb von 0,1 mW. Der Frequenzbereich liegt bei 3,3...10,3 GHz für die USA und bei 6,3...8,3 GHz für Europa. Durch eine Fourier-Analyse wird das empfangene Frequenzsignal in die Zeitdomäne umgewandelt: Je größer die Verzögerung, desto weiter ist das Objekt entfernt.

Die Treibersoftware erzeugt aus den Informationen das **Bild 3**. Für jedes Antennenpaar kann der Abstand zum fraglichen Objekt berechnet werden. Durch Ausrichtung und Kombinieren der gesendeten und empfangenen Signale in der Zeit kann die Position jedes Objekts genau abgeschätzt werden.

Die Programmier-API von Walabot ermöglicht es, Daten über die Umgebung in einer Vielzahl von Formaten zu verarbeiten, als 3D-Karte, Entfernungs-Azimut-Karte oder als Koordinaten des erfassten Objekts. Die API unterstützt drei Hauptbetriebs-

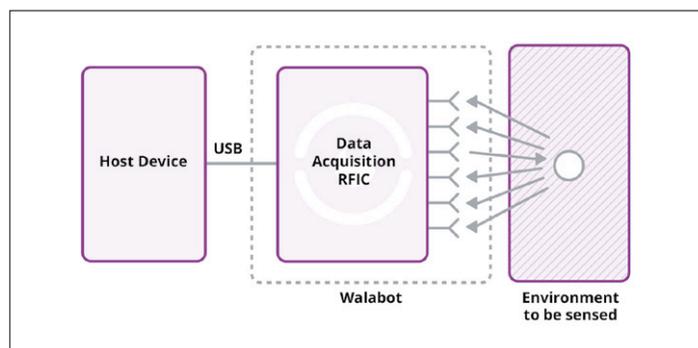
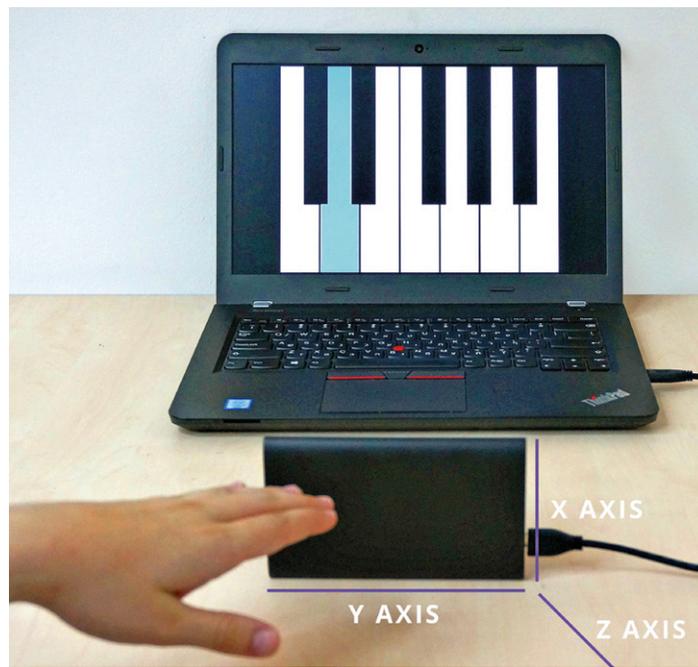


Bild 1. Wie Walabot funktioniert.

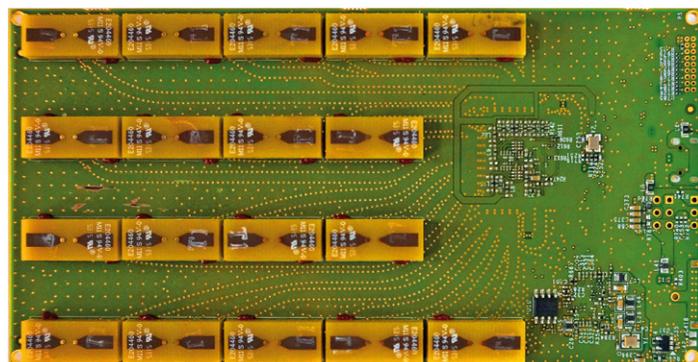


Bild 2. Walabot überblickt mit seinem Antennenarray seine Umgebung.

arten: die Erkennung in kurzer Reichweite (etwa ein Rohr in der Wand), einen normalen Sensormodus (erkennt zum Beispiel eine Person in einem Raum) und einen Rohdaten-Modus, in dem Sie die Daten nach Ihrem Gusto verwenden können. Ein MTI-Filter (Moving Target Indikator) eliminiert statische, unbewegte Objekte, so dass Sie und Ihre Software sich auf Veränderungen durch bewegte Objekte konzentrieren können. In den Beispielen verwenden wir den normalen Modus mit kartesischem Koordinatenausgang, um die Position der Hand des Nutzers zu erfassen und die entsprechenden Signale mit dem Computer zu verarbeiten. Die Software-API nimmt dem Programmierer die lästige Pflicht der ganzen mathematischen Winkelzüge ab, die zur Extraktion der Bilder notwendig sind. Die API erlaubt es dem Programmierer, sich voll auf die Anwendung, auf die Erfassung der Objektposition und auf bewegte Objekte zu konzentrieren.

Beispiel 1: Das Luftklavier

Eine Luftgitarre kennt man ja, aber wie funktioniert ein Luftklavier? Zuerst muss man eine Gebärdensprache definieren und sie mit den Koordinaten des Walabot verbinden. Wenn Walabot wie im Aufmacherbild ausgerichtet ist, bezieht sich die X-Koordinate auf „Up-down“-Bewegungen (Anschlag der Klaviertaste), die Y-Koordinate auf „Right-left“-Bewegungen (also welche Taste angeschlagen wird). Z bezieht sich auf „In-out“-Bewegungen. Beachten Sie, dass Walabot wie im Video gezeigt auf seiner langen Seite steht, mit dem Kabel auf der rechten Seite. Sonst spielen Sie das Klavier, als ob es auf dem Kopf stehen würde. Durch wiederholten Aufruf des Scansvorgangs wird die X-Y-Z-Position der Hand ermittelt. Dann wollen wir dem Pianisten ein visuelles Feedback zur Verfügung stellen, damit er sieht, auf welcher Taste er sich befindet (der Y-Z-Parameter) und ob er eine Taste anschlägt (der X-Parameter). Dann natürlich wollen wir einen Ton spielen, wenn eine Taste gedrückt wird!

Hier ist der Pseudocode:

Initialisieren des Walabot

Schleife

- Messen X, Y, Z
- Y-Z in eine Position übersetzen, die auf einem Bildschirm angezeigt werden kann (als Feedback)
- - Wenn sich die Position innerhalb des Bildschirms befindet, Cursor anzeigen
- - Wenn die Position nah genug an einer Taste ist, Taste markieren
- - - Wenn X unterhalb der Schwelle ist (Hand niedrig genug)
- - - - Grafik der gedrückten Taste darstellen
- - - - einen Ton spielen

Ende der Schleife

Walabot beenden

Der Beispielcode und ein Video zur Demonstration des Luftklaviers sind bei [1] zu finden.

Beispiel 2: Umblättern

Ein weiteres Beispiel für eine Handgesten-Schnittstelle ist das Umblättern durch Handwischen vor dem Walabot, nach links oder nach rechts. In diesem Fall spielt nur die Abfolge der Y-Koordinaten eine Rolle, um zu bestimmen, ob sich die Hand

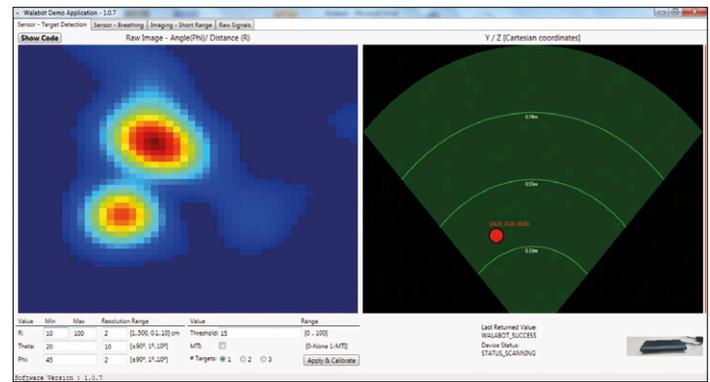


Bild 3. Der Treiber interpretiert und zeigt die Daten an.

nach links oder rechts bewegt.

Der Pseudocode lautet:

Initialisieren des Walabot

Schleife

- Messen X, Y, Z
 - (ausführen, um die Bewegung und deren Richtung zu erkennen)
 - Wenn ein linkes Wischen erkannt wird, „Seite-zurück“-Taste darstellen
 - Wenn ein rechtes Wischen erkannt wird, „Seite-vor“-Taste darstellen
- Ende der Schleife
- Walabot beenden

Den Beispielcode und ein Video, in dem Seiten umgeblättert werden, finden Sie bei [2].

Außer man tut es...

Der Walabot-Sensor eröffnet eine unendliche Vielfalt von Anwendungen – er kann Ihren Roboter verbessern, damit er Kollisionen vermeidet, er kann Ihren Schlaf überwachen und Sie bei Apnoe wecken, er kann ein Rohr in der Wand erkennen, so dass Sie nicht hineinbohren. Schauen Sie sich Videos dieser Anwendungen in [3] an! Sicher haben Sie noch mehr Ideen! Walabot ist in verschiedenen Versionen erhältlich [4]. Für die hier beschriebenen Projekte benötigen Sie die „Maker“- oder die „Pro“-Ausführung. Achten Sie auch darauf, dass das Modell funktechnisch für Ihren Standort zugelassen ist. Die API-Beschreibung ist auf [5] zu finden, Beispiele für eine Vielzahl von Anwendungen einschließlich der Codebeispiele findet man unter [6]. ◀

(160033)

Weblinks

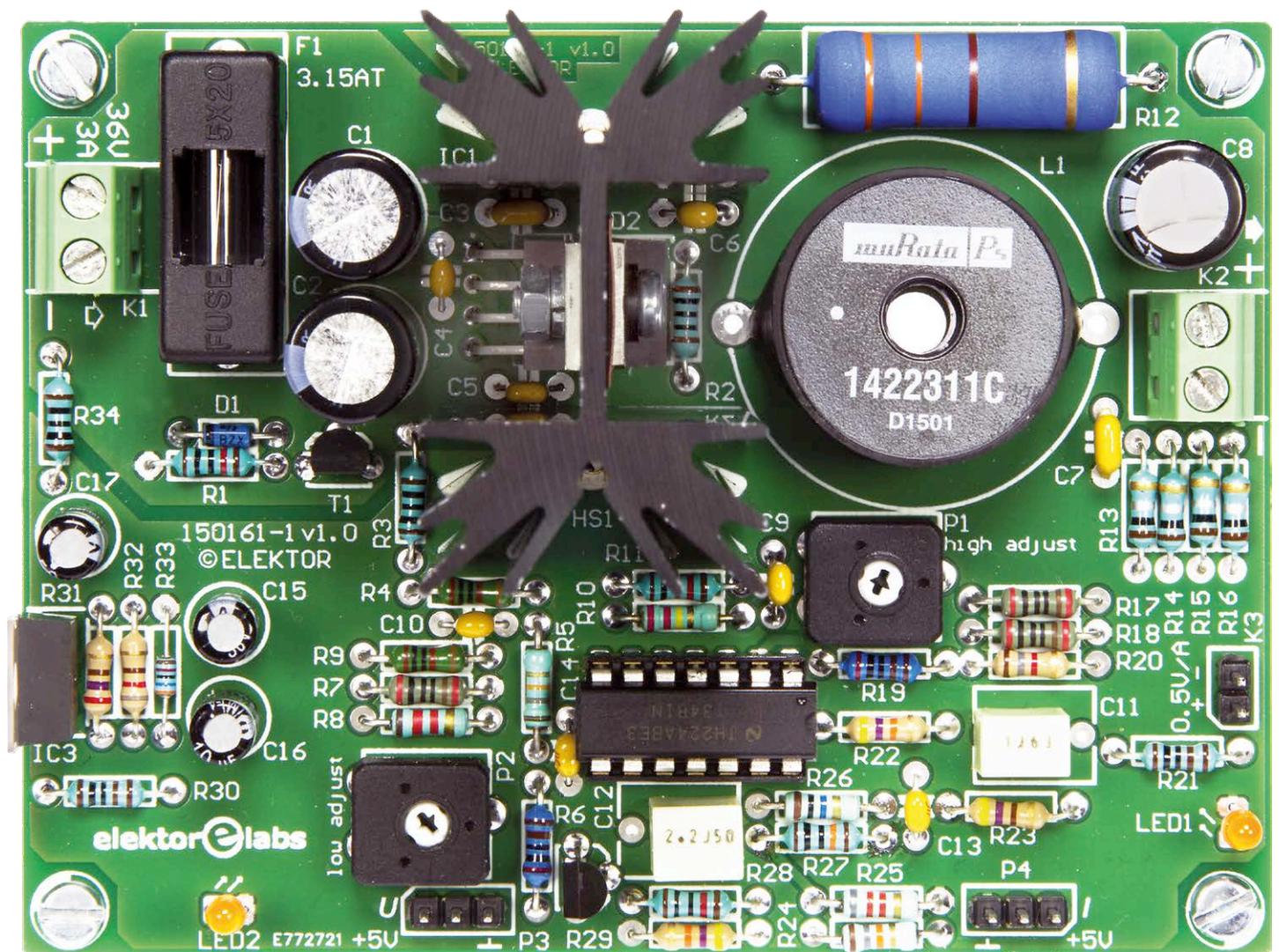
- [1] www.walabot.com/applications/projects/piano
- [2] www.walabot.com/applications/projects/pageflipper
- [3] www.youtube.com/channel/UCULgO9fDk3jFHDvVWKAcdJg
- [4] www.walabot.com
- [5] <http://api.walabot.com>
- [6] www.walabot.com/applications/projects

UniLab 2

Geschaltetes Labornetzteil 0...30 V/3 A

Von **Ton Giesberts** (Elektor-Labor)

Geräte für die Stromversorgung gehören seit Jahrzehnten zu den beliebtesten Selbstbauprojekten. Elektor hat dem Rechnung getragen und seit Beginn seines Bestehens Dutzende Labornetzteile aller Größen und Schattierungen veröffentlicht. Auf viel Interesse stieß im Jahr 2010 das UniLab, schon damals ein ausgereifter und nachbausicherer Entwurf. Doch nach über sechs Jahren schien es an der Zeit, einen Nachfolger zu kreieren: Das UniLab 2!



Eigenschaften

- Ausgangsspannung: 0...30 V
- Ausgangsstrom: 3 A (Spannungsbegrenzung bei 3,2 A)
- Spannungsänderung im Lastbereich 0...3 A: 0,17 V
- Schaltfrequenz: 260 kHz
- Welligkeit (260 kHz): 120 mV_{tt}
- Nominale Eingangsspannung: 36...38 V
- Abriegeln des Ausgangs bei $U_{in} < 34,2$ V
- Wirkungsgrad bei 30 V/3 A: 93 %
- Wirkungsgrad bei 5 V/3,1 A: 80 %
- Kompakte Platine, keine SMDs

Das erste UniLab, das wir im April 2010 vorstellten [1], war ein Labornetzteil mit den Eckdaten 30 V und 3 A, bei den Elektorn-Lesern erfreute es sich hoher Beliebtheit. Im Oktober gleichen Jahres erschien ein zweiter Beitrag [2], er beschrieb, wie mit zwei UniLabs und einem speziellen Display ein Zweifachnetzteil realisiert werden konnte.

Das UniLab 2 darf als Weiterentwicklung unseres damaligen Highlights betrachtet werden. Ebenso wie bei seinem Vorgänger ist die Ausgangsspannung im Bereich 0...30 V variabel, und belastbar ist das UniLab 2 bis 3 A, mit Abstrichen auch bis 5 A. Der Abwärtsregler LM2576T-ADJ der ersten Version wurde jedoch gegen den Typ LM2677-ADJ getauscht, insbesondere weil dieser Regler mit der höheren Frequenz 260 kHz statt 52 kHz schaltet. Die höhere Schaltfrequenz bedeutet, dass das Filter am Ausgang kompakter dimensioniert sein kann. Wie das Funktionsschema in **Bild 1** zeigt, unterscheidet sich auch das Innenleben beider Typen erheblich voneinander.

Die Schaltung

Das Grundkonzept des UniLab 2 stimmt mit dem ursprünglichen Entwurf überein. Auch diesmal ist ein Schaltregler im Einsatz, nicht nur um die Abmessungen klein zu halten, sondern insbesondere wegen des hohen Wirkungsgrads. Verglichen mit einer analogen Regelung wird erheblich weniger Leistung in Verlustwärme umgesetzt, so dass die Kühlung ungleich kleiner dimensioniert werden kann.

Zu der im Datenblatt des LM2677-ADJ vorgeschlagenen Anwendung (**Bild 2**) gehören nur wenige Bauelemente: Eine Diode, eine Induktivität, einige Kondensatoren sowie zwei Widerstände, die die Ausgangsspannung bestimmen. Ein gewichtiger Nachteil dieses Schaltungsvorschlags ist die untere Grenze 1,21 V der Ausgangsspannung, dies ist die interne Referenzspannung. Das Problem, das bereits beim ersten UniLab auftrat, war dort mit einer negativen Hilfsspannung gelöst worden. Diesmal haben wir einen anderen Weg beschritten, er soll nachfolgend erläutert werden.

Zentrales Bauteil der Schaltung in **Bild 3** ist Abwärtsschaltregler IC1, der LM2677-ADJ, mit der Speicherinduktivität L1 und der Rücklaufdiode D2. Opamp IC2B sorgt dafür, dass der Ausgangsspannungsbereich bei 0 V beginnt, doch dazu später mehr. Über die Shunt-Widerstände

R13...R16 am negativen Pol des Ausgangs wird der Ausgangsstrom gemessen. IC2A verstärkt den Spannungsabfall, er wird anschließend von IC2D mit der an P4 eingestellten Spannung verglichen. Die Stellung dieses Potis ist ein Maß für den maximalen Ausgangsstrom. Übersteigt der gemessene Ausgangsstrom die gewählte Grenze, setzt IC2D über T2 die Ausgangsspannung herab, indem die an P3 eingestellte Spannung reduziert wird. IC2, ein LM6134, ist ein schneller Rail-to-rail In-out Opamp (10 MHz) mit dem Betriebsspannungsbereich 1,8...24 V. Der Opamp wird an der separaten Spannung 5 V betrieben, die IC3, ein LM317 bereitstellt. Die Spannung 5 V ist gleichzeitig die Referenzspannung für die Potis P3 und P4. Eventuelle Störungen auf der Eingangsspannung werden von R34 und

C17 gedämpft. Das Spannungsgefälle zwischen Eingang und Ausgang des LM317 darf bis 40 V betragen, so dass Probleme bei der Eingangsspannung 36 V nicht zu erwarten sind. LED2 dient lediglich als visuelle Einschaltkontrolle.

Unerwünschten Effekten beim Abschalten des Netzteils beugt die Kombination D1, T1 und R1 vor, indem sie Abwärtsregler IC1 abschaltet, sobald die Eingangsspannung unter etwa 34 V sinkt. Wenn die Gate-Source-Spannung des p-Kanal JFET T1 gering ist oder 0 V beträgt, leitet der JFET, und IC1 wird über seinen ON/OFF-Eingang abgeschaltet. An diesem Eingang liegt intern eine Pullup-Stromquelle, der Strom beträgt 20 µA. Bei Eingangsspannungen ab 30 V fließt über Zenerdiode D1 Strom. Nimmt die Eingangsspannung weiter zu, dann steigt

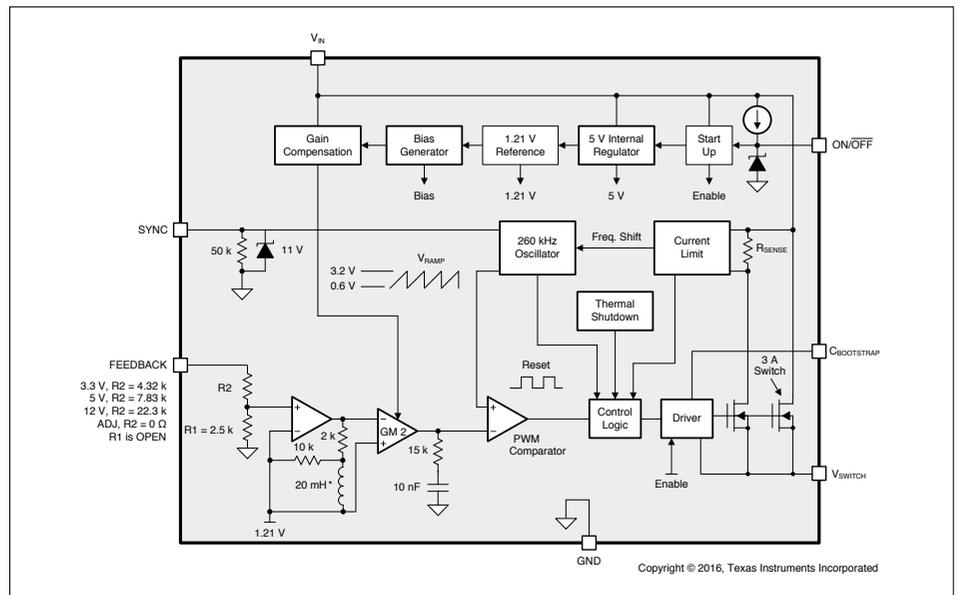


Bild 1. Funktionsschema des Schaltreglers LM2677 aus der Familie „Simple Switcher“ von Texas Instruments (Quelle: TI).

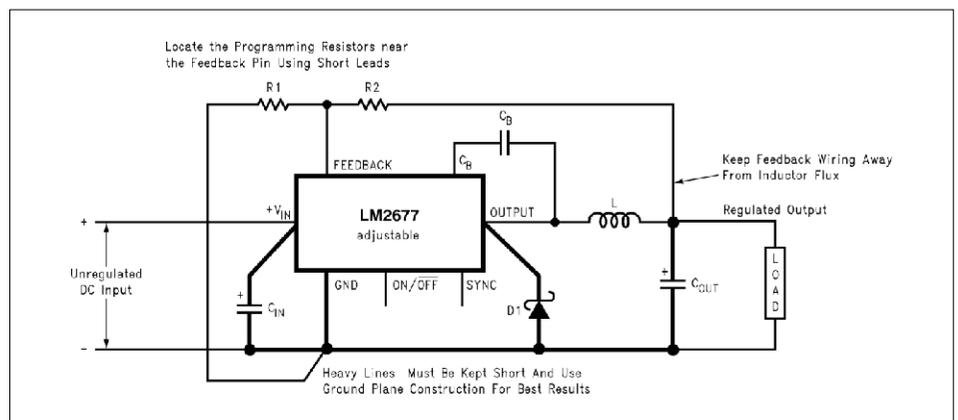


Bild 2. Die im Datenblatt vorgeschlagene Applikation besteht aus nur wenigen Bauelementen, die Ausgangsspannung hängt von R1 und R2 ab (Quelle: TI).

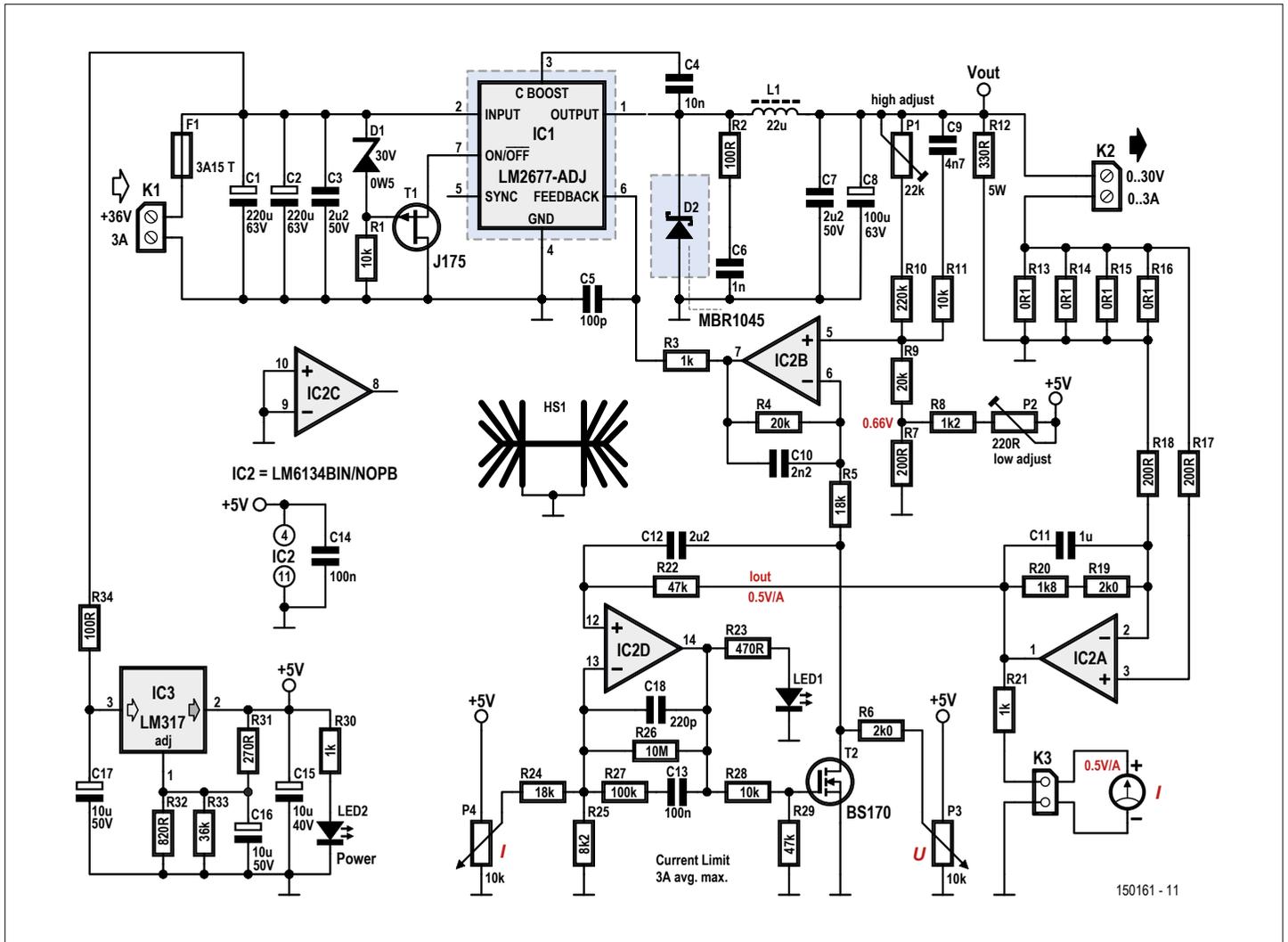


Bild 3. Schaltung des neuen UniLab 2. Die durchdachte Rückkopplung macht eine negative Hilfsspannung für Ausgangsspannungen nahe 0 V entbehrlich.

3 oder 5 Ampère?

Weshalb haben wir den Strom des UniLab 2 auf 3 A festgelegt, obwohl der Abwärtsregler LM2677 bis 5 A verträgt? Beim Testen eines frühen Prototypen trat eine Erscheinung auf, die den Grund liefert: Wenn am Ausgang eine pulsierende Last angeschlossen war und die Lastfrequenz der Resonanzfrequenz des Ausgangsfilters nahe kam ($L1, C7, C8 / f \approx 3,36 \text{ kHz}$), floss ein impulsförmiger Strom durch die Induktivität, der etwa 150 % des impulsförmigen Laststroms betrug. Bei 3 A hohen Lastimpulsen haben wir fast 5 A hohe Stromimpulse am Regler gemessen. Um zu verhindern, dass in einem solchen Fall die interne Strombegrenzung des LM2677 einsetzt und die Spannung abwärtsregelt, haben wir den maximalen Ausgangsstrom auf 3 A begrenzt. Wenn das UniLab 2 trotzdem 5 A liefern soll, müssen R24 ebenso wie R25 den Wert 10 k Ω erhalten. Nur von diesen Widerständen hängt der maximale Strom ab. Außerdem muss Sicherung F1 gegen ein Exemplar des Typs 5 AT getauscht werden. So modifiziert ist bei hohen, pulsformigen Lasten am UniLab 2 Vorsicht geboten. Die Ausgangsspannung kann zu Instabilitäten neigen oder plötzlich abfallen.

durch den höheren Spannungsabfall an R1 auch die Gate-Source-Spannung von T1. Wenn die Spannung einen genügend hohen Wert erreicht hat (etwa 3...6 V), sperrt JFET T1, so dass Abwärtsregler IC1 in den aktiven Betrieb übergeht.

Der signifikanteste Unterschied verglichen mit der ersten Version des UniLab ist die Rückkopplung vom Netzteil Ausgang zum Abwärtsregler IC1. Damit die Ausgangsspannung bis hinunter zum Wert 0 V variiert werden kann, muss die Spannung am Eingang „Feedback“ von IC1 nahe der internen Referenzspannung 1,21 V einstellbar sein. Das geschieht hier mithilfe der DC-Verstärkerstufe IC2B. Die Kombination aus Abwärtsregler IC1 und Opamp IC2B kann als „Power-Opamp“ betrachtet werden, wobei die Anschlüsse 6 und 5 von IC2B der positive und der negative Opamp-Eingang sind. Die mit P3 eingestellte Spannung, die zwischen 0 V und 5 V liegen kann, gelangt zum invertierenden Eingang von IC2B. Dies ist folglich der positive Eingang des „Power-Opamp“. Die Ausgangsspannung von IC1 (hinter L1) wird über einen Spannungsteiler zum nicht invertierenden Eingang von IC2B rückgeführt. Die invertierende Verstärkung von IC2B beträgt -1, während das abgeschwächte Ausgangssignal am nicht invertierenden Eingang um den Faktor +2 verstärkt wird. Für die Dimensionierung des Spannungsteilers P1, R10, R9 bedeutet dies, dass bei der Ausgangsspannung 30 V die Spannung 2,5 V am nicht invertierenden Eingang von IC2B liegen muss. Folglich muss P1+R10 ungefähr 11·R9 sein.

Wie bereits angemerkt, muss die Feedback-Spannung knapp über 1,21 V liegen, damit die Spannung am Netzteil Ausgang ab 0 V einstellbar ist. Der Spannungsteiler P2, R8, R7 legt eine Spannung von ungefähr 0,66 V an den nicht invertierenden Eingang von IC2B, sie wird um den Faktor 2 auf die Referenzspannung 1,21 V verstärkt. Die Werte von P2, R8 und R7 sind verglichen mit R9 niederohmig, so dass Änderungen des Stroms durch R9 kaum Auswirkungen auf die Spannung an R7 haben. Die Spannung an R7 ist bei hohen Ausgangsspannungen vernachlässigbar. Daraus folgt, dass die Ausgangsspannung mit P2 auf 0 V und mit P1 auf die maximale Ausgangsspannung eingestellt werden kann.

Um die Kosten zu mindern, wurden als Shunt-Widerstand vier Widerstände 0,1 Ω (R13...R16) parallel geschaltet. Die Tole-

Stückliste

Widerstände:

(5 %/0,25 W, wenn nicht anders angegeben)

R1,R11,R28 = 10 k
R2,R34 = 100 Ω
R3,R21,R30 = 1 k
R4,R9 = 20 k, 1 %
R5,R24 = 18 k
R6,R19 = 2k0, 1 %
R7,R17,R18 = 200 Ω, 1 %
R8 = 1k2
R10 = 220 k
R12 = 330 Ω, 5 %/5 W
R13,R14,R15,R16 = 0,1 Ω, 5 %/0,5 W
R20 = 1k8
R22,R29 = 47 k
R23 = 470 Ω
R25 = 8k2
R26 = 10 M
R27 = 100 k
R31 = 270 Ω
R32 = 820 Ω
R33 = 36 k, 1 %
P1 = 22 k Trimpoti, liegend
P2 = 220 Ω Trimpoti, liegend
P3,P4 = 10 k Potentiometer, linear

Kondensatoren:

C1,C2 = 220 µ/63 V stehend, RM 5 mm, Ø 10 mm
C3,C7 = 2µ2/50 V, keramisch Y5V, RM 5,08 mm
C4 = 10 n/100 V, keramisch X7R, RM 5,08 mm
C5 = 100 p/100 V, keramisch C0G/NP0, RM 5,08 mm
C6 = 1 n/100 V, keramisch X7R, RM 5,08 mm
C8 = 100 µ/63 V stehend, RM 5 mm, Ø 10 mm
C9 = 4n7/50 V, keramisch X7R, RM 5,08 mm
C10 = 2n2/100 V, keramisch X7R, RM 5,08 mm
C11 = 1 µ/63 V, 5 %, MKT, RM 5/7,5 mm
C12 = 2µ2/50 V, 5 %, MKT, RM 5/7,5 mm
C13,C14 = 100 n/50 V, keramisch X7R, RM 5 mm

C15,C16,C17 = 10 µ/50 V stehend, RM 2 mm, Ø 5/6,3 mm
C18 = 220 p/200 V, keramisch C0G/NP0, RM 5,08 mm

Induktivität:

L1 = 22 µH, 15 %, 11 A, 0,014 Ω, RM 23,9/29,3 mm (z. B. Murata 1422311C)

Halbleiter:

D1 = BZX55C30, Zenerdiode 30 V/0,5 W
D2 = MBR1045, Schottky-Diode, TO-220AC
LED1,LED2 = LED grün, 3 mm
T1 = J175_D26Z, p-Kanal JFET, TO-92
T2 = BS170, MOSFET, TO-92
IC1 = LM2677T-ADJ, DC/DC einstellbar, TO-220-7
IC2 = LM6134BIN/NOPB, Quad-Opamp, MDIP-14
IC3 = LM317, Spannungsregler, TO-220-3

Außerdem:

K1,K2 = Kabelschraubklemme 2-polig, RM 5,08 mm
K3 = Stiftleiste 2-polig, RM 2,54 mm
P3,P4 = Stiftleiste 3-polig, RM 2,54 mm
F1 = Sicherungshalter für Platinenmontage, 20 · 5 mm/500 V mit Sicherung 3,15 AT und Abdeckung
HS1 = Kühlkörper für Platinenmontage, 2,6 °C/W, Abstand der Montagestifte 25,4 mm (z. B. Aavid 530002B02500G)
Isolier-Set für D2, bestehend aus Platte und Ring (z. B. Multicom MK3306/S)
Platine 150161-1

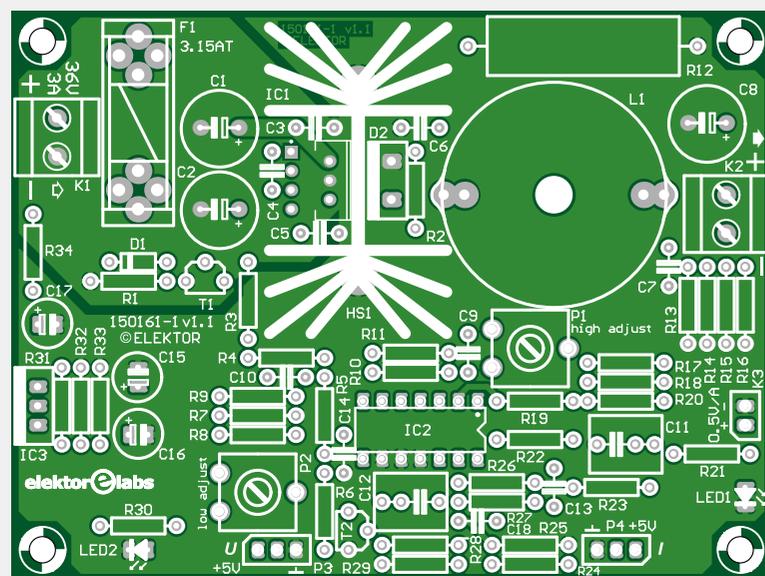


Bild 4. Die doppelseitige Platine ist klein und kompakt, bestückt wird sie ausschließlich mit bedrahteten Bauelementen.

ranz 5 % jedes Widerstands kann eine Abweichung der Ausgangsspannung um einige Prozent zur Folge haben. IC2A verstärkt die am Shunt abfallende Spannung um den Faktor 20. Der Aussteuerbereich des Opamp ist genügend weit, um Stromspitzen von wesentlich mehr als 3 A zu verarbeiten. Beim Ausgangsstrom 3 A beträgt die Spannung am Ausgang von IC2A erst 1,5 V.

IC2D vergleicht die mit P4 eingestellte Spannung zur Strombegrenzung mit der Ausgangsspannung von IC2A. Da der Strom auf 3 A begrenzt werden soll, setzt Spannungsteiler R24/R25 die höchste an P4 abgegriffene Spannung auf 1,5 V herab. Die Schaltung mit IC2D ist eine Kombination aus einer Verstärkerstufe mit hoher Verstärkung (abhängig von R26) und einem Komparator. Eine zu hohe Verstärkung kann eine instabile Stromregelung zur Folge haben. IC2D begrenzt bei zu hohem Strom über MOSFET T2 die Spannung, die mit P3 eingestellt ist. R6 verhindert, dass T2 die Spannung +5 V kurzschließt, falls P3 am oberen Anschlag steht. Der Wert von R5+R6 ist gleich R4, so dass die Verstärkung des invertierenden Zweigs von IC2B genau -1 beträgt. LED1 leuchtet auf, sobald die Strombegrenzung einsetzt.

Noch einige weitere Details: R12 ist ein Nulllastwiderstand, er verhindert, dass die Ausgangsspannung bei sehr niedrigen Lasten oder ohne Last hochläuft. Außerdem trägt er zur Stabilität der Regelung bei. Allerdings geht dies auf Kosten des Wirkungsgrads, der Widerstand setzt bei 30 V etwa 2,7 W in Verlustwärme

um. Die Widerstände R11, R22 und R27 sowie die Kondensatoren C5, C9, C10, C11, C12, C13 und C18 tragen zur Stabilität der Spannungs- und Stromregelung bei. Die Werte wurden experimentell bestimmt, eventuell sind sie noch optimierbar. Maßgeblich war das Verhalten von Ausgangsspannung und Ausgangsstrom unter variablen geschalteten Lasten, bei unterschiedlichen Frequenzen und Ausgangsspannungen. Widerstand R3 liegt zwischen dem Ausgang von IC2B und dem Anschluss „Feedback“ von IC1, weil eine unmittelbare Verbindung zu Komplikationen führen kann. Außerdem gab dies Gelegenheit, C5 hinzuzufügen. Die Widerstände R2 und R6 dämpfen Störimpulse, die beim Schalten auftreten können.

Die Eingangsspannung darf zwischen 36 V und 38 V liegen. Als Stromversorgung ist ein Schaltnetzteil geeignet, zum Beispiel ein Modell des Herstellers Mean Well. Solche Schaltnetzteile sind nicht nur kostengünstiger als ein klobiger Netztrafo mit Gleichrichter und Elko, auch die Abmessungen sind kompakter, und die Ausgangsspannung ist nur wenig durch Netzbrummen belastet.

Aufbau und Einstellung

Auch für das UniLab 2 haben wir eine kompakte Platine entworfen, das Layout ist in **Bild 4** wiedergegeben. Die Platine liefert Ihnen gern der Elektor-Shop nach Hause, mit dem Layout, herunterladbar von der Projektseite [3] können Sie aber auch selbst ans Werk gehen. Der Aufbau ist nicht schwierig, da alle Bauelemente bedrahtet sind. Schaltregler IC1 und Rücklaufdiode D2 werden auf einen gemeinsamen, stehenden Kühlkörper montiert. Diode D2 ist unbedingt isoliert auf einer ther-

misch leitenden Scheibe mit einem Isolierring zu montieren, wie in der Stückliste angegeben. Vor der Montage werden IC1, D2 und die Isolierscheibe dünn mit Wärmeleitpaste bestrichen. Eine durchgesteckte, 10 mm lange M3-Schraube mit Mutter und Zahnring hält diese Komponenten an ihrem Platz. Weil R12 einige Wärme abstrahlt, wird er „schwebend“ über der Platinenfläche montiert. Der 5-V-Spannungsregler IC3 muss nicht gekühlt werden. Die Potis P3 und P4 für die Einstellungen von Spannung und Strom befinden sich diesmal nicht auf der Platine, sondern werden mit der Platine über kurze, flexible Leitungen verbunden. Dadurch lassen sie sich freizügiger in einem Netzteilgehäuse unterbringen. Beim Einbauen der Platine in ein Gehäuse ist darauf zu achten, dass die Rückseite von IC3 (LM317) keine elektrisch leitenden Teile berührt. Diese Fläche ist intern mit dem Ausgang 5 V verbunden. Als Lieferant der Eingangsspannung empfehlen wir, wie schon erwähnt, ein passendes, handelsübliches Schaltnetzteil. Unser Prototyp arbeitete mit einem Exemplar des Typs RSP-200-36 von Mean Well. Dieses Schaltnetzteil ist bis 5,5 A belastbar, so dass es gegebenenfalls auch für Ströme bis 5 A geeignet ist (siehe Text „3 oder 5 Ampere“).

Zwei Voltmetermodule für die Anzeige von Spannung und Strom können das UniLab 2 sinnvoll ergänzen, sie werden über Spannungsteiler angeschlossen. Nach dem Auf- und Einbau des UniLab 2 müssen noch die minimale und maximale Ausgangsspannung eingestellt werden. Zuerst wird P3 auf Null gestellt, während P4 auf Maximum steht, dann wird an den Ausgang ein Lastwiderstand 12 Ω /5 W gelegt. Jetzt ist P2 mit Null beginnend so einzustellen, dass sich die Anzeige eines angeschlossenen Multimeters gerade bewegt. Die minimale Ausgangsspannung muss bei etwa 10 mV liegen und nach Entfernen des Lastwiderstands auf ungefähr 0,3 V steigen. Anschließend wird P4 auf Maximum gestellt, und mit P1 wird die Ausgangsspannung auf 30 V gebracht. Das UniLab 2 ist nun klar für den Einsatz!

(150161)gd

Weblinks

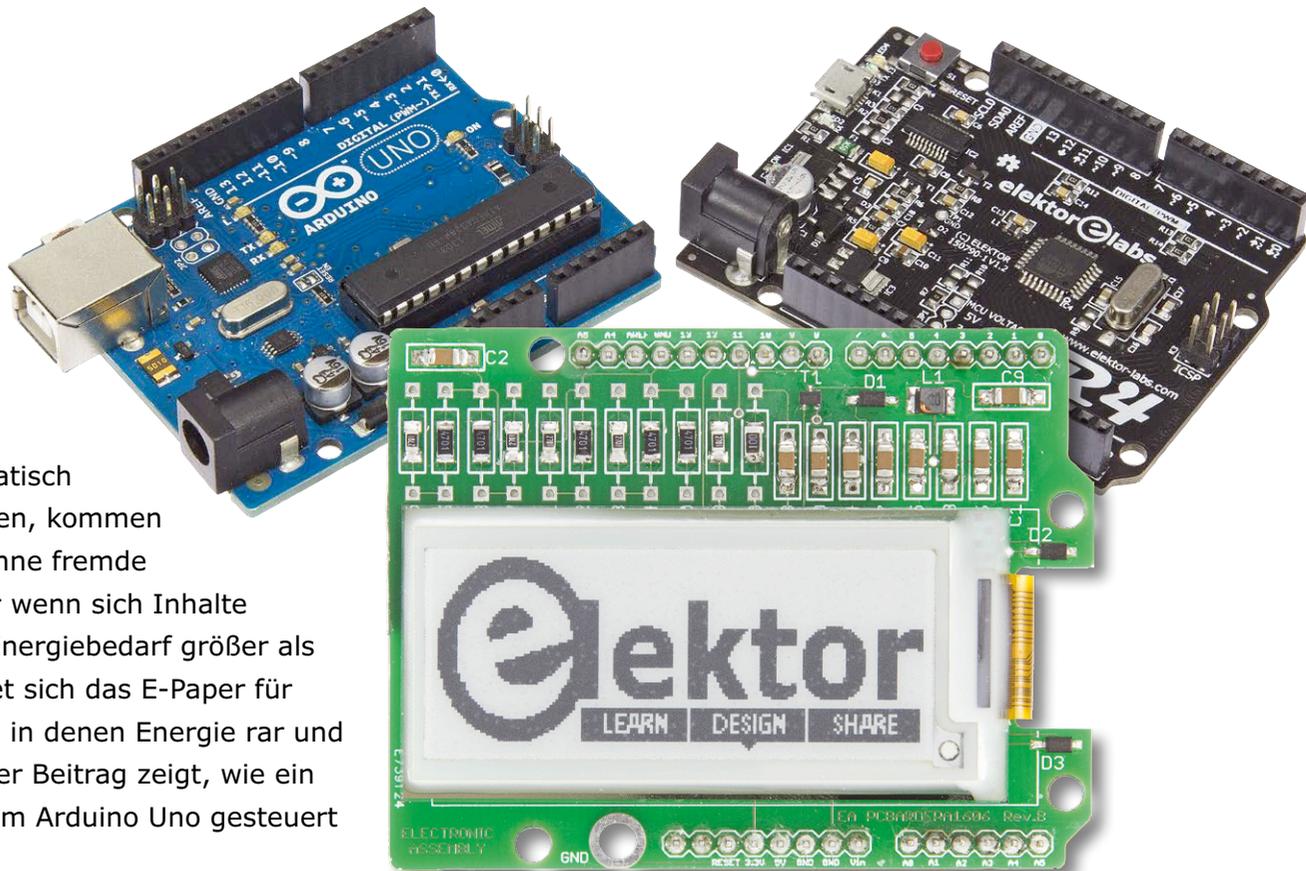
- [1] www.elektormagazine.de/090786
- [2] www.elektormagazine.de/100529
- [3] www.elektormagazine.de/150161



Das E-Paper und der Arduino

Arduino-Sketch steuert EPA20-A

E-Paper heißt eine Klasse elektronischer Displays mit ungewohnten Eigenschaften. Solange Texte oder Grafiken statisch dargestellt werden, kommen diese Displays ohne fremde Energie aus. Nur wenn sich Inhalte ändern, ist der Energiebedarf größer als Null. Damit bietet sich das E-Paper für Einsatzfelder an, in denen Energie rar und kostbar ist. Dieser Beitrag zeigt, wie ein E-Paper mit einem Arduino Uno gesteuert werden kann.



Das E-Paper, das wir hier betrachten, hat die Typbezeichnung EPA20-A, es stammt von Electronic Assembly [1]. Die Auflösung beträgt $172 \cdot 72$ Pixel, die Betriebsspannung ist 3,3 V. E-Paper-Displays besitzen in aller Regel, ebenso wie konventionelles Papier, keine Hintergrundbeleuchtung. Bei hellem Sonnenschein sind sie hervorragend lesbar.

Werkzeuge

Um das E-Paper-Display mit einem Arduino steuern zu können, müssen wir uns zuerst einige Hilfsmittel besorgen. Die Bibliotheken für den Arduino sind frei auf der Webseite zugänglich, die unter [2] vermerkt ist. Dort laden wir die Datei *Arduino meets EA EPA20-A.zip* herunter. Wir entpacken diese Datei, so dass der Ordner *Arduino meets EA EPA20-A* entsteht. Dieser Ordner enthält drei weitere

Ordner. Im Ordner *Arduino Library* finden wir den Ordner *EPA20_A* vor. Ihn kopieren wir in den Library-Ordner der Arduino-Entwicklungsumgebung (freier Download von [3]).

Für die Anzeige einer Grafik müssen wir eine Header-Datei erstellen. Das können wir mit dem Programm *BitMapEdit* bewerkstelligen, das zum Paket *EA LCD-Tools* gehört (frei erhältlich auf [4]).

Schaltung

Was wir an Hardware brauchen, geht aus der Schaltung in **Bild 1** hervor. MOSFET T1 und Induktivität L1 gehören zu einem Spannungswandler, der aus der Betriebsspannung 3,3 V die Spannung für das Display generiert. Das steuernde Signal liefert der im Display integrierte Controller.

Die Spannungsteiler aus den Widerstän-

den R1...R10 setzen die 5-V-Signale des Arduino auf niedrigere Werte herab. Die gesamte Schaltung wird an der Spannung 3,3 V des Arduino betrieben.

Vorarbeiten

Um die Funktionen der hinzugefügten Bibliotheken zu initialisieren, müssen wir sie definieren. Das geschieht dadurch, dass wir im Arduino-Sketch vor `void setup()` die Zeile `epa20 EPA20;` einfügen. Anschließend können wir in `void setup()` das Display mit `EPA20.initialize(byte p_cs, byte p_si, byte p_so, byte p_clk, byte p_a0, byte p_res)` initialisieren.

Das Shield erlaubt zwei Einstellungen: Hardware-SPI oder Software-SPI. Wir entscheiden uns hier für Hardware-SPI, indem wir `EPA20.initialize(10,0,0,0,9,8)` hinzufügen. Nach

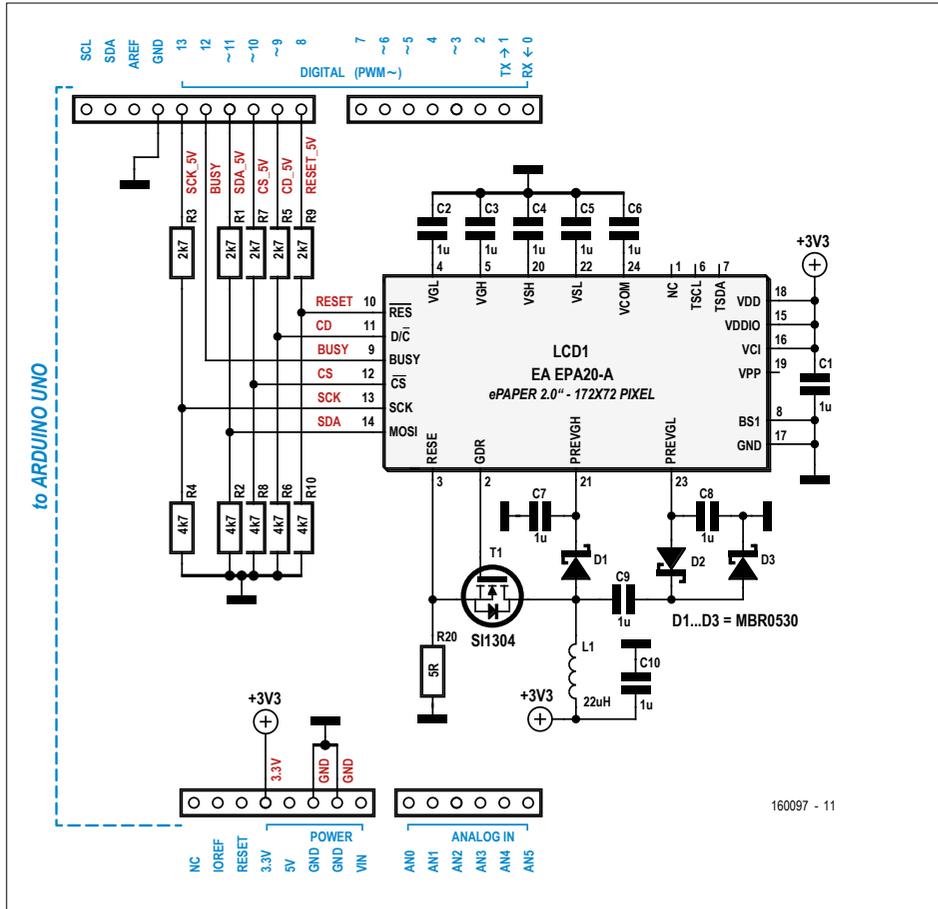


Bild 1. Das E-Paper-Display wird von einem Arduino über das hier beschriebene Shield gesteuert.

der Initialisierung lassen wir `EPA20.clear()` folgen, denn diese Funktion löscht den Display-Puffer.

Damit etwas auf dem Display erscheint, werden die Funktionen `EPA20.string()`, `EPA20.rectangle` oder `EPA20.picture` verwendet. Immer wenn das Display neue Inhalte wiedergeben soll, müssen wir das

Kommando `EPA20.update()` geben, ohne dieses Kommando ändert sich nichts. Da das Display aus nur $172 \cdot 72$ Pixeln besteht, dürfen die Koordinaten diese Werte nicht überschreiten. Die Koordinaten zählen von der Ecke links unten: 0,0 ist links unten, 171,71 ist rechts oben.

Stückliste

Widerstände:

R1,R3,R5,R7,R9 = 2k7
R2,R4,R6,R8,R10 = 4k7
R20 = 5 Ω

Kondensatoren:

C1...C10 = 1 μ , 50 V, 1206

Induktivität:

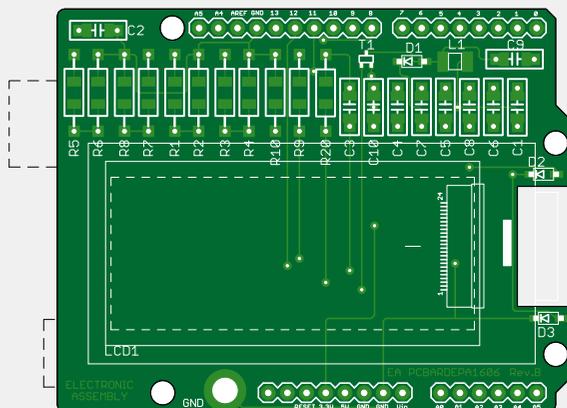
L1 = 22 μ , 0,25 A, SMD 1210

Halbleiter:

D1...D3 = MBR0530
T1 = SI1304

Außerdem:

J1 = WF050-24T
Display = EPA20-A
Stiftleisten 1x10, 1x8 (2x), 1x6, Rastermaß 2,54 mm



Hello World

Das Kommando `EPA20.string()` setzt einen Text auf das Display. Das Format lautet wie folgt:

```
EPA20.string(byte x, byte y,
             const byte *font_address, const
             char *str, byte fg_color, byte
             bg_color)
```

Darin sind

- **Byte x**: x-Koordinate,
- **Byte y**: y-Koordinate,
- **Const byte *font_address**: Schriftart, zur Wahl stehen `font_6x8`, `font_8x8`, `font_8x16`, `font_16x32nums`,
- **Const char *str**: Text, der auf dem Display erscheinen soll,
- **Byte fg_color**: Farbe des Textes, wählbar sind `BLACK`, `WHITE`, `GRAY1` oder `GRAY2`,
- **Byte bg_color**: Hintergrundfarbe, wählbar sind `BLACK`, `WHITE`, `GRAY1` oder `GRAY2`.

Beispiel: `EPA20.string(0, 0, font_8x16, „Hello world“, BLACK, WHITE);`

Das Kommando `EPA20.rectangle()` zeichnet ein Rechteck mit Rand auf das Display. Das Format lautet:

```
EPA20.rectangle(byte xs, byte
                ys, byte xe, byte ye, byte
                outline, byte filling)
```

Darin sind

- **Byte xs**: Startposition der x-Koordinate,
- **Byte ys**: Startposition der y-Koordinate,
- **Byte xe**: Endposition der x-Koordinate,
- **Byte ye**: Endposition der y-Koordinate,
- **Byte outline**: Farbe des Randes (`BLACK`, `WHITE`, `GRAY1` oder `GRAY2`),
- **Byte filling**: Farbe der Rechteckinnenfläche (`BLACK`, `WHITE`, `GRAY1` oder `GRAY2`).

Beispiel: `EPA20.rectangle(0, 0, 10, 10, BLACK, GRAY2);`

Grafiken

Das Kommando `EPA20.picture()` zeichnet eine monochrome Grafik bis $172 \cdot 72$ Pixel auf das Display. Das Format lautet:

```
EPA20.picture(byte x, byte y,
  const byte *pic_adress, byte
  fg_color, byte bg_color)
```

Darin sind:

- **Byte x**: Startpunkt der x-Koordinate,
- **Byte y**: Startpunkt der y-Koordinate,
- **Const byte *pic_adress**: Name der Grafik,
- **Byte fg_color**: Farbe des Vordergrunds,
- **Byte bg_color**: Farbe des Hintergrunds.

Wie schon erwähnt, muss eine darzustellende Datei zuerst in eine Header-Datei konvertiert werden, zum Beispiel mit dem Programm *BitMapEdit*. Mit diesem Programm können wir eine Grafik erstellen oder eine vorhandene Grafik importieren. Die Grafik darf nicht größer als 172 · 72 Pixel sein, sie muss die Farbtiefe 1 bit haben (Schwarzweiß, prüfbar unter *Bit-map* -> *colordepth* -> *black and white* (1 bit)). Wenn die genannten Voraussetzungen erfüllt sind, können wir die Grafik durch Klicken auf *File* -> *Export* exportieren. Wir gehen zu dem Ordner, in dem sich der Arduino-Sketch befindet, vergewissern uns, dass *Save as* auf *C Header File vertical BLV (*.h)* eingestellt ist und speichern die Datei.

Nun öffnen wir die Header-Datei der importierten Grafik mit einem Textprogramm wie Notepad oder Notepad++. In der Datei steht eine Zeile, die ungefähr so lautet: `unsigned char Image_example[Image_example_LEN] =`, wobei `example` der Name der Grafik ist. In diese Zeile müssen wir die Zeichenfolge `__attribute__((section(„.progmem.data“)))` einfügen, und zwar zwischen die schließende eckige Klammer („]“) und das Gleichheitszeichen („=“). Damit lautet diese Zeile:

```
unsigned char Image_
  example[Image_example_LEN]
  __attribute__((section(„.
  progmem.data“)))=
```

In den Arduino-Sketch müssen wir `#include „example.h“` hineinschreiben, wobei `example` der Dateiname der Grafik ist. Wenn wir die Grafik mit der Funktion `EPA20.picture()` einbinden, müssen wir noch `Image_` vor den Namen schreiben. Aus `example` wird dann `Image_example`. Jetzt können wir die Grafik mit einem Kommando wie diesem auf das Display setzen:

```
EPA20.picture(0, 0, Image_example,
  black, white);
```

im Elektor-Shop [5] erhältlich. ◀

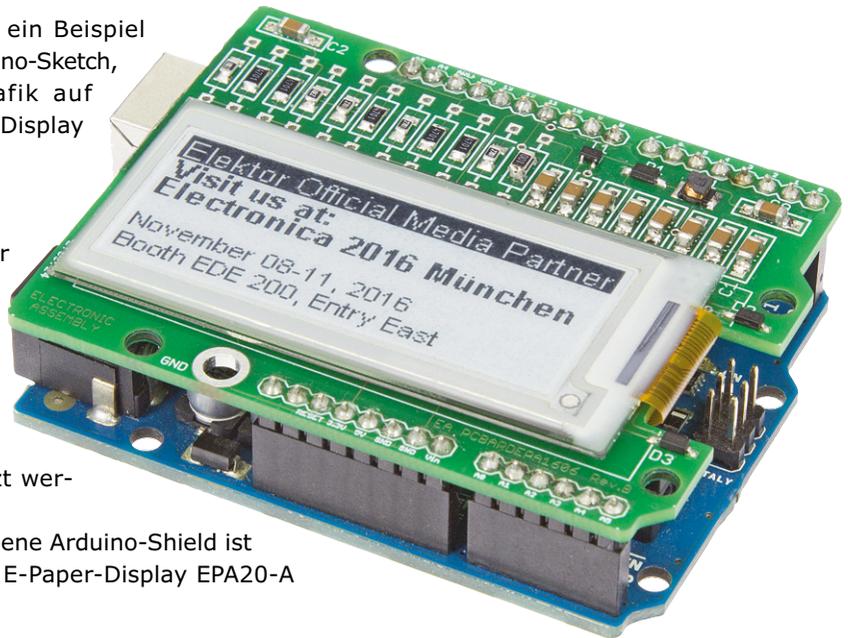
(160097)gd

Listing 1 ist ein Beispiel für einen Arduino-Sketch, der eine Grafik auf dem E-Paper-Display darstellt.

Fazit

Am E-Paper EPA20-A haben wir gezeigt, wie dieser Display-Typ von eigenen Projekten genutzt werden kann.

Das beschriebene Arduino-Shield einschließlich E-Paper-Display EPA20-A



Listing 1. Beispiel eines Arduino-Sketch für Grafik.

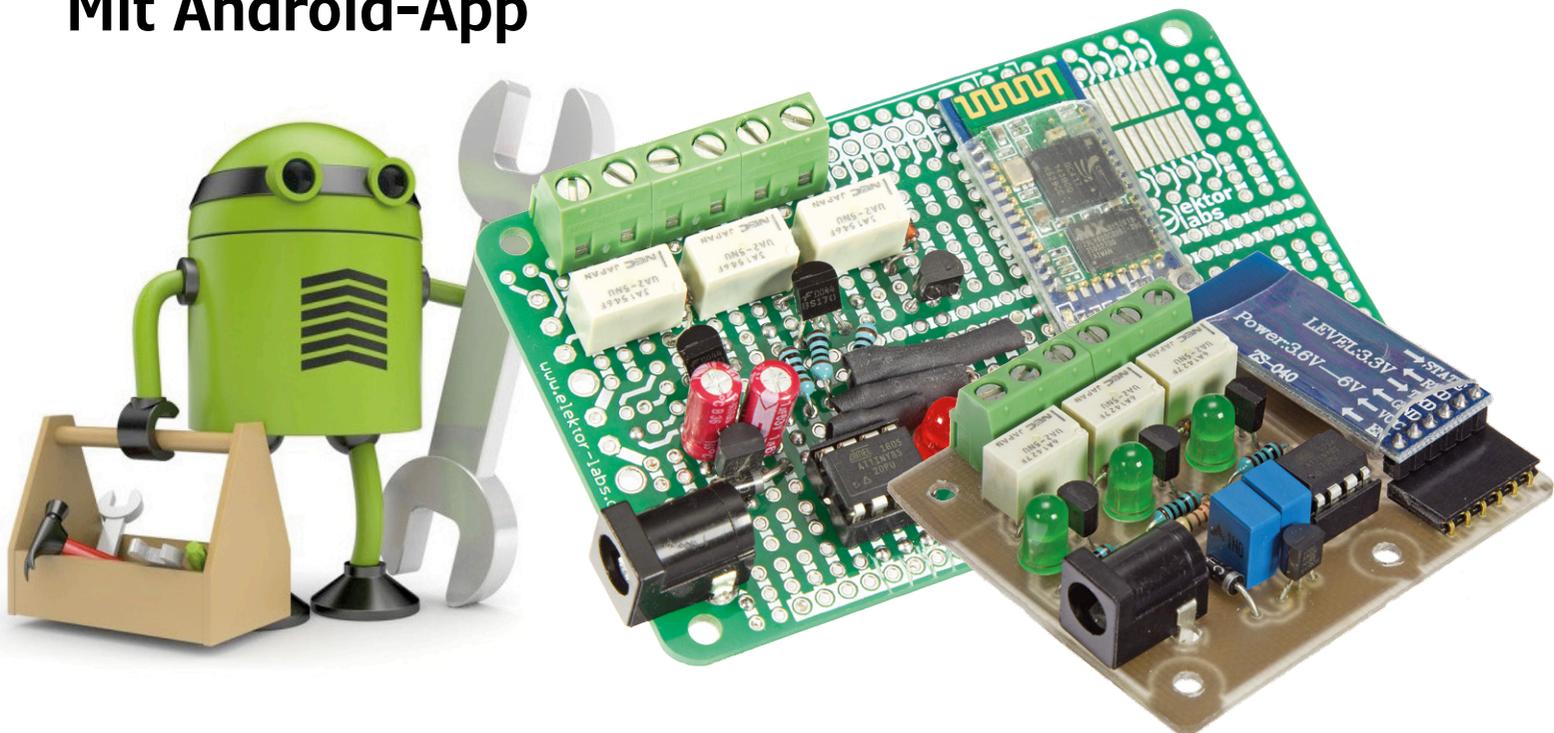
```
#include <Arduino.h>
#include <SPI.h>
#include <epa20.h>
#include <logo_ea.h>
#include <font_6x8.h>
#include <font_8x8.h>
#include <font_8x16.h>
#include <font_16x32nums.h>
#include "example.h"

epa20 EPA20;
void setup()
{
  EPA20.initialize(10,0,0,0,9,8); // initialisiert das Display
  EPA20.clear();
}
void loop()
{
  EPA20.clear(); // löscht das Display
  EPA20.picture(0,0,Image_example,BLACK,WHITE);
  EPA20.update(); // aktualisiert das Display
}
```

Weblinks

- [1] Datenblatt für EPA20-A: www.lcd-module.com/fileadmin/eng/pdf/grafik/epa20-ae.pdf
- [2] Bibliotheken: www.lcd-module.com/support/application-note/arduino-meets-epa-epaper.html?no_cache=1&sword_list%5B0%5D=arduino
- [3] Arduino-Entwicklungsumgebung: www.arduino.cc/en/Main/Software
- [4] BitMapEdit: www.lcd-module.com/support/driver-tools.html
- [5] www.elektor.de/160097

Bluetooth-Relais Mit Android-App



Ein Kollege benötigte eine einfache Fernsteuerung für seine drei Garagentore (!) und bat mich um tatkräftige Unterstützung. Ich kam auf die Idee, eine Relaissteuerung zu bauen und diese via Bluetooth mit einer Android-App zu bedienen.

Von **Roy Aarts**, Elektor-Labor

Ich hatte als Ausgangspunkt der Schaltung ein Bluetooth-Modul HC-06 vorgesehen, so ein richtig altes, erfahrenes Modul, sicherlich nicht auf dem modernsten Stand der Technik und schon gar kein Bluetooth-Low-Energy-Modul. Der diesbezüglichen Kritik meiner alten, erfahrenen Kollegen konnte ich aber entgegen, dass BLE-Module erst ab Android 4.3 unterstützt werden, man also für meine Steuerung auch ein historisches Smartphone einsetzen könne. Darüber hinaus besteht für Low-Energy im Inneren einer Garage nun wirklich kein Bedarf, da man an die Schaltung einfach ein Steckernetzteil stöpseln kann.

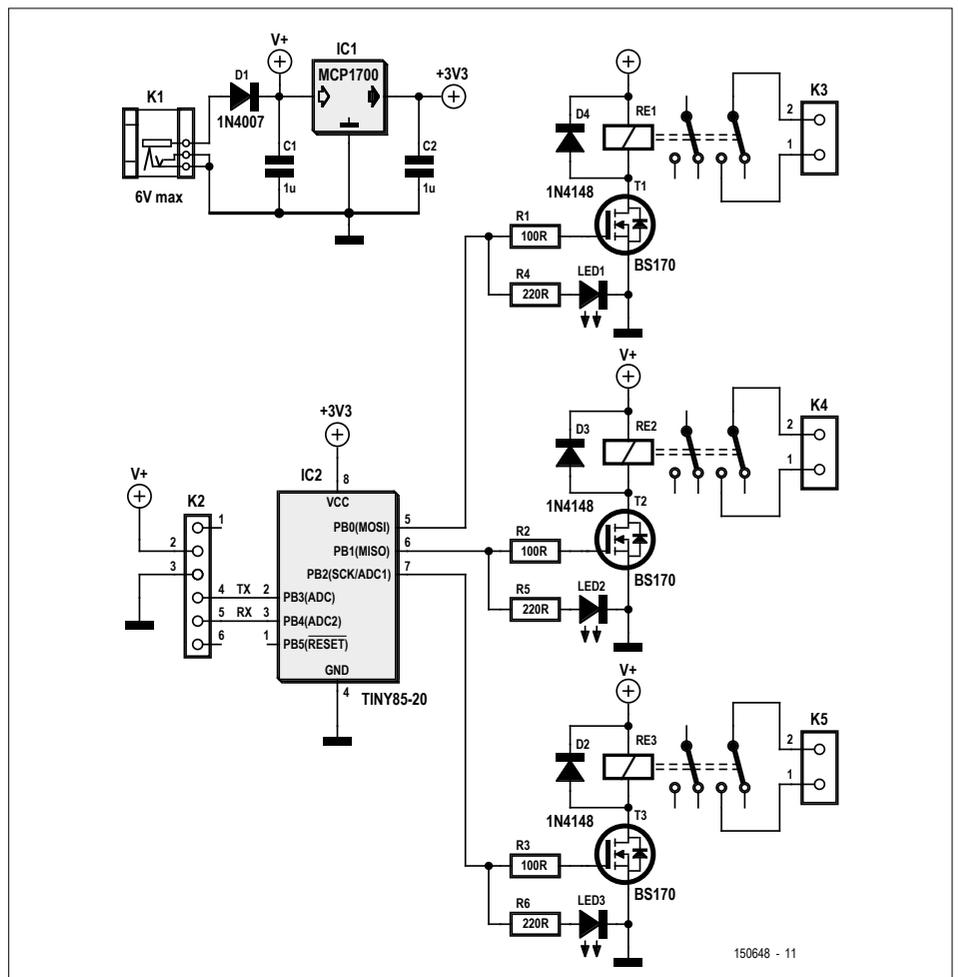


Bild 1. Schaltung des Bluetooth-Relais (nicht im Bild: das Bluetooth-Modul).

Die Hardware ist, wie **Bild 1** zeigt, nicht besonders kompliziert, ja, geradezu tiny: An dem kleinen achtbeinigen Mikrocontroller ATtiny85-20 sind drei identische Relaisstufen angeschlossen. Über einen kleinen Widerstand steuert ein I/O-Pin des Controllers das Gate eines Kleinsignal-MOSFETs an. Der MOSFET BS170 ist ein alter Bekannter, der sehr oft eingesetzt wird, um Controllerausgängen die Kraft zu verleihen, ein Relais schalten zu können. Da für die Ansteuerung des Transistors so gut wie kein Strom benötigt wird, kann man es sich leisten, parallel zum Gate noch eine (grüne) LED zu schalten, um den Zustand des Relais zu signalisieren. Da an einer grünen LED etwa 1,9...2,5 V abfallen, liegt der Strom selbst im schlechtesten Fall bei nur 9 mA, was selbst der Tiny-Controller spielend schafft, sogar dann, wenn alle drei Ausgänge gleichzeitig aktiv sind.

Bei RE1...RE3 handelt es sich um sehr kompakte Signalrelais mit zwei Wechselkontakten, von denen aber nur je einer in der Schaltung verwendet wird. Die Schaltleistung ist auf 30 W beziehungsweise 37,5 VA beschränkt, was einem Schaltstrom von etwa 1 A entspricht. Die „5“ in der Bauteilbezeichnung UA2-5NU deutet auf eine nominelle Spulenspannung von 5 VDC hin.

Wichtiger Hinweis: Das Projekt und die unten vorgestellte Platine sind nicht dazu geeignet, Netzspannung zu schalten!

Ich habe eine Betriebsspannung für die gesamte Schaltung von 3,3 V gewählt, da das Bluetooth-Modul (Rx und Tx) mit dieser Spannung arbeitet. Der Low-drop-Spannungsregler MCP1700-3302 von Microchip ist für die Schaltung sehr gut geeignet. Er liefert einen Strom von maximal 250 mA und verliert durch seinen „Drop“ nur 1 V, so dass an K1 eine Eingangsspannung von 5,0 V (0,7 V gehen durch die Verpolschutzdiode D1 verloren) ausreichend ist. Die Eingangsspannung darf am Regler aber 6,0 V nicht überschreiten! Man könnte glatt auf die Idee kommen, einen USB-Hub als Spannungsquelle einzusetzen...

Das Bluetooth-Modul HC-06 (**Bild 2**), das im Schaltplan nicht eingezeichnet ist, wird an der Buchsenleiste K2 angeschlossen. Neben der Spannungsversorgung werden nur die Datenleitungen TxD und RxD zum Controller geführt. Am ATtiny85 sind

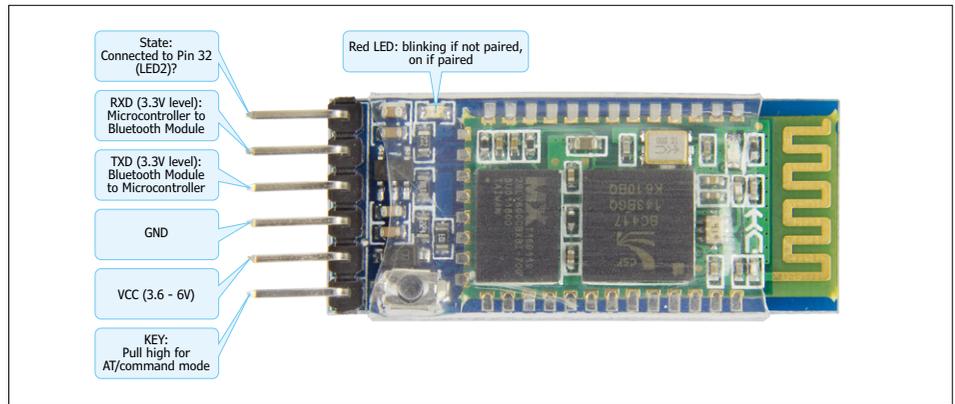


Bild 2. Das HC06-Bluetooth-Modul mit seinem Verbinder am schmalen Ende der Platine.

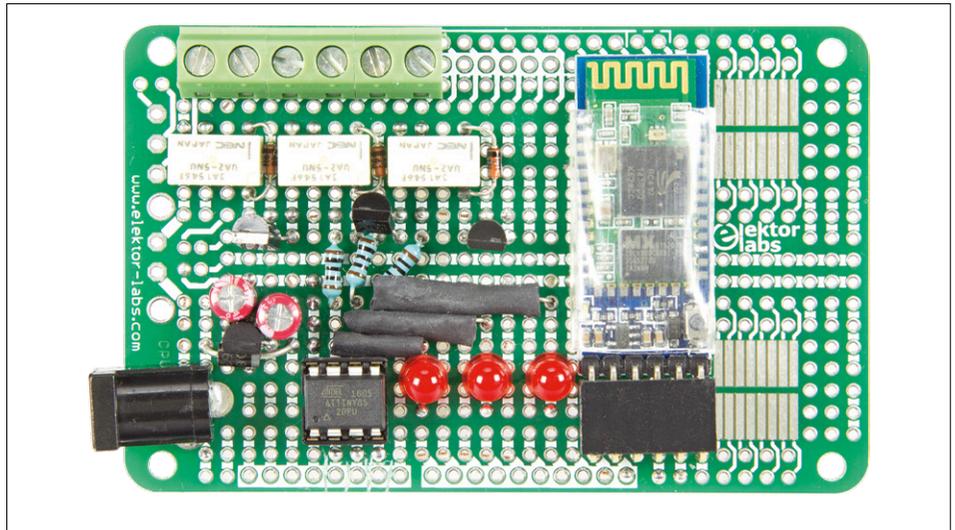


Bild 3. Das Bluetooth-Relais auf einer ELPB-NG-Experimentierplatine (Foto zeigt Prototyp, Schaltung wurde nachträglich geändert).

damit fünf I/O-Anschlüsse belegt, nur einer bleibt ungenutzt.

Aufgebaut und in Betrieb genommen

Um die Mühen und Kosten zu sparen, die eine individuell entworfene gedruckte Platine verursacht, habe ich die Bluetooth-Relaisschaltung kurzerhand auf einem Elektor-Labs-Prototyping-Board aufgebaut (**Bild 3**). Die ELPB-NG wurde ja in Elektor schon ausführlich besprochen und vielleicht haben Sie schon den einen oder anderen Prototyp damit realisiert. Im Titelfoto sehen Sie das erste Ergebnis, das sicher keinen Schönheitspreis gewinnt (noch mit roten statt der grünen LEDs). Meine Kollegen im Elektor-Labor (Sie wissen schon, die alten, erfahrenen) fanden das Resultat aber so überzeugend, dass man sich entschloss, dem Bluetooth-Relais eine „richtige“ Platine zu gönnen, auf

der die Schaltung einen wesentlich aufgeräumteren Eindruck macht, wie das Platinenlayout in **Bild 4** beweist (hier noch einmal der Hinweis, dass keine Netzspannung geschaltet werden darf).

Um die Bluetooth-Relaiskarte zu verwenden, müssen Sie zuvor die Android-App installieren, die ich mit der Entwicklungsumgebung Android Studio entwickelt habe. Sie finden die App im Google Play Store (Suche: Elektor Bluetooth-Relais). Danach müssen Sie Ihr Telefon mit der Bluetooth-Relaiskarte koppeln, indem Sie zu den Bluetooth-Einstellungen gehen und die Geräte in der Nähe suchen. Die Relaiskarte sollte als „HC-06“ angezeigt werden. Der voreingestellte Code ist 1234. Jetzt sollte die Relaiskarte auf die Befehle der App reagieren.

In der App tippen Sie in der rechten oberen Ecke auf die drei Punkte und drücken auf „Connect“. In der Liste der gekop-

Stückliste

Widerstände:

R1...R3 = 100 Ω
R4...R6 = 220 Ω

Kondensatoren:

C1,C2 = 1 μ , Raster 5,08 mm

Halbleiter:

D1 = 1N4007
D2...D4 = 1N4148
LED1...LED3 = LED, 5 mm, grün
T1...T3 = BS170
IC1 = MCP1700-3302E/TO (Microchip)
IC2 = ATtiny85-20PU, programmiert 150648-41 [1]

Außerdem:

RE1...RE3 = 5-V-Relais für 230 VAC, 1 A 5 (UA2-5NU von IMO Precision Controls)
K1 = Niederspannungsbuchse, Mittelstift 2,5 mm
K2 = 1x6-polige Buchsenleiste
K3...K5 = 2-polige Platinenanschlussklemme, Raster 5 mm
Bluetooth-Modul HC-06 (JY-MCU V1.5)
Platine 150648-1v1.3 oder Experimentierplatine ELPB-NG (150180-1)
Firmware 150648-11 [1]
Android-App kostenlos im Google Play Store [2]

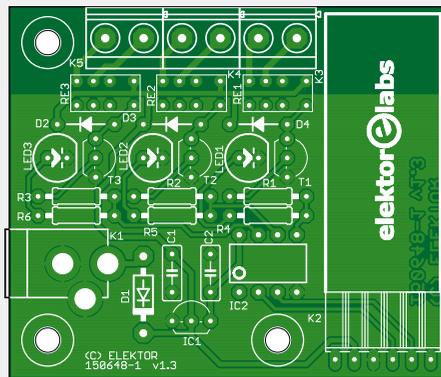


Bild 4. Das Bluetooth-Relais auf einer gelayouteten Platine (das Foto zeigt den Prototyp, der Bestückungsplan die endgültige Version). Die Platine ist nicht dazu geeignet, Netzspannung zu schalten!

pelten Geräte wählen Sie die Relaisplatine HC-06. Wenn Ihr Telefon erfolgreich verbunden ist, verwandelt sich das rote Kreuz neben den drei Punkten in ein grünes Häkchen. Jetzt können Sie die Relais mit den Tasten steuern.

Jedes Relais kann mit dem Smartphone nicht nur ein- und ausgeschaltet, sondern auch gepulst werden. Im Impulsmodus lässt sich die Länge des Pulses zwischen 0,1 s und 5 s in Schritten von 0,1 s einstellen. Ob die Taste das Relais ein/ausschaltet (Toggle-Modus) oder pulst, wird in der Checkbox neben der Taste angezeigt. Um die Impuls-Funktion zu aktivieren, muss die Checkbox abgeschaltet werden.

Der Impuls ist entweder ein ON- oder ein OFF-Impuls, je nachdem, welchen Zustand das Relais hatte, bevor die Checkbox deaktiviert und damit der Impulsmodus eingeschaltet wurde. Die Farbe der Schaltfläche zeigt den aktuellen Zustand der Relais an. Ist sie grau, dann ist auch das Relais abgeschaltet, nimmt sie eine grüne Farbe an, deutet dies auf ein eingeschaltetes Relais hin.

Es gibt verschiedene Einstellungen, die geändert werden können; die Pulsdauer von 0,1 s bis 5 s, der Name des Moduls und auch der Code. Dies kann auf der Seite „Settings“ vorgenommen werden, die man über die drei Punkte in der oberen rechten Ecke erreicht.

Software für Controller und Smartphone

Sowohl der Mikrocontroller muss mit einer Firmware versorgt werden als auch das Smartphone mit einer App. Für beide Programme finden Sie den Quellcode auf der Elektor-Projektseite [1]. Wie Sie dort sehen können, gibt es auch einen fertig programmierten Controller aus dem Hause Elektor.

Der **Code für den ATtiny** wurde in der Arduino IDE in C++ erstellt. Beim Power-up der Platine initialisiert die Firmware die Ausgänge und startet die serielle Kommunikation mit dem Bluetooth-Modul. In der Schleife prüft es

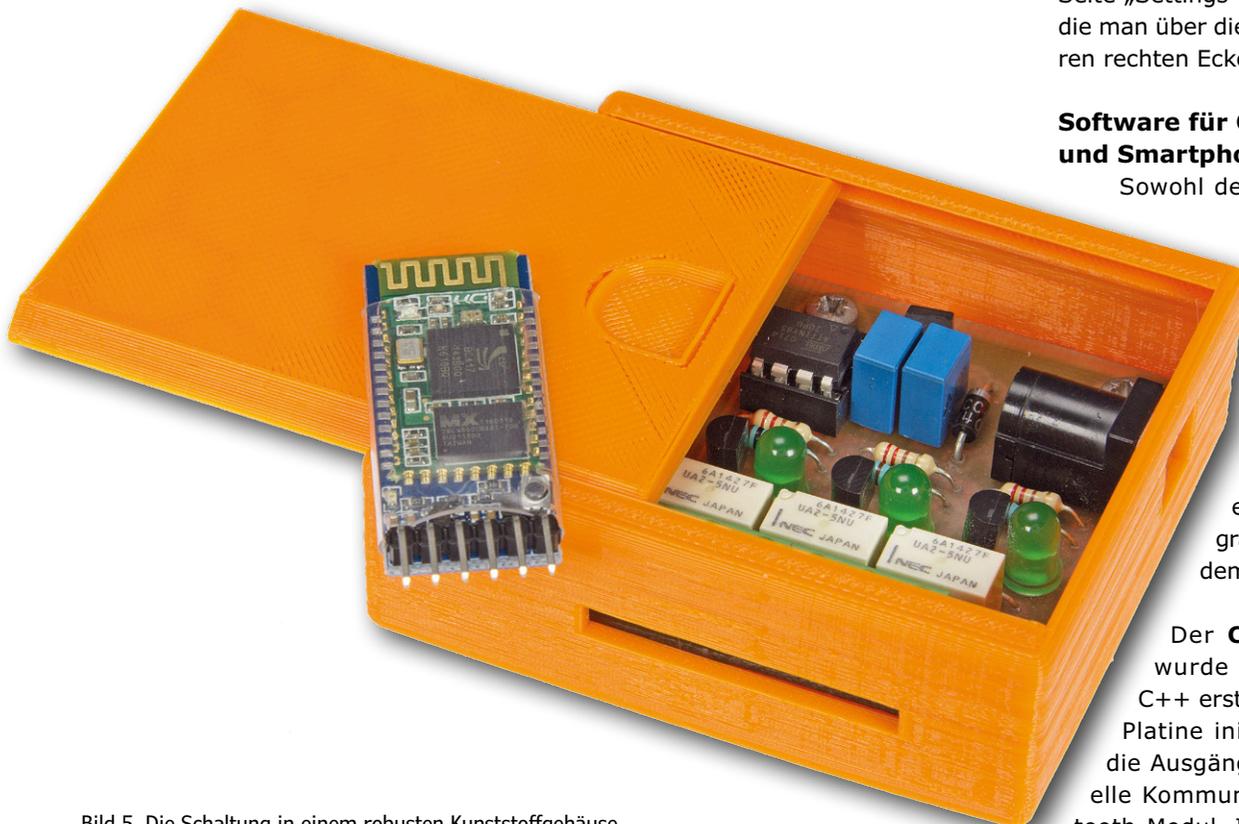


Bild 5. Die Schaltung in einem robusten Kunststoffgehäuse.

Tabelle 1. Die von der App gesendeten und von der Controllerfirmware verstandenen Befehle.

Befehl	Funktion	Beispiel
c	Wird benutzt, wenn das Smartphone gerade mit der Relaisschaltung verbunden wird. Das Board sendet den aktuellen Zustand der Ausgänge, den Toggle-Status und die Impulszeit.	c
p	Ändert den PIN-Code des Bluetooth-Moduls.	p1234 (ändert die PIN in 1234)
n	Ändert den Namen des Bluetooth-Moduls.	nHC-06 (ändert den Namen in HC-06)
t	Legt fest, ob ein Ausgang getoggelt werden soll oder nicht.	t11 (Ausgang 1 schaltet um) t20 (Impuls an Ausgang 2)
d	Ändert die Impulsdauer (duration).	d1000 (legt die Impulsdauer auf 1 s=1000 ms fest)
b	Steuert einen Ausgang an.	b1 (steuert Ausgang 1)

ständig für eingehende Daten. Wenn es etwas empfängt, liest es weiter, bis es das Neue-Zeile-Zeichen (LF) erhält. Dann weiß das Programm, dass die empfangenen Daten vollständig sind.

Um zu wissen, was die Daten bedeuten, schaut es sich das erste Zeichen an und wählt die Reaktion in einer Switch-Case-Anweisung. In jedem Fall betrachtet die Software die Daten, die auf das erste Zeichen folgen. Die verschiedenen „Cases“ und die Bedeutung der Zeichen sind in der **Tabelle 1** aufgeführt.

Mit dem Zeichen „t“ kann bestimmt werden, ob ein Ausgang einfach nur umschalten oder gepulst werden soll. Dieses Verhalten wird in den ersten drei Bits der Variablen „states“ gespeichert, in den zweiten drei Bits der aktuelle Zustand des Ausgangs. Zum Beispiel ist das erste Bit high, wenn der Ausgang 1 umgeschaltet werden soll. Dann wird das vierte Bit getoggelt und zum Ausgang geschrieben. Im Impuls-Modus ist das erste Bit low.

Dann wird das vierte Bit getoggelt und ebenfalls zum Ausgang geschrieben. Allerdings kommen nun zwei andere Variablen ins Spiel: In „controllingOutputs“ wird ein Bit gesetzt, um anzuzeigen, dass der Ausgang gepulst ist, in der zweiten, „pulse-Time“, wird die Zeitdauer gespeichert.

Eine weitere Funktion verfolgt die Zeit, die während des Impulses vergeht, durch Überwachung der Variablen „controllingOutputs“. Wenn das Bit gesetzt ist, schaut die Funktion nach der schon vergangenen Impulszeit, und wenn diese größer ist als die eingestellte Impulsdauer, schaltet die Funktion den Ausgang wieder in den ursprünglichen Zustand zurück.

Die **App für das Smartphone** wurde in Android Studio entwickelt und ist in Java geschrieben. Mit der App können die Ausgänge gepulst oder umgeschaltet werden. Um die Relaisplatine zu steuern, sendet die App ein Zeichen, gefolgt von Daten und abgeschlossen von einem Zei-

lensprung (LF = `\n`, siehe Quellcodefile `MainActivity.java`). Im Impulsmodus kann die Impulszeit eingestellt werden. Auch der Name und der PIN-Code des Moduls lassen sich ändern (`settings.java/MainActivity.java`). Um das Board zu nutzen, muss das Smartphone mit dem Bluetooth-Modul verbunden werden, dann kann die App es in einer Liste der gekoppelten Geräte auswählen (`deviceList.java`) und die Schaltung steuern. ◀

(150648)

Weblinks

- [1] Projektseite: www.elektor.de/150648
- [2] Android-App: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.elektor.attinybluetoothio>

Anzeige

Industrial assembly without tooling charges

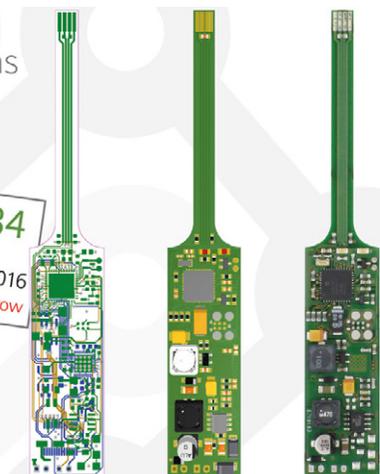


**ONLINE ELECTRONICS
MANUFACTURING SERVICES**

www.emsproto.com

ONLINE
QUOTEASSEMBLY
IN 2-12 DAYSNO TOOLING
CHARGESASSEMBLY REPORT
INCLUDED

Assemble your ideas
with EMSPROTO



Webradio mit Fluoreszenz-Display (1)

Moderne Technik mit bewährter Anzeige

So ein Küchenradio ist eine feine Sache: Mit CD-Player, Uhr und einem Timer, der die Backzeit misst - alles platzsparend montiert. Als es aber irgendwann nur noch rauschte, musste Ersatz her. Dabei war das schöne Display doch so praktisch. Alles drauf und nicht zu groß. Vielleicht ließ sich das ja für ein neues Radio Marke Eigenbau recyceln?

Von **Michael Busser** (D)

Schöne Idee, zumal für einen Elektroniker. Doch vor der Umwandlung vom Wunsch in Wirklichkeit steht heute die Internet-Recherche und nach wie vor die intensive Auseinandersetzung mit diesem Typ Display. Doch kaum hatte ich alles Notwendige aus allen notwendigen Quellen abgesaugt, mutierte das VFD (Vacuum Fluorescent Display) zum FD, denn es war mir heruntergefallen (und dabei hat sich das Vakuum leider in Luft aufgelöst ☹).

Zum Glück gibt es überall solche Displays als Restposten, sodass man für wenig Geld ein neues Altes bekommt. Ich erstand also ein VFD des Typs FV651G (**Bild 1**) – toll, wenn auch nicht ganz so schön wie das alte.

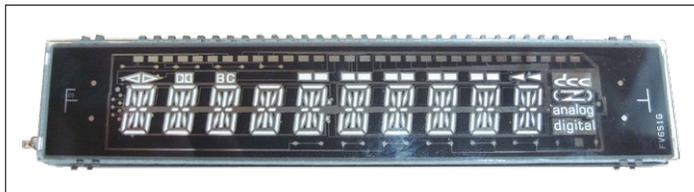


Bild 1. Das verwendete VFD FV651G.

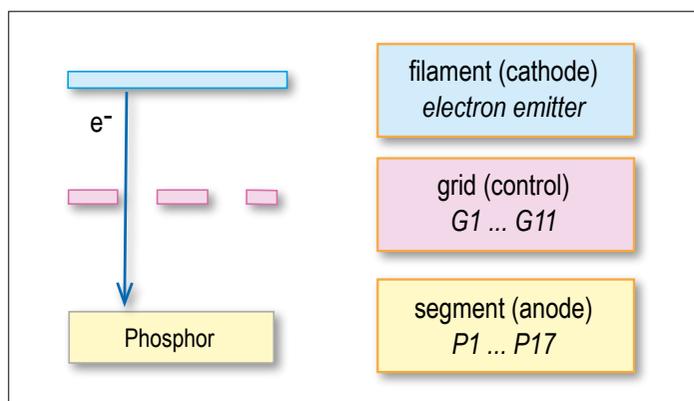


Bild 2. Prinzipaufbau von VFDs. Die phosphorbeschichteten Anodensegmente leuchten bei Elektronenbeschuss.

VFD-Funktion

VFDs sind fast wie Röhren (Trioden, siehe **Bild 2**) aufgebaut und das im Grunde für jedes einzelne leuchtende Segment. Details zum Aufbau finden sich bei [1][2]. Vereinfacht funktionieren sie so: Wie bei allen Röhren gibt es eine Heizung, das Filament. Diese beschichtete Kathode emittiert Elektronen. Auf den Displaysegmenten (Anoden) ist eine Leuchtschicht aufgebracht. Auftreffende Elektronen regen sie zum Leuchten an. Mit der Spannung am Gitter lässt sich der Elektronenflug steuern. Ein negatives Potential verhindert das Leuchten aller (typischerweise 17) Segmente einer Anzeigestelle. Bei einem positiven Potential werden sie prinzipiell hell. Welches Segment aber genau leuchtet, hängt vom seinem eigenen Potential ab. Ein negatives Anodenpotential verdrängt die Elektronen vom Segment. Sie werden dann vom positiven Gitter abgeleitet, weshalb das Segment nicht leuchtet. Ist das Segment hingegen ausreichend positiv, treffen die Elektroden die Leuchtschicht und es wird hell. Die Gitteranschlüsse G1...G11 bestimmen die anzuzeigende Stelle und die Anschlüsse P1...P17 adressieren die einzelnen Segmente.

Der verwendete Typ FV651G benötigt laut Datenblatt eine Wechselspannung von 3,7 V für die Heizung. Die Gitterspannung ist mit 32 V angegeben. Letzteres macht die Ansteuerung leider etwas aufwändiger. Das Display besitzt elf Stellen, die Stelle ganz rechts zeigt Sondersymbole für den ursprünglichen Einsatzzweck. Jede Stelle hat bis zu 17 einzeln ansteuerbare Leuchtelemente, wobei der Doppelpunkt als 17. Segment nur bei einer Stelle vorhanden ist.

Alle Segmente sind also miteinander verbunden, was einen Multiplexbetrieb erzwingt. Es ergibt sich so eine Tabelle mit 11 Spalten und 17 Zeilen, die dann am besten in Software realisiert wird.

Heizung

Im defekten Küchenradio wurden die Filamente vom Netztrafo über eine Wicklung mit Mittelanzapfung versorgt. Da für das neue Küchenradio nur ein handelsübliches 12-V-Steckernetzteil geplant war, musste eine Alternative her. Die nötige Wechselspannung muss nicht zwingend 50 Hz haben. **Bild 3** zeigt die Lösung mit dem beliebten Timer NE555 samt selbst gewickeltem Übertrager. Abweichend von der Standardbeschaltung sorgt D1 für ein nahezu symmetrisches Tastverhältnis. Für den Übertrager wird ein Ferritringkern des Materials N27 mit 16 mm Außendurch-

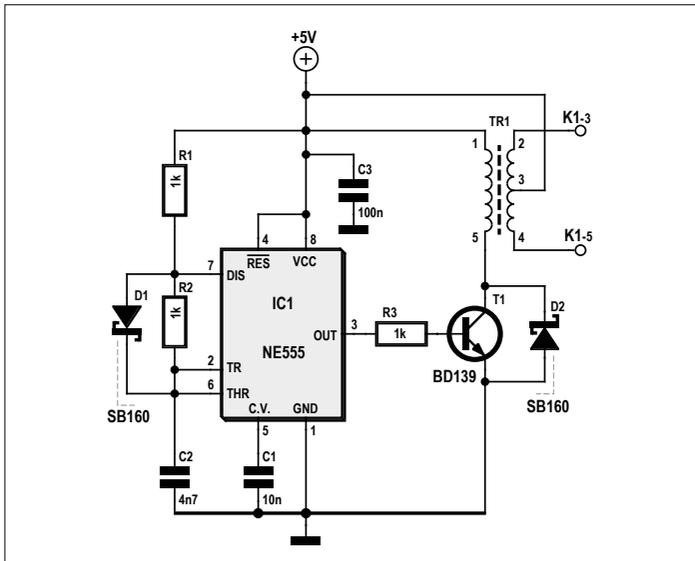


Bild 3. Die Hilfsschaltung von Kerry D. Wong zur Versorgung der Heizung.

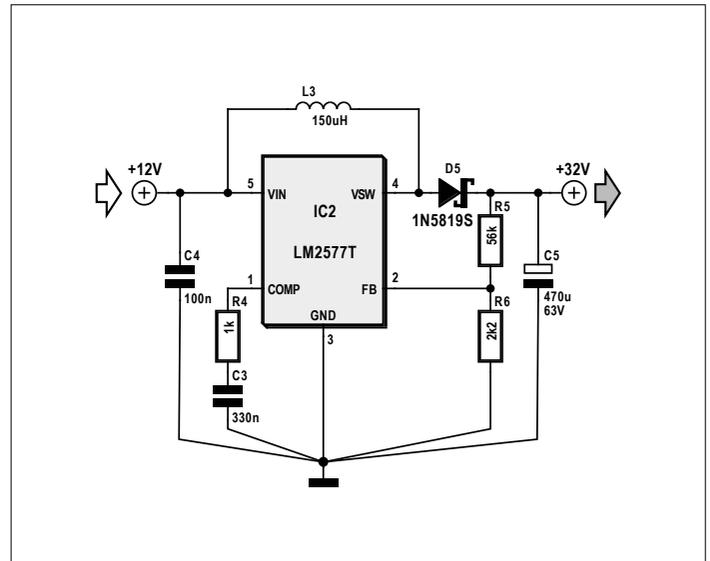


Bild 4. Die Hilfsschaltung zur Erzeugung der Anodenspannung per Step-up-Konverter.

messer verwendet. Die Primärseite erhält 40 Windungen CuL und die Sekundärseite 2 x 18 Windungen. Damit sollte sich unter Last eine Wechselspannung von knapp über $2 V_{eff}$ an jeder Sekundärwicklung einstellen. Die Schaltung wurde von Kerry D. Wong entwickelt [3]. Die Spannung für die Heizung sollte nicht auf Masse liegen, um Ghosting (schwaches Leuchten nicht angesteuerter Segmente) zu vermeiden. Hierzu wird die Mittelanzapfung des Übertragers an +5 V gelegt.

Anodenspannung

Die Anodenspannung wird mit Hilfe eines Step-up-Konverters (Bild 4) ebenfalls aus den 12 V des Netzteils erzeugt. Nur die Widerstandswerte weichen von der Grundschialtung des Datenblatts zum LM2577T ab. Laut Hersteller berechnet man die Ausgangsspannung nach der Formel:

$$V_{OUT} = 1,23 V * (1 + R5 / R6)$$

Bei den gewählten Werten für R_5 und R_6 ergibt sich die gewünschte Anodenspannung von 32,5 V.

Gitteransteuerung

Insgesamt werden mit P1...P17 und G1...G11 zusammen 28 Display-Elektroden angesteuert. Aufgrund der hohen Anodenspannung von 32 V werden sogenannte High-Side-Treiber benötigt. Gut geeignet ist hierzu das IC UDN2981. Da dieses IC acht Treiber enthält, reichen vier Chips aus. Eingangsseitig werden sie mit üblichen 5-V-Pegeln angesteuert.

Um nicht nahezu alle I/O-Pins des vorgesehenen ATmega32 hierfür zu opfern, wurde den Treibern noch je ein 8-bit-Latch vorgeschaltet. Die vier Latches werden parallel angesteuert, und die Latch-Auswahl erfolgt über das Signal LE (Latch Enable).

Damit reduziert sich die Anzahl der benötigten Ausgänge für die Display-Steuerung auf 12 (8 Daten-Bits und 4 LE-Signale). Der Controller kann so auch noch ein paar Bedienelemente abfragen. Die Gesamtschaltung des Display-Teils ist im Dokument *Muxer_Schaltplan.pdf* im Archiv *Muxer.zip* zu finden (siehe Download [4]). Die zugehörigen Eagle-Dateien sind ebenfalls enthalten.

ATmega-Firmware

Aus der Sicht des Mikrocontrollers wird das Display durch einen 32-bit-Wert repräsentiert, aufgeteilt in vier Bytes – für jeden Latch eines. Der Mikrocontroller hat im Wesentlichen die Aufgabe, diese vier Bytes im Multiplextakt an einem 8-bit-Port auszugeben und passend dazu die einzelnen Latches zu adressieren. **Tabelle 1** listet die Bedeutungen der Bits dieses 32-bit-Worts auf. Die vier niederwertigsten Bits bleiben ungenutzt. Die zugehörigen Definitionen sind in den Dateien *fv651.c* und *fv651.h* des Downloads enthalten.

Die Datenstruktur *TDispControl* fasst die erforderlichen Variablen für die Ansteuerung zusammen:

```
typedef struct {
    uint32_t data;
    uint8_t gitter;
    uint16_t anode;
} TDispControl;
```

Die Variable *data* enthält das 32-bit-Muster für die vier Latches, *gitter* ist ein Zähler für die aktuelle Displaystelle (0 bis *MAX_DIGITS*). Die Variable *anode* enthält das Bitmuster für die 17 Segmente. In der Routine *flush_VFD()* von **Listing 1** wird der

Tabelle 1. Bedeutung der 32 Bits.																																			
Byte	3							2							1							0													
Bit	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00			
Elektrode	G11...G01														P1...P17																				
Funktion	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			a	b	f	k	j	h	m	g	n	p	r	c	e	d	ungenutzt							
	Stellen (Gitter)														Segmente (Anoden)																				

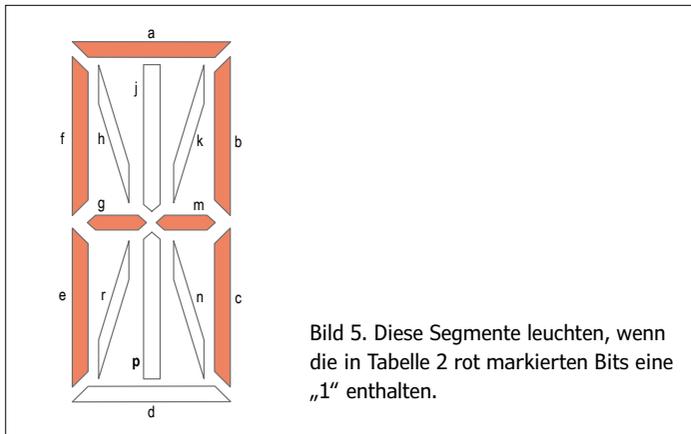


Tabelle 2. Ansteuerung der Segmente von Bild 1.

Bit	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Elektroden	P1...P17																
Segmente				a	b	f	k	j	h	m	g	n	p	r	c	e	d

Inhalt von *data* an die vier Latches übertragen.

Es werden hintereinander die vier Bytes aus dem 32-Bit-Wort ausgeschnitten und Port A zugewiesen. Port A ist mit den Latch-Eingängen verbunden. Nach jeder der vier Port-Ausgaben muss ein Impuls an den Latch-Steuereingängen generiert werden, damit der richtige Zwischenspeicher das passende Byte einliest. Die per *nop* generierte Impulsdauer beträgt 760 ns. Die Laufzeit der kompletten Funktion beträgt 9 µs bei einem Takt von 16 MHz.

ASCII-Tabelle

Bleibt die Frage, wie die Bitmuster für das anzuzeigende Zeichen in die Variable *data* kommen. Dies erledigt die Funktion *mux_VFD()*. Damit wie in **Bild 5** das Zeichen „A“ richtig auf dem Display erscheint, müssen die zugehörigen Segmente a, b, c, e, f, g und m leuchten. Es braucht also eine Zeichentabelle, mit Hilfe derer man für jedes darstellbare Zeichen die richtigen Bitmuster erhält. **Tabelle 2** zeigt dies exemplarisch für das „A“. Der sich ergebende dezimale Wert ist demnach 14.534. Die Tabelle braucht natürlich für jedes darstellbare Zeichen einen 16-bit-Wert. Solch eine Aufgabe erledigt man einfachheitshalber in Excel. Die entsprechende Tabelle befindet sich auch im Download und kann so leicht angepasst und nach Bedarf verändert werden.

Die resultierenden 16-bit-Worte werden dann im Speicher des Mikrocontrollers abgelegt und der ASCII-Code des jeweiligen Zeichens dient als Index. Da aus ökonomischen Gründen nicht alle denkbaren Zeichen in der resultierenden Tabelle enthalten sind, gibt es Lücken, die entsprechend geprüft werden müssen. Der Code der ASCII-Tabelle samt Prüf-Funktionen findet sich in **Listing 2**. Aufgerufen mit dem ASCII-Wert von „A“ = 65 greift die mittlere der drei if-Bedingungen und zurückgeliefert wird daher der Wert der Tabelle, der an der Position $65 - LUT_A + LUT_A_OFFSET = 10$ steht. Bei den Kleinbuchstaben sind einige Nullen zu sehen. Denksportaufgabe: Ergänzen Sie doch die Tabelle so, dass alle Kleinbuchstaben darstellbar sind...

Jetzt fehlt noch etwas Bitschieberei, damit die Bits auch an der gewünschten Stelle im 32-bit-Wort stehen. Die Struktur *TDispData* enthält in *digits* ein Feld mit zehn Zeichen sowie das Bitfeld *symbols*, das für jedes darstellbare Sondersymbol

Listing 1. Verarbeitung des 32-bit-Worts.

```
void flush_VFD() {
    uint8_t data;

    data = (ctrl.data & 0xFF);           //1st byte
    PORT_VFD_DATA = data;
    LE_VFD_0_ON;                         //impulse with nop =
    asm volatile („nop“);                //760ns
    LE_VFD_0_OFF;                        //measured with scope

    data = ((ctrl.data >> 8) & 0xFF);    //2nd byte
    PORT_VFD_DATA = data;
    LE_VFD_1_ON;                         //delay between 1st and 2nd impulse =
    asm volatile („nop“);                //2us
    LE_VFD_1_OFF;

    data = ((ctrl.data >> 16) & 0xFF);    //3rd byte
    PORT_VFD_DATA = data;
    LE_VFD_2_ON;                         //delay between 1st and 3rd impulse =
    asm volatile („nop“);                //4.7us
    LE_VFD_2_OFF;

    data = ((ctrl.data >> 24) & 0xFF);    //4th byte
    PORT_VFD_DATA = data;
    LE_VFD_3_ON;                         //delay between 1st and 4th impulse =
    asm volatile („nop“);                //7.5us
    LE_VFD_3_OFF;
}
```

außerhalb der zehn normalen Anzeigestellen ein Bit zur Darstellung enthält.

```
typedef struct {
    uint8_t digits[MAX_CHARS]; //pro Stelle der Anzeige
    union TSymbolssymbols; //Symbole ein- /ausschalten
} TDispData;
```

Die Funktion `mux_VFD()` wird vom Timer alle 5 ms aufgerufen. Sie liest die Zeichen aus `digits` aus, erzeugt das Bitmuster und gibt die Zeichen auf dem Display aus. Die Routine ist etwas umfangreicher, weshalb hier auf den kommentierten Code im Download verwiesen wird.

Die Variable `display` des Typs `TDispData` stellt zusammen mit

den Funktionen von **Listing 3** die Schnittstelle zur Anzeigeeinheit dar.

Zeichenausgabe

Die folgende Anweisung zeigt beispielsweise an der vierten Stelle im Display den Buchstaben „A“ an:

```
display.digits[4] = 65
```

Der Funktionsaufruf `setVFDDisplayData(4, 'A')` erledigt das gleiche, ist aber etwas übersichtlicher und führt zudem auch eine Bereichsprüfung durch. Die Funktionen zur Ansteuerung des Displays sind in den Dateien `fv651g.c` und `fv651g.h` des Down-

Listing 2. ASCII-Tabelle und Lückenprüfung.

```
uint16_t lookupVFDSegTable(uint8_t index) {
    static const flash uint16_t lookupSeg[SEGMENT_LOOKUP_TABLE_SIZE] = {
        14343, 4100, 12483, 12485, 6340, 10437, 10439, 12292, 14535, 14532, //0...9
        14534, 14535, 10243, 14343, 10435, 10434, 10375, 6342, 528, 536, //A...J
        1584, 2051, 7430, 6438, 14343, 14530, 14375, 14562, 10437, 8720, //K...T
        6151, 4388, 6190, 1320, 784, 8193, //U...Z
        103, 2247, 195, 4295, 83, 0, 0, 2130, 0, 0, //a...j
        0, 0, 0, 0, 103, 0, 0, 66, 0, 0, //k...t
        7, 36, 46, 0, 37, 73 //u...z
    };
    if (inRange(LUT_0, LUT_9, index)) {return(lookupSeg[index - LUT_0]);} //48...57
    if (inRange(LUT_A, LUT_Z, index)) {return(lookupSeg[(index - LUT_A) + LUT_A_OFFSET]);} //65...90
    if (inRange(LUT_a, LUT_a, index)) {return(lookupSeg[(index - LUT_a) + LUT_a_OFFSET]);} //97...12
    return (0);
}
```

Listing 3: Display-Schnittstelle.

```
void init_VFD(); //initialize all data structures
void mux_VFD(); //displays next digit, timer controlled

void clearVFDDisplay(uint8_t withSymbols); //clears display
    withSymbols = true //deletes all symbols
    withSymbols = false //lets symbols untouched

void clearVFDDisplayData(uint8_t index); //deletes position „index“ in display
    //0 = most right digit

void setVFDDisplayData(uint8_t index, uint8_t data); //shows „data“ on digit „index“

void setVFDDisplayText(uint8_t index, const char *data); //shows string „*data“,
    //starts @ position „index“

void setVFDdisplayInt(uint8_t index, uint8_t anzStellen, uint8_t wert);
    //shows number „wert“ with „anzStellen“
    //digits starting from righth

void clearRunText();

void setRunText( const char *data );

void tickRunText();
```

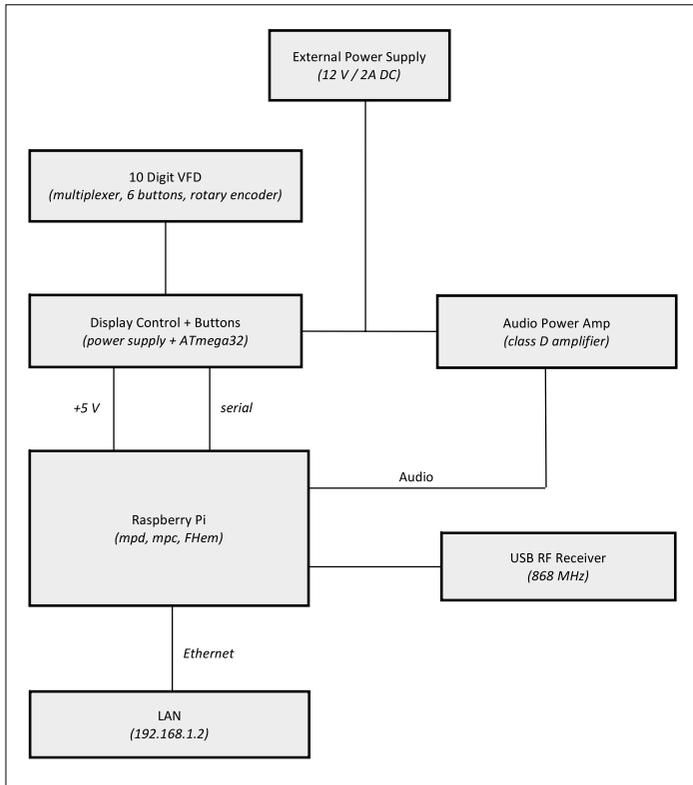


Bild 6. Blockschaltbild des gesamten Küchenradios.

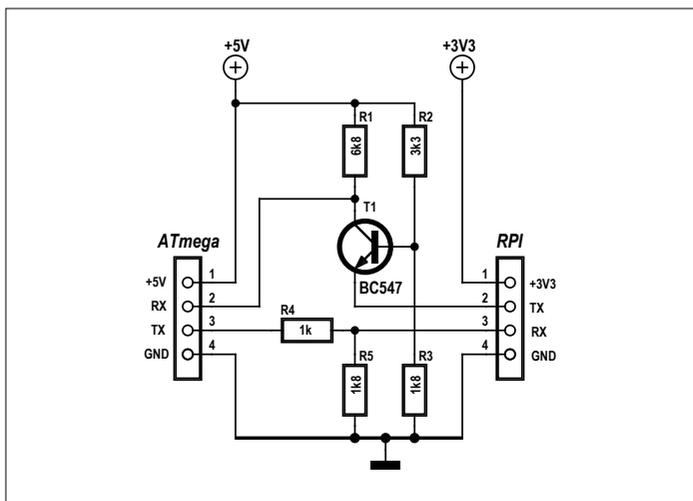


Bild 7. Pegelwandler für die serielle Schnittstelle zwischen den 5 V des ATmega und den 3,3 V des RPi.

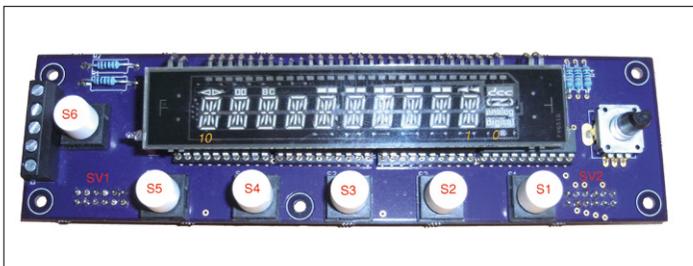


Bild 8. Muxer-Platine mit Display, Treibern, Latches, Tastern und Drehgeber.

loads enthalten. Der gesamte Quelltext steckt als Atmel-Studio-6.2-Projekt in der Datei *Software_1.zip*.

Mit dieser Firmware ist das VFD prinzipiell funktionsfähig und das schöne Display (samt der Taster für die Bedienung) des Küchenradios ist fertig. Jetzt fehlt natürlich noch der Kern des Ganzen: Das Webradio auf der Basis eines Raspberry Pi. Von dem ist in der nächsten Folge die Rede.

Webradio als Blockschaltung

Die Blockschaltung von **Bild 6** gibt einen Überblick über den Aufbau des Küchenradios. Das RPi-Board ist über eine serielle Schnittstelle mit dem ATmega verbunden. Leider arbeitet der RPi mit 3,3-V- und der ATmega mit 5-V-Pegeln. Also muss eine Pegelwandlung her (**Bild 7**). Für die Senderichtung des ATmega genügt ein einfacher Spannungsteiler aus R4 und R5. Für die Senderichtung des RPi muss man aber den Pegel anheben. Die hier gezeigte Lösung ist sehr einfach: Durch den Spannungsteiler aus R2 und R3 liegt ca. 1,8 V an der Basis von T1. Rx steuert seinen Emitter. Bei einer „1“ sperrt T1 und sein Kollektor liegt über den Pull-up-Widerstand R1 auf 5 V. Bei einer „0“ leitet T1 und sein Kollektor erzeugt einen Low-Pegel. Alternativ kann man einfach den ATmega ebenfalls mit 3,3 V versorgen und den Pegelwandler weglassen. Dann aber sollte der ATmega den Takt von einem 12-MHz-Quarz beziehen.

Platinen und Aufbau

Die erste vom Autor entwickelte Platine namens *Muxer* (**Bild 8**) enthält das Display sowie Latches, Treiber, sechs Taster und einen Drehgeber mit Taster. Die beiden Stiftleisten SV1 und SV2 werden von der Lötseite bestückt. Treiber und Latches befinden sich unter dem Display. Im Schaltplan [4] sind für SV1 und SV2 auch die verwendeten Portpins mit angegeben. Die zweite Platine (**Bild 9**) enthält die Stromversorgung und den Mikrocontroller ATmega32. Hinzu kommt eine batteriegepufferte Echtzeituhr. Die Anschlüsse der seriellen Schnittstelle sind herausgeführt. Über sie wird der ATmega32 mit dem Raspberry Pi verbunden. Beide Platinen werden nach Bestückung und Test zu einem kompakten Modul verschraubt (**Bild 10**). Dieses Modul kommt dann mit einem Raspberry Pi in ein gemeinsames Gehäuse. **Bild 11** zeigt den Prototypen, eingebaut in ein Schalengehäuse. Die Platine links wandelt die 12 V des externen Netzteils in belastbare 5 V um, mit denen auch das RPi-Board versorgt wird.

Ausblick

Man muss das Display-Modul natürlich nicht zwangsläufig für ein modernes Küchenradio mit Internetanschluss einsetzen. Man kann aber. Und wenn man das tut, dann ist die Fortset-

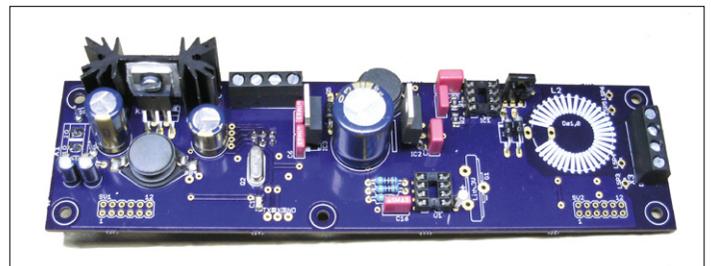


Bild 9. Teilbestückte Platine mit Stromversorgung und Controller.

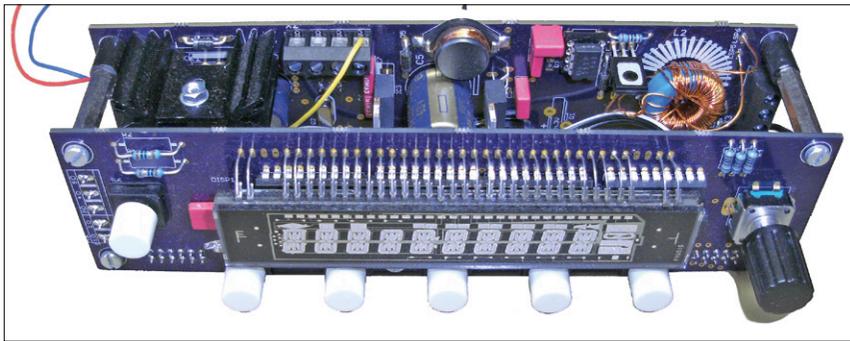


Bild 10. Sandwich-Modul aus beiden Platinen.

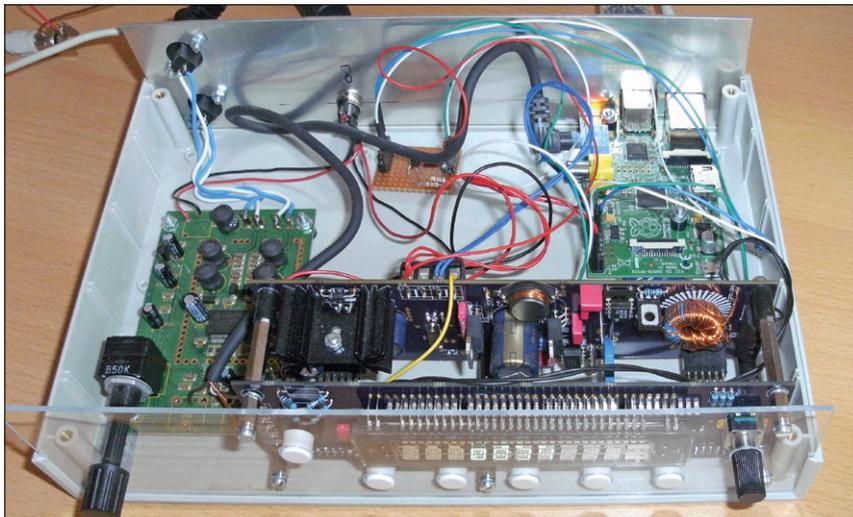


Bild 11. Fertig aufgebauter Prototyp im Schalengehäuse samt RPi und Hilfsschaltungen wie dem Pegelwandler.

zung dieses Beitrags essentiell, denn im zweiten und letzten Teil werden das Kommunikationsprotokoll und die nötige Software des RPi-basierten Web-radios beschrieben.

(150720)

Weblinks

- [1] Technik der Vakuumfluoreszenz-Anzeigen: <http://elektroniktutor.de/technologien/vfd.html>
- [2] A guide to VFD operation: www.noritake-itron.com/SubPages/ApplicNotesE/vfdoperapn.htm
- [3] Versorgung der Heizung: www.kerrywong.com/2013/06/05/vfd-filament-driver-using-555
- [4] Downloads: www.elektormagazine.de/150720

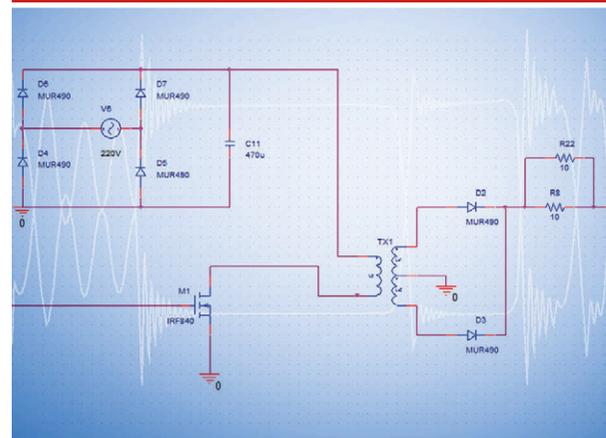
Über den Autor:

Nach einer Ausbildung zum Fernmeldehandwerker und anschließendem Fachhochschulstudium der Elektrotechnik/Nachrichtentechnik war Michael Busser etwa 20 Jahre im FTZ (Fernmeldetechnisches Zentralamt) und später bei T-Systems für verschiedene Projekte tätig. Nach einem Aufbaustudium an der TU Kaiserslautern zum Lehrer an berufsbildenden Schulen ist er seit zwei Jahren als Lehrer für Elektrotechnik und Informatik an der BBS TGHS in Bad Kreuznach tätig. Feedback und Fragen bitte an: michael.busser@t-online.de.

FlowCAD

Elektronik einfach erklärt

100+ kostenlose Video-Tutorials mit PSpice-Schaltungen zum selbst simulieren



FlowCAD stellt auf YouTube mehr als 100 Tutorials zu Grundschaltungen der Elektronik zur Verfügung.

In den Videos werden die elektronischen Schaltungen schrittweise und verständlich erklärt. Die Funktion der Schaltungen wird mit PSpice simuliert.

Alle Schaltungen stehen zum kostenlosen Download zur Verfügung und können so selbst schnell mit der PSpice LITE Version nachvollzogen werden.

Mehr Informationen unter:

[Youtube.de/FlowCAD](https://www.youtube.com/FlowCAD)

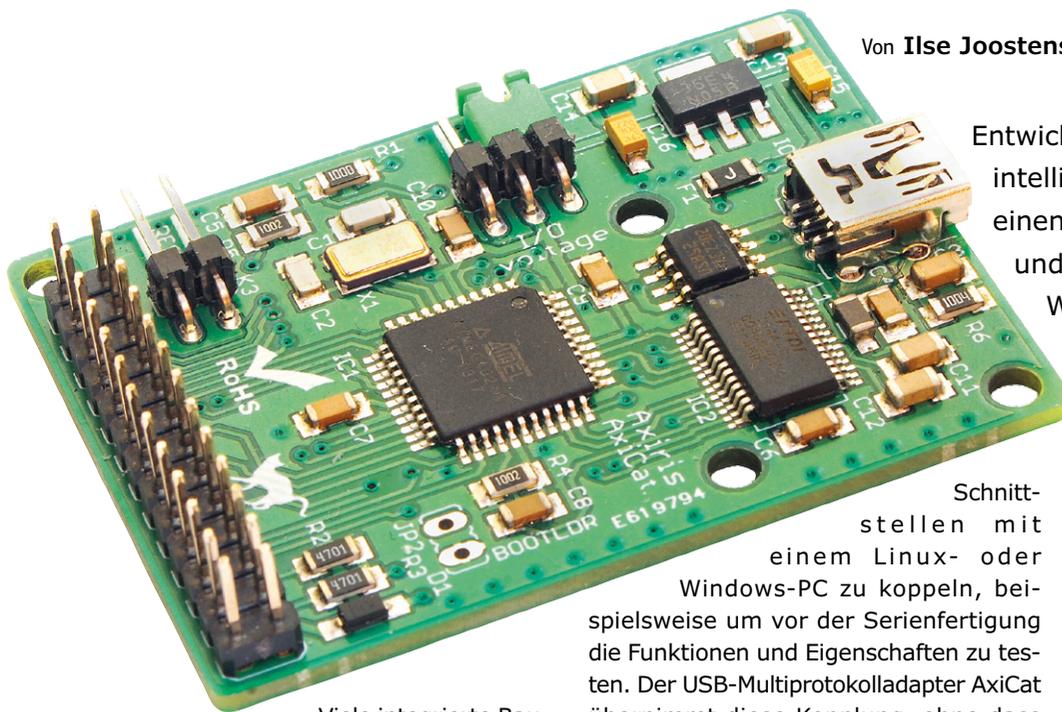
oder

www.FlowCAD.de/uni

AxiCat

Starkes USB-Entwicklungs-Tool

Von **Ilse Joostens** und **Peter S'heeren** (B)



Viele integrierte Bausteine aus den unterschiedlichsten Bereichen der Elektronik werden heute nur noch in SMD-Bauformen gefertigt. Eine Brücke von dieser Miniaturisierung zum konventionellen Schaltungsaufbau stellen die so genannten Breakout-Boards her. Damit ist die Montage auch ohne spezielle Werkstattausrüstung möglich. Die überwiegende Anzahl der Bausteine kommuniziert über I²C- oder SPI-Schnittstellen mit den umgebenden Systemen. Deshalb erscheint es zweckmäßig, Versuchsaufbauten und Prototypen über solche

Schnittstellen mit einem Linux- oder Windows-PC zu koppeln, beispielsweise um vor der Serienfertigung die Funktionen und Eigenschaften zu testen. Der USB-Multiprotokolladapter AxiCat übernimmt diese Kopplung, ohne dass eine einzige Zeile Software geschrieben werden muss.

Schaltung und Aufbau

Wichtigste Komponente der Schaltung in **Bild 1** ist IC1, ein Mikrocontroller ATmega164A von Atmel. Auch andere Mitglieder dieser Mikrocontroller-Familie wie der ATmega324A, der ATmega644A oder der ATmega1284 sind hier einsetzbar, unterschiedlich ist nur die Kapazität des internen Speichers. Im Normalfall wird der AxiCat mit dem ATmega164A oder ATme-

Entwickeln Sie Software für ein intelligentes IC und suchen Sie einen Weg, Ihren Baustein schnell und problemlos an ein Linux- oder Windows-System anzubinden? Die Suche hat ein Ende, denn hier kommt AxiCat!

ga324A ausgeliefert, dies hängt von der Verfügbarkeit ab. Mit Jumper JP1 lässt sich die Betriebsspannung des ATmega zwischen 3,3 V und 5 V umschalten. Damit der ATmega auch bei 3,3 V absolut zuverlässig arbeitet, wurde die Taktfrequenz mit 12 MHz vergleichsweise niedrig gewählt.

IC2, ein FT245RL von FTDI, stellt die USB-Verbindung her. Anders als der bekannte FT232RL ist der FT245RL nicht mit einer seriellen Schnittstelle ausgestattet, er arbeitet mit einem 8 bit breiten FIFO-Speicher. Damit wird bei 12 MHz und Full-speed-USB eine genügend hohe Übertragungsgeschwindigkeit zwischen dem USB und dem Mikrocontroller erreicht. Dass die Daten unbeschadet im FIFO des FT245RL ankommen, gewährleisten die unteren Schichten des USB-Protokolls, die für den Datenaustausch zwischen dem Treiber des Host-Systems und dem FT245RL zuständig sind. Weil so die fehlerfreie Datenübertragung gesichert ist, kann auf ein Übertragungsprokoll mit Fehlerkorrektur verzichtet werden, was sich auch günstig auf die Übertragungsgeschwindigkeit auswirkt. IC3, ein Line-Protektor USB6B1, schützt den FT245RL vor Schäden infolge statischer Ladungen (ESD) auf den USB-Datenleitungen. Der Low-drop-Spannungsregler LM1117-3.3 (IC4) stellt die Betriebsspannung 3,3 V bereit, sie liegt an GPIO-Kontaktleiste K2 ebenso wie die USB-Spannung 5 V an. Der Mikrocontroller und der I/O-Teil des FT245RL können wahlweise (umschaltbar mit JP1) an 3,3 V oder 5 V betrieben werden. Polyfuse F1 begrenzt

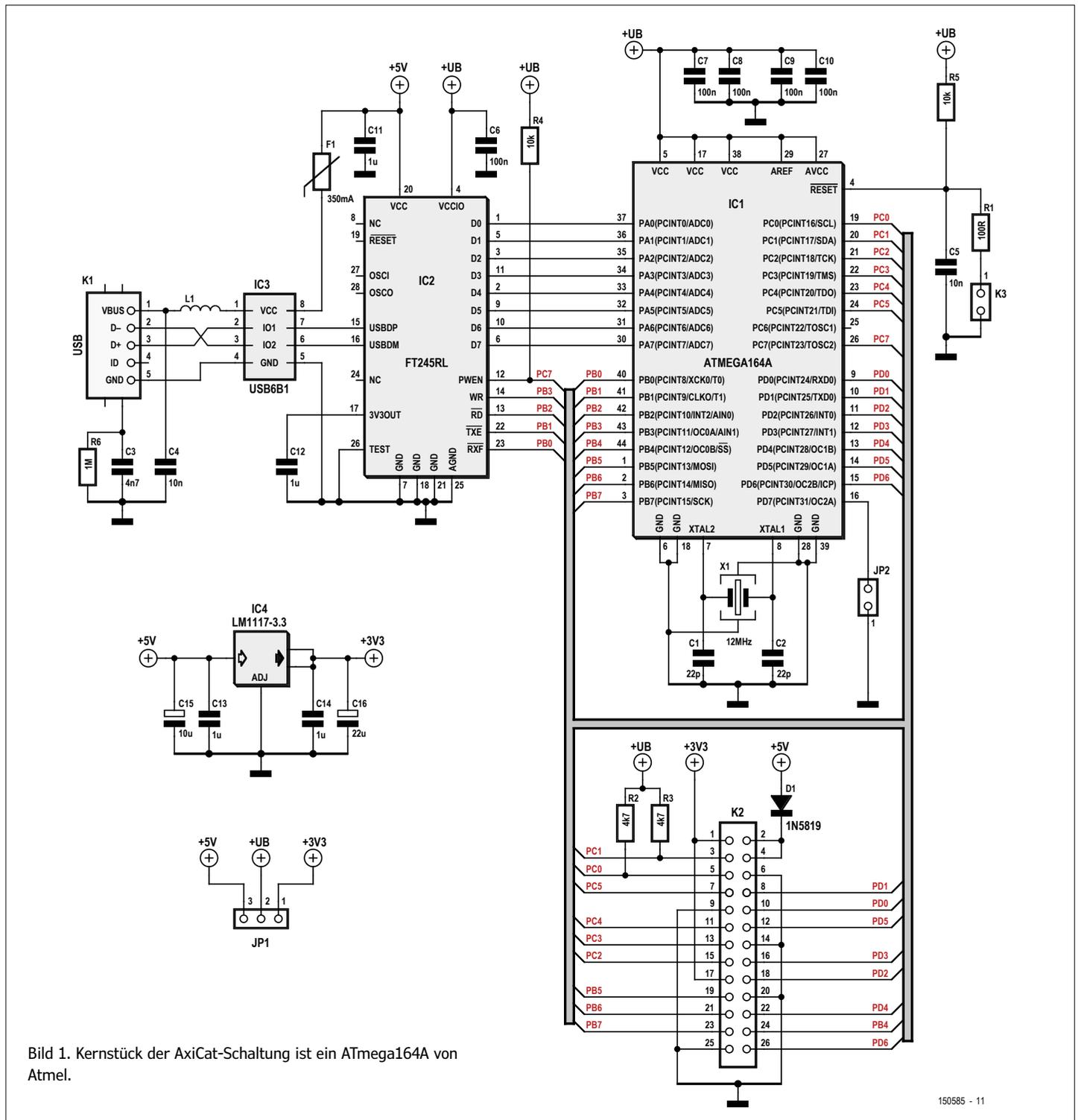
Eigenschaften

- Mikrocontroller ATmega 164A, getaktet mit 12 MHz
- Geeignet für Windows- und Linux-Systeme
- Logische Signale: 3,3 V oder 5 V wählbar
- 17 bidirektionale I/O-Leitungen mit konfigurierbaren Pullups
- I²C-Bus mit Pullup-Widerständen, Master- und Slave-Funktion, bis 400 kHz
- SPI-Master mit 4 Slave-Select-Leitungen, bis 6 MHz
- 2 unabhängige serielle Ports
- 1-Wire Master mit Strong-Pullup-Option und integrierten Akzeleratoren (Enumeration)
- Stromversorgung über USB-Bus
- Asynchrones Konzept, alle Schnittstellen sind gleichzeitig nutzbar
- Einsetzbar als In-system-Programmer für AVR Mikrocontroller
- Bootloader für Firmware-Upgrade und Upload alternativer Software
- Pin-Layout der GPIO-Kontaktleiste kompatibel mit Raspberry Pi A und B

die Stromaufnahme auf 350 mA, so dass der USB-Port nicht überlastet werden kann. Dies bedeutet, dass der gesamte, über GPIO-Kontaktleiste K2 fließende Strom (I/O-Leitungen, Betriebsspannungen 5 V und 3,3 V) unter 350 mA bleibt. Diode D1 zwischen der Leitung +5 V und den Anschlüssen 2 und 4 von K2 verhindert, dass Strom in Richtung AxiCat und USB-Port fließt. Das könnte geschehen, wenn Erweiterungen angeschlossen sind,

die einen Raspberry Pi mit Betriebsspannung versorgen. GPIO-Kontaktleiste K2 ist eine zweireihige Stiftleiste mit 2 · 13 Kontakten. Diese Kontaktleiste und die Kontaktbelegungen wurden nicht zufällig gewählt. Beides stimmt mit den GPIO-Kontaktleisten auf den älteren Modellen A und B des Raspberry Pi überein. Absicht war hier, dass Erweiterungen und HATs dieser Modelle auch zum AxiCat passen.

Dagegen sind Erweiterungen, die für die 40-polige Kontaktleiste der neueren Modelle A+, B+, 2 und 3 bestimmt sind, mit dem AxiCat nicht unmittelbar pinkompatibel. Über Steckverbinder K3 lässt sich ein Reset des AxiCat herbeiführen. Wenn hierbei Jumper JP2 geschlossen ist, wird der interne Bootlader aktiviert, so dass die Firmware des AxiCat geladen oder überschrieben werden kann.



150585 - 11

Setze GPIO Pin 1 als Ausgang, setze den Ausgang auf Low und lies den Zustand:

```
Kommando  iod 1 out
Antwort    iod ok
Kommando  iow 1 0
Antwort    iow ok
Kommando  ior 1
Antwort    ior 01 1 0 out
```

PCF2129A RTC: Aktiviere I²C Master, schreibe Register Index 0, lies Register 0...9:

```
Kommando  ime
Antwort    ime ok
Kommando  imw 81 0
Antwort    imw 081 00001 ack
Kommando  imr 81 10
Antwort    imr 081 08h 16h 04h
30h 22h 16h 06h 00h 08h 16h nack
```

Aktiviere SPI Master, transferiere 4 Bytes und benutze Slave Select 2:

```
Kommando  sme
Antwort    sme ok
Kommando  smt 2 0FFh 0FFh 10100b 5
Antwort    smt 2 000 255 032 005
```

Das Format der in den Antworten stehenden Zahlenwerte ist variierbar. Zur Auswahl stehen das binäre, das dezimale und das hexadezimale Format, mit oder ohne vorangestellte Nullen.

Das Kommunikationsprotokoll läuft vollständig asynchron ab, so dass der Client nicht auf eine Antwort warten muss, bevor er das nächste Kommando sendet. Ein Client kann mehrere Kommandos unmittelbar aufeinander folgend senden, was die Effizienz deutlich erhöht. Optional kann jedem Kommando eine Identifikationsnummer beigefügt werden, zusammen mit der Antwort wird sie zurückgesendet.

Der Server stellt für beide UARTs die Option bereit, Daten unmittelbar vom UART zu einem Netzwerkport zu übertragen. Mit dieser Option und einem Terminalprogramm wie *PuTTY* können Daten über den UART ohne Umweg geschrieben und gelesen werden.

AxiCat Application Layer ist ein Modul, das ein C-API oberhalb des seriellen Protokolls bietet. Das C-API unterstützt die volle Funktionalität des seriellen Protokolls einschließlich asynchroner Transfers, so dass der Programmierer die Schnittstellen des AxiCat optimal parallel nutzen kann. Der Quellcode des AxiCat Servers gibt einen umfassenden Einblick in die Handhabung des C-API. Das Modul ist in

mehrere Programme eingebunden: *AxiCat Server*, *AxiCat AVR ISP*, *I/O Card Explorer* und *1-Wire Automation Server*.

Das Programm *AxiCat AVR ISP* verwandelt den AxiCat in einen In-system-Programmer für 8-bit-AVR-Mikrocontroller. Programmiert werden können Flash-Speicher, EEPROM und Fuse-Bits, das Programm kann Intel-Hex- und Raw-Dateien lesen.

AVR ISP arbeitet mit einem SPI-Bus und einer Reset-Leitung, jedoch ohne Slave Select. Der SPI-Bus des AxiCat wird mit dem Mikrocontroller verbunden, eine GPIO-Leitung nach Wahl wird an die Reset-Leitung des Mikrocontrollers gelegt. Ein Beispiel ist in **Bild 3** dargestellt.

Das Tool *AxiCat Command Line* setzt Text-Kommandos in Byte-Pakete um und übergibt sie dem AxiCat. Das Tool ist hauptsächlich dafür gedacht, das Hauptprogramm des AxiCat zu entwickeln und zu debuggen. Dem AxiCat können auch ungültige Pakete übergeben werden, wenn die Integrität der entwickelten Software getestet werden soll. Auch zum Studium des seriellen Protokolls kann das Tool dienlich sein.

Zum Schluss

Im Elektor-Labor wird der AxiCat überwiegend zum Entwickeln und Testen der Software von Erweiterungen eingesetzt, die für den Raspberry Pi (Swiss Pi und PiWire+) bestimmt sind. Das Erstellen und Debuggen von Software in der Sprache C lässt sich auf einem PC schneller und bequemer bewerkstelligen als auf einem Raspberry Pi. Anschließend wird der Quellcode auf einem Raspberry Pi kompiliert und getestet.

Der AxiCat wurde in das Angebot des Elektor-Shops [2] aufgenommen, er ist dort als funktionsfähiges Modul erhältlich. Weitere Informationen sowie sämtliche AxiCat-Software stehen auf der Website von Axiris [3] bereit. ◀

(150585)gd

Weblinks

- [1] Software-Download: www.elektormagazine.de/150585
- [2] AxiCat im Elektor-Shop: www.elektor.de/150585
- [3] Ergänzende Informationen und Software: www.axiris.eu/en/index.php/i-o-cards/axicat

Stückliste

Widerstände:

(SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)
 R1 = 100 Ω
 R2,R3 = 4k7
 R4,R5 = 10 k
 R6 = 1 M

Kondensatoren:

(SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)
 C1,C2 = 22 p
 C3 = 4n7
 C4,C5 = 10 n
 C6...C10 = 100 n
 C11...C14 = 1 μ
 C15 = 10 μ, 10 V, Tantal, Case A
 C16 = 22 μ, 10 V, Tantal, Case A

Induktivität:

L1 = Ferrit-Perle 3 A (Farnell 1653393)

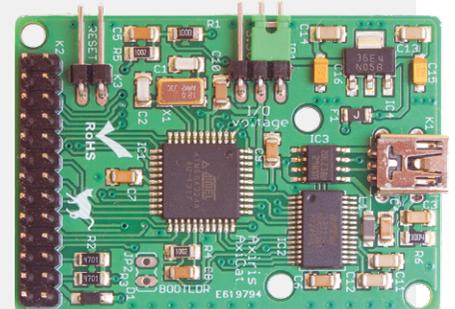
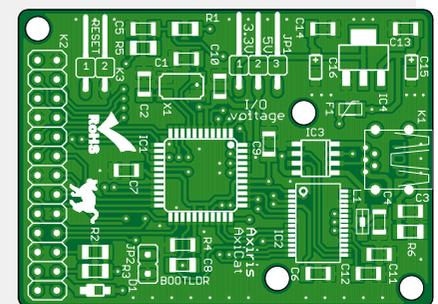
Halbleiter:

D1 = Schottky-Diode, 1N5819, 1 A, 40 V, SOD123
 IC1 = ATmega164A-AU*
 IC2 = FT245RL
 IC3 = USB6B1
 IC4 = LM1117IMP-3.3

Außerdem:

F1 = Polyfuse 350 mA, SMD 1206
 JP1 = Stiftleiste 3-polig, abgewinkelt, RM 2,54 mm, mit Jumper
 K1 = USB Mini-Buchse, Typ B
 K2 = Stiftleiste 2 · 13-polig, RM 2,54 mm
 K3 = Stiftleiste 2-polig, abgewinkelt, RM 2,54 mm, mit Jumper
 X1 = Quarz 12 MHz

*siehe Text





Willkommen in Ihrem **E-SHOP**

ELEKTOR EMPFIEHLT



TAPIR – E-Smog-Detektor

TAPIR ist nicht nur ein „Totally Archaic but Practical Interceptor of Radiation“, sondern auch ein prima Fun-Projekt, bei dem man sehr gut das Lötten von SMDs üben kann. Wenn man der Aufbauanleitung genau folgt, kann man erleben, wie einfach das Bestücken von SMDs sein kann. Mehr als 1.000 verkaufte Bausätze ohne eine Reklamation sprechen eine deutliche Sprache.

Nach erfolgreichem Zusammenbau hat man einen informativen und portablen Elektromog-

Tester in der Hand, mit dem man sehr gut elektromagnetische und elektrische Felder detektieren kann. Man kann damit im wahrsten Sinne des Wortes hören, ob das Smartphone gerade „schläft“ oder doch etwas tut. Und in der Nähe Ihres Laptops werden Sie erstaunt sein, welche Felder hier alles abgestrahlt werden. Doch nicht nur das: TAPIR eignet sich auch dazu, professionell gebaute Projekte auf potentielle EMC-Lecks zu untersuchen.

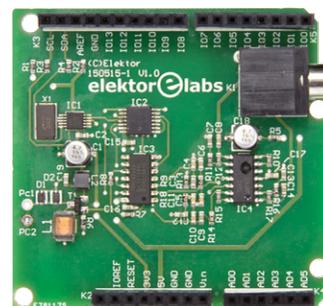
Thijs Beckers
(Elektor-Redaktion)

www.elektor.de/tapir



Elektor-Bestseller

1. Elektor SDR Reloaded
www.elektor.de/sdr-reloaded



2. BBC micro:bit
www.elektor.de/bbc-micro-bit

3. Elektor Uno R4
www.elektor.de/elektor-uno-r4

4. Make Arduino-Special inkl. Arduino Uno
www.elektor.de/make-arduino-special

5. Photovoltaik für Quereinsteiger
www.elektor.de/photovoltaik-quereinsteiger

6. Red Pitaya for Test & Measurement
www.elektor.de/red-pitaya-book

Digitale Systeme mit FPGAs entwickeln

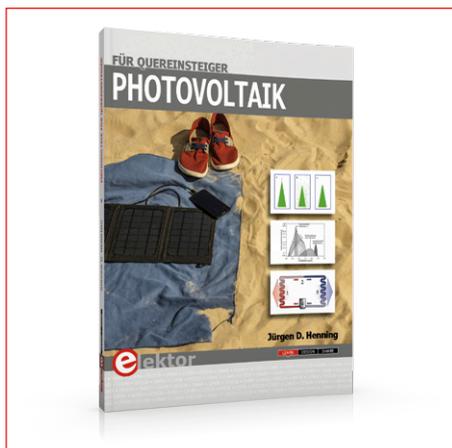


FPGAs sind Standard-ICs, die dem Anwender die Konfiguration von Hardwarestrukturen ermöglichen. Mit FPGAs ist die Umsetzung digitaler Systeme ab Stückzahl eins machbar. Durch die Verfügbarkeit kostenloser Lizenzen und preiswerter Entwicklungsboards ist die finanzielle Einstiegsschwelle in diese Technik niedrig. Bei der Überwindung der fachlichen Schwelle hilft dieser 6-teilige Kurs.

Mitgliederpreis: 49,00 €

www.elektor.de/digitale-systeme-fpga

Photovoltaik für Quereinsteiger



In seinem leidenschaftlichen Plädoyer für die Nutzung von Sonnenenergie wendet sich der Autor an technisch nicht versierte Leser. Das Buch erklärt, wie man zu marktüblichen Preisen Anlagen bauen kann, die zu unschlagbaren Niedrigpreisen Strom liefern können. Es wird erläutert, wie man Anlagen abhängig vom Standort kalkulieren muss. Dabei beleuchtet der Autor in leicht verständlichen Worten die physikalischen Grundlagen.

Mitgliederpreis: 27,50 €

www.elektor.de/photovoltaik-quereinsteiger

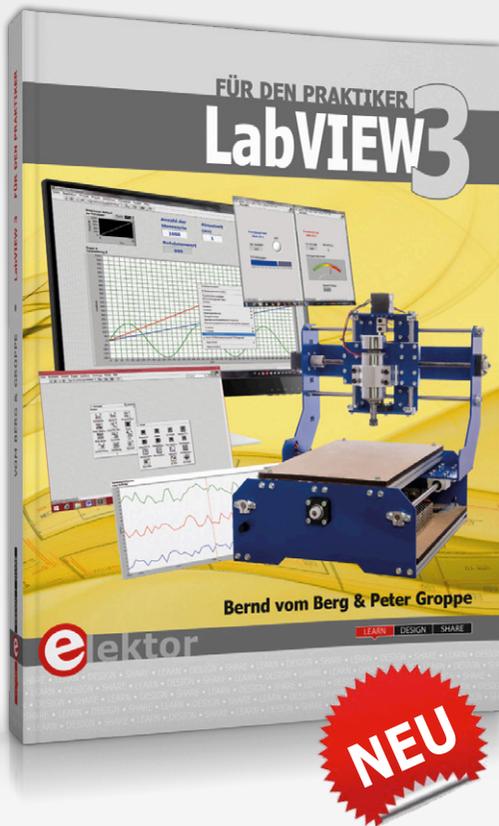
Elektor-DVD 2010-2014



Diese DVD-ROM enthält alle Elektor-Ausgaben der Jahrgänge 2010 bis 2014 im PDF-Format. Die Fachzeitschrift Elektor vermittelt ihren Lesern moderne Elektronik und Computertechnik durch die Veröffentlichung nachbarsicherer, professionell konzipierter Schaltungen. Sie informiert über technologische und marktrelevante Entwicklungen sowie über neue Produkte und Techniken.

Mitgliederpreis: 62,10 €

www.elektor.de/2010-2014

**NEU**

Nachdem in den Bänden *LabVIEW 1* und *LabVIEW 2* zur Einführung in LabVIEW ein breit gefächertes und solides Grundlagenwissen vermittelt wurde, stehen mit *LabVIEW 3* fortgeschrittene Programmier Techniken auf dem Programm.

Die Entwicklung eigener Sub-VIs (Unterprogramme), das Arbeiten mit Schieberegistern und Zustandsautomaten und die Ereignisgesteuerte Programmierung stellen die Schwerpunkte des dritten Bandes dar.

Abgerundet wird der Inhalt dieses Bandes durch Betrachtungen zu globalen Variablen. Alle im Buch entwickelten VIs sind frei vom Elektor-Server downloadbar. Ebenso steht dort ein Bonuskapitel zum freien Download zur Verfügung, in dem es um die komplette Steuerung von VIs über das Internet geht.

LabVIEW 3**NEU!**

Fortgeschrittene Programmier Techniken für den Praktiker

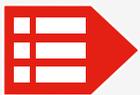
NEU!**BBC micro:bit**

Kleines Mikrocontroller-Board mit mehreren Sensoren

Neuigkeiten & Angebote aus erster Hand

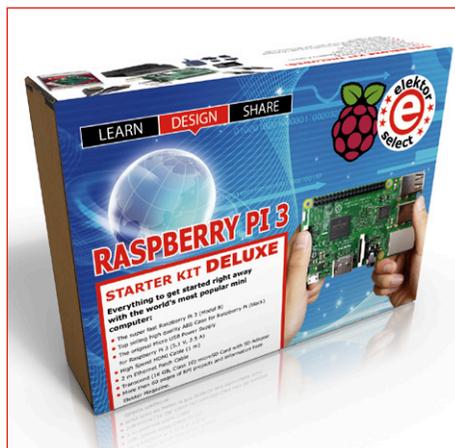
Elektor-Newsletter jetzt abonnieren:

www.elektor.de/newsletter



Mitgliederpreis: 34,80 € (frei Haus)

www.elektor.de/labview-3

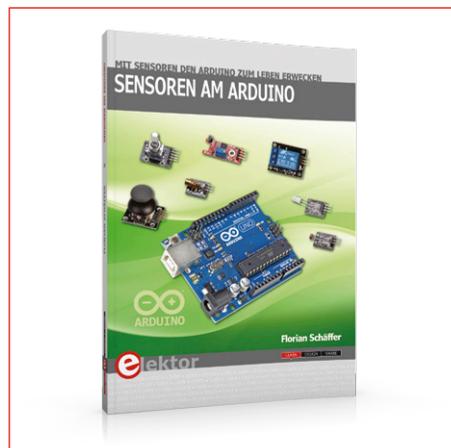
Raspberry Pi 3 Starterkit (Deluxe)**Sensoren am Arduino****Elektor SDR Reloaded**

Dieses besondere Raspberry Pi 3-Starterkit (Deluxe) enthält alles, um mit dem weltweit populärsten Mini-Computer direkt loszulegen: Raspberry Pi 3 (Mod. B) • High Quality Kunststoff-Gehäuse für Raspberry Pi (schwarz) • Offizielles Micro-USB-Netzteil für den Raspberry Pi 3 (5,1 V | 2,5 A) • High Speed HDMI-Kabel (1 m) • Patchkabel Cat.5e (2 m) • Transcend (16 GB, Class 10) microSD-Karte mit SD-Adapter (NOOBS vorinstalliert)



Mitgliederpreis: 80,96 €

www.elektor.de/rpi-3-kit-deluxe



Mit einem Arduino-Board ohne zusätzliche Sensoren kann man nicht viel anfangen. Dieses Buch richtet sich an jeden, der seinem Arduino-Uno-Board mit Hilfe von zahlreichen Sensoren Leben einhauchen möchte. Wie das geht, zeigt der Autor Schritt für Schritt mit zahlreichen Abbildungen, und das in einer leicht verständlichen Sprache.



Mitgliederpreis: 27,50 €

www.elektor.de/sensoren-am-arduino



Dieser Arduino-Shield ist ein Remake des erfolgreichen SDR-Projekts aus dem Jahre 2007. Ein Software Defined Radio ist in der HF-Community ein populäres Allzweckwerkzeug, mit dem man auch sehr gut Messungen durchführen kann. Die Eigenschaften des Empfängers werden durch die Software definiert. Durch die Auslegung als Shield hat man nun die Möglichkeit, ein SDR mit Arduino zu betreiben.



Mitgliederpreis: 26,96 €

www.elektor.de/sdr-reloaded

Treten Sie der Elektor-Community bei! Jetzt GOLD-Mitglied werden!



- ### GOLD-Mitgliedschaft
- ✓ 10x Elektor jährlich (Print)
 - ✓ 10x Elektor jährlich (Digital)
 - ✓ Zugang zum Elektor-Archiv (mit über 16 Jahrgängen)
 - ✓ Zugriff auf über 750 Labs-Projekte
 - ✓ Zugriff auf über 750 Labs-Projekte
 - ✓ Elektor-Jahrgangs-DVD
 - ✓ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
 - ✓ Exklusive Top-Angebote

- ### GREEN-Mitgliedschaft
- ✓ 10x Elektor jährlich (Digital)
 - ✓ Zugang zum Elektor-Archiv (mit über 16 Jahrgängen)
 - ✓ Zugriff auf über 750 Labs-Projekte
 - ✓ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
 - ✓ Exklusive Top-Angebote

Ebenfalls erhältlich:

Die papierlose GREEN-Mitgliedschaft!

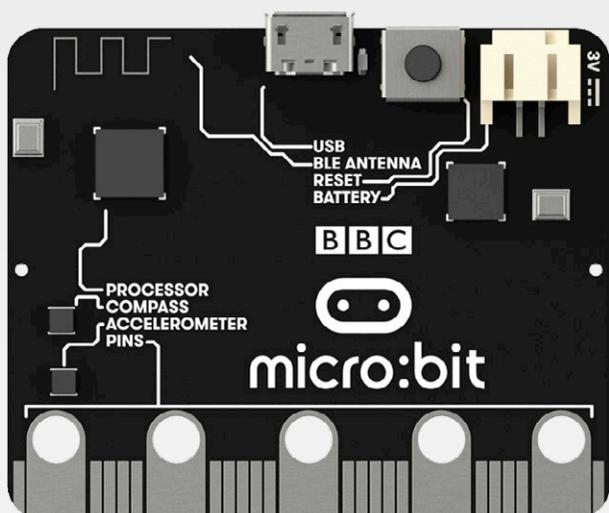
www.elektor.de/mitglied



SEITE SCANNEN UND VIDEO ANSCHAUEN

- 1 
„Layar“-App gratis herunterladen
- 2 
Diese Seite scannen
- 3 
Interaktiven Inhalt entdecken





BBC micro:bit

BBC micro:bit ist eine kleine, programmierbare Mehrzweckplatine, bei der man z. B. bestimmte Leuchtmuster mit einer Matrix aus 5x5 LEDs erzeugen kann. Mit der leicht verständlichen Anleitung zur Programmierung kann man das Board einfach einschalten und damit interessante neue Ideen umsetzen. BBC micro:bit ist eine Kombination aus einem kleinen Mikrocontroller-

LabVIEW 3

NEU!

Fortgeschrittene Programmier-techniken für den Praktiker

NEU!**BBC micro:bit**

Kleines Mikrocontroller-Board mit mehreren Sensoren

Elektor-Shop

Das gesamte Elektor-Sortiment finden Sie auf www.elektor.de.

Board mit mehreren Sensoren und einer Website mit Programmiersprachen und Beispielen, welche die eigene Kreativität unterstützt. Man kann damit ganz eigene Spielideen umsetzen oder auch Messaufgaben erledigen – es gibt endlose Möglichkeiten. Das Board ist frei programmierbar und Dank der einfach zu nutzenden Software auf www.microbit.co.uk auch vom PC, Tablet oder Smartphone ansprechbar.



Mitgliederpreis: 15,26 €

www.elektor.de/bbc-micro-bit

Red Pitaya for Test & Measurement

Apps für Elektroniker

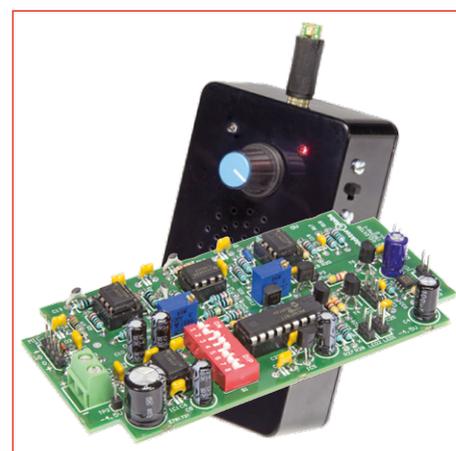
Fledermaus-DetektorPLUS



Red Pitaya ist ein Open-Source Test- und Mess-Board im Kreditkartenformat, das die meisten Messgeräte in einem Elektronik-Labor sehr gut ersetzen kann. Ein einziger Klick verwandelt das Board in ein Web-basiertes Oszilloskop, einen Spektrum-Analyser, einen Signalgenerator, ein LCR-Meter, einen Bode-Plotter oder einen Mikrocontroller. Dieses Buch beschreibt die Prinzipien und die Anwendung grundlegender Elektronik durch echte Experimente mit Hilfe des Red Pitaya.

 Mitgliederpreis: 31,46 €


Apps für Smartphones gehören mittlerweile vollkommen selbstverständlich zum Alltag und sind in täglich wachsender Zahl in den entsprechenden Stores kostenlos oder für wenig Geld zu haben. Dieses Buch veranschaulicht anhand verschiedener Beispiele, wie man eigene Apps programmieren kann, um damit gekaufte oder selbst gebaute Elektronik auf unterschiedlichen Wegen anzusprechen.

 Mitgliederpreis: 34,80 €


Anders als viele andere Projekte in diesem Bereich verfügt dieser Fledermaus-Detektor sowohl über Frequenzteilung als auch über eine Amplitudenrekonstruktion! Diese Schaltung verwendet aufgrund der hohen Empfindlichkeit im Ultraschallbereich ein MEMS-Mikrofon. Der Detektor versorgt den Lautsprecher mit einem Sinus-Signal, das mit der originalen Amplitude moduliert werden kann.

 Mitgliederpreis: 62,96 €
www.elektor.de/red-pitaya-bookwww.elektor.de/apps-fuer-elektronikerwww.elektor.de/150346-71



DON'T WORRY **BE TEKKIE**

Tell us your story and explore how
Conrad Tekkies gonna help you!

 <http://electronica.conrad.de>

LET'S SHAPE **THE FUTURE!**

08.11.2016, hall A5, booth 462

 **electronica** 2016
inside tomorrow

**CONRAD**
Business Supplies

Willkommen bei **SHARE**



Von **Thijs Beckers** (Elektor NL)

Community building

Mit unserem wöchentlichen E-Zine wollen wir Sie darüber auf dem Laufenden halten, was in der Elektronik und angrenzenden Terrain aktuell so läuft. Für einige von uns ist es schon Passion, die Webseiten von Industrie, Forschung und Handel zu durchforsten, und auch auf dem Weg der E-Mail erreichen uns oft wertvolle Informationen. Kollege René Bohne begibt sich sogar regelmäßig in die Communities der Maker-Szene oder anderer schöpferischer Gemeinschaften.

René hat kürzlich seinen Arbeitsplatz im Berliner „FabLab“ in einem Video bei YouTube [1] vorgestellt. Von dort hat er den Durchblick über die Ins und Outs, über die Trends und Mainstreams, und natürlich über das, was sich in der Ideenschmiede „FabLab“ tut. René ist informiert, wenn dort ein innovatives, geniales, bahnbrechendes, witziges oder auch unnützes Projekt läuft.



Was Elektor betrifft, ist René unser Mann, der die deutschsprachigen YouTube-Kanäle koordiniert und betreut. Dort teilen wir zum Beispiel unseren kostenfreien FPGA-Kurs mit jedem, der uns besucht. Die Sprache ist Deutsch, doch natürlich haben wir auch einen englischsprachigen Kanal. Auf YouTube finden Sie bei Elektor informative Hintergrundinformationen, Berichte über unsere Projekte sowie einen bunten Strauß aus Reviews, Interviews und Seminaren, die wir ebenfalls mit Ihnen teilen möchten. Sie haben unsere Zeitschrift und Elektors E-Zine schon ausgelesen? Dann schauen Sie doch bei YouTube herein! ◀



Video „FabLab Berlin“ bei YouTube: <https://youtu.be/P7aFOLD12Qw>

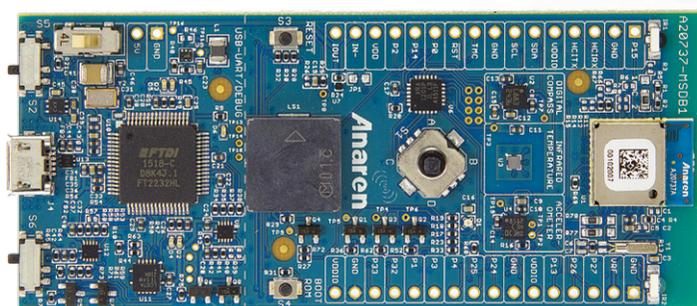
(160140)gd

Anaren Bluetooth Smart Development Kit

Von Jan Buiting



Wer noch keins hat oder wem es bisher zu teuer war, sich eines dieser schicken Development Kits von einer der im Bereich Mikrocontroller aktiven Firmen zuzulegen, der mache sich auf zur „Embedded World 2017“ nach Nürnberg. Auf

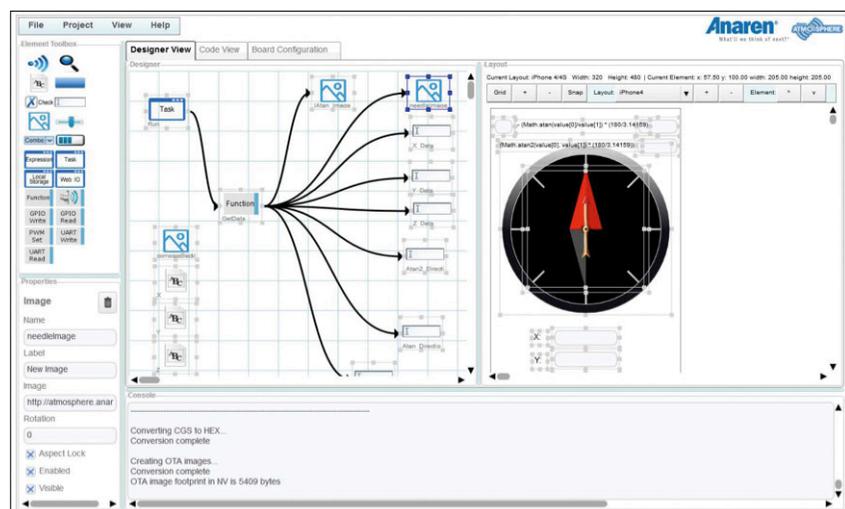


1

dieser Messe gilt negative Logik, denn es ist hier schwierig, **kein** solches Entwicklungs-Kit zu bekommen. Wahrnehmung und Inputs müssen permanent eine logische NOT-Funktion ausführen, da Horden junger Menschen an den vielen Ständen dafür bezahlt werden, Ihnen eines oder gar zwei dieser kleinen Boards zustecken, auch wenn Sie noch so unauffällig am Stand vorbeihuschen wollen.

Broadcom

Ehrlicherweise wurde ich erst durch das Wort Broadcom auf das Dev-Kit von Anaren aufmerksam. Hinzu kam eine tolle Demo von Mark Bowyer. Broadcom ist die Firma, die sich in die Herzen der Programmierer-Generation schlich, indem sie rund eine Million fette Controller-ICs gesponsert hat, damit sie auf den Raspberry-Pi-Boards von Eben Upton Dienst tun - denn zuvor brachte man Broadcom eher mit billigen Routern oder langweiligen Servern und sonstigen IT-Produkten für OEMs in Verbindung. Das war clever - willkommen in der Maker-Szene!



2

Außen klein – innen hui!

Das Dev-Kit von Anaren basiert auf dem Smart-BLE-Modul BCM20732 WICED von Broadcom. Dabei handelt es sich um ein SoC auf Basis eines ARM Cortex M3. Das war die Gelegenheit für mich als Mitglied der untergehenden 8-bit-Welt, sich einmal mit der ARM-Programmierung zu beschäf-

tigen. Doch es wird noch besser: WICED SMART ist eine Art Kabel-Ersatz durch Bluetooth! Und Bluetooth war mir schon immer sympathisch.

Also lag ein solches Kit auf meinem Schreibtisch und drohte mit einer steilen Lernkurve für die Kombination von ARM mit Bluetooth LE. Alles in allem gibt es sowas für unter 40 € von Digikey und demnächst für noch weniger von Elektor (siehe unsere Shop-Webseite). Zur Hardware: Das kleine Board im Kit (1) legt den Schwerpunkt auf Sensoren und Aktoren, also auf Kontakt zur physikalischen Welt:

- Accelerometer,
- Magnetometer,
- IR-Temperatursensor,
- Buzzer,
- RGB-LED und
- Taster zur Navigation.

Hinzu kommen natürlich noch Komponenten wie das BLE-Modul und die Hardware zur Programmierung. Auf der Rückseite gibt es einen Halter für eine optionale Knopfzelle zur Datenerhaltung sowie zwei 16-polige Stiftleisten zum Anschluss externer Hardware.

Zusätzlich braucht es natürlich noch einen PC (mit USB und Internet-Zugang) und ein iPhone, Android-Smartphone oder Tablet (mit Bluetooth 4). Dass auch ein Lötkolben hilfreich ist, braucht man Elektor-Lesern ja nicht zu erklären ;-).

Atmosphärisches

Der Einstieg und die Registrierung auf der „Atmosphäre“-Plattform von Anaren ist simpel. Dort trifft man auf den Geist der Community, unterstützt von einem hilfreichen Wiki- und FAQ-Teil. Eine Demo half mir, die RGB-LED per Bluetooth unter die Kontrolle von drei Farb-Slidern auf meinem Samsung-Smartphone zu bringen. Solche Apps kann man mit Drag&Drop auf dem PC-Bildschirm zusammenbauen. Das Atmosphere-Tool generiert Code automatisch und hilft dem Anfänger über die größten Fehler hinweg.

Wenn man sich an das „Zeichnen“ auf dem PC-Bildschirm (2) gewöhnt hat, kann man das Anaren-Modul mit der Firmware (3) versehen. Mit Hilfe des PCs zeichnet und debugged man seine App und hat sogar eine Vorschau. Die Firmware gelangt dann via FTDI-USB-Adapter auf das Board. Beim Smartphone geht das magischer, denn es empfängt die eigene App per Funk und man kann sie sofort verwenden. Und wenn die Farben nicht gefallen, geht man einfach schnell zu Atmosphere, ändert sie, fügt vielleicht noch den Buzzer hinzu, sichert, macht einen Upload und schon kann man die Änderung testen.

Leistung

Anaren bemüht sich in der Doku redlich, Einsteiger zu eigenen Entwicklungen zu animieren. Für meine Begriffe bleiben sie dabei allzu beschei-

den. Ich fand das Kit toll, da ich mich als Anfänger weder mit BLE oder ARM noch mit der App-Erstellung auskenne. All die Probleme, die zuerst vor meinem geistigen Auge auftauchten, blieben einfach weg. Dank dieses Kits war BLE so „transparent“ für mich, dass es bei der Programmierung fast unsichtbar war (weit mehr als beim BL600 von Elektor). Die ARM-Programmierung beschränkte sich auf das Verschieben von Elementen aus der Library auf das Arbeitsblatt und dem Ausprobieren, was dann passiert (alles verlief weit simpler als beim ARM-Programmier-Kurs von Elektor).

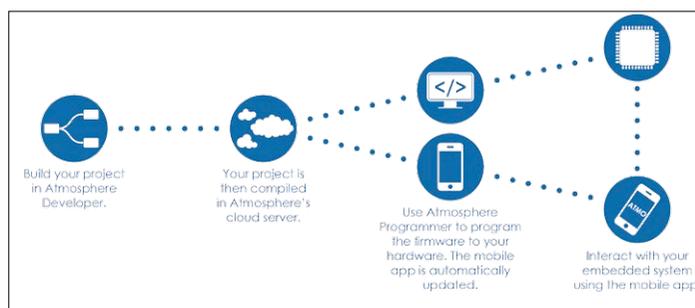
Mehr Atmosphäre

Kleine Kritikpunkte möchte ich aber nicht verschweigen. Ich würde vorschlagen, dass die Library der „control elements“ in Atmosphäre für die App auch die Erweiterungsmöglichkeiten umfasst. Außerdem ist die grafische Darstellung des Arbeitsblattes suboptimal (4).

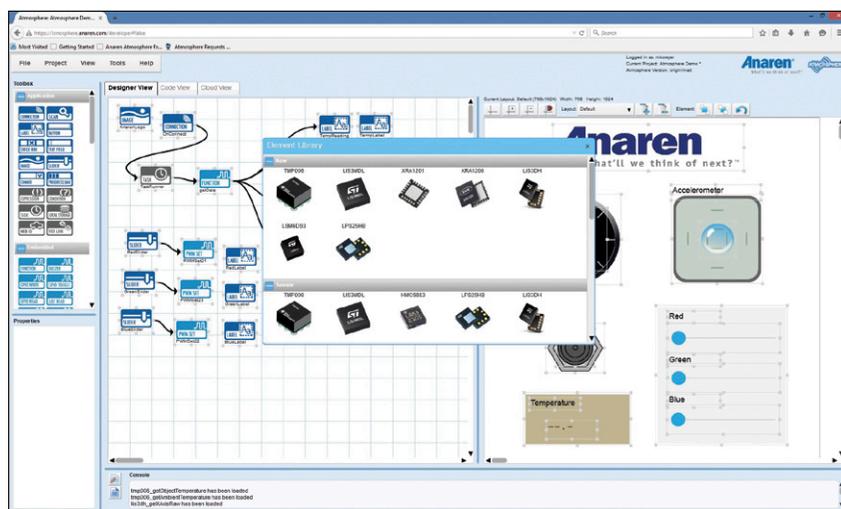
Fazit: Für ein paar Euro erhält man von Digikey (oder für noch weniger Euro von Elektor) ein extrem flexibles Board mit ARM-SoC und BLE-Hardware. Außerdem ist die Software wirklich soft und überhaupt nicht stachelig, denn selbst der Bau von Apps ist simpel. Das Kit ist in meinen Augen richtig top.

(160195)

Demo-Video des Bluetooth Smart Development Kit von Anaren: <https://youtu.be/sjDn-6S0NKw>



3



4

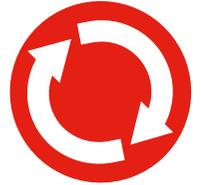
UART/RS232-Datalogger

Elektor 04/2015, S.38 (140126)

Es gibt eine neue Softwareversion für den Datalogger: In der Version 1.1. kann nun die Anzahl der Stoppbits gewählt werden (1 oder 2); das Parity-Bit lässt sich ebenfalls verändern (gerade, ungerade oder keins). Um die Anzahl der Stoppbits zu ändern, verwendet man das Kommando „q“ oder „Q“ und für das Parity-Bit „p“ oder „P“

Projekt 2.0

Korrekturen, Updates, Leserbriefe



LED-Leuchtstofflampen-Ersatz

Elektor 01-02/2014, S.108 (130403) und
Mailbox in Elektor 03/2014, S. 12

1. Gelöstes Problem bei angeschlagenem konventionellem Vorschaltgerät

In der Tanzschule, deren Räume ich betreue, sind zur Beleuchtung mehrere 150 cm lange Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät - d.h. einer Vorschalt-drossel - installiert. Nun kam es ab und zu vor, dass auch neue Leuchtstoffröhren nicht mehr zünden. Ich vermute, dass die Vorschalt-drosseln infolge thermischer Alterung einen Windungsschluss entwickelten und deshalb die Zündspannung nicht mehr ausreicht. Versuchsweise baute ich in eine solche Leuchte eine LED-Röhre ein, um mir den Austausch der kompletten Leuchte zu ersparen - und das funktioniert einwandfrei!

2. Wirtschaftlichkeit

Bei uns im Baumarkt kostet eine LED-Röhre knapp dreimal so viel wie eine konventionelle Leuchtstoffröhre mit Starter. Eine komplette, konventionelle Ersatzleuchte ist etwa zum gleichen Preis wie die LED-Röhre zu haben. Nun hat aber eine LED-Röhre gemäß Herstellerangabe etwa die dreifache Lebensdauer einer Leuchtstoffröhre, so sind die Kosten mehr oder weniger identisch. Unter dem Strich liegt die LED-Röhre klar vorn, denn der Stromverbrauch der LED-Röhre beträgt weniger als die Hälfte desjenigen der Leuchtstoffröhre.

3. Anschlussbelegung der LED-Ersatzröhren

In der Mailbox erwähnt Herr Scherer, dass es LED-Ersatzröhren mit unterschiedlicher Belegung der Anschlüsse gibt - entweder mit je zwei kurzgeschlossenen Anschlussstiften an jedem Ende und der LED-Treiberelektronik dazwischen, oder mit der LED-Treiberelektronik an den Stiften an einem Ende und einem Kurzschluss zwischen den Stiften am anderen Ende. Im zweiten Fall - ich stieß bisher nur auf LED-Ersatzröhren, die dem entsprechen - wird ein kurzgeschlossener Pseudostarter mit der Röhre geliefert, wie im ursprünglichen Artikel erwähnt. Im ersten Fall hingegen darf man bei der üblichen Verdrahtung der Leuchte weder einen Starter noch einen Pseudostarter einsetzen. In diesem Fall ist aber auch bestimmt kein Starter im Lieferumfang enthalten. Wenn dieses Kriterium zur Unterscheidung nicht reicht, kann sich der Elektroniker natürlich auch ganz einfach mit dem Ohmmeter oder dem Durchgangspiepser vergewissern, ob die Anschlussstifte nur an einem oder an beiden Enden kurzgeschlossen sind. Auf den Punkt gebracht: Kurzschluss an einem Ende: (Pseudo-) Starter rein; Kurzschlüsse an beiden Enden: Starter raus!

4. Tandemschaltung

Unter anderem in Badezimmerschränken findet man manchmal zwei kurze Leuchtstoffröhren (maximal 60 cm lang, 22 W) in Reihe mit einer einzigen Vorschalt-drossel (der Elektriker nennt das „Tandemschaltung“, siehe z.B. <http://de.wikipedia.org/wiki/Tandemschaltung>). Eine solche Reihenschaltung lässt sich leicht daran erkennen, dass beide Röhren verlöschen, wenn man eine der beiden ausbaut. Ersatz-LED-Röhren lassen sich durchaus auch dafür verwenden, denn die Zündspannung für solch kurze LED-Röhren beträgt nur knapp 100 V. Selbstredend müssen hier zwei Pseudostarter eingesetzt werden, eine Lösung, die ich allerdings noch nicht ausprobiert habe.

Robert Schrott





Gegen Wissensdurst und Kabelbrand!

Die Zeitschrift **Make** veröffentlicht Bauanleitungen für faszinierende Technik-Projekte, die sowohl Anfänger als auch Fortgeschrittene nachvollziehen können. Die Redaktion informiert zudem über die Maker-Szene, 3D-Drucker, Wearables und Mikrocontroller.

Make erscheint 6 × pro Jahr + 1 Sonderheft!



Lernen Sie kostenlos Make kennen.
make-magazin.de/make-testen

Zusammengestellt von **Robert van der Zwan**

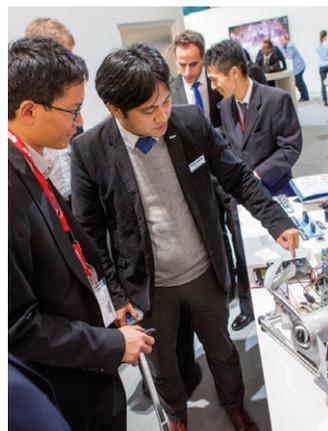


Was ist der *electronica* Fast Forward Start-up Award?

Der *electronica* Fast Forward Start-up Award ist eine Partnerschaft zwischen der weltbekannten Elektronikmesse *electronica* in München und Elektor. Am 11. November wird eine internationale Jury die Gewinner der Preise im Wert von 150.000 Euro bekanntgeben, mit dem der Startup Award den Siegern einen Zugang zum internationalen Elektronik-Markt ermöglicht. Selbstverständlich wird diese Bekanntgabe auf der *electronica* erfolgen, frei nach den Worten des Managers der Kampagne, René Bohne: „Wir werden alle zusammenbringen: Hersteller, Hobby-Elektroniker, Ingenieure und die Geschäftswelt“.

Bilder (links, Mitte): Messe München

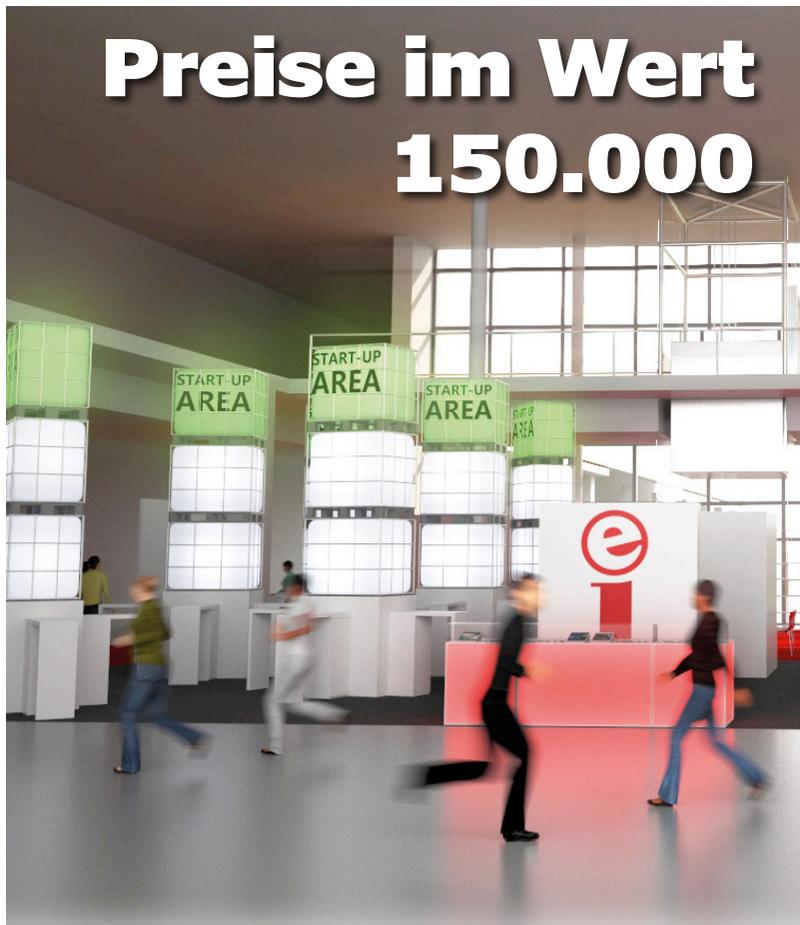
Aus aller Welt



Der Manager der Kampagne, René Bohne, ist auch Mitglied der Jury und hat bereits festgestellt, dass Studenten und andere junge Leute (wie zum Beispiel unverbesserliche Enthusiasten) sowie Menschen, die hauptberuflich mit Elektronik zu tun haben, ganz genau wissen, wie sie Elektor finden. Wenn Sie wissen möchten, was wir damit meinen, lesen Sie bitte weiter im Artikel auf den nächsten Seiten...

**Keine Idee und kein Prototyp?
Kein Problem!**

Kann eine Firma am *electronica* Fast Forward Start-up Award teilnehmen, ohne selbst ein Startup-Unternehmen zu sein? Natürlich! Alle fest etablierten Firmen können am *Fast Forward Start-up Award* teilnehmen – und zwar dadurch, dass sie diesen internationalen Wettbewerb unterstützen. Die beiden Firmen *STMicroelectronics* und *Würth Elektronik* zum Beispiel gehören zu den Platin- bzw. Gold-Sponsoren.



Der *electronica* fast forward Start-up Award powered by Elektor verbindet erstmalig den weltweiten Elektronikmarkt, innovative Technologien sowie eine internationale Medienpräsenz zu einer Einheit und ist ein Garant dafür, dass alle Start-up-Ideen die richtigen Leute erreichen und den Gewinnern der bestmögliche Auftrieb verschafft wird.

Eine Jury aus Redakteuren des Magazins Elektor und Ingenieuren des Elektor-Labors wird Ihre Einsendung sichten und bewerten. Die besten Ideen, Prototypen und Start-ups dürfen sich auf der *electronica* 2016 präsentieren – der weltweit führenden Handelsmesse für Komponenten, Systeme und Elektronik-Anwendungen in München, wo auch die drei Finalisten ermittelt werden.

Alle Bewerbungen bis zum **4. Oktober 2016** sind willkommen.

Die Hauptgewinner in den drei Kategorien *Idee, Prototyp und Start-up* profitieren von internationaler PR und



Namen sind Nachrichten • Angela Marten ist Projekt-Managerin der *electronica* in München und auch **Start-up Award** zu tun hat. • Clemens Valens wird als Jury-Manager des Awards fungieren und sich professionelle Beurteilung der vorgelegten Ideen sorgt. • Bevor die Finalisten den „Ring“ in München dass jeder rund um den Globus darüber informiert ist, worum es beim **electronica Fast Forward Start-**

von über Euro



von Consulting- und Marketing-Dienstleistungen im Wert von zusammen 150.000 Euro sowie von der Unterstützung durch über 250.000 Mitglieder der Elektor-Community.

Die von der Jury ausgewählten Gewinner der Kategorie *Start-up* können sich auf der *Fast Forward Plattform* der *electronica* mit ihrem Produkt präsentieren, wobei Kosten für die Präsentation bis zu einem Betrag von maximal 1000 Euro entstehen können. Allen ausgewählten Teilnehmern in den Kategorien *Idee* und *Prototyp* steht eine kostenlose Ausstellungsfläche zur Verfügung.

Wenn Sie an diesem *Start-up Award* teilnehmen möchten, dann folgen Sie doch ganz einfach diesem Link:

www.elektor.de/electronica-startup-award

Koordinatorin für alles, was mit dem **Fast Forward** darum kümmern, dass das Elektor-Team für eine betreten, wird René Bohne bereits dafür gesorgt haben, **up Award** geht.

EXPERTENPROFIL

Elektor arbeitet mit mehr als 1.000 Experten und Autoren bei der Produktion von Büchern, Artikeln, DVDs, Webinaren und Live-Events zusammen. In jeder Ausgabe wollen wir einen von ihnen ins Rampenlicht stellen...

Name: **Clemens Valens**

Alter: **50**

Ausbildung: **Bachelor of Science im Fach Electronics, Rijkshogeschool Groningen; Master of Science in den Fächern Electronics and Information Technology, Technical University Eindhoven**

Zurzeit tätig als: **Jury-Manager des electronica Fast Forward Start-up Award**



Wer ist Clemens Valens?

Ein Mensch, der das liebt, was er tut. Erstens: Spielerischer Umgang mit Elektronik. Und zweitens: Auf allen möglichen Plattformen, die Elektor zur Veröffentlichung bietet, darüber schreiben - online und natürlich auch im Heft.

Worin besteht Ihre Rolle als Jury Manager?

Neben meiner Rolle als Mitglied der Jury werde ich auch dafür sorgen, dass alle Eingaben ihren Weg zu den Jury-Mitgliedern finden.

Hat Sie die hohe Zahl der Einsendungen und deren Qualität bereits jetzt schon in irgendeiner Weise beeindruckt?

Ja. Natürlich kann ich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht viel sagen, aber was mir auffällt, ist die Vielfalt der Ideen und die große Zahl der unterschiedlichen Länder, aus denen uns die Eingaben erreichen. Der *electronica Fast Forward Start-up Award* wird ganz sicher zu einem globalen Ereignis werden.

Worauf achten Sie bei den Bewerbungen?

Wichtige Kriterien sind Innovation und Marktpotential – und natürlich auch eine gute Dokumentation. Manchmal denkt man auch: Der Kandidat überzeugt zwar nicht so richtig, aber er ist definitiv an einer interessanten Sache dran. Auf der anderen Seite gibt es auch Projekte, die das „Zeichenbrett“ bereits verlassen haben und ganz sicher eine Chance bekommen werden, wenn der Markt es erlaubt.

Wie läuft die Bewertung ab?

Eine erste Auswahl wird von mir getroffen. Anschließend werden wir die Kandidaten nach einigen zusätzlichen Dingen fragen und dann alles auf einen Nenner bringen. Dadurch können die Jury-Mitglieder recht gut ermessen, worum es bei dem betreffenden Projekt geht und es dann auch gerecht beurteilen.

Was geschieht, wenn sich die Jury nicht ganz einig ist?

Nun, bei einem Kopf-an-Kopf-Rennen wird der Würfel entscheiden – nein – das war natürlich nur ein Scherz! In solchen Fällen werden wir uns noch einmal zusammensetzen, um nach weiterer, eingehender Beratung zu einem eindeutigen Ergebnis zu kommen.

Würden Sie einen Erfinder auch dann einladen, wenn schon zu Beginn Ihres Entscheidungsprozesses feststehen würde, dass die Idee noch nicht ganz ausgereift ist?

In diesem Falle muss der Einsender erst einmal „im stillen Kämmerlein“ weiter an seiner Erfindung arbeiten. Er bekommt seine Chance in diesem Jahr leider nur ein Mal: Wenn er seine endgültigen Bewerbungsunterlagen einsendet. ◀

(160147)

Bringen Sie Ihr Projekt schnell ans Ziel

Zusammen mit der *electronica*, die im November 2016 in München stattfinden wird, organisiert Elektor einen Wettbewerb, bei dem vielversprechende Start-up-Unternehmen sowie innovative Prototypen und Ideen gegeneinander antreten und an dem auch Sie teilnehmen können, da er für alle offen ist. Hier eine kleine Auswahl der Einsendungen, die uns in den letzten Wochen bereits erreicht haben:

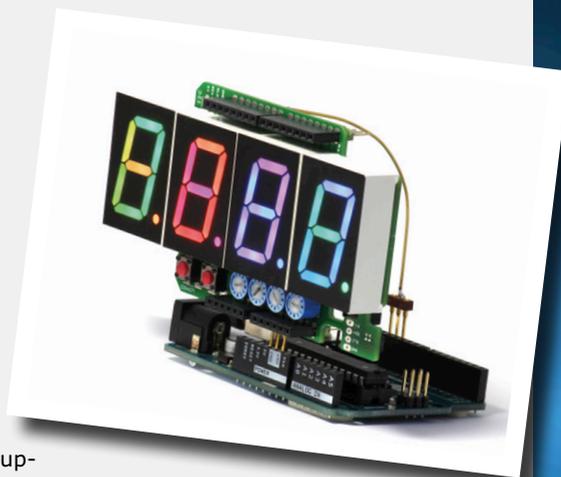


Start-up - Full-Colour 7-Segment Display

Siebensegment-Anzeigen leuchten normalerweise in den Farben rot, grün, blau und manchmal auch gelb. Heute erwarten wir jedoch, dass LEDs alle Farben des Regenbogens erzeugen können. Warum sollte dies nicht auch für Siebensegment-Anzeigen gelten? Dies hat sich auch der Erfinder von RGBDigit gedacht und deshalb eine entsprechende Anzeige entwickelt, die in jeder beliebigen Farbe leuchten kann.

Um das Problem der damit verbundenen, zahlreichen Anschlusspins zu lösen ($R+G+B \times 8 [7 \text{ Segmente} + \text{Dezimalpunkt}] = 24$), verwendete er seriell programmierbare RGB-LEDs, was eine Reduzierung auf ganze drei Pins ermöglichte: VCC, Masse und Daten. Um mehrere Displays in Serie zu schalten, bedarf es lediglich dreier weiterer Pins.

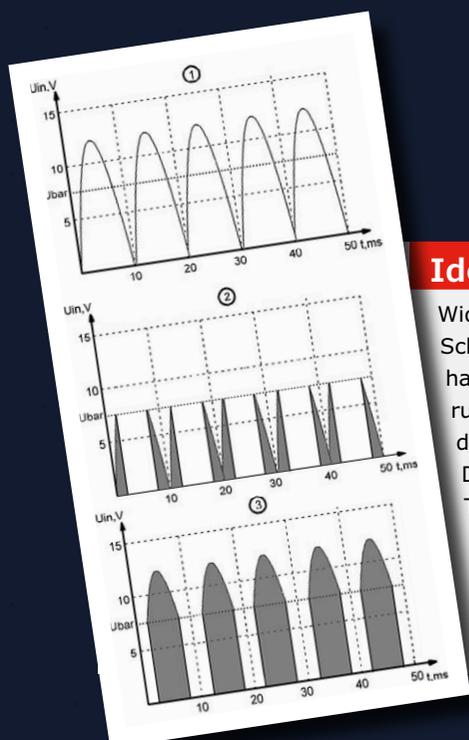
Der Bau solch eines Displays erscheint einfach. Das Produkt in einer größeren Stückzahl herzustellen, ist jedoch etwas schwieriger. Bisher hat der Erfinder bereits sehr viel Arbeit investiert, und die meisten Probleme sind inzwischen gelöst. RGBDigit ist bereit, die Welt zu erobern, und das dafür erforderliche Start-up-Unternehmen wurde gerade gegründet.



Official Media Partner



electronica 2016
inside tomorrow



Idee - Baristor

Widerstände, Kondensatoren, Spulen und Halbleiter sind die Hauptbausteine von Elektronik-Schaltkreisen. Doch obwohl diese Komponenten in vielen Chips oft Unglaubliches vollbringen, handelt es sich immer um dieselben Elemente. Nicht gerade sehr spannend, doch ein russisches Forscherteam hat jetzt ein neues elektronisches Bauelement vorgestellt, das den Namen „Baristor“ trägt, eine Zusammenfassung der Begriffe „Barrier“ und „Resistor“. Das neue Bauteil soll die Leistungselektronik effizienter machen, da bei ihm einige der bei Thyristoren und Triacs vorhandenen Nachteile entfallen.

Der Baristor kann seinen Widerstand abrupt vom leitenden in den nicht-leitenden Zustand ändern, wenn das Eingangssignal eine vorgegebene Triggerschwelle, die „Barriere“, überschreitet. Der Baristor wird in unterschiedlichen Ausführungen hergestellt, mit einem oder mehreren Ausgängen für verschiedene Signalpegel.

Start-up - Desktop 3D-Drucker für Platinen

Dieses Projekt wird jeden interessieren, der sich mit der Herstellung von Prototypen und Kleinserien elektronischer Geräte beschäftigt. Existiert erst einmal eine funktionsfähige Version eines Gerätes auf dem Steckbrett, dann sollte es natürlich auch bald eine entsprechende Platine geben. Das Selbermachen von Platinen ist jedoch oft schwierig und umständlich, und PCB-Service-Dienste sind oft nicht gerade preiswert und schnell.

Das Startup-Unternehmen NextDynamics hat einen Drucker entwickelt, der genau für diese Zwecke geeignet ist und noch viel mehr kann: Mit ihm ist nicht nur die Herstellung sehr niederohmiger Leiterbahnen aus einer Kupfer-Silber-Mischung möglich – er druckt auch nicht leitendes Material und Trägermaterial mit seinem aus 256 Düsen bestehenden Druckkopf. Sogar dreidimensionale Strukturen wie Multilayer-Boards mit Durchkontaktierungen sind möglich, und Bohren wird überflüssig. Die Erfinder schätzen, dass auf diese Weise eine 16 x 10 cm große Europlatine zum Preis von weniger als einem Euro in ungefähr einer Viertelstunde hergestellt werden kann.



Start-up – Hochflexible Beleuchtung

Das Thema *Beleuchtung* inspiriert viele Menschen - besonders, wenn sie auf den Bereich Bekleidung ausgeweitet wird. Die Kombination aus Beleuchtung und Bekleidungstechnik offenbart sich beim Start-up-Unternehmen Carpetlight in einer Art flexibler „Licht-Matte“, deren Technik man zur Herstellung hochqualitativer Leuchtteppiche weiter entwickelt hat: Teppiche, die sich falten und aufrollen lassen und überall zur perfekten Illuminierung von Objekten und Räumen eingesetzt werden können. Das verwendete

Licht ist homogen und flackert nicht. Die

Steuerbarkeit von Intensität und Farbton

machen die Teppiche besonders geeignet für Foto- und Videostudios, aber auch für den Einsatz in Museen. Carpetlight verkauft seine Produkte bereits online, nimmt jedoch auch am Fast Forward Award teil, um ein größeres Publikum zu erreichen.

Prototyp - ColorTheWorld23

ColorTheWorld23 ist ein Open-Source-Projekt, das aus zwei Teilen besteht. Der erste Teil ist eine „magische“ Farblampe, die die Farbe eines Papierblatts annimmt, das man der Lampe zeigt. Im zweiten Teil geht es um Kommunikation und Interaktion: Die ausgewählte Farbe wird zusammen mit den geographischen Koordinaten in die Cloud gesendet. Die Webseite *ColorTheWorld23* sammelt diese Daten und zeigt sie auf einer Weltkarte. Auf diese Weise ergibt sich ein farbiges Bild unserer Erde, das sich durch die vielen tausend User zu interessanten Grafiken weiterentwickeln lässt – zum Beispiel zu einer Karte, die das durchschnittliche Glücksgefühl in verschiedenen Ländern der Erde anzeigt. Solch ein Projekt erfordert Einfachheit und Offenheit - Eigenschaften, die z.B. durch die Verwendung eines Arduino gewährleistet werden. Damit das Projekt Erfolg hat, muss es jedoch erst einmal bekannt werden.



Auch Sie können noch am Fast Forward Award teilnehmen. Haben Sie eine tolle Idee, die noch weiter entwickelt werden sollte? Haben Sie ein Projekt, das auf den nächsten Level gebracht werden muss? Sind Sie ein Start-up-Unternehmen, das den Markt erobern möchte? Besuchen Sie die Fast Forward Start-Up Award Webseite und füllen Sie das Anmeldeformular aus – und vielleicht gelingt auch Ihnen ein „Fast Forward“ in eine erfolgreiche Zukunft.

www.elektormagazine.de/contest/global-start-up-award-2016

(160128)

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 drei 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 drei 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:

Elektor Redaktion
Kackertstr. 10
52072 Aachen

Fax: 0241 / 955 09-013

E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 31. Oktober 2016.

Die Gewinner des Hexadokus aus der Juli/August-Ausgabe stehen fest!

Die richtige Lösung ist: **D723E**.

Einen Elektor-Wertgutschein über je 50 € haben gewonnen: Edgar Wolff, Michael Grape und Alain Dropsit.

Herzlichen Glückwunsch!

	7		0	4	8					D	2	6		E	
		6			E	5			F	0				C	
			1									A			
F	2			A						1				9	7
C	9	5					6	B					A	D	E
		A		E						F		2			
D					7	1			4	A					8
	F				A	3			0	C					B
		B		3	0					5	E		1		
		8	C	5		F	D	6	2		3	9	E		
1	6	3				A			B				4	0	2
5	D			C	2					9	0			A	6
		D											5		
3		C			4	0			6	E			7		A
	1	2	B		5	E			D	F		0	9	3	
	0					7	8	2	C						6

4	9	B	E	D	A	7	2	3	6	1	5	F	0	C	8
3	F	5	8	E	0	B	4	7	2	9	C	D	1	A	6
D	6	1	0	5	8	C	F	B	4	A	E	3	7	9	2
A	2	7	C	1	6	9	3	D	8	F	0	B	E	4	5
2	A	9	5	B	F	D	6	E	3	C	8	0	4	1	7
F	7	3	4	C	9	A	E	0	1	B	6	5	8	2	D
6	0	8	B	7	1	2	5	9	D	4	A	E	F	3	C
E	C	D	1	3	4	8	0	F	5	7	2	6	9	B	A
0	8	F	A	6	5	4	C	1	B	D	7	2	3	E	9
7	B	E	9	8	3	F	D	2	C	0	4	A	5	6	1
C	D	4	3	2	E	1	A	5	9	6	F	7	B	8	0
1	5	6	2	9	B	0	7	8	A	E	3	4	C	D	F
5	E	0	D	A	C	3	9	4	F	2	1	8	6	7	B
8	1	2	7	F	D	5	B	6	E	3	9	C	A	0	4
9	4	C	6	0	2	E	8	A	7	5	B	1	D	F	3
B	3	A	F	4	7	6	1	C	0	8	D	9	2	5	E

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter der in der Unternehmensgruppe Elektor International Media B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

- über 45 Jahre Erfahrung
- schneller 24-Std.-Versand
- kein Mindermengenzuschlag

f reichelt.de @reichelt_el google.com/+reichelt

RIESIGE LAGER-ERWEITERUNG!
ÜBER 60.000 PRODUKTE
JETZT AM LAGER!

MEHR PLATZ FÜR UNSERE IDEEN!

Mit unserem neuen Logistikzentrum an unserem Standort in Sande haben wir viel Platz für umfangreiche Sortimentserweiterungen geschaffen!

- über 2.700 Kondensatoren
- über 1.000 Leuchtmittel
- über 2.600 Widerstände
- über 900 Messgeräte
- über 450 Sensoren u.v.m.

rch.lt/tw

ZUM SHOP ►



ULTIMATE PLUG! 2-poliger 6,35 mm-KLINKENSTECKER

Der ultimatePLUG schaltet das Instrumentenkabel automatisch stumm, so wird ein Knachsen und Krachen beim Gitarrenwechsel unter Spannung verhindert.

- drei zusätzliche Klangeigenschaften
- Lebensdauer von über 10.000 Steckzyklen



Drehknopf zur Klangveränderung Beweglicher Magnet

KS ULTIMATE
28,95

ACHTUNG! Verwenden Sie den Stecker ausschliesslich für Instrumente (Gitarren). Stecken Sie den ultimatePLUG in einen Verstärkeranschluss, könnte dieser beschädigt werden.

NEU IM PROGRAMM:



MIKROFON-STECKER

TINY XLR-STECKER

ab **2,20**



REAN T3MC-B	3-polig	2,20
REAN T4MC-B	4-polig	2,70
REAN T5MC-B	5-polig	2,99

TINY XLR-SPANNHÜLSE

REAN BRT-L	4-5 mm	0,54
------------	--------	------

TINY XLR-BUCHSEN

ab **2,40**



REAN T3FC-B	3-polig	2,40
REAN T4FC-B	4-polig	2,85
REAN T5FC-B	5-polig	3,25

Mehr professionelle Audio- und Videoanschlüsse von REAN gibt es online:



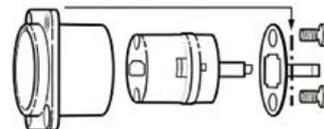
www.rch.lt/rean REAN a brand of Neutrik AG

BESTE DATENÜBERTRAGUNG! HOCHWERTIGE HDMI-CHASSIS-BUCHSE

in schwarzem D-Form Gehäuse zur Übertragung von digitalen TV- und PC-Video-Formaten inklusive HDTV.

- staub- und wasserdicht gemäss IP65
- entfernbare Masseverbindung

DF HDMI BU19 BK
12,10



JETZT ABONNIEREN & GEWINNEN!

Wir verlosen monatlich unter allen neuen Newsletter-Abonnenten ein technisches Highlight!

Im September verlosen wir eine ultraschnelle 960 GB SSD!



http://rch.lt/news



SICHERE STROMVERBINDUNG! POWERCON TRUE 1

ersetzt Kaltgerätestecker dort, wo eine sehr robuste Lösung mit einer Verriegelung gebraucht wird.

- wasserdicht und verriegelbar
- Strombelastbarkeit bis 16 A

Verlängerungskabel, 1,5 m
PCON VL H071,5

12,10



Geräte-Einbausteckdose

PCON STD

8,40



ALLE ARTIKEL DIESER ANZEIGE
GLEICH ONLINE SHOPPEN!

rch.lt/u0



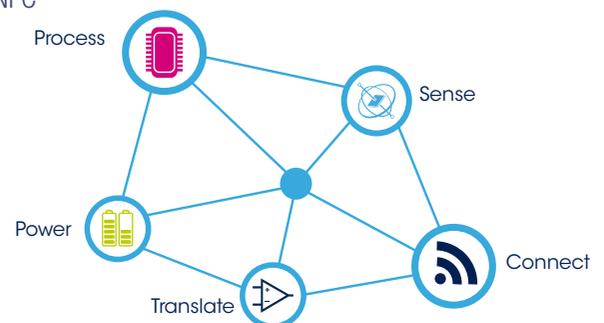


ST bietet optimale Anschubhilfe für innovative Produkte

Sehen Sie selbst, wie Lösungen von ST Ihnen helfen können, Ihre grossartigen Ideen für den electronica Fast Forward Award zu entwickeln, in Prototypen umzusetzen und final zu implementieren.

Neben einer unerreicht breiten Palette branchenführender Bauelemente bietet ST ein umfassendes Angebot an Entwicklungs-Tools für ein einfaches Design:

- Die STM32-Familie mit ihren extrem stromsparenden und leistungsstarken Mikrocontrollern
- Bewegungs-, Umgebungs- und Abstandsmess-Sensoren
- Stromsparende Konnektivität beispielsweise per Bluetooth Low Energy und NFC
- Power-Management- und Energy-Harvesting-Lösungen
- Analog- und Audiolösungen



Platin-Sponsor



Besuchen Sie uns auf
<http://www.st.com>

