

Neu: 8 Seiten mehr!

e lektor

Steuern per Tablet und Smartphone



Breakout-Board für den Android-Chip FT311D



- **Erschütterungs-Detektor** | Drahtloser Signalgeber | Drehzahlmesser
- DC-Booster bis 350 V | **Isolierter Oszil-Tastkopf** | DCF-Testsender
- Mittelwellenempfänger** | Regenschirm ohne bewegliche Teile | Messen über I²C und Intranet
- Leserprojekt: Reflow-Ofen ● **Bauteil-Tipp: Kapazität/Digital-Konverter**
- **Retronik: Akustikkoppler**



Entwickeln und Lernen

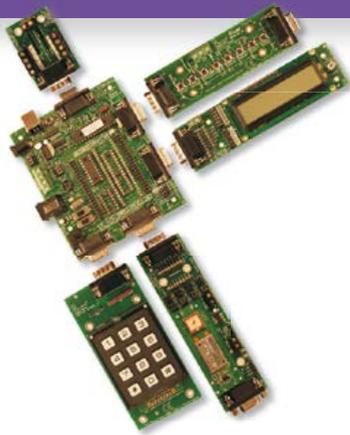
FLOWCODE6



Flowcode 6 ist eine der weltweit besten grafischen Programmiersprachen für Mikrocontroller (PIC, AVR, ARM und dsPIC/PIC24).

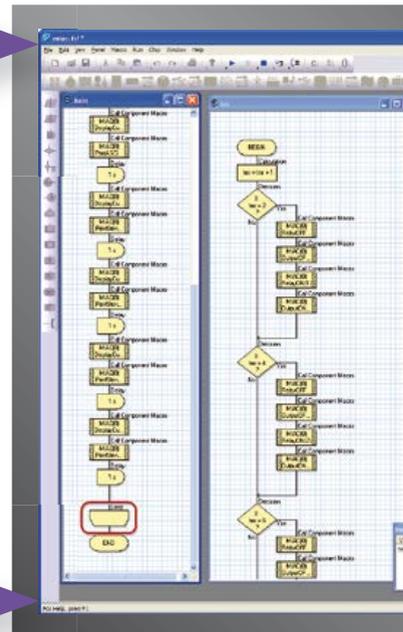
Der große Vorteil von Flowcode ist, dass man mit nur wenig (oder gar keiner) Programmiererfahrung in der Lage ist, komplexe elektronische Systeme in Minutenschnelle zu erstellen.

... für Elektronik



E-blocks sind kleine Schaltungen auf Platinen, die für sogenannte Embedded-Systeme typische Elektronik enthalten. Es gibt mittlerweile mehr als 50 unterschiedliche Platinen. Die Module reichen von einfachen LED-Boards bis zu komplexeren Einheiten wie Programmern, Bluetooth oder TCP/IP.

E-blocks können einfach zusammengesteckt werden, um damit eine große Bandbreite an Systemen zu Lernzwecken oder für die Ausbildung im Fach Elektronik zu realisieren. Außerdem ist Rapid Prototyping komplexer elektronischer Systeme möglich. Das Angebot wird ergänzt durch Sensoren, Software, Anwendungsinfos und Curricula.



... für Industrie-Steuerungen



Ein MIAC (**M**atrix **I**ndustrial **A**utomotive **C**ontroller) ist eine Steuerungseinheit für den industriellen Bereich, der die Steuerung einer breiten Palette von elektronischen Systemen im Bereich Sensorik, Überwachung und Automotive erlaubt. Intern arbeitet ein MIAC mit leistungsfähigen Mikrocontrollern der PIC18-Serie und verfügt über USB. Das Modul kann mit Flowcode, C oder Assembler programmiert werden. Flowcode ist zudem mit dem Industriestandard CAN-Bus ausgestattet, über den mehrere MIACs vernetzt werden können.

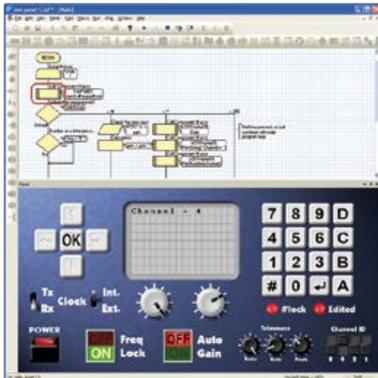
FlowKit

Das FlowKit-Modul ermöglicht In-Circuit-Debugging für Flowcode-Anwendungen in PIC- und AVR-Projekten:

- Start, Stopp, Pause und Schritt für Flowcode-Programme in Echtzeit
- Anzeige der Programm-Variablen
- Ändern von Variablenwerten
- In-Circuit-Debugging für Formula Flowcode Buggy, ECIO- und MIAC-Projekte



mit Flowcode 6 ...



NEU in Flowcode 6:

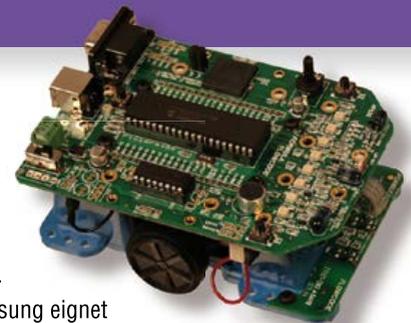
- Bauteile selbst entwickeln und in die eigene Bauteilbibliothek übernehmen
- Bauteilbibliothek stark erweitert
- Mechanische Bauteile wie Schalter, Anzeigen und Displays
- Dashboard-Bauteile selbst entwickeln
- Verbesserte und schnellere Simulation
- API (Application Programming Interface)
- Dashboard-HMI-Bauteile
- Entwurfsumgebung für 3D-Objekte
- Entwicklung von Bauteilen mit Laser-Cutter und 3D-Drucker
- Simulation und Darstellung von elektro-mechanischen Systemen
- Zugriff auf externe Geräte via DLL-Unterstützung
- Anzeige von Kurven und Daten mit Software-Oszilloskop
- Bessere Integration mit E-blocks-Hardware

... für Roboter

Beim Formula Flowcode Buggy handelt es sich um ein preiswertes Roboter-Fahrzeug für Lernzwecke und zum Einsatz in der Aus- und Weiterbildung.

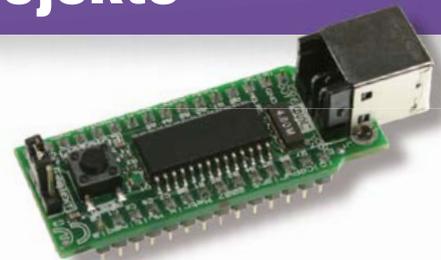
Entsprechend programmiert kann man damit auch auf Robotik-Events glänzen.

Das Vehikel lässt sich direkt via USB programmieren und ist mit Linien-Sensoren, Distanz-Sensoren, 8 LEDs, Mikrofon, Lautsprecher und einem E-blocks-Erweiterungs-Port ausgestattet. Die Lösung eignet sich für einen weiten Bereich an Robotik-Experimenten von der einfachen Linienverfolgung bis zum Entkommen aus einem Labyrinth. Via Erweiterungs-Port kann man Displays, Bluetooth- und Zigbee-Funk oder gar GPS anschließen.



... für USB-Projekte

ECIO-Module enthalten leistungsfähige via USB-programmierbare Mikrocontroller im Format von DIL-ICs mit 28 oder 40 Pins (0,6"). Technisch basieren sie auf Mikrocontrollern der PIC18- oder ARM7-Serien. ECIO-Module eignen sich perfekt für eigene Projekte wie auch für den Unterricht, da sich damit komplette Lösungen realisieren lassen. ECIO-Module können mit Flowcode, C oder Assembler programmiert werden. Neue USB-Routinen in Flowcode bieten sich zum extrem schnellen Prototypenaufbau für USB-Projekte an und unterstützen USB-HID, USB-Slave und USB-Serial-Bus (nur PIC). Eigene Projekte können durch integrierte ECIO-Module um USB-Programmierbarkeit ergänzt werden.



Weitere Produkte und Infos zu E-blocks finden Sie unter
www.elektor.de/eblocks



● Community

6 Impressum

8 Elektromobil eCARus

● Labs

48 DesignSpark Tipps & Tricks

In dieser Folge geht es um mehr-seitige Schaltungen.

50 Seltsame Bauteile

Varaktor-Dioden

52 Die größte Elektor-Platine

53 Drucken Sie ihre eigene Tinte!

54 Bauteil-Tipp:
Kapazität/Digital-Konverter

Moderne analoge Sensoren sind oft kapazitativ oder induktiv. Um die Messwerte zu digitalisieren benötigt man häufig spezielle Interfaces

und komplexe Elektronik. Gut, dass es für solche Zwecke maßgeschneiderte ICs gibt!

● Projects

10 Steuern per Smartphone und Tablet

Zum Steuern (und Testen) eigener Projekte benötigt man fast immer ein User-Interface, das idealerweise Daten auf einem Display anzeigt und auch eine Tastatur zum Absetzen von Kommandos bietet. Warum sollte man hier nicht ein Smartphone benutzen? Der FT311D von FTDI ist eine flexible Brücke zwischen Android-Handys/-Tablets und eigener Elektronik. Denn er bietet wahlweise sieben digitale Ausgänge, vier PWM-Ausgänge, ein UART-, I2C- oder SPI-Interface. Für einen einfachen Einsatz haben wir den Chip auf eine kleine Platine gesetzt.

16 Erschütterungs-Detektor

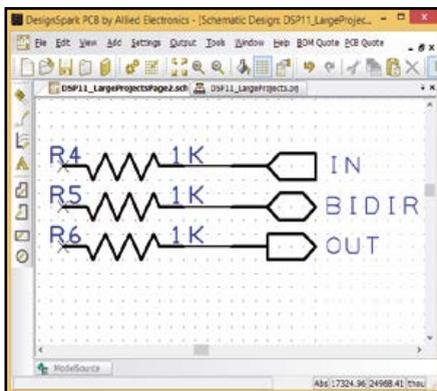
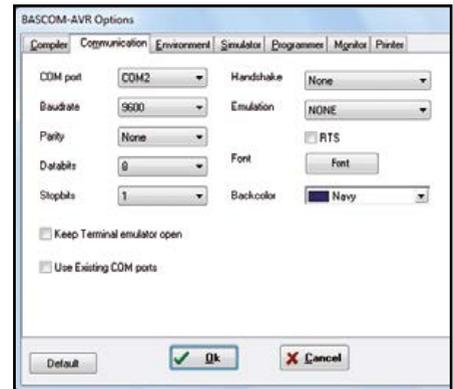
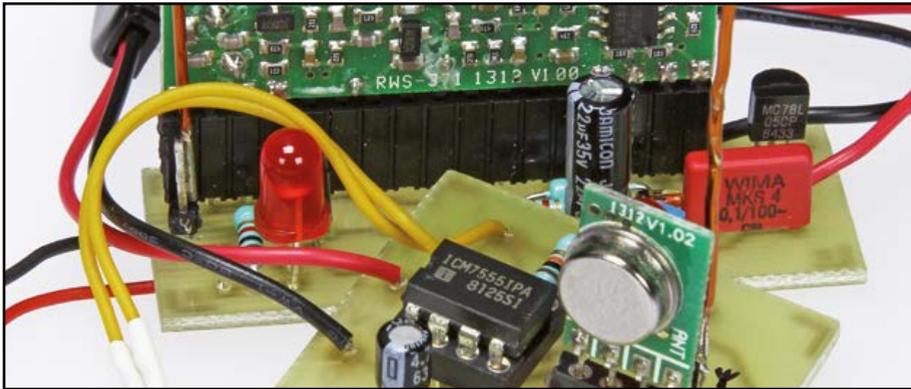
Dieses unkomplizierte seismische Alarmsystem wurde entworfen, um vor Stößen, Schwingungen oder leichten Beben des Erdbodens zu warnen. Erschütterungen werden optisch und akustisch signalisiert, außerdem zieht ein Relais an. Optional kann der Alarm drahtlos fernübertragen werden.

20 Drahtloser Signalgeber

Die drahtlose Übertragung eines Schaltzustands lässt sich mit geringem Aufwand realisieren. Ein preiswertes 433-MHz-Sender-Modul und das dazu passende Gegenstück auf der Empfängerseite müssen durch nur wenige Bauelemente ergänzt werden.

24 Drehzahlmesser

Die Schaltung zeigt die Drehzahl einer Dreh- oder Fräsbank an, sei es beim modernsten CNC-Wunder oder einem mechanischen Exemplar mit Altertumswert. Das Gerät ist



state-of-the-art mit einem Arduino Micro und einem 0,96"-OLED-Display ausgestattet.

28 DC-Booster

Mit einem einfachen Push-Pull-Konverter ist es möglich, die Ausgangsspannung eines normalen Labornetzgeräts bis zu 350 V hochzutransformieren. Eine Leistung von bis zu 50 W ist machbar, wobei die Einstellung der Spannung genauso wie die Strombegrenzung über das Labornetzgerät erfolgt.

34 Isolierter Oszi-Tastkopf

Ein Oszilloskop mit galvanisch getrennten Eingängen ist sehr teuer. Was also tun, wenn entweder die Messaufgabe oder Sicherheitsbedenken einen isolierten Anschluss des Oszilloskops erfordern?

40 DCF-Testsender

Beim Testen von DCF-Decodern, DCF-Decodier-Routinen oder DCF-Uhren ist es hilfreich, wenn man ein normgerechtes DCF-Signal

mit beliebig einstellbarem Zeit- und Datumtelegramm zur Hand hat.

44 Mittelwellenempfänger

Im Januar 2012 hatten wir einen Langwellenempfänger vorgestellt, der mit einfachen Komponenten und etwas handwerklichem Geschick schnell aufgebaut ist. Hier geht es um einen Empfänger in gleichem Stil, diesmal ausgelegt für Mittelwelle.

56 Mikrocontroller für Einsteiger (3)

Im Mittelpunkt dieser Folge steht der Analog-Digital-Wandler.

66 Reflow-Ofen

Unser Leser Jean-Pierre Duval hat eine Steuerung für einen Reflow-Ofen entwickelt.

74 Ein etwas anderer Regenmesser

Die meisten Elektroniker sind der Mechanik nur mäßig zugetan. Mechanische Teile können schnell verschleiben und Messfehler verursachen. Grund genug, einen

Regenmesser vorzustellen, der ohne bewegliche Teile auskommt. Der Sensor ist überdies kompatibel mit dem bekannten „USB-Wetterlogger“.

78 Messen über I²C und Intranet

Dieses Projekt demonstriert, wie sich der Zugriff auf einen I²C-Chip über ein Intranet und einen Webbrowser realisieren lässt. Die Brücke zum Intranet schlägt ein ARM-mbed-Modul von NXP.

● Magazine

84 Retronik

Akustikkoppler Speedy 1200+

87 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

90 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

Impressum

45. Jahrgang, Nr. 522 Juni 2014
Erscheinungsweise: 10 x jährlich
(inkl. Doppelhefte Januar/Februar und Juli/August)

Verlag

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstraße 25
52072 Aachen
Tel. 02 41/88 909-0
Fax 02 41/88 909-77

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

Hauptsitz des Verlags

Elektor International Media
Allee 1, NL-6141 AV Limbricht

Anzeigen:

Margriet Debeij (verantwortlich)
Tel. 02 41/88 909-13 / Fax 02 41/88 909-77
Mobil: +31 6 510 530 39
E-Mail: m.debeij@elektor.de

Julia Grotenrath

Tel. 02 41/88 909-16 / Fax 02 41/88 909-77
E-Mail: j.grotenrath@elektor.de

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 44 ab 01.01.2014

Distribution:

IPS Pressevertrieb GmbH
Postfach 12 11, 53334 Meckenheim
Tel. 0 22 25/88 01-0 | Fax 0 22 25/88 01-199
E-Mail: elektor@ips-pressevertrieb.de

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

© 2014 elektor international media b.v.
Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)
ISSN 0932-5468

Interessant?

Vor rund zwei Jahren haben wir online um Feedback zu den jeweils aktuellen Heften gebeten. Unsere Leser haben uns zurückgemeldet, dass neben den Projekten – seit jeher das Herz unseres Heftes – auch die Grundlagen-Artikel hoch im Kurs stehen. Nicht gefragt haben wir damals nach den aktuellen Informationen wie Nachrichten und Reviews von neuen Produkten. In dieser Ausgabe werden Sie – meines Wissens nach zum ersten Mal in einer regulären Elektor-Ausgabe – keine „Produktnews“ finden. Meiner Meinung nach sind diese Informationen besser auf unserer Website (www.elektor.de/news) und in unserem wöchentlichen Newsletter aufgehoben. Der kostenlose Newsletter – man muss sich nur unter www.elektor.de einmalig registrieren – enthält neben Berichten über neue Elektronik-Produkte auch News aus Forschung und Technik. Darüber hinaus weisen wir auf besonders interessante Projekte auf unserer .Labs-Website hin, stellen ein YouTube-Video der Woche vor und vieles mehr. Gegenwärtig diskutieren wir, wie wir Ihnen in nicht allzu ferner Zukunft aktuelle Informationen noch besser präsentieren können. Eine Online-Plattform wäre denkbar, die Ihnen noch mehr und noch aktuellere News übersichtlich präsentiert. Natürlich gefiltert nach Ihren Interessensgebieten. Wie immer interessiert mich hierzu Ihre Meinung! Wie wichtig ist es für Sie, über aktuelle Produkte informiert zu werden, und welche Elektronikbereiche interessieren Sie dabei besonders? Möchten Sie mehr News in unserem Newsletter lesen oder wünschen Sie sich eine andere Aufmachung? Und wie interessant wäre eine Online-Plattform, auf der Sie News, Reviews und Messe-Berichte aktuell und interaktiv präsentiert bekommen? Schreiben Sie mir unter redaktion@elektor.de!



Jens Nickel

Unser Team

Chefredakteur:

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

Ständige Mitarbeiter:

Dr. Thomas Scherer, Rolf Gerstendorf

Internationale Redaktion:

Harry Baggen, Jan Buiting, Denis Meyer

Elektor-Labor:

Thijs Beckers, Ton Giesberts, Wisse Hettinga,
Luc Lemmens, Mart Schroyen, Jan Visser,
Clemens Valens, Patrick Wilders

Grafik & Layout:

Giel Dols

**Germany**

Ferdinand te Walvaart
+49 241 88 909-17
f.tewalvaart@elektor.de

**United Kingdom**

Carlo van Nistelrooy
+44 20 7692 8344
c.vannistelrooy@elektor.com

**Netherlands**

Ferdinand te Walvaart
+31 46 43 89 444
f.tewalvaart@elektor.nl

**France**

Denis Meyer
+31 46 4389435
d.meyer@elektor.fr

**USA**

Carlo van Nistelrooy
+1 860-289-0800
c.vannistelrooy@elektor.com

**Spain**

Jaime González-Arintero
+34 6 16 99 74 86
j.glez.arintero@elektor.es

**Italy**

Maurizio del Corso
+39 2.66504755
m.delcorso@inware.it

**Sweden**

Carlo van Nistelrooy
+31 46 43 89 418
c.vannistelrooy@elektor.com

**Brazil**

João Martins
+31 46 4389444
j.martins@elektor.com

**Portugal**

João Martins
+31 46 4389444
j.martins@elektor.com

**India**

Sunil D. Malekar
+91 9833168815
ts@elektor.in

**Russia**

Nataliya Melnikova
+7 (965) 395 33 36
Elektor.Russia@gmail.com

**Turkey**

Zeynep Köksal
+90 532 277 48 26
zkoksal@beti.com.tr

**South Africa**

Johan Dijk
+31 6 1589 4245
j.dijk@elektor.com

**China**

Cees Baay
+86 21 6445 2811
CeesBaay@gmail.com

Unser Netzwerk



VOICE COIL



audio X PRESS



Die Elektor-Community



Unsere Partner und Sponsoren

**Batronix**www.batronix.com/go/33 43**Reichelt**www.reichelt.de 92**Beta Layout**www.pcb-pool.com/brd-to-3D 19**Schaeffer AG**www.schaeffer-ag.de 23**LeitOn**www.leiton.de 23

Sie möchten Partner werden?

Kontaktieren Sie uns bitte unter m.debeij@elektor.de (Tel. 02 41/88 909-13).

eCARus

Elektromobil als Studentenprojekt

Von **Lucas Höfer** (D)

Bis zum Jahr 2020 sollen auf deutschen Straßen eine Million Elektroautos fahren - so lautet das ehrgeizige Ziel unserer Bundesregierung. Diese Vorgaben haben auch Auswirkungen auf die Ausbildung der Fachkräfte von morgen, weshalb in den letzten Jahren verstärkt studentische Projekte zur Elektromobilität ins Leben gerufen wurden. eCARus ist solch ein Projekt.

Das Thema Elektromobilität stellt wohl einen der wichtigsten Technologiebereiche dar, mit dem sich die Ingenieure von morgen beschäftigen werden. Gleichzeitig werden die an Ingenieure gestellten Herausforderungen in unserer hochtechnisierten Gesellschaft nicht nur vielfältiger, sondern immer interdisziplinärer.

Das Projekt

Um den Anforderungen an zukünftige Ingenieure Rechnung zu tragen und dabei zusätzlich mehr Praxis in die universitäre Ausbildung im Fachbereich Elektrotechnik zu bringen, wurde im Jahr 2009 das Projekt eCARus [1] an der Technischen Universität München ins Leben gerufen. Das vom Fachgebiet Energiewandlungstechnik unter Leitung von Professor Hans-Georg Herzog initiierte und betreute Projekt war von Anfang an auf Selbstorganisation und Eigenverantwortung der Studenten ausgelegt. Seit Ende des Jahres 2010 wird eCARus zusätzlich auch vom Lehrstuhl für Energiespeichertechnik unter Leitung von Professor Andreas Jossen unterstützt.

Am Projekt eCARus beteiligen sich in jedem Semester ungefähr 50 Studenten, die sich in die vier Fachteams IT, Mobile Energieversorgung, Antrieb & Prüfstand sowie Bordnetz & Karosserie aufteilen. Ein PR-Team organisiert Messeauftritte, Sponsorenkontakte, Testfahrten und andere Veranstaltungen. Ein studentischer Koordinator hält den Kontakt zu den beteiligten Lehrstühlen und unterstützt die Leiter der vier Teams bei organisatorischen Fragestellungen. Auf diese Weise können Studenten bei eCARus nicht nur intensive Praxiserfahrungen sammeln, sondern auch die für technische Projekte unerlässlichen Soft-Skills wie Teamfähigkeit, Zeitmanagement und Ressourcenplanung erlernen. Zur Unterstützung und Begleitung des Prozesses stehen wissenschaftliche Mitarbeiter zur Seite, die jedoch nur bei sicherheitsrelevanten Fragestellungen eingreifen. An jedem Semesterende werden die Ergebnisse des Projekts im Rahmen einer Poster-Session präsentiert und von Professoren und Unterstützern bewertet.

eCARus 1.0

Schon beim Beginn des Projekts im Jahr 2009 wurde ein ambitioniertes Ziel festgelegt: Binnen eines Semesters sollte das erste Auto fahrtauglich sein.



Probefahrt mit eCARus 1.0.

Beim zugekauften einsitzigen Buggy wurde der Verbrennungsmotor entfernt und das Chassis mit den erforderlichen Elektrokomponenten bestückt. Die Akkukästen wurden als Herzstück des Fahrzeugs von Anfang an selbst entwickelt und aufgebaut.

Durch laufende Weiterentwicklungen und die Umsetzung neuer Ideen der Mitwirkenden verfügte das erste Fahrzeug über einen mit modernen Lithiumeisenphosphat-Zellen bestückten zweiteiligen Akkukasten, vier Synchronmotoren, Telemetrie per WLAN und diverse anderen Features wie *Torque Vectoring* (variable Drehmomentverteilung) und *FlexRay*-Kommunikation (serielles Bus-System für KFZs). Die Höchstgeschwindigkeit des ersten Fahrzeugs lag bei 60 km/h.

eCARus 2.0

Da die Mitwirkenden großen Eifer an den Tag legten, konnten die Resultate schon bald auf verschiedenen Messen und Ausstellungen präsentiert werden. Um den Studenten trotz der häufigen Ausstellungen auch weiterhin die Möglichkeit zu bieten, ihre eigenen Ideen an einem physisch vorhandenen Fahrzeug zu verwirklichen, wurde mit dem Bau eines zweiten Fahrzeugs begonnen.

Bei diesem neuen Projekt sollte ein zweisitziges Fahrzeug mit Heckantrieb und Asynchronmotoren entstehen. Mit einem neu zugekauften Chassis und dem vorhandenen Wissen aus dem Bau des ersten Fahrzeugs war auch dieses bald fahrbereit.

Auch hier wurde wieder ein zweiteiliger Akkukasten entwickelt, der allerdings auch einteilig in Kombination mit anderen Speichern und Energiequellen wie Doppelschichtkondensatoren oder Range Extendern verwendbar sein sollte. Damit konnte man möglichst viele verschiedene Techniken vergleichen und praktisch erproben. Ein weiterer Schwerpunkt war das User-Interface; langfristig soll eine Steuerung per Android-Tablet oder -Smartphone ermöglicht werden. Steer-by-Wire und Telemetrie per WLAN sowie ein Bird-view-System sind Zwischenstufen auf dem Weg dorthin. Daneben gab das Projekt aber auch interessierten Einsteigern die Möglichkeit, spezielle kleinere Projekte zu realisieren. Auf diesem Wege konnten auch noch nachträglich Funktionen ins Fahrzeug integriert werden, an die zu Anfang niemand gedacht hatte.



Testfahrt zu zweit im eCARus 2.0.



Studenten arbeiten sich in die komplexe Technik ein.

Die Umsetzung dieser Zusatzprojekte förderte außerdem den interdisziplinären Charakter des Projektes.

Resonanz und Visionen

Langfristig ist beabsichtigt, möglichst viele der im Fahrzeug verwendeter Komponenten in Eigenregie zu entwickeln. Ein wichtiger Aspekt ist zudem die rege Teilnahme an Elektromobilitätsausstellungen und an der Hannover Messe sowie an vielen kleineren, regionalen Ausstellungen, sodass die beteiligten Studenten die Chance erhalten, selbst Kontakte zu Industrievertretern und Forschungsträgern zu knüpfen.

Das Projekt erhielt im Laufe der Jahre immer wieder mit Auszeichnungen. So gewann eCARus 1.0 im Jahr 2010 den ersten Platz beim Konstruktionswettbewerb auf der EMA (Elektro Mobil Ausstellung). 2011 erhielt das Projekt einen Preis durch die Bundesregierung beim Wettbewerb „365 Orte im Land der Ideen“. Schließlich konnte im Jahr 2012 auch das eCARus 2.0 an den Erfolg bei der EMA 2010 anknüpfen und einen zweiten Platz belegen.

Neben diversen Veröffentlichungen in Zeitschriften machten auch Kurzreportagen im ZDF das Projekt eCARus zu einem der bekanntesten Projekte der TU München. Auch für den zukünftigen Nachwuchs ist gesorgt. So sieht der Plan für das Jahr 2014/15 eine Zusammenarbeit mit Schulen vor, um schon früh die Studenten von Morgen für die Ingenieurausbildung zu begeistern.

Mit der Abschaffung der Studienbeiträge steht das Projekt nun aktuell vor der neuen Herausforderung der Selbstfinanzierung. Aufgrund der bisherigen Erfolge, dem starken Interesse der Studenten und den guten Erfahrungen im Projekt erhoffen sich alle Beteiligten weitere Unterstützung aus der Industrie, um auch weiterhin eine Fortsetzung des Projekts und die praktische Ausbildung auf höchstem Niveau garantieren zu können.

(130081)

Weblinks

[1] eCARus-Webseite der TU München: www.ecarus.ei.tum.de

[2] eCARus Projektvideo: www.youtube.com/watch?v=uQWsk-aTQCo



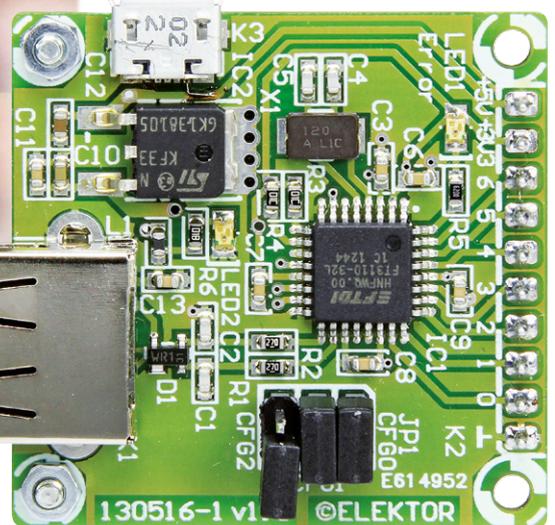
Die studentischen Teams hinter eCARus 1.0.

Technische Daten			
Fahrzeug:	eCARus 1.0	eCARus 2.0	
Akku	Energieinhalt:	2,0 kWh	2 x 1,7 kWh
	Nennspannung:	52,8 V	56,3 V
	Zellenzahl:	288	240
	Technologie:	LiFePO4	LiFePO4
Bus-System:	CAN / FlexRay	CAN	
Mikrocontroller:	Freescall	2 x Freescall	
Leistung	Vorderachse:	2 x 1 kW	
	Hinterachse:	2 x 2,5 kW	2 x 5 kW
Drehmoment	Vorderachse:	2 x 7,6 Nm	
	Hinterachse:	2 x 10 Nm	2 x 70 Nm
Motortyp:	Synchronmaschine	Asynchronmaschine	
Zul. Gesamtgewicht:	320 kg	400 kg	
Höchstgeschwindigkeit:	60 km/h	60 km/h	
Reichweite:	20 km / 30 Min.	nicht endgültig	
Sitzplätze:	1	2	

Steuern per Smartphone und Tablet

Von Jens Nickel

Breakout-Board für den Android-Chip FT311D



Zum Steuern (und Testen) eigener Projekte benötigt man fast immer ein User-Interface, das idealerweise Daten auf einem Display anzeigt und auch eine Tastatur zum Absetzen von Kommandos bietet. Warum sollte man hier nicht ein Smartphone benutzen? Der FT311D von FTDI

ist eine flexible Brücke zwischen Android-Handys/-Tablets und eigener Elektronik. Denn er bietet wahlweise sieben digitale Ausgänge, vier PWM-Ausgänge, ein UART-, I²C- oder SPI-Interface. Für einen einfachen Einsatz haben wir den Chip auf eine kleine Platine gesetzt: Fertig ist das „Elektor Android Breakout-Board“!



Sehr viele Elektronikprojekte – auch in Elektor – sind mit einer seriellen Schnittstelle ausgestattet, über die Messwerte ausgegeben und Steuer-Kommandos empfangen werden können, etwa in Form von ASCII-Zeichen. Zum Test und wäh-

rend des eigentlichen Betriebs wird sehr oft ein Terminalprogramm verwendet, das auf einem PC läuft. Doch ist ein solcher Computer (selbst in Laptop-Form) unhandlich und oft auch zu laut und zu teuer. Eine mobilere und günstigere Steu-

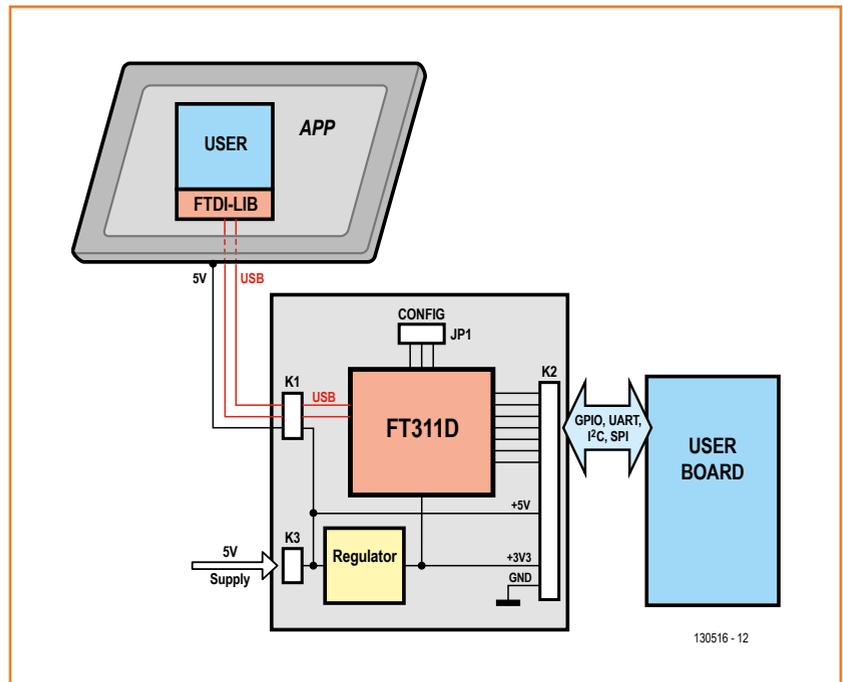
er-Zentrale stellen Smartphones und Tablets dar, die sogar mit Touch-Displays ausgestattet sind und daher eine komfortable Benutzereingabe ermöglichen.

Als Entwickler ist man nun lediglich mit dem Problem konfrontiert, dass Smartphones und Tablets häufig nur eine USB-Device-Schnittstelle als Interface zur Außenwelt bieten. Die eigene Elektronik muss also mit einem Mikrocontroller ausgestattet werden, der über eine USB-Host-Funktionalität verfügt; darüber hinaus muss man sich innerhalb der Firmware um die Programmierung der USB-Schnittstelle kümmern. Als letztes Problem kommt hinzu, dass auch das Betriebssystem des Mobilgeräts eine Möglichkeit bieten muss, per USB Bytes zu senden und zu empfangen, innerhalb einer vom Benutzer programmierten App.

Open Accessory

Glücklicherweise ist das letzte Problem für alle moderneren Android-Smartphones und -Tablets gelöst worden. Google – für einen Großteil der Android-Entwicklung verantwortlich – hatte hier wieder die Finger am Puls der Zeit: Immer mehr junge Programmierer haben inzwischen Spaß an Lichtshows mit RGB-LEDs, servogesteuerten Robotern und anderen „Maker“-Projekten. Für alle Android-Versionen ab 3.1 wurde daher der sogenannte *Android Open Accessory Mode (AOAM)* eingeführt, der eine recht einfache USB-Kommunikation mit externer Hardware erlaubt [1]. Man muss hierfür weder einen USB-Treiber selbst programmieren noch in das Betriebssystem eingreifen. Intern werden zwei USB-Bulk-Endpunkte (In/Out) für die Kommunikation bereitgestellt, über die Daten mit bis zu 12 Mbit (USB Full Speed) gesendet und empfangen werden können (mehr Informationen über die USB-Internia bietet der Elektor-Artikel „Inside USB“ [2]). Die externe Elektronik muss USB-Host-Funktionalität bieten und das Mobilgerät über den USB-Anschluss auch laden können. Wenn ein solches Board mit Zusatzhardware („Accessory“) angeschlossen wird, erkennt ein AOAM-fähiges Android-Gerät dieses anhand der USB-Deskriptoren [3]. Falls der Benutzer dies möchte, kann das Betriebssystem dann automatisch eine App starten, die der Hardware zugeordnet wurde.

Bei der Entwicklung entsprechender Hard- und Software geben die Android-Entwickler selbstverständlich Hilfestellung [4]. Dennoch ist es



für die meisten Elektroniker eine große Hürde, die eigene Elektronik mit USB-Host-Funktionalität auszustatten und entsprechende Firmware zu programmieren. Denn die USB-Schnittstelle ist doch einigermaßen komplex, unter anderem um die Plug-and-Play-Fähigkeit sicherzustellen.

Cleverer Baustein

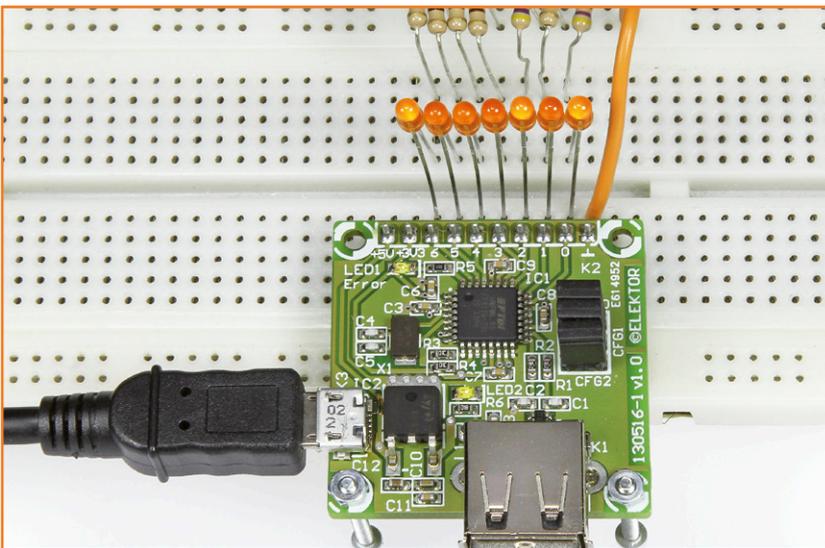
Diese USB-Hürde aus dem Weg zu räumen hat sich der schottische Chiphersteller FTDI seit vielen Jahren auf die Fahnen geschrieben. Das bekannteste Produkt ist wohl der FT232, ein einfach einzusetzender USB/UART-Konverter. Schon länger bietet der Hersteller aber auch programmierbare Bausteine mit USB-Host-Funktionalität an („Vinculum“); hiermit lassen sich selbst entwickelte Geräte etwa mit der Möglichkeit ausstatten, USB-Speichersticks anzuschließen.

Vor rund zwei Jahren hat FTDI den Chip FT311D [5] auf den Markt gebracht. Dieser bietet wie der Vinculum-Chip eine USB-Host-Schnittstelle und mehrere zusätzliche Pins für das Ansteuern eigener Elektronik; beim FT311D sind es sieben. Um den Einsatz noch einfacher zu machen, haben die Schotten bereits Firmware eingebracht, welche die ganze USB-Kommunikation über das AOA-Protokoll übernimmt (siehe Blockdiagramm in **Bild 1**). Der Brücken-Chip lässt sich in mehreren User-Modi betreiben. Im einfachsten Modus

Bild 1. Blockschaltbild des Android Breakout-Boards. Der FT311D und die FTDI-Library innerhalb der Android-App übernehmen die ganze USB-Kommunikation. Der Benutzer kann mit einfachen Funktionsaufrufen wie „WriteData(...)“ seine Elektronik steuern – zum Beispiel über I²C.



Bild 2. FTDI liefert acht Demo-Android-Apps mit, hier diejenige zum Setzen der digitalen Ein- und Ausgänge.



Kompatibilität

Alle Geräte, die unter Android ab der Version 3.1 (Honeycomb) laufen, unterstützen den Android Open Accessory Mode. Die Android-Version kann man sich in den Einstellungen anzeigen lassen (bei unserem Samsung-Tablet Galaxy Tab unter „Settings“ -> „About device“). Bei Android ab der Version 2.3.4 heißt es ausprobieren – der AOAM wurde von einigen Herstellern auf die gerätespezifische Version des Betriebssystems zurückportiert.

Bei noch älteren Android-Geräten kommt als Brücke zu eigener Elektronik das bereits in Elektor vorgestellte Andropod-Modul in Frage, das zur Kommunikation die Android Debug Bridge (ADB) und einen Vinculum-Chip mit vorprogrammierter Firmware nutzt [9]. Es ist im Elektor-Shop erhältlich unter [10].

können die sieben Pins des FT311D als digitale Ein- und Ausgänge (GPIOs) eingesetzt werden. Weitere Modi erlauben die Ausgabe von PWM-Signalen und die Kommunikation über UART, I²C oder SPI (Master und Slave). Allein über I²C lassen sich unzählige Spezialchips ansteuern, von der Porterweiterung über den AD-Wandler bis zur Echtzeituhr. Es dürfte daher kaum ein Elektronik-Projekt geben, das über den FT311D nicht an ein Android-Gerät angebunden werden kann. Der jeweilige User-Modus lässt sich sehr einfach über die Pegel an drei digitalen Eingangspins einstellen. An diese kann man – falls man flexibel bleiben möchte - Schalter oder Jumper anschließen (siehe Kasten „User-Modi“). Ein Konfigurieren über ein PC-Programm oder ähnliches entfällt.

Einfacher Weg zur App

Zu jedem Modus hat sich der Hersteller ein kleines Protokoll einfallen lassen. Es flitzen jeweils ein paar Bytes über USB hin und her – hiermit bestimmt die Android-App zum Beispiel, was der FT311D ausgeben soll. Das erste Byte, das vom Smartphone oder Tablet zum FTDI-Chip gesendet wird, steht immer für das Kommando. Im GPIO-Modus werden mit drei verschiedenen Kommandos die Ein-/Ausgänge konfiguriert, gesetzt oder abgefragt. Im PWM-Modus ist ein anderes Kommando dafür verantwortlich, das Tastverhältnis zwischen 5 und 95 % einzustellen, wobei das 2. Byte den PWM-Channel 0..3 auswählt. Weitere Kommandos sind für das Konfigurieren der I²C-, UART- bzw. SPI-Schnittstelle und das Versenden beziehungsweise Empfangen von Daten gedacht. Die Kommandos sind ausführlich im „FT31XD Programmers Guide“ [5] beschrieben, den man von der FTDI-Website downloaden kann.

Auf Seiten des FT311D wird dieses Protokoll natürlich von der vorprogrammierten Firmware abgehandelt. Auf der Android-Seite müsste man sich nun prinzipiell um das Zusammenstellen der Bytes selbst kümmern, darüber hinaus muss ja die USB-Schnittstelle entsprechend dem AOAM bedient werden. Wenn die App gestartet wird, ist außerdem abzufragen, ob tatsächlich gerade ein FT311D angeschlossen ist.

Glücklicherweise stellt FTDI aber für jeden Modus des Chips ein Java-Library-File zur Verfügung, das alle diese Aufgaben übernimmt. Grundkenntnisse in Android-Programmierung vorausgesetzt, lässt sich dieses File in eigene Apps integrieren.

Bild 3. Das Board kann bei Elektor getestet und bestückt bestellt werden (Schrauben nicht im Lieferumfang).

Im Falle des GPIO-Modus bietet das Library-File FT311GPIOInterface.java zum Beispiel die Funktionen ResetPort, ConfigPort, WritePort und ReadPort an. Die Library-Files sind darüber hinaus in kleine Android-Demo-Projekte eingebettet, die jeweils auch eine grafische Benutzeroberfläche für das Tablet/Smartphone bieten. Die GPIODemo-App (siehe **Bild 2**) zeigt zum Beispiel sieben Buttons zum Setzen der Ausgänge und sieben LEDs, die den Zustand der Eingänge symbolisieren. So ein Demoprojekt (insgesamt werden acht geboten) eignet sich nicht nur zum Test des Chips und seiner Beschaltung, sondern auch als Ausgangsbasis für eigene Apps. Die Demoprojekte inklusive der Bibliotheken sind im Ordner Android.zip zu finden, den man von der FTDI-Website downloaden kann.

Breakout-Board

Damit sich der clevere Chip noch einfacher verwenden lässt, hat Ton Giesberts ein kleines Breakout-Board konzipiert, das fertig bestückt bei Elektor erhältlich ist (**Bild 3**). Den Schaltplan des „Elektor Android Breakout-Boards“ sieht man in **Bild 4**. Ton hat sich hier unter anderem von einem Artikel zum FT311D inspirieren lassen, den Jeff Bachiochi in unserer Schwesterzeitschrift Circuit Cellar (Dezember 2013) veröffentlicht hat.

An K1, einer USB-A-Buchse, wird das Android-Tablet oder -Smartphone angeschlossen und über die Spannung VUSB (rund 5 V) auch geladen. Die Stromversorgung des Android-Geräts, des FT311D-Chips und eventuell auch der angeschlossenen Elektronik erfolgt über K3, die als Micro-USB-Buchse ausgeführt wurde. Das hat den Vorteil, dass Netzadapter mit entsprechendem Stecker, die häufig mit dem Smartphone mitgeliefert werden, weiter benutzt werden können.

Der LDO-Regler IC2 generiert die Betriebsspannung von 3,3 V für den FTDI-Chip IC1. An K2 wird die externe Elektronik angeschlossen, hier stehen

Bild 4. Schaltung rund um den FT311D. Die 5-V-Stromversorgung erfolgt über die Micro-USB-Buchse K3.

Stückliste

Widerstände:

R1,R2 = 27 Ω, 0W1, 1 %, 0603
 R3,R4 = 10 k, 0W1, 1 %, 0603
 R5 = 620 Ω, 0W1,1 %, 0603
 R6 = 1 k, 0W1, 5 %, 0603

Kondensatoren:

C1,C2 = 47 p, 50 V, 5 %, COG/NPO 0603
 C3,C6..C9,C11,C13 = 100 n, 25 V, 10 %, X7R 0603
 C4,C5 = 27 p, 50 V
 C10 = 4μ7, 6V3, 10 %, X5R 0603
 C12 = 10 μ, 10 V, 20 %, X5R 0603

Induktivitäten:

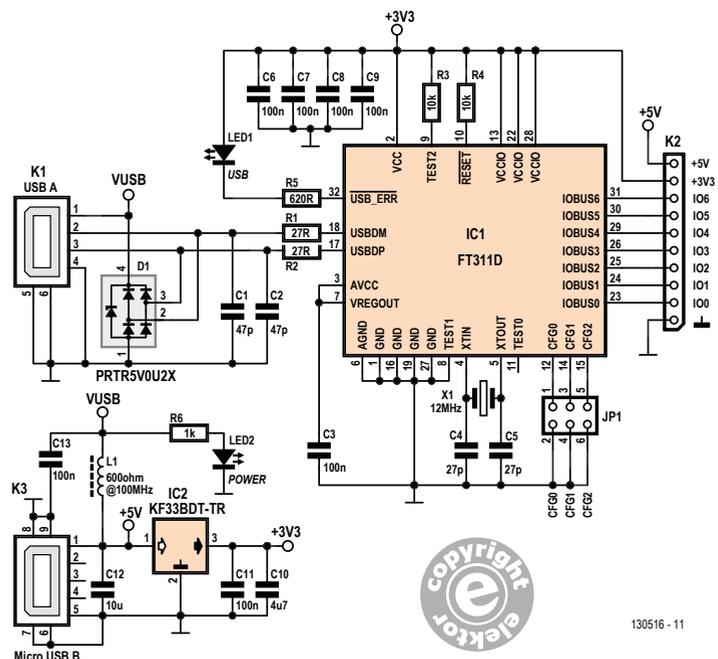
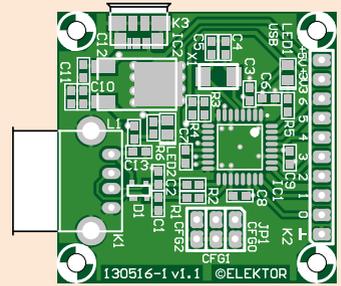
L1 = 600Ω@100MHz, 0Ω38/0A5, 0603,
 Murata BLM18AG601SN1D

Halbleiter:

D1 = TVS-Diode PRTR5V0U2X
 LED1,LED2 = LED 0805
 IC1 = FT311D-32L1C-R
 IC2 = LDO KF33BDT-TR

Außerdem:

K1 = USB-A-Buchse, für Platinemontage
 K2 = 10x1-Stiftleiste, 2,54 mm Rastermaß; für das Aufstecken auf ein Steckbrett muss die Stiftleiste runde Pins haben (z.B. D01-9923246 von Harwin)
 K3 = Micro-USB-Buchse, SMD
 JP1 = 3x2-Stiftleiste, 2,54 mm Rastermaß + 3 Jumper
 X1 = Quarz, 12 MHz, 20 ppm, 18 pF, 5x3,2 mm
 Platine PCB 130516-1 v1.1 [6]
 oder
 Android-Breakout-Board bestückt und getestet: 130516-91 [6]



130516 - 11

User-Modi

Über JP1 lassen sich insgesamt sechs User-Modi einstellen: GPIO (digitale Ein- und Ausgänge), PWM (Tastverhältnis 5..95%), I²C (Master), UART, SPI Master und SPI Slave. Dementsprechend verändert sich die Belegung der Pins IO0...IO6 an K2. In der Tabelle sind auch die Pinnummern des FT311D-Chips angegeben.

Modus	GPIO	PWM	I ² C	UART	SPI Master	SPI Slave
CFG2	15	GND	GND	GND	Offen	Offen
CFG1	14	GND	Offen	Offen	GND	GND
CFG0	12	GND	GND	Offen	Offen	GND
IO0	23	IO0	PWM0	SCL	TXD	
IO1	24	IO1	PWM1	SDA	RXD	
IO2	25	IO2	PWM2		RTS	
IO3	26	IO3	PWM3		CTS	CS
IO4	29	IO4			TXEN*	CLK
IO5	30	IO5				MOSI
IO6	31	IO6				MISO

TXEN = TX/Driver Enable für RS485-Treiber

die sieben Nutz-Signale des FT311D genauso wie die Spannungen 5 V und 3,3 V zur Verfügung. Es ist außerdem möglich, das Board und das Android-Gerät über den 5-V-Pin an diesem Stecker zu versorgen.

Die Pins CFG0 bis CFG2 zum Einstellen des User-Modus können über Jumper auf Masse gezogen werden, sie sind intern

mit Pullups beschaltet, liegen offen also auf einem High-Pegel.

FTDI schlägt eine LED am Ausgang /USB_ERR vor, die als „Error-LED“ bezeichnet wird. Doch eigentlich stimmt das nicht ganz; Ton hat sie im Schaltplan lieber „USB-LED“ genannt. Die LED1 beginnt dauerhaft zu leuchten, wenn der FT311D mit einem AOAM-fähigen Android-Gerät Kontakt aufgenommen hat, sie bedeutet in diesem Fall „alles ok“. Nur ein Blinken signalisiert einen Fehler. Falls man ein Android-Gerät anschließt, das den Accessory-Mode nicht beherrscht, bleibt LED1 dunkel.

Das Elektor Android Breakout Board kann fertig aufgebaut und getestet bestellt werden [6]. In K2 ist eine Stiftleiste eingelötet, die das Aufstecken auf ein Steckbrett einfach macht. Am besten schraubt man sich zum Experimentieren dann kleine Abstandshalter in die Bohrungen auf der gegenüberliegenden Seite, so wie in **Bild 5** zu sehen.

Test und Demo

Für einen Test lädt man sich die Demo-Projekte von der FTDI-Website herunter [5]. Im Ordner /bin findet man jeweils das .apk-File, das Android-Pendant zum .exe in der Windows-Welt. Wenn man das Smartphone oder Tablet über ein USB-Kabel an den PC anschließt, müsste sich das .apk-File in das Dateisystem des Android-Geräts kopieren lassen, zum Beispiel in den Downloads-Ordner. Das Tablet oder Smartphone muss man dann so einstellen, dass sich solchermaßen kopierte Anwendungen installieren lassen (bei unserem Samsung Galaxy Tab musste unter „Settings“ -> „Security“ die Checkbox „Unknown sources“ gesetzt werden). Daraufhin sucht man das .apk-File im Dateisystem des Geräts („My Files“ -> „Download“) und klickt es an. Im Normalfall sollte das Android-Gerät nun fragen, ob man die App installieren möchte. Ansonsten hilft eine der Installer-Apps, die man kostenlos vom Google Play Store herunterladen kann.

Für einen ersten Test des Boards installieren wir die GPIO-Demo-App. Das Breakout-Board konfigurieren wir mit drei gesteckten Jumpern auf „GPIO“. Nun legen wir Spannung an das Board (am einfachs-



ten mit einem Micro-USB-Kabel zum PC oder einem Micro-USB-Netzadapter), was die Power-LED angehen lässt. Danach wird das Tablet oder Smartphone mit dem Board verbunden. Es müsste die LED1 angehen; gleichzeitig sollte auf dem Android-Gerät ein Dialog erscheinen, ob die GPIO-Demo-App ab jetzt automatisch gestartet werden soll, wenn die Hardware angesteckt wird. Nach dem Start der App sieht man eine Benutzeroberfläche wie in Bild 2. Im oberen Bereich kann man jeden GPIO-Pin zwischen Ein- und Ausgang umschalten, nach Drücken des Buttons „Config“ wird ein entsprechendes Kommando zum Breakout-Board übermittelt und die Einstellungen werden wirksam. Ausgänge kann man setzen, indem man die weißen Tasten betätigt (und damit zwischen 0 und 1 umschaltet) sowie auf den Button „Write“ klickt. Zur Kontrolle genügt ein Multimeter, komfortabler aber setzt man das FT311D-Board auf ein Steckbrett und schließt an die GPIO-Pins über Vorwiderstände ein paar LEDs (gegen 3,3 V oder Masse) an, so wie im Bild am Anfang dieses Artikels zu sehen.

Ausführliche Informationen zu allen Demo-Apps und entsprechende Testschaltungen findet man im „FT311/FT312D Demo APK User Guide“, den man von der FTDI-Website downloaden kann [5]. Im Elektor-Labor haben wir unter anderem noch den I²C-Modus getestet, dabei wurde an die I²C-Pins die GnuBlin Relais-Platine [7][8] angeschlossen (**Bild 6**). In der Demo-App gilt es zu beachten, dass im Feld „Device Address“ tatsächlich die Adresse des I²C-Bausteins eingetragen werden muss – ohne das niedrigstwertige Bit, das bei I²C ein Lese- von einem Schreibkommando unterscheidet.

Außerdem haben wir einen interessanten Versuch mit zwei FT311D-Boards gemacht, dabei wurde eines der Boards als SPI-Master und eines der Boards als SPI-Slave konfiguriert. Damit kann man sich testweise Bytes von einem Android-Gerät zu einem anderen schicken. Falls man Daten mit „Write“ von der Master-App verschickt, werden diese gleich in der Slave-App angezeigt. Umgekehrt erscheinen von der Slave-App mit „Write“ verschickte Daten erst dann in der Master-App, falls man dort das Kommando „Read“ betätigt.

Sicherlich fallen Ihnen noch eine Menge weiterer Anwendungen ein - wir wünschen viel Spaß beim Ausprobieren!

(130516)

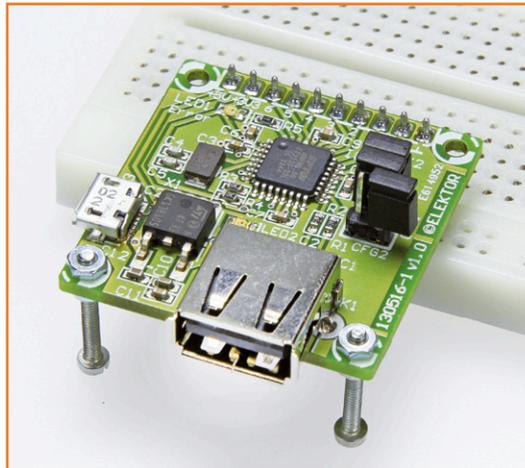


Bild 5.
Ein Steckbrett ist die ideale Ausgangsbasis für eigene Experimente.

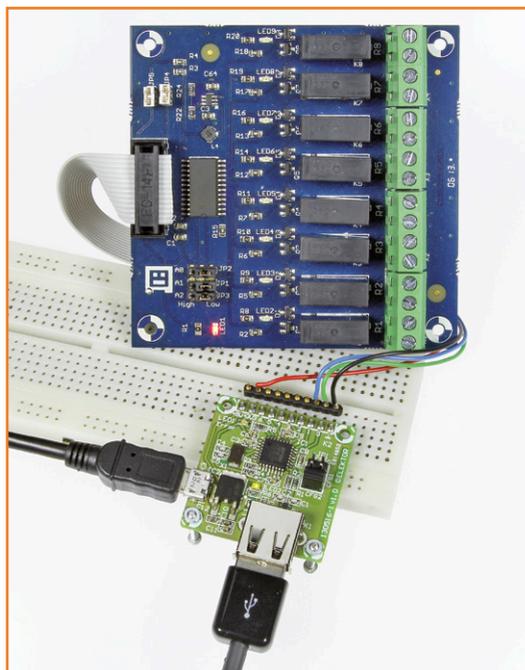


Bild 6.
Über I²C lässt sich zum Beispiel die GnuBlin Relais-Platine ansteuern.

Weblinks

- [1] <http://source.android.com/accessories/custom.html>
- [2] Elektor 06/2011, www.elektor-magazine.de/090992
- [3] <http://source.android.com/accessories/aoa.html>
- [4] <http://developer.android.com/tools/adk/adk2.html#src-download>
- [5] www.ftdichip.com/Products/ICs/FT311D.html
- [6] www.elektor-magazine.de/130516
- [7] Elektor 7-8/2013, www.elektor-magazine.de/130157
- [8] www.elektor.de/gnublin-relay-module-130212-91
- [9] Elektor 02/2012, www.elektor-magazine.de/110405
- [10] www.elektor.de/110405-91-andropod

Erschütterungs-Detektor Mit Piezo-Sensor



Von
Wouter Eisema (NL)



In Regionen, in denen der Bergbau beheimatet ist, zittert gelegentlich die Erde. Auch am niederländischen Wohnort des Autors treten gelegentlich leichte Erschütterungen auf, die auf die Erdgasgewinnung zurückzuführen sind. Der Erschütterungs-Detektor reagiert nicht nur auf solche Bodenbewegungen, sondern auch auf das Vorbeifahren schwerer Straßen- oder Schienenfahrzeuge. Die Empfindlichkeit lässt sich an den Einsatzzweck individuell anpassen.

Eine LED und ein Piezo-Summer geben Alarm, sobald eine Erschütterung erkannt wird. Das Relais ist dafür vorgesehen, ein nachgeschaltetes Alarmsystem zu aktivieren. Hier ist auch ein 433-MHz-Sendemodul anschließbar, das die Information drahtlos weitergibt. Ein passender 433-MHz-Sender geringer Leistung wird an anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe beschrieben. Die drahtlose Übertragung bietet sich immer dann an, wenn der Erschütterungs-Detektor zusammen mit dem Sender an einem schwer zugänglichen Ort installiert werden soll.



Bild 1.
Der Piezo-Sensor von Measurement Specialties gibt eine Spannung ab, wenn er gebogen wird.

Dieses unkomplizierte seismische Alarmsystem wurde entworfen, um vor Stößen, Schwingungen oder leichten Beben des Erdbodens zu warnen. Erschütterungen werden optisch und akustisch signalisiert, außerdem zieht ein Relais an. Optional kann der Alarm drahtlos fernübertragen werden.

Arbeitsweise

Essentielles Bauelement des Erschütterungswarner ist der mechanische Schwingungssensor, den **Bild 1** zeigt. Im Typ LDTM-028K des Sensor-Spezialisten MEAS (Measurement Specialties, siehe [1]) verbirgt sich ein dünner, laminiertes Piezo-Film. Auf der einen Seite stellen zwei Lötflächen die elektrischen Anschlüsse her, auf der anderen befindet sich eine Hohlbohrung, an der ein Gewicht oder ein Pendel angeschraubt wird. Wenn das Piezo-Sensorelement durch starke mechanische Schwingungen in Biegebewegungen gerät, können die abgegebenen Spannungen im Bereich von 70 V liegen. Bei schwachen Biegebewegungen bewegen sich die Sensorspannungen im Bereich einiger Millivolt. Diese Signale müssen verstärkt werden, bevor sie Schaltvorgänge auslösen können.

In der Schaltung (**Bild 2**) ist der Sensor mit dem Eingang von IC1 verbunden, ein Opamp des Typs MCP601 von Microchip. Die Betriebsspannung dieses Rail-to-rail-Typs ist unsymmetrisch, er arbeitet bereits ab 2,7 V. Mit P1 ist die Verstärkung über einen weiten Bereich einstellbar. Die Dioden D1 und D2 schützen den nicht-invertierenden Opamp-Eingang vor den Überspannungen, die am Sensor auftreten können.

Im Ruhezustand liegt der Opamp-Ausgang auf niedriger Spannung. Das Signal steuert den Impulsverlängerer, aufgebaut mit den Sch-

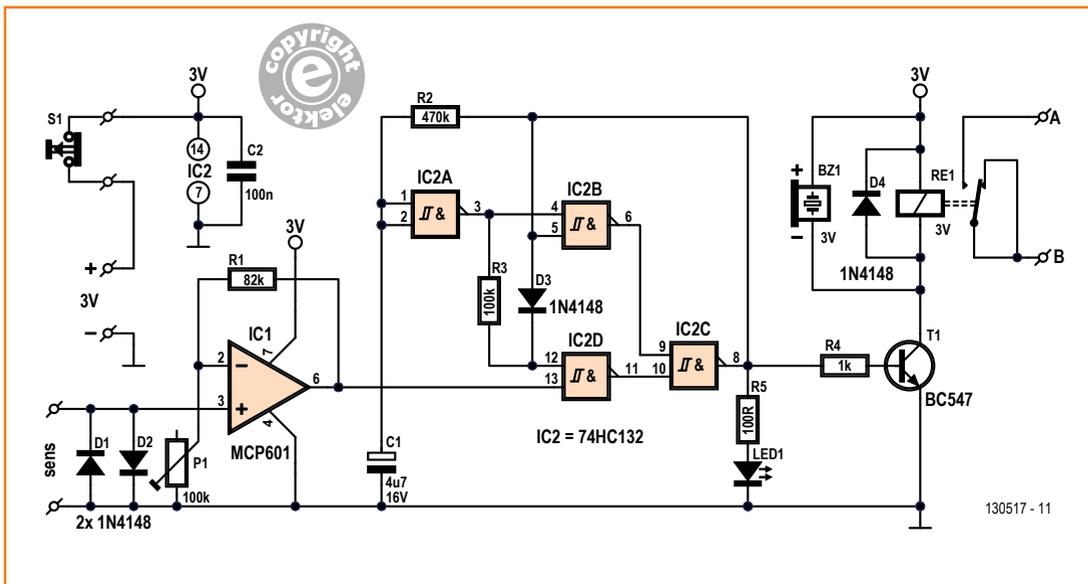


Bild 2. Die Schaltung ist unspektakulär, sie besteht aus einem Verstärker (IC1), einem Impulsverlängerer (IC2), dem Signalgebern und einem Schaltrelais.

mitt-Trigger-Gattern IC2A...IC2D. Am Ausgang des Impulsverlängerers liegt ebenfalls niedrige Spannung, so dass C1 entladen ist und die Ausgänge von IC2A, IC2B und IC2D auf hoher Spannung sind. Wenn der Sensor einen Impuls abgibt, geht der Ausgang von IC2C auf hohe Spannung. In diesem Zustand wird IC2C von IC2B gehalten, solange die Spannung an C1 noch nicht so weit gestiegen ist, dass IC2A umschaltet. Ist die Spannung erreicht, wird Anschluss Pin 12 von IC2D über R3 auf niedrige Spannung gezogen. Der Ausgang von IC2D wird ebenso wie der Ausgang von IC2B hoch, der Impulsverlängerer kehrt

in seinen Ausgangszustand zurück. Sobald C1 entladen ist, kann der nächste Sensorimpuls verarbeitet werden.

Diode D3 und Widerstand R3 bewirken, dass eine logische 1 am Ausgang von IC2A für IC2D (Eingang Pin 12) Vorrang vor dem logischen Signal hat, das am Ausgang (Pin 8 von IC2C) liegt. Mit den angegebenen Werten beträgt die Kippdauer des Impulsverlängerers ungefähr 20 Sekunden. Die Zeit lässt sich verlängern, indem C1 eine höhere Kapazität erhält.

Der Impulsverlängerer steuert über R5 die LED

Stückliste

Widerstände:

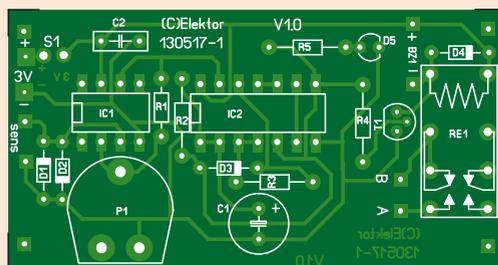
- R1 = 82 k
- R2 = 470 k
- R3 = 100 k
- R4 = 1 k
- R5 = 100 Ω
- P1 = 100 k Trimpoti

Kondensatoren:

- C1 = 4,7 μ/16 V
- C2 = 100 n

Halbleiter:

- D1, D2, D3, D4 = 1N4148
- LED1 = LED 3 mm rot, Low-current
- T1 = BC547
- IC1 = MCP601 (Microchip)
- IC2 = 74HC132

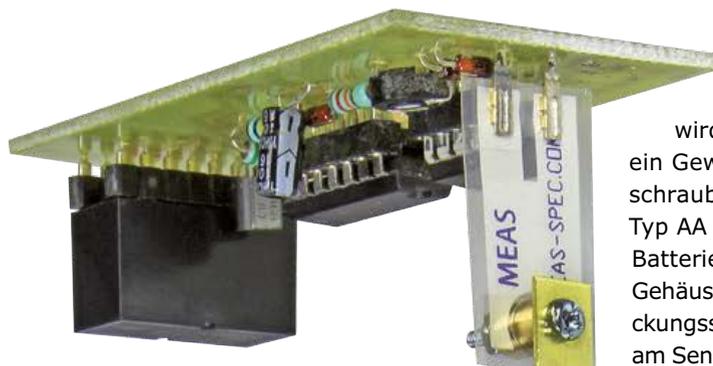


Außerdem:

- BZ1 = Piezo-Tongeber 3 V, aktiv (z. B. Multicomp MCKPT-G1210-3916))
- S1 = Drucktaster mit Ruhekontakt
- RE1 = Relais 3 V für Platinenmontage (z. B. Omron G5V2H13DC)
- Sensor = LDTM-028K (Measurement Specialties)
- Platine 130517-1, siehe [2]

Bild 3. Auf der Platine finden alle Bauelemente einschließlich Sensor ihren Platz. Der Sensor kann wahlweise auf der Ober- oder Unterseite montiert werden.

Bild 4.
Das Gewicht und die Länge des mit dem Sensor verschraubten, nach unten hängenden Pendels haben Einfluss auf die Empfindlichkeit.



sowie über R4 und T1 den Piezo-Tonggeber BZ1 und das Relais RE1. Tongeber und Relais sind parallel geschaltet. Der Relais-Arbeitskontakt kann ein externes Alarmsystem oder den 433-MHz-Sender steuern, der an anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe beschrieben ist.

Die Betriebsspannung der Schaltung einschließlich Sensor beträgt 3 V. Der Strombedarf liegt bei nur 50 μA , so dass zwei Batterien des Typs AA den Erschütterungswarner mehrere Jahre mit Energie versorgen. Der Ruhekontakt des Drucktasters S1 unterbricht die Betriebsspannung, falls ein Alarm vorzeitig abgebrochen werden soll. Das Ausschalten und Wiedereinschalten ist ebenso simpel wie wirkungsvoll.

Aufbau und Einsatz

Die Schaltung besteht zwar aus nur wenigen unkritischen Bauteilen, trotzdem wurde eine Platine entworfen, **Bild 3** zeigt das Layout. Wie bei den meisten Projekten steht das Layout zum freien Download auf der Elektor-Website [2] bereit. Auf der Platine sind zwei Relaiskontakte unmittelbar miteinander verbunden. Das ist Absicht, denn diese Maßnahme macht die Auswahl des Relais-Typs einfacher. Bei dem in der Stückliste angegebenen Relais befindet sich der Anschluss des zentralen Kontakts in der Mitte, während der nahe den Wicklungsanschlüssen liegende Anschluss zum Ruhekontakt gehört. Bei anderen Relais können diese Kontakte vertauscht sein, ein Beispiel ist der Typ AZ822 von American Zettler.

Die Montage der ausschließlich bedrahteten Bauelemente ist nicht schwierig, sie ist schnell erledigt. Fassungen für die ICs (IC1 und IC2) vereinfachen den Austausch,

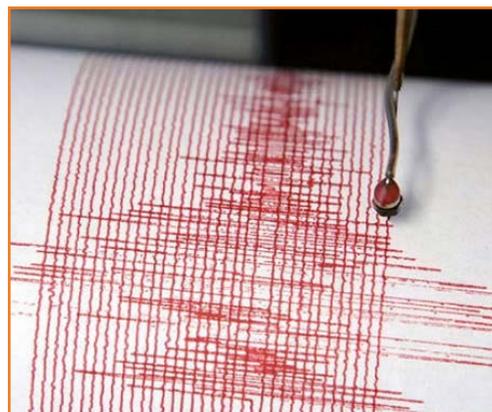
falls ein IC wider Erwarten defekt werden sollte. Das Sensor-Element wird unmittelbar auf die Platine gelötet, ein Gewicht oder Pendel kann später angeschraubt werden. Die beiden Batterien vom Typ AA (Mignon) finden in einem passenden Batteriehalter ihren Platz. Der Einbau in ein Gehäuse ist so vorzunehmen, dass die Bestückungsseite der Platine nach unten zeigt. Das am Sensor angeschraubte Pendel, hier in Form eines Stabes, muss frei beweglich nach unten ragen. Ein Winkelprofil dient zum Befestigen des Geräts an der Decke des zu überwachen Innenraums. Die Montage des Sensors auf der Platinenunterseite ist eine Alternative, falls die Platine bequemer mit der Bestückungsseite nach oben im Gehäuse untergebracht werden kann.

Nachdem der Erschütterungs-Detektor an seinem Einsatzort hängt, ist nur noch die Empfindlichkeit einzustellen. Trimpptoti P1 wird in eine Stellung gedreht, bei der die LED und der Piezo-Tonggeber noch nicht aktiv werden. Eventuell bedarf es einiger Versuche, um den Punkt zu finden, an dem Fehlalarme nicht zu erwarten sind. Die Eigenschaften des Gewichts oder Pendels, insbesondere die Länge, haben ebenfalls Einfluss auf die Empfindlichkeit. Wenn der Aufbau in einem geräumigen Kunststoffbehälter untergebracht wird, der die Bewegung nicht behindert, können Luftströmungen den Sensor nicht beeinflussen. Gleichzeitig ist der Erschütterungswarner vor Staub und Feuchtigkeit geschützt.

(130517)gd

Weblinks

- [1] www.meas-spec.de
- [2] www.elektor-magazine.de/130517



25 Jahre **Beta**

LAYOUT

create : electronics

Geschenkt:

3D-Ansicht



3D-PDF & Step-Datei



3D-Kollisionsprüfung



25 Jahre **Beta**

LAYOUT



www.pcb-pool.com/brd-to-3D

VB-Express und die Hardware

Mit Visual Basic in die analoge Welt



Visual Basic zählt nach wie vor zu den sehr weit verbreiteten Programmiersprachen. Seine Beliebtheit resultiert gerade für den Einsteiger aus der schnellen Erlernbarkeit und der einfachen Lesbarkeit des Programmcodes. Seit der Einführung von .NET sind die Ressourcen, die in Visual Basic verwendet werden, identisch mit den Ressourcen anderer Sprachen wie etwa Visual-C und C#. Dies ist für erfahrene Programmierer vorteilhaft, die mit C-Programmierern zusammenarbeiten und sich mit ihnen verständigen müssen. Gleiches gilt für die durchgehende objektorientierte und ereignisgesteuerte Struktur.

Dieses Buch ist für Einsteiger in die Programmiersprache Visual Basic.NET gedacht, auch und gerade unter Berücksichtigung der Bedürfnisse von Elektronikern. Nach der allgemeinen Einführung gibt es deshalb auch Kapitel über hardwarenahe Programmierung und den Einsatz von Visual Basic zum Messen, Steuern und Regeln.

286 Seiten (kart.) • Format 17 x 23,5 cm
ISBN 978-3-89576-270-3

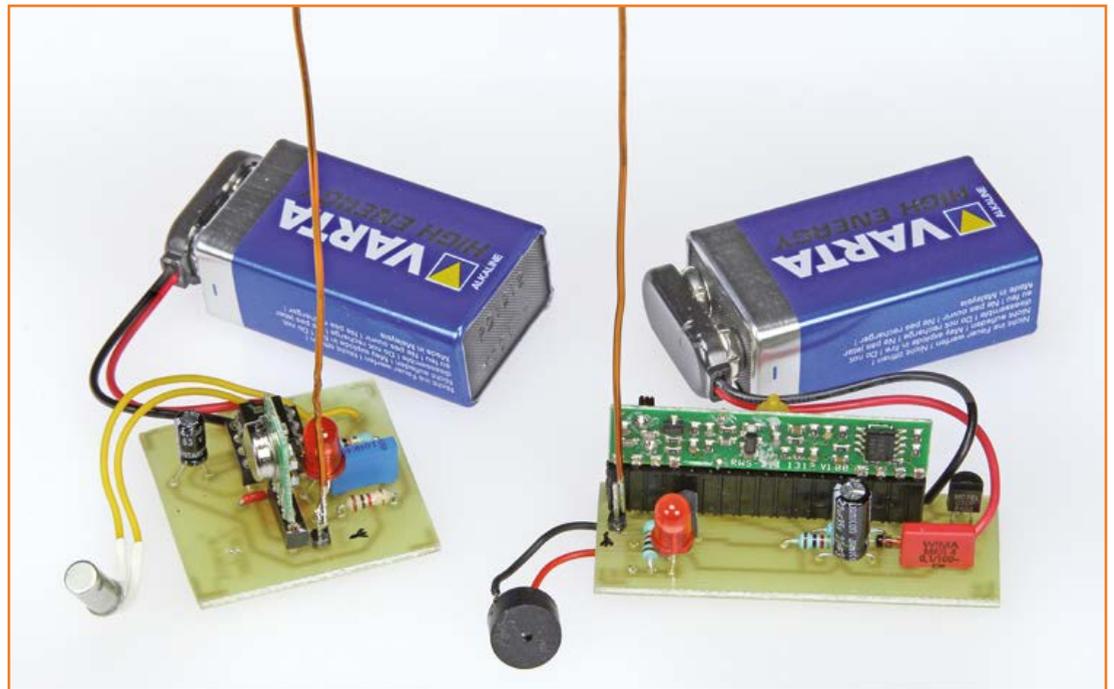
€ 36,80

CHF 45,70

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de

Drahtloser Signalgeber

Schaltsignale über 433 MHz



Von
Wouter Eisema (NL)

Die drahtlose Übertragung eines Schaltzustands lässt sich mit geringem Aufwand realisieren. Ein preiswertes 433-MHz-Sender-Modul und das dazu passende Gegenstück auf der Empfängerseite müssen durch nur wenige Bauelemente ergänzt werden.

Zu einer drahtlosen Übertragungsstrecke gehören ein Sender und ein Empfänger, sie haben hier die Form von miniaturisierten Modulen. Der Frequenzbereich 433 MHz, ein sogenanntes IME-Band, ist für den beabsichtigten Zweck allgemein frei gegeben. Abhängig von den Ausbreitungsbedingungen beträgt die Reichweite bis etwa 100 m. Die übertragene Information kann von einem Schalter, einem Relaiskontakt, einer Lichtschranke oder einer ähnlichen Quelle herrühren. Der Autor setzt den drahtlosen Signalgeber für die Weiterleitung des Alarms ein, den der ebenfalls in dieser Ausgabe beschriebene Erschütterungs-Detektor auslöst. In ähnlicher Weise könnte die übertragene Information Aufschluss über die Stellung des Garagentors oder die Belegung des Hausbriefkastens geben.

Beim Entwurf dieses drahtlosen Übertragungssystems standen die Unkompliziertheit und die niedrige Anzahl der Bauelemente im Vordergrund. Die zu übertragende binäre Information wird deshalb lediglich durch Einschalten und Ausschalten des gepulsten 433-MHz-Trägers dargestellt. Auf eine Modulation oder Codierung wurde mit Blick auf den geringen Informationsgehalt und die niedrige Reichweite verzichtet. Allerdings reagiert der Empfänger auch auf fremde 433-MHz-Signale, wenn sie genügend stark am Empfangsort einfallen. Die niedrigen Investitionen und der einfache Aufbau werden damit erkauft, dass hohe Anforderungen an die Übertragungssicherheit nicht gestellt werden dürfen.

In der Konstruktion des Autors kamen die 433-MHz-Module TX433N (Sender) und RX433N

(Empfänger) von Velleman zum Einsatz. Im Prinzip ist jedes Sender-Empfänger-Paar geeignet, das in einem allgemein freigegebenen Frequenzband arbeitet. Gegebenenfalls muss die Platine an abweichende Modul-Anschlüsse angepasst werden.

Schaltungen

Auf der Seite des Senders (**Bild 1**) übernimmt ein als Rechteckoszillator geschalteter Timer 555 (IC1) eine Hilfsfunktion. Mit S1 ist der Schalter oder Kontakt bezeichnet, dessen Betriebszustand übertragen werden soll. Wenn S1 schließt, wird die Betriebsspannung an die Schaltung gelegt. Der Timer erzeugt ein pulsformiges Signal mit der Frequenz 1 Hz, der Duty-Cycle beträgt 50 %. Das Signal steuert den Daten-Eingang des Sender-Moduls, so dass ein Trägersignal gesendet wird, das mit 1 Hz gepulst ist. Die LED1 blinkt und signalisiert die Aktivität. Solange S1 offen ist, erhält die Schaltung keine Betriebsspannung, sie nimmt im Ruhezustand keinen Strom auf. Die Energiequelle, eine 9-V-Batterie, hat eine lange Lebensdauer, es sei denn, der Sender wird überdurchschnittlich häufig eingeschaltet.

Die Schaltung auf der Empfängerseite (**Bild 2**) ist noch unkomplizierter aufgebaut. Hier sind nur ein Schalttransistor (T1) sowie ein Spannungsregler (IC1) für die stabilisierte Betriebsspannung +5 V hinzugefügt. Der digitale Modul-Ausgang (Pin 2) steuert T1, er schaltet die LED und den Piezo-Tongebler ein. Wenn das Empfänger-Modul ein gepulstes Trägersignal empfängt, leitet T1 in gleichem Rhythmus. Die LED blinkt, und der Piezo-Tongebler erzeugt ein regelmäßiges akustisches Signal.

Da der Empfänger ununterbrochen empfangsbereit sein muss, kann für die Stromversorgung ein Steckernetzteil anstelle der 9-V-Batterie von Vorteil sein.

Aufbau und Betrieb

Für den Sender und den Empfänger wurden Mini-Platinen entworfen, **Bild 3** und **Bild 4** zeigen die Platinenlayouts. Da die Anzahl der Bauelemente gering ist, können die Schaltungen auch auf Teilen einer Löttraster-Platine aufgebaut werden. Die Platinenlayouts sind auf der Projektseite [1] als Download verfügbar.

Der Aufbau der Schaltungen ist unproblematisch. Das Sender-Modul wird in einer vierpoligen Steckfassung montiert, für das Empfänger-Modul sind zwei identische Fassungen nötig. Die Antennen

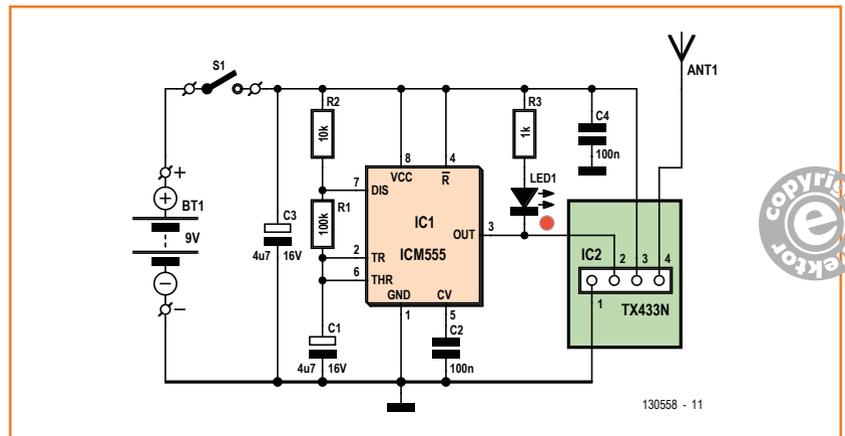


Bild 1. Der Sender ist mit einem marktüblichen Sender-Modul (433 MHz) und einem Timer 555 bestückt.

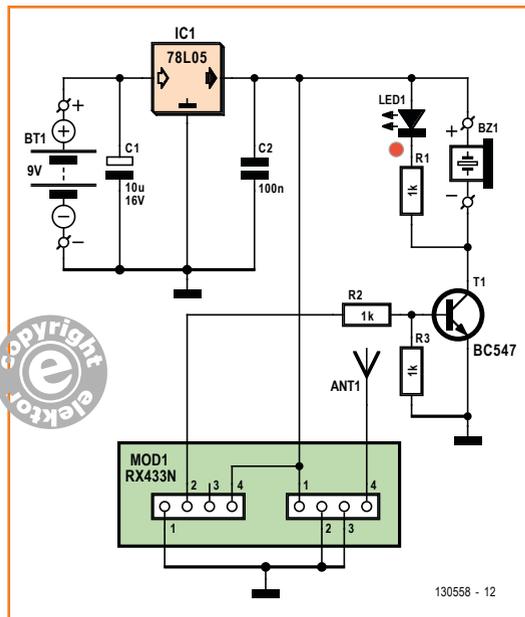


Bild 2. Auch der Empfänger kommt mit wenigen Bauelementen aus. Das Empfänger-Modul steuert eine LED und einen Piezo-Tongebler.

bestehen aus geraden, 17 cm langen Kupfervoll-drähten. Der auslösende Schalter oder Kontakt ist mit den Anschlusspunkten zu verbinden, die mit S1 bezeichnet sind. Dies kann zum Beispiel der Relais-Ausgang des schon erwähnten Erschütterungswarners sein. Im Fall eines Alarms zieht das dort eingebaute Relais an und schaltet den Sender ein. Beim Empfänger blinkt die LED, gleichzeitig gibt der Piezo-Tongebler akustischen Alarm. Nach etwa 20 Sekunden (oder nach manuellem Reset) kehrt das Relais in den Ruhezustand zurück und der Alarm ist beendet.

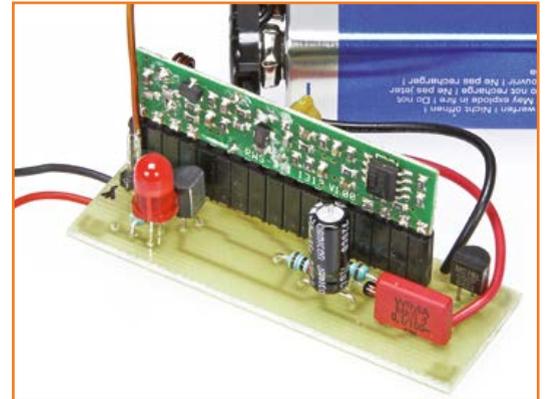
Eine letzte Anmerkung: Innerhalb von Gebäuden, insbesondere aus Stahlbeton, kann die Reichweite der Funkverbindung deutlich eingeschränkt

sein. Bei ungünstigen Ausbreitungsverhältnissen müssen die Standorte von Sender und Empfänger sowie die Ausrichtung der Antennen experimentell optimiert werden.

(130558)gd

Weblink

[1] www.elektor-magazine.de/130558



Stückliste

Sender

Widerstände:

R1 = 100 k
R2 = 10 k
R3 = 1 k

Kondensatoren:

C1, C3 = 4,7 μ /16 V stehend
C2, C4 = 100 n

Halbleiter:

LED1 = LED 3 mm rot, Low-current
IC1 = ICM555

Außerdem:

IC2 = Sender-Modul 433 MHz ISM: TX433N (Velleman)
Buchsenleiste 4-polig, für das Sendermodul
Drahtantenne, 17 cm
Platine 130558-1

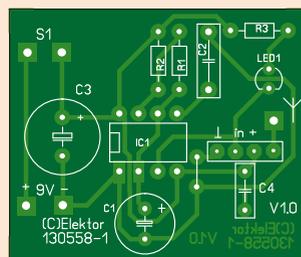


Bild 3. Platine für den Sender. Die Fotos zeigen den drahtlosen Signalgeber zusammen mit einem Erschütterungs-Detektor.

Stückliste

Empfänger

Widerstände:

R1, R2, R3 = 1 k

Kondensatoren:

C1 = 10 μ /16 V, stehend
C2 = 100 n

Halbleiter:

LED1 = LED 3 mm rot, Low-current
T1 = BC547
IC1 = 78L05

Außerdem:

Mod1 = Empfänger-Modul 433 MHz ISM: RX433N (Velleman)
2 x Buchsenleiste 4-polig, für das Empfängermodul
Drahtantenne, 17 cm
Bz1 = Piezo-Tongeber 5 V, aktiv
Platine 130558-2

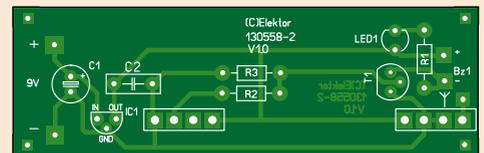


Bild 4. Zur Empfänger-Platine gehören nur wenige Bauelemente, wegen des Empfänger-Moduls hat sie eine langgestreckte Form.



GERADE WENN'S MAL HEISS HERGEHT.

LEITERPLATTEN AUS ALUMINIUM ONLINE BESTELLEN.



ab **12 h**
Leiterplatten-Express! Pünktlich oder gratis!

LEITON
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Starke Hitzeeinwirkung ist eine echte Herausforderung - z. B. wenn wichtige Leistungsbauteile hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Unsere Aluminium-Platinen überzeugen durch **hohe Hitzeresistenz** sowie einen **Wärmeleitwert von bis zu 3,0 W/mK in der Premiumvariante „Polytherm TC-Lam 3.0“**. Ihre Vorteile: **Kostenreduktion** durch höhere Lebensdauer und Zuverlässigkeit, **Platzersparnis** dank Integration der Kühlkörper sowie **Performancesteigerung** durch höhere Leistungsdichte innerhalb der Anwendung. Sie möchten mehr darüber wissen? Wir bieten persönliche Beratung am Telefon, einen kompetenten Außendienst und Angebote auch per E-Mail in Windeseile. Sie können bei Leiton immer mit bestem Service rechnen.

www.leiton.de Info-Hotline +49 (0)30 701 73 49 0

Schaeffer
AG

FRONTPLATTEN & GEHÄUSE

Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

Individuelle Frontplatten können mit dem Frontplatten Designer mühelos gestaltet werden. Der Frontplatten Designer wird kostenlos im Internet oder auf CD zur Verfügung gestellt.



Preisbeispiel: 34,90 €
zzgl. Ust./Versand

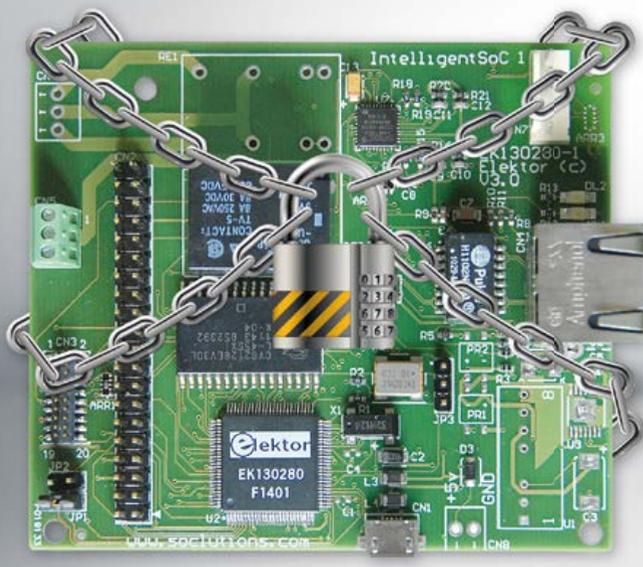
- Automatische Preisberechnung
- Lieferung innerhalb von 5–8 Tagen
- 24-Stunden-Service bei Bedarf

Schaeffer AG · Nahmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 805 86 95-0
Fax +49 (0)30 805 86 95-33 · Web info@schaeffer-ag.de · www.schaeffer-ag.de

E-Lock

So sicher wie Fort Knox

NEU!



Mit Elektors erstem Chip (E-Lock) kann man über das Internet bzw. TCP/IP auf eine komplett sichere Art und Weise das eigene Heimautomatisierungssystem von überall auf der Welt mit einem Tablet oder Smartphone fernsteuern. Das Verschlüsselungsprotokoll basiert auf TLS (Transport Layer Security). Das IC bietet 7 GPIOs, 4 ADC-Kanäle mit 16-bit-Auflösung, einen 12-bit-DAC und ein I²C-Interface zum Anschluss von Peripherie.

Sichern Sie jetzt Ihre Domotikanlage gegen "Eindringlinge" und bestellen Sie E-Lock als fertig aufgebaute Platine für nur 111,00 Euro!

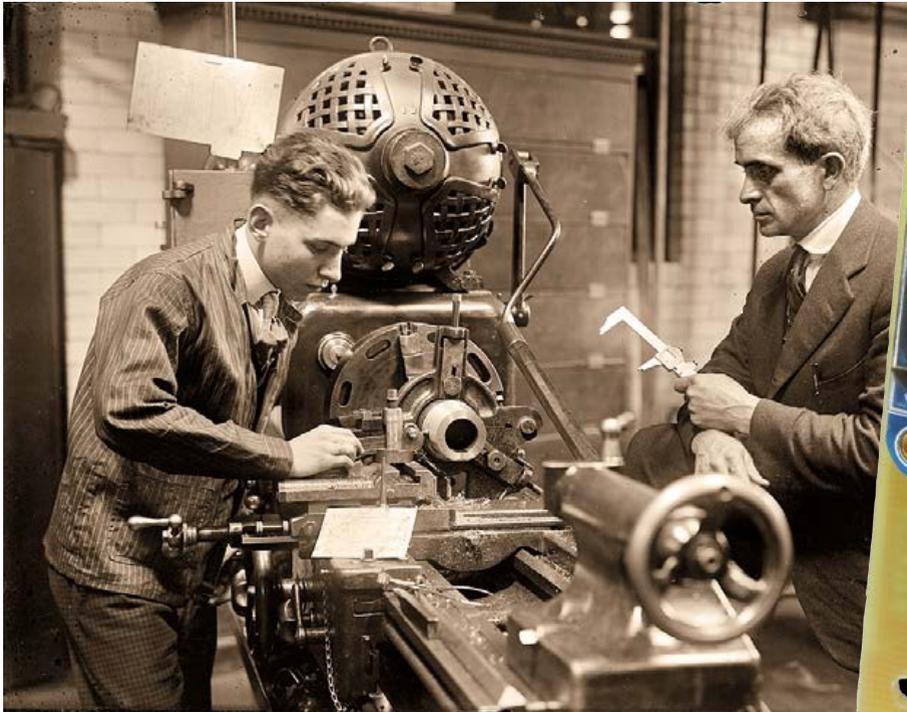
Artikel-Nr. 130280-91
€ 111,00 • CHF 137,70

GOLD- und GREEN-Mitglieder erhalten wie gewohnt 10% Rabatt und zahlen somit nur 99,90 Euro!

Weitere Infos & Bestellung unter www.ektor.de/130280-91



Drehzahlmesser Für Dreh- und Fräsmaschinen



Von **Andre Jordaan**
(Schweiz)



Hier ist das nicht-invasive, vollelektronische Add-on, das die Drehzahl einer Dreh- oder Fräsbank anzeigt, sei es beim modernsten CNC-Wunder oder einem mechanischen Exemplar mit Altertums-wert. Das Gerät ist state-of-the-art mit einem Arduino Micro und einem 0,96"-OLED-Display ausgestattet, auf dem über die aktuelle Drehgeschwindigkeit und die Gerätelauzeit informiert wird.

Wenn man nicht den Hauch einer Ahnung von elementarer Metallbearbeitung und Veredlung hat, also eingefleischter Elektroniker ist, sollte man wenigstens wissen, dass die Drehgeschwindigkeit entscheidend ist für alles, was bohrt, fräst, schneidet, poliert oder hont, egal, ob es sich beim Material um Metall, Holz, Glas und seit einiger Zeit auch um harte Kunststoffe, Teflon oder Gummi handelt.

Wird zum Beispiel eine runde Stahlstange auf ihre endgültige Größe gefräst, so ist die Drehgeschwindigkeit bei den ersten paar groben Bearbeitungsvorgängen mit Drehmeißel „A“ im Win-

kel x erheblich unterschiedlich von der Drehgeschwindigkeit bei der Bearbeitung mit Drehstahl „B“ im Winkel y , bei der dann das Werkstück eine ultra-glatte Oberfläche erhält. In beiden Fällen muss der Dreher die Drehzahl der Welle mit Zahnriemen oder Getriebe oder sonst einem Untertrieb (was die Maschine eben so zur Verfügung stellt) einstellen und überprüfen.

Für einen Metallarbeiter ist die *Drehgeschwindigkeit* seiner wertvollen Maschine das gleiche wie *Versorgungsspannung* und *Stromaufnahme* für den Elektronik-Ingenieur. Ist die Drehgeschwindigkeit (=Spannung) falsch, riskiert man

die Zerstörung des teuren Präzisions-Werkstücks (=64-bit-ARM-CPU). Ob nun Metallarbeiter oder Elektroniker, Sie wollen nicht wirklich, dass so etwas passiert. Wenn wir im folgenden Spindel oder Welle schreiben, meinen wir natürlich auch 3- oder 4-Klauenkopf, Bohrkopf, Schaftfräser, Polierblock, Bohrer, Gewindeschneider et cetera et cetera, alle diese Dinge, die man letztendlich an einer angetriebenen Welle oder Spindel einer Drehbank oder Fräsmaschine befestigt.

Wie es funktioniert

Wie bei den meisten Embedded-Anwendungen verrät die Schaltung in **Bild 1** nicht viel über die Funktionsweise oder das Ziel der Applikation. Es könnte sich tatsächlich um den neuesten Alligator-Zähler der NASA für den Einsatz in Cape Canaveral handeln. Einer der Gründe für die willkommene Knappheit an Bauteilen in der Schaltung ist die Verwendung eines Arduino-Micro-Boards an Position MOD(ul) 1, das anstelle einer Ansammlung von Hardware-Komponenten alle möglichen Dinge kontrolliert, steuert und entscheidet. Der Arduino Micro wird zunächst mit der Projekt-Firmware über seinen Micro-USB-Anschluss programmiert.

Die Firmware des Arduino Micro kann durch einen Druck auf S1 zurückgesetzt werden. Schließlich ist noch eine LED2 an der Arduino-Leitung D7 angeschlossen, deren Funktion der Programmierer nach eigenem Gusto bestimmen kann, etwa als OVER REV oder CALL KEITH [4].

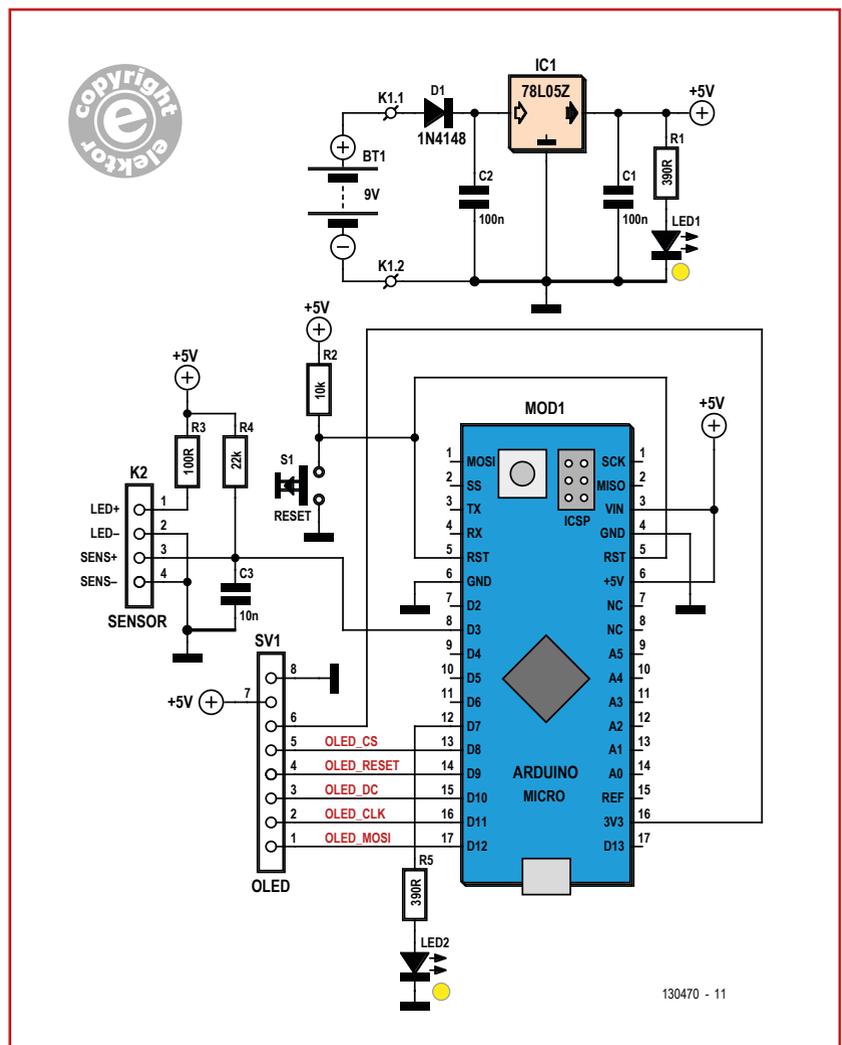
Als einzige Eingabeeinrichtung der Schaltung wird eine Reflex-Infrarot-Fototransistor/Leuchtdioden-Kombi (Reflexlichtschranke) wie bei Yourduino [2] als Sensor genutzt, um die Drehgeschwindigkeit einer Spindel oder Welle einer Drehbank, einer Fräsmaschine oder eines ähnlichen Geräts im metallverarbeitenden Werkzeugbau reproduzierbar zu ermitteln. Die Lichtschranke wird über K2 mit der Schaltung verbunden. Die LED in dem Sensor wird über R3 dauerhaft direkt aus der +5 V-Leitung versorgt. Der SENS+-Pin, an dem der Kollektor des Fototransistors liegt, wird über R4 auf +5 V gezogen. Das SENS+-Signal führt zur INT/D3-Leitung des Arduino-Boards.

Rund um die Welle ist ein Stück mattes schwarzes Klebeband angebracht, das einen schmalen, etwa 3 mm breiten Spalt frei lässt. Immer, wenn der Spalt bei der Drehung vorbei huscht, wird das Licht der Diode reflektiert und vom Fototransistor aufgefangen. Er leitet und zieht SENS+ für einen Augenblick auf Low, dann wird der Pegel wieder High, wenn das Licht nicht mehr reflektiert wird.

Aus der Frequenz dieser ansteigenden Flanken ergibt sich die Drehgeschwindigkeit der Welle. Beachten Sie, dass aufgrund der Untersetzung die Wellen- nicht der Motordrehzahl entspricht. Das Adafruit-OLED-Displaymodul (Organic Light Emitting Diode) [1] wird direkt auf den 8-poligen Verbinder SV1 gesteckt. Das OLED-Modul ist monochrom und besitzt ein 128 x 64 Pixel großes Grafik-Display. Es wird vom gleichen 5-V-Regler versorgt wie der Arduino Micro. Es können auch andere OLED-Module verwendet werden, achten Sie aber darauf, dass die Anschlussbelegung übereinstimmt.

Besagter Regler, IC1, verwandelt die unregelmäßige Spannung einer alkalischen 9 V-Batterie 6LR22 (oder eines 7...9 V-Netzteils), die an K1 angeschlossen ist, in die erforderliche stabile Versorgungsspannung von +5 V. LED1 dient als Betriebsanzeige.

Bild 1. Schaltung des Präzisions-Drehzahlmessers für CNC-Dreh- und Fräsmaschinen. Alle Mess- und Regelfunktionen werden von einem aufgesteckten Arduino Micro berechnet.



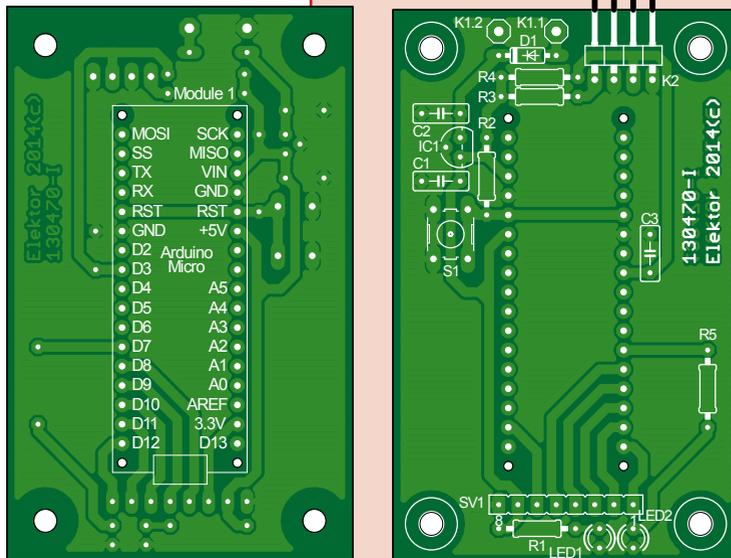


Bild 2. Das vom Elektor-Labor entwickelte Platinenlayout für das Projekt.

Stückliste

Widerstände:

R1,R5 = 390 Ω , 5%, 0,25 W
 R2 = 10 k, 5%, 0,25 W
 R3 = 270 Ω , 5%, 0,25 W
 R4 = 22 k, 5%, 0,25 W

Kondensatoren:

C1,C2 = 100 n,10 %, 100 V, RM5 mm
 C3 = 10 n,10 %, 100 V, RM5 mm

Halbleiter:

IC1 = 78L05Z
 LED1 = LED, gelb, 3 mm
 LED2 = LED, 3 mm, Farbe beliebig, siehe Text

Außerdem:

MOD1 = Arduino Micro, Farnell 2285194
 S1 = Drucktaster, Leiterplattenmontage, 6x6x9,5 mm³
 SV1 = 8-polige Stiftleiste mit Wanne
 K2 = 4-polige Stiftleiste mit Wanne
 K1 = 9-V-Batterie-Anschluss-Clip + Drähte
 Reflexlichtschranke (z.B. TCRT5000)
 Monochromes 0,96"-OLED-Grafikdisplay(128 x 64 Pixel),
 Adafruit 326 (UG-2864HSWEG01)
 34-Pin-DIP-Fassung für den Arduino Micro (selbst herstellen aus
 SIL-Buchsenleisten)
 Platine 130470-1



Listing 1. Auszug aus Firmware.ino

```
//to be done when when sensor is interrupted:
void interrupt_rpm_time()
{
  // current_interrupt_time = micros();
  // if (micros() - previous_interrupt_time > (1/fMax))
  {
    current_interrupt_time = (micros() - previous_interrupt_time);
    previous_interrupt_time = micros();
    // Serial.print("+");
    // Serial.println(current_interrupt_time);
    // digitalWrite(ledPin, HIGH);
  }
}

void calc_run_Time()
{
  //calculating running time
  unsigned long elapsed;
  unsigned long over;
  elapsed=millis();
  h=int(elapsed/3600000);
  over=elapsed%3600000;
  m=int(over/60000);
  over=over%60000;
  s=int(over/1000);
  ms=over%1000;
}
```

Software

Das Programm „Firmware.ino“ sei zur Lektüre empfohlen, wenn Sie über die ganzen INs und OUTs der Steuerung Bescheid wissen wollen. Das Programm wurde ausgiebig vom Autor kommentiert. Arduino-User wissen, wie sie die Datei auf ihren Arduino-Micro übertragen können, ausgehend von der Datei 130470-1.zip, die kostenlos von [3] heruntergeladen werden kann.

Das Arduino-Programm wartet auf eine steigende Flanke am INT1-Eingang und misst die Zeit für weitere fünf ansteigende Flanken, um die durchschnittliche Zeit zwischen den Flanken zu berechnen. Mit ein wenig Mathematik wird aus der gemittelten Zeit die Drehzahl (Umdrehungen pro Minute) berechnet und zur OLED-Anzeige gesendet.

Ein Ausschnitt aus dem Programmcode ist in **Listing 1** dargestellt. Hier sehen Sie, wie die vom Sensor erzeugten Interrupts behandelt werden und die interne Uhr des Drehzahlmessers tickt, um die Maschinenlaufzeit zu berechnen.

Baut auf, baut auf!

Auf der Platine, die vom Elektor-Labor entworfen wurde, kommen nur Durchsteckelemente zum Einsatz, wie sie in **Bild 2** zu sehen sind. Überlassen Sie, wenn Sie von Elektronik nichts verstehen, einem erfahrenen Elektroniker die Bestückung,

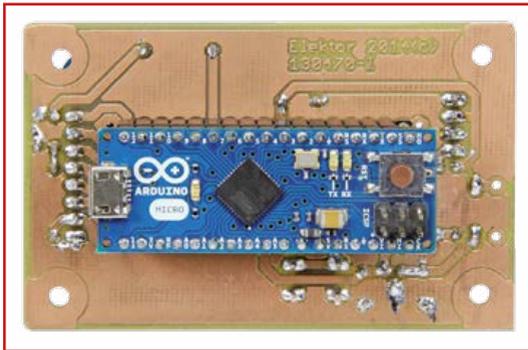


Bild 3. Der Arduino Micro auf der Lötseite der Drehzahlmesser-Platine (früher Prototyp).

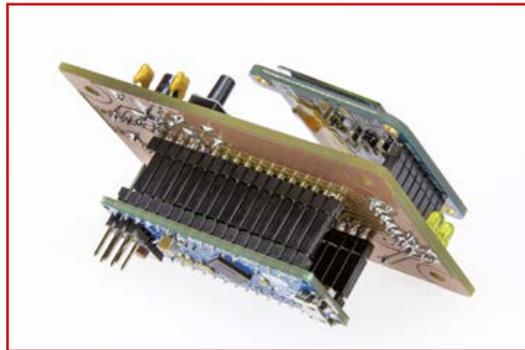


Bild 4. Die Drehzahlmesser-Platine im Sandwich des Arduino Micro und des 0,96"-OLED-Displays. Beachten Sie die SIL-Stiftleiste, die den richtigen Montageabstand gewährleistet.

die Verdrahtung und die Programmierung, als „mechanischer“ Mensch können Sie sich um die Montage der Platine und des Reflexsensors in der Nähe der sich drehenden Welle kümmern. Sind Sie ein Mechatronik-Fan, ist es natürlich eine Kleinigkeit, um beide Jobs mit Leichtigkeit zu erledigen.

Es ist prinzipiell auch möglich, einen geschlitzten Optokoppler (der Fototransistor schaut direkt in die LED) und einen Flügel an der Welle zu verwenden, die Montage dürfte aber weitaus schwieriger sein. Wenn die Welle Ihrer Maschine nicht reflektiert, können Sie auch ein Stückchen weißes Papier zur Lichtreflexion aufkleben.

Der Arduino Micro wird auf die Rückseite (Lötseite) der Drehzahlmesser-Platine (**Bild 3**) gesteckt, das OLED-Modul wie in **Bild 4** zu sehen auf die Vorderseite (Bauteilseite).

Nach dem Einschalten initialisiert der Arduino Micro, dann erscheinen das Elektor-Logo und „Elektor Electronics“ und endlich „Tachometer by A. Jordaan“ samt Firmware-Versionsnummer (**Bild 5a** und **5b**). Als Nächstes werden der aktuelle Drehzahlwert und die Maschinenlaufzeit angezeigt (so können Sie Ihren Kunden seriös die Rechnung stellen).

Und nun zu Ihnen...

Das Projekt ist in Bezug auf Hard- und Software „offen“, es gibt kein Hindernis für benutzerdefinierte Anpassungen. Die Hardware ist zum Beispiel geeignet, verschiedene Arten von Sensortypen (zum Beispiel für den Halleffekt) zu unterstützen. Weitere mögliche Anwendungen sind ein Schrittzähler, ein Drehzahlmesser für

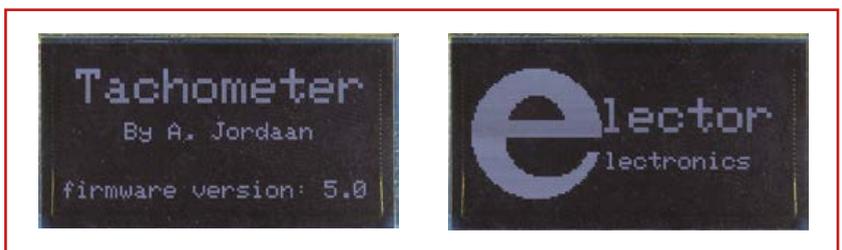


Bild 5. Startbildschirme in der fortschrittlichen OLED-Anzeige des Drehzahlmessers.

Modellflugzeuge, ein PWM-Prozentmeter oder eine einfache ereignisgesteuerte Animation auf dem Display. Es sollte auch möglich sein, mehr Kanäle und andere Steuerelemente wie Relais und so weiter hinzuzufügen. Ein Wunsch des Autors ist es, Zählimpulse zur Mach-3-Steuersoftware seiner CNC-Maschine zu senden.

(130470)

Weblinks

- [1] OLED-Display: www.adafruit.com/product/326
- [2] Reflex-Infrarot-Sensor: http://yourduino.com/sunshop2/index.php?l=product_detail&p=217
- [3] Firmware für den Arduino Micro: www.elektor-magazine.de/130470
- [4] Keith Fenner's Turn Wright Machine Works auf Youtube: www.youtube.com/user/KEF791

DC-Booster

Hochspannung aus dem 30-V-Labornetzteil

Von **Martin Oßmann** (D)



Bild 1.
Der Prototyp.

Mit einem einfachen Push-Pull-Konverter ist es möglich, die Ausgangsspannung eines normalen Labornetzgeräts bis zu 350 V hochzutransformieren. Eine Leistung von bis zu 50 W ist machbar, wobei die Einstellung der Spannung genauso wie die Strombegrenzung über das Labornetzgerät erfolgt.

Die meisten Elektroniker besitzen ein Labornetzgerät, welches typischerweise eine Spannung bis 30 Volt und Ströme bis 3 Ampere liefert. Hochspannungsznetzgeräte sind viel seltener vorhanden, denn sie sind meist viel zu teuer, um eine Anschaffung zu rechtfertigen.

Diese Lücke soll der hier beschriebene DC-Booster schließen. Er multipliziert die Spannung eines Labornetzteils mit dem Faktor 6 oder 12. Ausgangsspannungen bis 350 V sind gar kein Problem und eine Leistung von 50 Watt lässt sich problemlos bereitstellen. Die Einstellung der Spannung übernimmt das Labornetzgerät, genauso wie eine Strombegrenzung. Dadurch ist die Schaltung besonders einfach. Ein- und Ausgangsspannungen sind galvanisch getrennt, was den Einsatz vereinfacht.

Bei der Schaltung handelt es sich im Grunde genommen nur um einen einfachen und robusten Push-Pull-Konverter. Nachfolgend wird auch beschrieben wie die Dimensionierung erfolgt ist. Damit kann man das Design an andere Anforderungen anpassen.

Das Prinzip

Das Prinzipschaltbild ist in **Bild 2** dargestellt. Zentrales Bauteil ist ein Transformator. Primärseitig sind zwei Mal N_p Windungen vorhanden. Die Sekundärseite hat N_s Windungen.

Durch die Schalter S1 und S2 werden die beiden Primärwicklungen abwechselnd an die Eingangsspannung U_{in} geschaltet. Die Spannung an der Sekundärseite wird mit zwei Dioden in Verdopplerschaltung gleichgerichtet, so dass am Ausgang die Spannung $\pm U_{out}$ zur Verfügung steht mit $U_{out} = N_s/N_p \times U_{in}$. Der Vorteil des Push-Pull-Konverters ist, dass die Ausgangsspannung weitgehend unabhängig von der Belastung bleibt, wenn er entsprechend verlustarm dimensioniert ist. Insbesondere ist er leerlaufstabil und man kann auf eine Spannungsregelung verzichten.

Spannungen

Nun soll kurz erläutert werden, welchen Spannungen die einzelnen Bauteile ausgesetzt sind. Das zeigt die durch die Spannung gegebenen Grenzen des Designs auf.

Wenn der Schalter S2 geschlossen ist (**Bild 3**), dann ist die rechte Primärwicklung an die Eingangsspannung U_{in} geschaltet. An der linken Primärwicklung wird diese Spannung durch den Trafo induziert. So liegt am linken Schalter (Transistor) die doppelte Eingangsspannung. Für Überschwinger sollte man noch ein wenig Reserve einplanen. Wir haben daher einen IRFL540 als Transistor verwendet, der 100 V aushält. Eingangsspannungen bis 40 V sind damit leicht verkräftbar. Man erkennt an diesem Bild auch gut, was passieren würde, wenn man nun auch den zweiten Schalter schließen würde: Er würde die doppelte Eingangsspannung kurzschließen. Man muss die Schalter also unbedingt überlappungsfrei ansteuern.

Doch auch die Ausgangsseite ist im Auge zu behalten. Ist S2 geschlossen, leitet die linke Diode und an der rechten Diode liegt $2 \times U_{out}$ als Sperrspannung an. In unserem Design sind die Ausgangsdioden vom Typ MUR1560 mit einer Sperrspannung von 600 V. Damit kann man Ausgangsspannungen von ± 250 V (insgesamt 500 V) problemlos gleichrichten.

Ebenfalls von der Spannung abhängig ist die Sättigung des Transformators. In **Bild 4** ist das Ersatzschaltbild dargestellt. Die Primärspannung U_p ist eine Rechteckspannung mit dem Wert $\pm U_{in}$ und einem Tastverhältnis von 1:1. Die Spannung führt an der Hauptinduktivität L_m zum Magnetisierungsstrom I_m , der den in **Bild 5** dargestellten dreieckförmigen Verlauf hat. Dementsprechend ist die magnetische Induktion B_m im Kern ebenfalls dreieckförmig mit dem Scheitelwert B_{pk} . Aus der induzierten Spannung (= Eingangsspannung) kann man mit dem Induktionsgesetz die zeitliche Änderung $\Delta B/\Delta \tau$ berechnen.

Es gilt ...

$$\frac{\Delta B}{\Delta \tau} = \frac{2 B_{pk}}{T/2} = \frac{U_{in}}{N_p A_e}$$

... wobei $T = 1/f$ die Periodendauer der Rechteckspannung ist ($f =$ Frequenz) und A_e die effektive Fläche des Kerns. Hieraus wird:

$$B_{pk} = \frac{U_{in}}{4 N_p A_e f}$$

In unserem Fall haben wir einen ETD29-Kern genommen, mit $A_e = 76 \text{ mm}^2$. Die Frequenz ist

$f = 80 \text{ kHz}$ und die Windungszahl $N_p = 8$. Bei 30 V Eingangsspannung ergibt sich dann:

$$B_{pk} = 150 \text{ mT}$$

Übliche Kernmaterialien (N30 o.ä.) kann man bis ca. 300 mT aussteuern, so dass man bei 30 V Eingangsspannung noch über eine gute Reserve

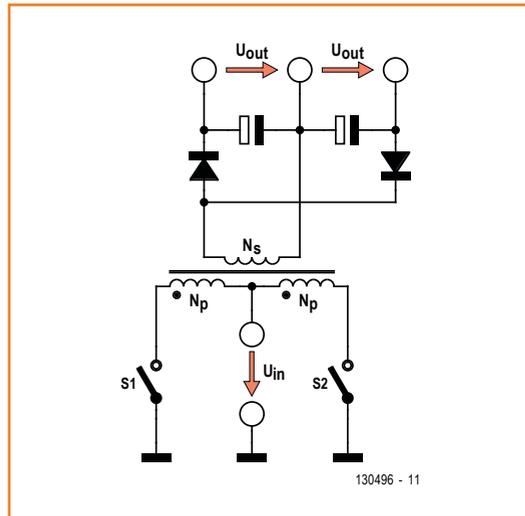


Bild 2. Prinzip des Push-Pull-Konverters.

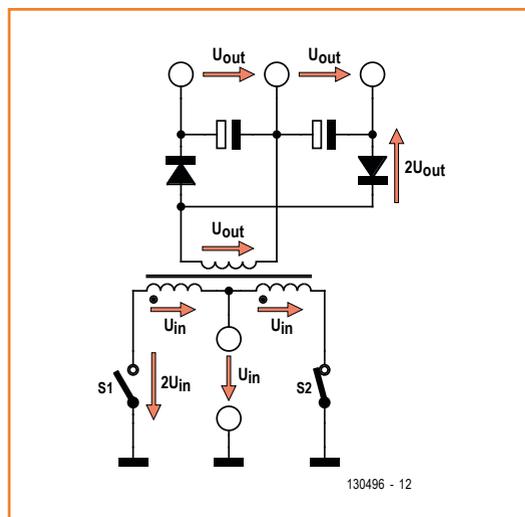


Bild 3. Spannungen beim Push-Pull-Konverter.

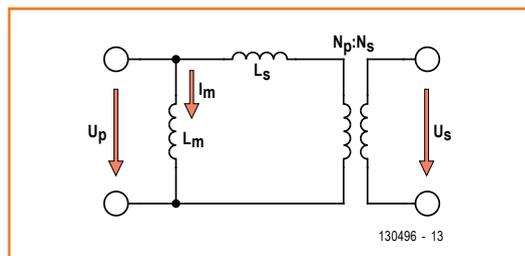


Bild 4. Trafo-Ersatzschaltbild.

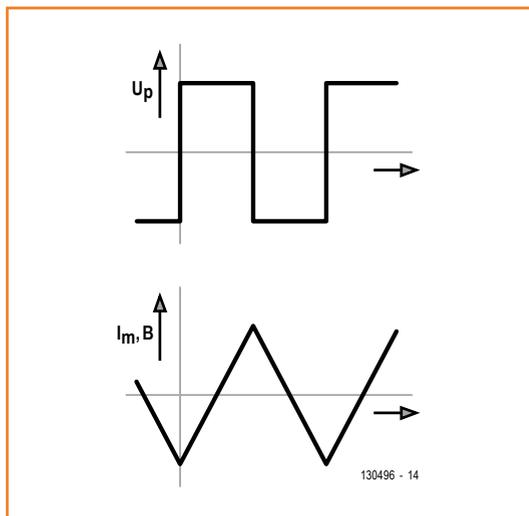


Bild 5.
Spannung,
Magnetisierungsstrom und
Induktion.

verfügt, bei 50 V Eingangsspannung käme man der Sättigungsgrenze aber schon nahe.

Ströme

Natürlich gibt es auch eine Reihe von Verlusten, die den Strömen zuzuordnen sind. Der Strom durch die MOSFETs und die Primärwicklung hat bei einer Leistung von 50 W und einer Spannung

von 10 V einen Wert von 5 A. Der Strom fließt die Hälfte der Zeit durch den linken MOSFET und die Wicklung links, und die andere Hälfte durch den rechten Teil. Insgesamt ergeben sich die gleichen Verluste, als ob dieser Strom ständig durch einen MOSFET und eine Primärwicklung fließen würde. Der Widerstand des MOSFETs ist $0,077 \Omega$, das ergibt insgesamt Verluste von ca. 2 W in den MOSFETs, also 1 W pro MOSFET, was mit geringer Kühlung bei einem TO220-Gehäuse leicht verkraftbar ist. Eine einzelne Windung auf dem ETD-Kern hat eine mittlere Länge (Herstellerangabe) von $L_w = 52,8 \text{ mm}$, der Widerstand einer Primärwicklung errechnet sich dann zu $0,014 \Omega$, das ergibt ca. 0,4 W Verluste.

Bei 50 W und 120 V Ausgangsspannung ist der Ausgangsstrom ca. 0,4 A, was in der Sekundärwicklung weniger als 0,1 W Verluste ergibt. In den Gleichrichterdioden ergibt sich eine Verlustleistung von $0,7 \text{ V} \times 0,4 \text{ A} = 0,28 \text{ W}$, die sich auf beide Dioden aufteilt. Das ist auch gut tragbar.

Aufbau

In **Bild 6** ist der vollständige Schalter unseres DC-Boosters dargestellt. Die Ansteuersignale wer-

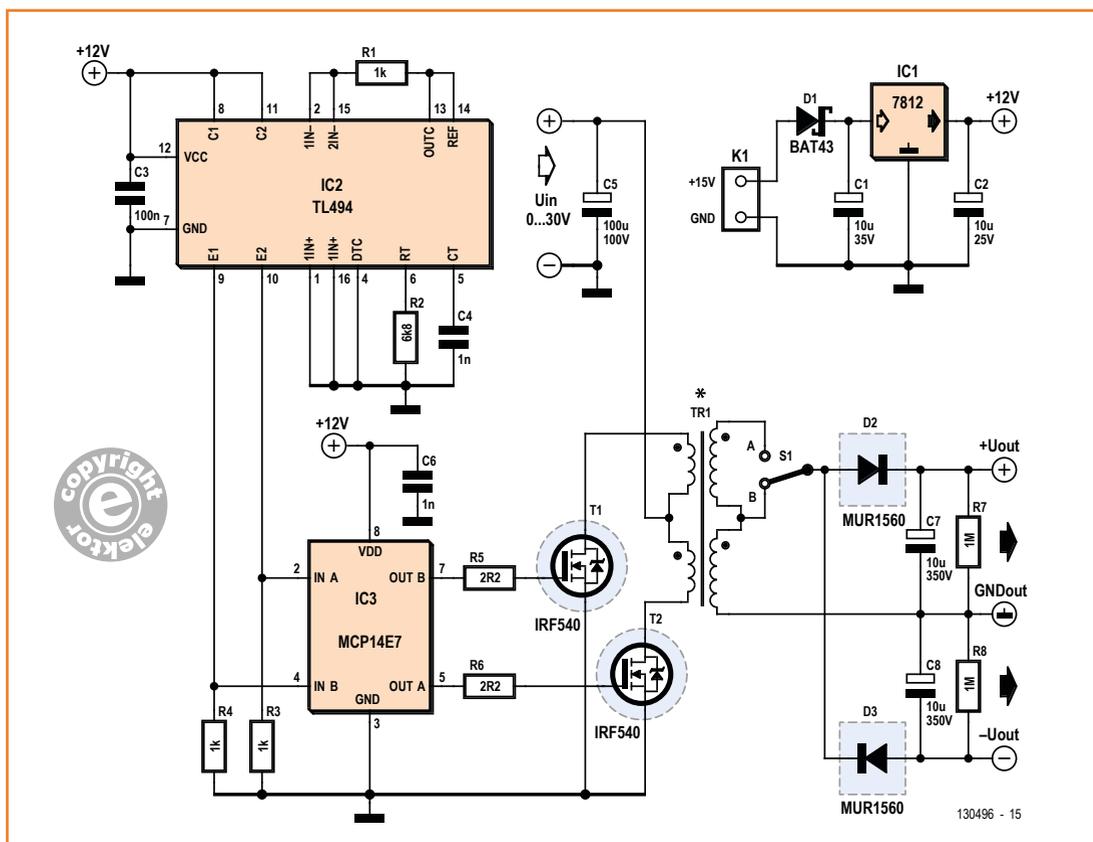


Bild 6.
Schaltplan des DC-Boosters.

den von einem TL494 (IC2) erzeugt. Mit diesem kann man leicht die überlappungsfreie Ansteuerung realisieren. Der Gate-Treiber IC3 liefert die notwendigen Ströme zum verlustarmen Ansteuern der MOSFETs. Die MOSFETs steuern wiederum den Trafo an, dessen Windungsverhältnis man mit dem Schalter S1 umschalten kann. In der einen Stellung arbeitet der Booster als Versechsfacher. Aus 30 V werden dann ± 90 V. In der anderen Stellung arbeitet der Booster als Verzweifffacher. Aus 30 V werden dann ± 180 V.

In **Bild 7** sind die Gate-Signale der beiden MOSFETs dargestellt. Man sieht gut, dass sie überlappungsfrei sind und eine Amplitude von 12 V haben. Wer will kann anstatt der Logic-Level MOSFETs auch MOSFETs mit 4 bis 5 V Gate-Schwellenspannung einsetzen.

Der eigentliche Aufbau ist unkritisch. Wichtig ist, die Polarität der beiden Primärwicklungen zu beachten (angezeigt durch die Punkte im Schaltplan). Für die Leistungsbauteile reichen kleine Kühlkörper vollkommen aus. In Bild 1 ist der Prototyp des Verfassers zu sehen. In **Bild 8** sieht man die Spannungen an den Drains der MOSFETs bei einer Eingangsspannung U_{in} von ca. 25 V. Man sieht, dass sie einen Spitzenwert von $2 \times U_{in}$ haben und kleine Überschwinger vorkommen.

In **Bild 9** ist oben das Drainsignal dargestellt ($U_{in} = 25$ V) und unten die Spannung an der Sekundärwicklung (mit einem 100:1 Tastkopf gemessen). Man erkennt gut, dass eine Spannung von ± 150 V = 6×25 V erzeugt wird.

Trafowickelei

Es wird ein ETD29-Kern ohne Luftspalt verwendet. Als Material kommen alle Leistungsferrite (3F3, 3F4, N27, N30 etc.) in Frage. Wichtig ist, dass die beiden Primärwicklungen gut gekoppelt sind. Dazu wickelt man sie gemeinsam (d.h. bifilar), sie ergeben genau eine Lage. Als Draht wird eine Litze aus 4 x 0,4 mm Kupferlackdraht verwendet. Diese Litze kann man gut selbst herstellen, indem man vier Einzeldrähte entsprechender Länge mit einem Akkuschrauber verdrillt. Diese Litze nimmt man dann doppelt und wickelt die 8 Windungen. In **Bild 10** ist das Resultat zu sehen. Wenn die beiden Primärwicklungen nicht gut gekoppelt sind, führt das zu einem unsymmetrischen Betrieb und einer möglichen Sättigung des Kerns mit den zugehörigen Verlusten.

Anschließend bringt man nacheinander 2 x 24 Windungen als Sekundärwicklung auf. Dazu verwenden wir selbst hergestellte Litze aus 3 x 0,4 mm Kupferlackdraht. Die Wicklungen und die einzelnen Lagen isoliert man jeweils mit Isolierband. Das Ergebnis ist in **Bild 11** zu sehen.

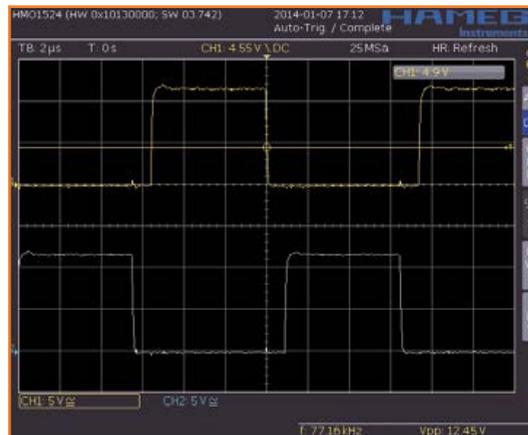


Bild 7.
Gate-Ansteuerung.

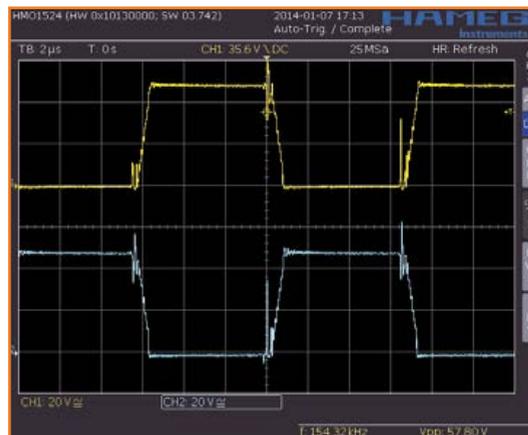


Bild 8.
Drain-Signale primär.

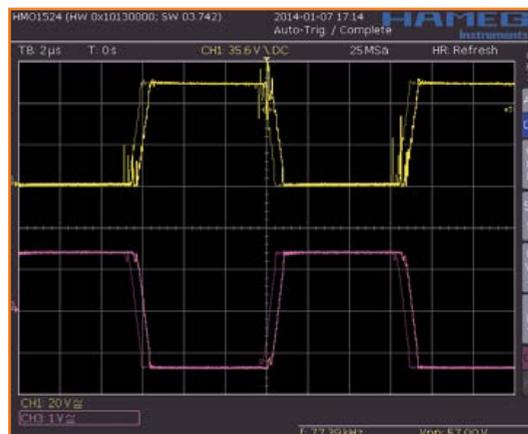


Bild 9.
Spannung an der
Sekundärwicklung.

Betrieb

Abschließend sollen einige Hinweise zum Betrieb gegeben werden. Den Steuerteil der Schaltung

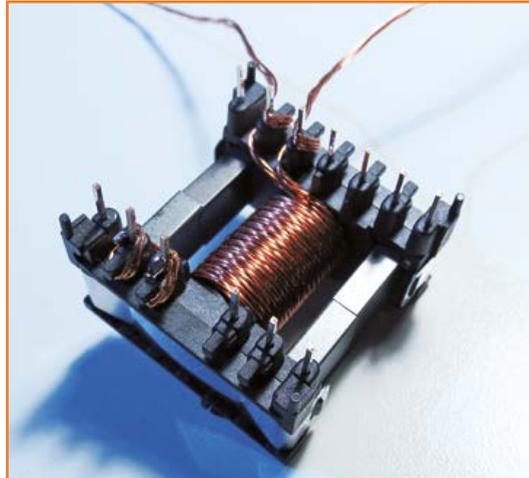


Bild 10.
Der Trafo mit den
Primärwicklungen.

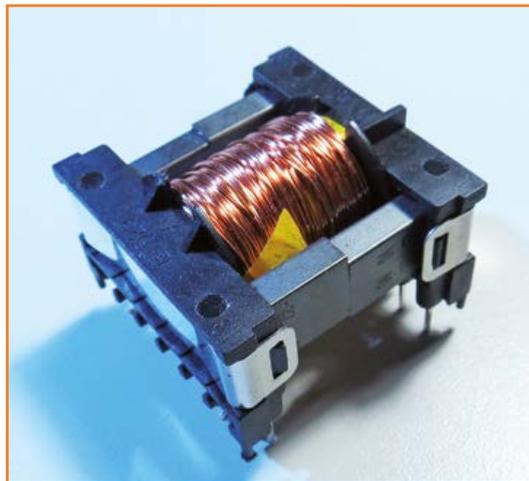


Bild 11.
Der fertige Trafo.



Bild 12.
Kompaktes Modul für
Röhrenexperimente.

versorgt man am einfachsten mit einem Stecker-Netzteil. Die Eingangsspannung, die multipliziert werden soll, liefert am besten ein Labornetzteil. Bei der ersten Inbetriebnahme erhöht man diese Eingangsspannung langsam und beobachtet den Strom, dieser sollte sich bei maximal einigen zig mA bewegen. Ist er viel höher, liegt mit Sicherheit ein Fehler vor, z.B. ein falscher Wicklungssinn bei den Primärwicklungen. Die Ausgangsspannung kontrolliert man am besten ständig mit einem Multimeter. Die maximale Ausgangsleistung kann man am Labornetzteil mit der Strombegrenzung einstellen.

Es empfiehlt sich, die primäre Stromstärke im Auge zu behalten, sofern man die Leistungsentnahme auf der Sekundärseite nicht mit einem Amperemeter kontrolliert. Mit der eingangsseitigen Strombegrenzung ist der DC-Booster auch kurzschlussfest.

Wenn man den DC-Booster z.B. für die Speisung von Röhrenschaltungen (ausgehend von 12 V) einsetzen will, kann man auch ein kleines kompaktes Modul bauen, wie in **Bild 12** dargestellt. Wer will, kann dann z.B. eine zweite Sekundärwicklung für die Heizung auf den Kern wickeln. Auch für die Erzeugung von hohen Spannungen, wie z.B. zum Betrieb von Oszilloskopröhren, ist die Schaltung gut geeignet. Man kann höhere Ausgangsspannungen einerseits durch Erhöhen der sekundären Windungszahl erreichen. Dabei muss man aber auf die Spannungsfestigkeit der Gleichrichterioden achten, wie oben ausgeführt. Alternativ lassen sich auch mehrere Sekundärwicklungen mit jeweils einzelnen Dioden und Pufferkondensatoren verwenden. Dann kann man oft auch leicht die anderen notwendigen Spannungen mit erzeugen. In beiden Fällen muss man für eine ausreichende Isolation der Wicklungslagen sorgen, damit kein Durchschlag passiert.

Der Artikel darf natürlich nicht enden, ohne noch einmal ausdrücklich vor den Gefahren beim Experimentieren mit hohen Spannungen zu warnen! Immerhin kann die vorliegende Schaltung auch einiges an Strom liefern!

(130496)

Elektor 3D-Drucker

Drucken und Modellieren in der dritten Dimension

Elektor bietet in Kooperation mit dem 3D-Drucksystem-Spezialisten German RepRap diesen 3D-Drucker (mit blauer Speziallackierung) in der Sonderausführung mit exklusivem Lieferumfang an.

Der neue Elektor 3D-Drucker ermöglicht bessere Druckergebnisse und einen wesentlich schnelleren Aufbau als gängige Drucker-Bausätze. Für die im Vergleich wesentlich kürzere Aufbauzeit sorgen Steckanschlüsse bei den Schrittmotoren, bestückte Platinen und ein fester, stabiler Edelstahlrahmen.

Technische Daten:

- Abmessungen (B x H x T): 500 x 460 x 460 mm
- Druckvolumen (X x Y x Z): 230 x 230 x 125 mm
- Geschwindigkeit: 3 mm Material bis 100 mm/Sekunde, 1,75 mm Material bis ca. 180 mm/Sekunde, Leerlauf bis 350 mm/Sekunde
- Betriebsspannung: 230/115 V Wechselspannung
- Material: ABS / PLA / PS / PVA / Laywood (Holzdraht) / Laybrick

NEU!



Lieferumfang:

- Kunststoffteile (Polyamid-Kunststoff, besonders schlagfest und belastbar)
- Edelstahlrahmen (in blau) mit Nivelierfüßen, Schrauben, Gewindestangen, Wellen, Linearkugelbuchsen, Kugel- und Gleitlager
- T 2.5 Antriebsriemen und gefräste Riemenscheiben
- 5x NEMA17 Schrittmotor mit 0,52 Nm Drehmoment
- Ramps v1.4 Elektronik inkl. Kabel und Netzteil
- Modulares Hot-End 3 mm mit 0,5 mm Düse (optional auch mit 0,4 / 0,3 mm Düse)
- Beheiztes Druckbett 12 V
- 1x PLA Plastik 750 g (rot 3 mm)
- 1x PLA Plastik 750 g (gelb-grün 3 mm)
- 1x PLA Plastik 750 g (blau 3 mm)
- Software-CD inkl. Druckcode für ein Druckobjekt

Preis: 1.199,00 Euro
(inkl. MwSt.)

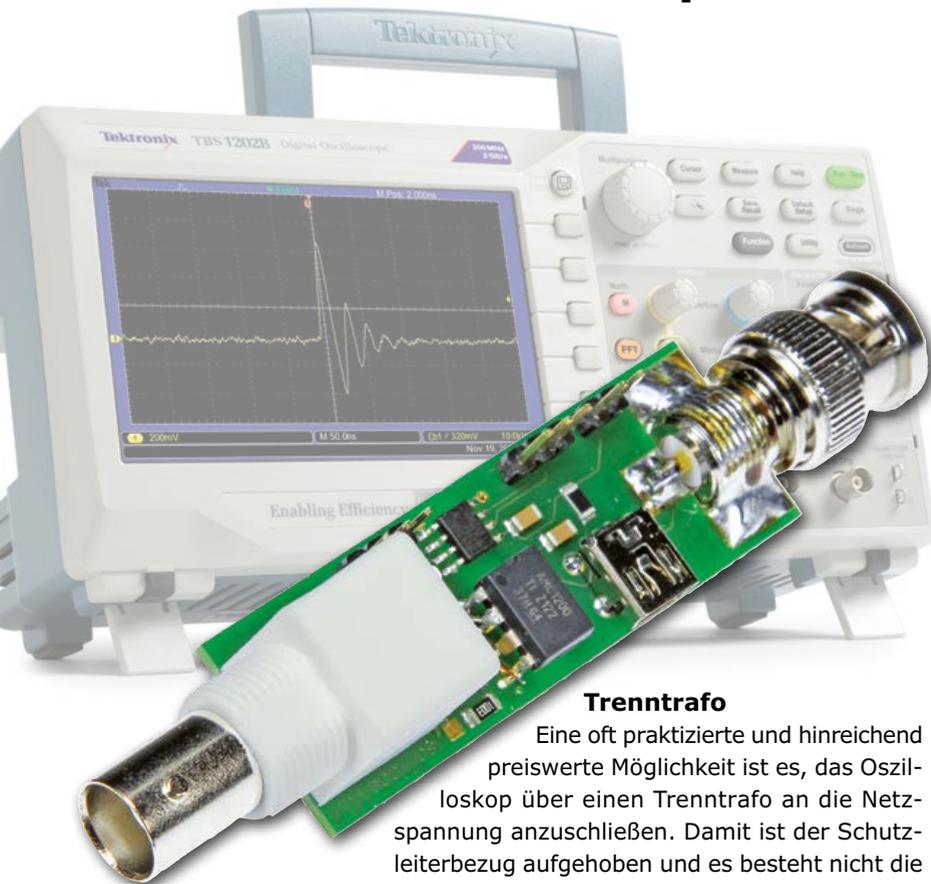
Die Lieferung innerhalb Deutschlands erfolgt frei Haus.

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de/3d-drucker

Isolierter Oszi-Tastkopf

Klein und praktisch

Von **Erik Lins** (D), erik.lins@chip45.com



Trenntrafo

Eine oft praktizierte und hinreichend preiswerte Möglichkeit ist es, das Oszilloskop über einen Trenntrafo an die Netzspannung anzuschließen. Damit ist der Schutzleiterbezug aufgehoben und es besteht nicht die Gefahr, spannungsführende Teile der Schaltung durch das Anklempfen des Tastkopfes zu erden und damit einen Kurzschluss und die eventuelle Zerstörung der Schaltung zu verursachen. Umgekehrt besteht aber durchaus die Gefahr, dass nun die Tastkopfleitungen ein hohes Potential (z.B. Netzspannung) führen und damit Teile des Oszilloskops auf diesem Potential liegen. Besonders die BNC-Stecker der aktuell nicht genutzten Kanäle können dieses Potential füh-

Ein Oszilloskop mit galvanisch getrennten Eingängen ist im privaten Umfeld kaum bezahlbar. Selbst differentielle Tastköpfe, die in gewissen Grenzen das Messen von Spannungen ohne Massebezug erlauben, kosten oft mehr als das komplette Oszilloskop eines Privatanwenders. Was also tun, wenn entweder die Messaufgabe oder Sicherheitsbedenken einen isolierten Anschluss des Oszilloskops erfordern?

ren; sie sind gegen Berührung nicht geschützt. Sind mehrere Tastköpfe angeschlossen, führen diese ebenfalls das Potential und liegen im besten Fall irgendwo herum, wo man gerade nicht dransfasst. Im schlechtesten Fall sind sie an andere Schaltungsteile angeschlossen und verursachen auch mit Trenntrafo einen Kurzschluss. Die Trenntrafo-Methode eignet sich daher zuverlässig nur für die galvanisch getrennte Messung an niedrigen Spannungen mit einem Kanal. Mit zwei Kanälen ist zwar bei den meisten Oszilloskopen grundsätzlich auch eine differentielle Messung (z.B. Kanal 1 minus Kanal 2) möglich, aber die Eingangsbeschaltung der Kanäle setzt hier Grenzen in Sachen Gleichtaktaussteuerbereich. Zur Messung an hohen Spannungen sollte

Eigenschaften

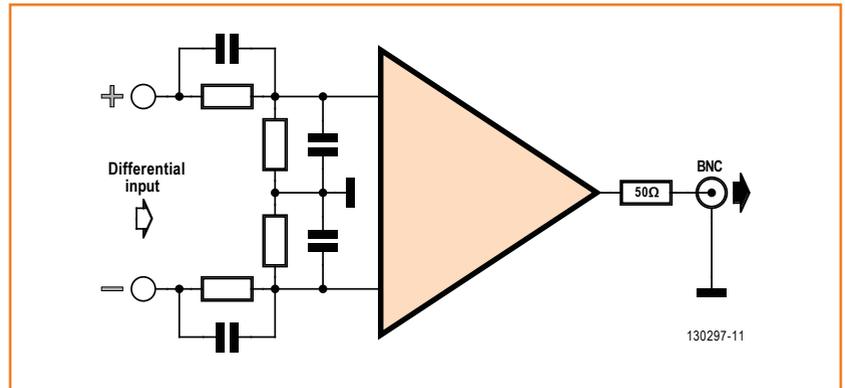
- Galvanische Trennung von 1 Analogsignal und 2 Digitalsignalen
- Eingangsspannung max. ± 250 mV (oder $\pm 2,5$ V/ ± 25 V, einstellbar über Jumper)
- Verstärkung zwischen Ein- und Ausgang: 8 x (ohne Spannungsteiler am Eingang)
- Signal-Bandbreite Analogeingang: 60 kHz
- Signal-Bandbreite Digitaleingänge: 1 Mbps
- Spannungsversorgung über separates Netzteil oder Mini-USB-Buchse
- Versorgungsspannung 5 V/ 110 mA

die Trenntrafo-Methode daher im Privatbereich lieber nicht angewendet werden.

Differentielle Tastköpfe

Differentielle Tastköpfe sind dann die nächstteuere Methode zur Messung ohne Massebezug. Die Abbildung in **Bild 1** zeigt die Prinzipschaltung eines Differenz-Tastkopfes. Die Eingangsbeschaltung besteht aus jeweils einem Spannungsteiler aus hochohmigem Serienwiderstand am Plus- und Minus-Eingang, sowie einem vergleichsweise niederohmigen Widerstand parallel zum Eingang des Operationsverstärkers. Die hochohmige Ankopplung der Eingänge sorgt dafür, dass auch bei hohen Offsetspannungen nur ein geringer Strom durch die Serienwiderstände fließt. Da der Offset in der Regel für beide Eingänge gleich ist (z.B. High-Side-Shuntmessung), wirkt er sich auf die Differenzspannung am Operationsverstärker nicht störend aus.

Die Begrenzung hier ist die Gleichtaktunterdrückung des Operationsverstärkers, denn bei höherer Offsetspannung wird irgendwann der Gleichtaktaussteuerbereich des Operationsverstärkers überschritten. Als Grenze ist hier in jedem Fall die Versorgungsspannung des Operationsverstärkers zu sehen. In der Praxis wird dieser häufig aus einer 9-V-Blockbatterie mit $\pm 4,5$ V Spannung versorgt. Bei einem Spannungsteiler von 10:1 dürfen die Eingänge des Tastkopfes demnach an maximal ± 45 V angeschlossen werden. Erhöht man den Teilungsfaktor auf 100:1, könnte man theoretisch bis ± 450 V und somit auch an einem Shunt in der 230-V-Netzspannung messen. Dabei bewegt man sich dann allerdings in Spannungsbereichen, bei denen die verwendeten Bauteile für die Eingangsbeschaltung eine entsprechende Spannungsfestigkeit aufweisen müssen. Nicht jeder differentielle Tastkopf ist dafür geeignet. Darüber hinaus bedeutet eine hohe Teilung der Eingangsspannung immer auch eine entsprechende Reduzierung des Messsignals, das z.B. bei Shunts ohnehin schon klein ist, da Shunts zur Vermeidung von Verlustleistung möglichst niederohmig ausgelegt werden. Ein Nutzsignal von z.B. ± 250 mV mit einem Offset von +40 V erzeugt bei einer 10:1-Teilung ein Signal von ± 25 mV mit 4 V Offset. Stellt man am Oszilloskop 1 V/Div ein, um die 4 V etwa in der Mitte des Schirms zu sehen, beträgt das Nutzsignal gerade mal 1/40 Div. Selbst wenn man das Oszilloskop auf 0,1 V/Div einstellt, beträgt das Nutzsignal nur 1/4 Div, was einer Auflösung von



nur noch 3 Bit entspricht (8 Bit Vertikalaufklärung angenommen). Darüber hinaus müsste man, um das Signal überhaupt auf dem Schirm zu sehen, die Vertikalposition des Oszilloskops um -40 V verschieben, was auch bei teuren Oszilloskopen kaum möglich ist.

Und was jetzt?

Da der begrenzte Gleichtaktaussteuerbereich und die unerwünschte Reduzierung des Messsignals gegensätzliche Anforderungen für die Eingangsbeschaltung sind, stellen differentielle Tastköpfe immer einen Kompromiss dar. Einen eleganten Ausweg bietet hier die Verwendung eines galvanisch getrennten Tastkopfes. Dadurch lässt sich die Eingangsseite problemlos an ein hohes Potential anschließen, ohne dass eine hohe Offsetspannung an den Eingängen des internen Operationsverstärkers entsteht. Aber auch bei Messaufgaben ohne hohe Offsetspannungen kann ein galvanisch getrennter Tastkopf Vorteile bieten, z.B. wenn es um die Vermeidung von Masseschleifen geht.

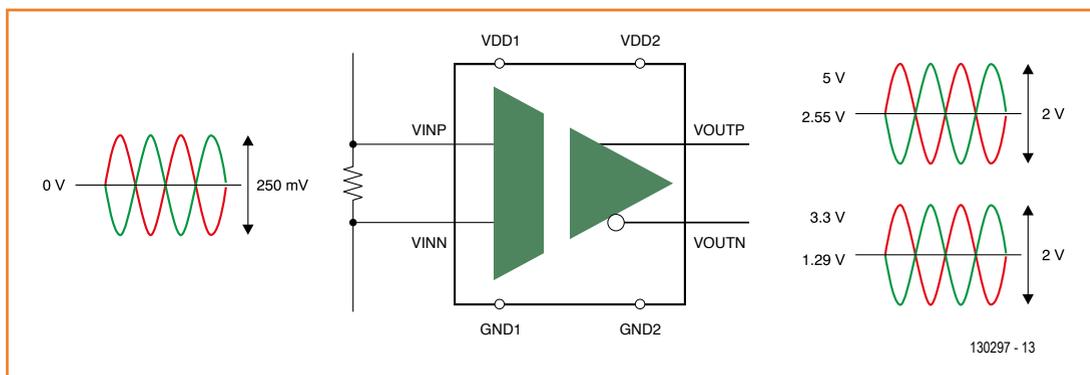
Bauteilwahl

Das Internet ist gut gefüllt mit Selbstbauanleitungen für isolierte Tastköpfe und Diskussionen über die verwendeten Schaltungen. Schnell stellt sich heraus, dass es sich bei den meisten Schaltungen um differentielle Tastköpfe ohne echte galvanische Trennung handelt. Um unsere Schaltung einfach zu halten, haben wir uns auch gegen einen echten differentiellen Tastkopf entschieden, sondern haben die Schaltung als einfachen Isolierverstärker für einen einzelnen Tastkopf ausgelegt, da das im semiprofessionellen Umfeld wohl die häufigste Anwendung darstellen dürfte.

Ein galvanisch getrennter Operationsverstärker benötigt zur Funktion zwei ebenfalls galvanisch voneinander getrennte Versorgungsspannungen.

Bild 1. Die Prinzipschaltung eines Differenz-Tastkopfes. Die Eingangsbeschaltung besteht aus dem Spannungsteiler aus hochohmigem Serienwiderstand und vergleichsweise niederohmigem Widerstand parallel an jedem Eingang.

Bild 2.
Der AMC1200, ein „Fully Differential Isolation Amplifier“, der Eingangsspannungen bis ± 250 mV verarbeiten kann.



Die Versorgung der Ausgangsseite darf dabei das gleiche Massepotential wie das Oszilloskop haben, während die Eingangsseite keinen Massebezug zum Oszilloskop haben darf. Eine einfache Lösung wäre, jeweils eine 9-V-Blockbatterie zur Erzeugung von jeweils $\pm 4,5$ V Versorgungsspannung für beide Seiten des Operationsverstärkers einzusetzen. Die Baugröße zweier 9-V-Blocks und die Notwendigkeit, immer zwei volle Batterien zur Hand zu haben, sind dann allerdings entscheidende Nachteile.

Ein galvanisch getrennter DC/DC-Wandler ist eine weitere Möglichkeit, den Eingang des Operationsverstärkers zu versorgen, sodass lediglich noch eine einzige Versorgungsspannung auf der Ausgangsseite notwendig wird. Die üblicherweise niedrige Stromaufnahme eines Operationsverstärkers erlaubt den Einsatz eines kleinen DC/DC-Wandlers, der mit wenig externen Bauteilen auskommt. Die Sekundärspannung muss natürlich zu dem verwendeten galvanisch getrennten Operationsverstärker passen.

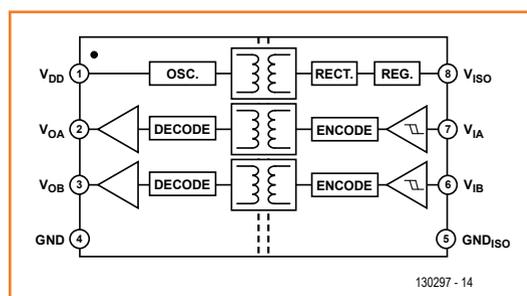
Bei der Suche nach einem solchen Operationsverstärker landet man zunächst schnell bei der altbekannten ISO-Baureihe von Burr Brown (jetzt: Texas Instruments), z.B. dem ISO124 [1]. Dieser bietet eine Isolationsspannung von 1500 V, eine Verstärkung von 1 (Unity Gain) und arbeitet ab

$\pm 4,5$ V Versorgungsspannung. Die Signal-Bandbreite liegt beim ISO124 bei typisch 50 kHz. Das ist natürlich relativ wenig, selbst wenn man den Wert mit der Bandbreite eines preiswerten Oszilloskops von einigen 10 bis 100 MHz vergleicht. Doch die zu messenden Analogspannungen im semiprofessionellen Bereich dürften üblicherweise trotzdem darunter liegen.

Um die Kosten für die Schaltung niedrig zu halten, fiel die Wahl allerdings auf den AMC1200 des gleichen Herstellers (**Bild 2**[2]). Hierbei handelt es sich ebenfalls um einen galvanisch getrennten Operationsverstärker, der hauptsächlich auf High-Side-Shuntmessungen ausgerichtet ist. Er arbeitet mit einer einfachen Versorgungsspannung von 5 V auf beiden Seiten und hat einen Eingangsspannungsbereich von ± 250 mV und eine feste Verstärkung von 8. Aus den ± 250 mV am Eingang werden so ± 2 V am Ausgang. Die Signal-Bandbreite liegt bei 60 kHz, was wir für unsere Anwendung als ausreichend erachten. Die Stromaufnahme fällt mit typisch gut 5 mA erfreulich niedrig aus, sodass zusammen mit einer einfachen 5-V-Versorgung ein kleiner DC/DC-Wandler aus der iCoupler-Baureihe von Analog Devices zum Einsatz kommen kann.

Hierbei handelt es sich um galvanisch getrennte Koppler für zumeist digitale Signale, wie z.B. SPI- oder I²C-Schnittstellen. Einige dieser Bauteile haben neben den Kopplern für die digitalen Signale aber auch einen 5 V/5 V-DC/DC-Wandler kleiner Leistung mit an Bord („IsoPower“). Dieser ist zwar primär für die Bereitstellung der eigenen isolierten Versorgung gedacht, bietet aber eine kleine Leistungsreserve, die für unseren AMC1200 ausreicht. Der von uns ausgewählte ADuM5242 [3] kommt im SOIC8-Gehäuse daher und lässt sich damit noch gut mit der Hand löten. Neben dem DC/DC-Wandler sind noch zwei digi-

Bild 3.
Blockschaltbild des AduM5242, ein Zwei-Kanal-Isolator mit integriertem DC/DC-Konverter.



tale Koppler an Bord (**Bild 3**), sodass wir mit unserer Schaltung quasi als Abfallprodukt neben der galvanisch getrennten Analogspannung auch noch zwei digitale Signale galvanisch getrennt messen können.

Es gibt noch die pinkompatiblen Varianten ADuM5240 und 5241, die entweder zwei digitale Kanäle in die andere Richtung bieten oder jeweils einen Kanal in jede Richtung. Bei entsprechender Bestückung könnte man dies zur galvanisch getrennten Ansteuerung von digitalen Signalen in der Messschaltung nutzen. Ein Nachteil der iCoupler-Chips mit integriertem DC/DC-Wandler ist der sehr mäßige Wirkungsgrad des Wandlers, der bei weniger als 20 % liegt.

Somit haben wir eine reine 5-V-Lösung; eine 5-V-Versorgung ist sehr gängig und dürfte fast überall zur Verfügung stehen. Nicht zuletzt haben viele moderne Oszilloskope einen Anschluss für einen USB-Stick, über den sich unsere Schaltung ebenfalls versorgen lässt.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es auch deutlich leistungsfähigere Isoliervverstärker gibt, wie z.B. den AD216 von Analog Devices [4]. Dieser bietet die doppelte Bandbreite von 120 kHz und hat sogar den DC/DC-Wandler für die galvanisch getrennte Versorgung der Eingangsseite mit integriert. Er benötigt allerdings eine bipolare Versorgungsspannung von ± 15 V und kostet das Sechsfache der Kombination aus ADuM5242 und AMC1200.

Die Schaltung

Die Schaltung in **Bild 4** ist vergleichsweise einfach und besteht im Wesentlichen aus den bereits beschriebenen Bauteilen. Der ADuM5242 (U1) erzeugt die galvanisch getrennten Spannungen 5 V (VCCiso) und 0 V (GNDiso) für die Eingangsseite. Die zwei galvanisch getrennten digitalen Kanäle wurden auf eine einfache dreipolige Stiftleiste CON5 geführt. Die Versorgung des AMC1200 (U2) erfolgt über eine kleine Induktivität, die die Ausgangsspannung des ADuM5242 noch ein wenig glättet.

Der negative Operationsverstärkereingang wird über einen 1:1-Spannungsteiler (R5/R6) auf VCCiso/2 gelegt, sodass die Spannung am positiven Eingang bei Vollausschlag um ± 250 mV um diesen Punkt pendeln darf. Zur Erweiterung des Messbereichs auf $\pm 2,5$ V bzw. ± 25 V dienen die Spannungsteiler R2/R3 bzw. R2/R4, die über die Jumper J1 und J2 aktiviert werden können. Die Jumpereinstellungen sind wie folgt:

1:1	J1: geschlossen	J2: offen
10:1	J1: offen	J2: 1-2
100:1	J1: offen	J2: 2-3

Da die Spannungsteiler sehr hochohmig ausgelegt sind (um die Signalquelle möglichst wenig zu belasten), der AMC1200 aber mit 28 k Ω einen recht niedrigen differentiellen Eingangswiderstand besitzt, wird noch ein einfacher Operationsver-

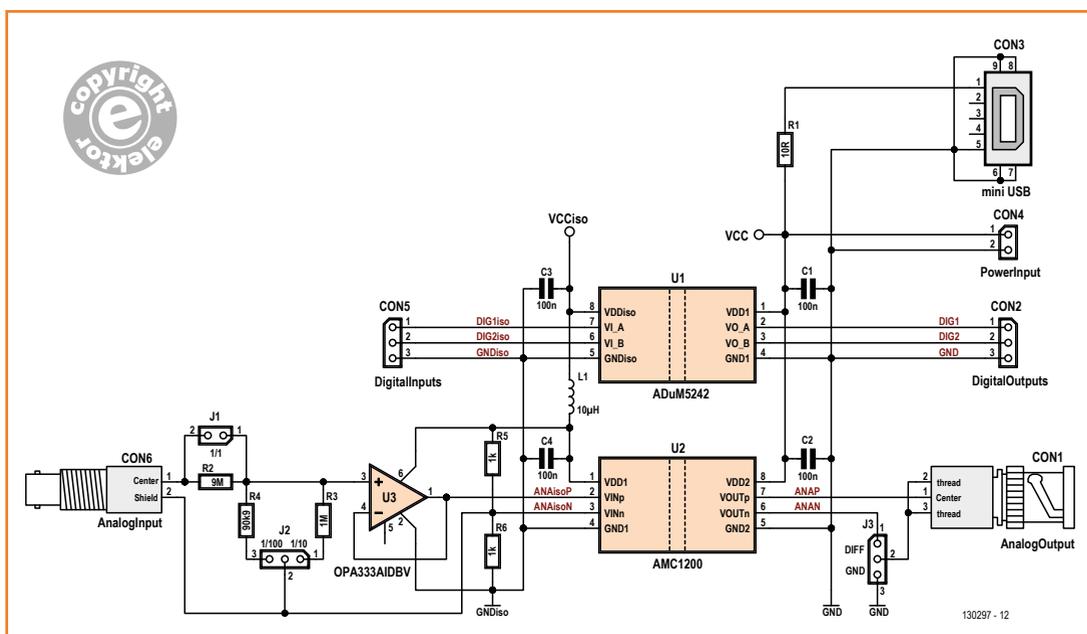


Bild 4. Die Schaltung ist vergleichsweise einfach und besteht im Wesentlichen aus einem ADuM5242 (U1) und einem AMC1200

Stückliste

Widerstände

(SMD 1206):

R1 = 10 Ω
 R2 = 9 M
 R3 = 1 M
 R4 = 90k9
 R5,R6 = 1 k

Kondensatoren:

C1..C4 = 100 n (SMD 1206)

Induktivitäten:

L1 = 10 μ H (SMD 1206)

Halbleiter:

U1 = AduM5242 (SOIC-8)
 U2 = AMC1200 (SOP-8)
 U3 = OPA333AIDBV (SOT-23)

Außerdem:

CON1 = BNC-Stecker für Frontmontage
 CON2,CON5 = Stiftkontaktleiste 3-polig, Raster 2,54 mm
 CON3 = Mini-USB-Buchse
 CON4 = Stiftkontaktleiste 2-polig, Raster 2,54 mm
 CON6 = BNC-Buchse für Platinenmontage
 Platine 130297-1 [5]

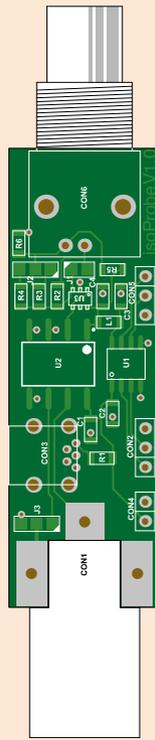


Bild 5.
 Die Schaltung ist schnell auf dieser kleinen Platine aufgebaut.

stärker U3 als Impedanzwandler in den Signalweg geschaltet.

Der Oszilloskopstastkopf wird über CON6 an den Eingang des Spannungsteilers und den negativen Eingang des AMC1200 angeschlossen. Damit liegt die Masseklemme des Tastkopfes zwar nicht auf GNDiso-Potential, was aber zum einen nicht weiter stört, da die Schaltung ja durch die galvanische Trennung komplett potentialfrei „aufgehängt“ ist. Zum anderen darf dann die Eingangsspannung je nach Einstellung des Spannungsteilers um ± 250 mV, $\pm 2,5$ V oder ± 25 V gegenüber der Masseklemme pegeln.

Probleme gibt es nur, wenn die digitalen Kanäle verwendet werden sollen und dazu GNDiso (Pin 3 von CON5) mit der Masse der Messschaltung verbunden wird. Damit würde auch der negative Eingang des AMC1200 auf Masse gelegt und der Messbereich wäre dann nur noch unipolare $+250$ mV ($+2,5$ V/ $+25$ V) groß, bezogen auf die Masseklemme des Tastkopfes. Das ist jedoch nur eine kleine Einschränkung, da die Schaltung primär zur analogen Messung entworfen wurde und die beiden digitalen Kanäle ja ein Geschenk des ADuM5242 waren.

Anstelle des Spannungsteilers unserer Schaltung kann übrigens auch ein 10:1- oder 100:1-Tast-

kopf zur Messbereichserweiterung angeschlossen werden. (J1: geschlossen, J2: offen).

Auf der Ausgangsseite der Schaltung finden sich die Anschlüsse zur Spannungsversorgung und für den Tastkopfeingang des Oszilloskops CON1. Die bestmögliche Performance erzielt man, wenn man die Schaltung über CON4 aus einem galvanisch getrennten Labornetzteil versorgt. Die Versorgungsspannung ist dann gegenüber dem Oszilloskop isoliert und der Oszilloskopeingang kann an die differentiellen Ausgänge des AMC1200 angeschlossen werden (Jumper J3:1-2). Das Signal pegelt dann bei Vollausschlag mit ± 2 V um die Oszilloskopmasse. Durch die Verstärkung von 8 des AMC1200 ergibt sich also ein differentieller Gesamtübertragungsfaktor vom Eingang zum Ausgang von 1:8, 10:8 und 100:8, was beim Ablesen der Oszilloskopspannung entsprechend berücksichtigt werden muss. Verfügt das Oszilloskop über eine Feineinstellung der Vertikaleinteilung, kann man es z.B. auf 125 mV/Div einstellen und liest dann bei 1:8-Einstellung der Schaltung so ab, als hätte man 1 V/Div eingestellt.

Die Schaltung verfügt noch über eine 5-polige Mini-USB-B Buchse und kann auch darüber mit Spannung (z.B. aus dem USB-Stick-Anschluss des Oszilloskops) versorgt werden. Damit liegt dann allerdings auch der Masseanschluss des Tastkopfeingangs CON1 oszilloskopseitig auf GND und der Jumper J3 muss dann auf Position 2-3 gesetzt werden. Ohne dies wäre der negative AMC1200-Ausgang mit GND kurzgeschlossen. Das Ausgangssignal am Oszilloskop hat in dieser Konfiguration einen festen Offset von rund $V_{CC}/2$ (2,55 V, siehe Datenblatt AMC1200) und der Hub beträgt nur noch die Hälfte, da wir aktuell nur eines von beiden differentiellen Ausgangssignalen verwenden. Die oben angegebenen Übertragungsfaktoren halbieren sich in dem Fall entsprechend. Die Versorgung aus einem USB-Anschluss ist somit eher eine Notlösung, da die Qualität der USB-Bus-Versorgungsspannung nicht zur Versorgung einer analogen Schaltung ausreicht und mitunter etliche Störungen aus dem internen Digitalbereich des Oszilloskops vorhanden sind.

Aufbau der Schaltung

Die Schaltung besteht aus wenigen Bauteilen und da überwiegend große SMD-Komponenten verwendet wurden, ist die Platine in **Bild 5** recht schnell bestückt. Das Platinen-Layout kann frei

von der Projektseite [5] heruntergeladen werden. Der ADuM5242 hat ein SOIC-8 Gehäuse, der AMC1200 ein noch größeres SOP8-Gehäuse, was im Grunde einem DIP8-Gehäuse mit abgewinkelten Beinchen zur SMD-Montage entspricht. Alle Widerstände und Kondensatoren haben 1206-Bauform, sodass sie sich problemlos auflöten lassen. Einzig der Impedanzwandler U3 hat ein kleines SOT-23-Gehäuse und sollte daher als erstes Bauteil vorsichtig aufgelötet werden, gefolgt vom ADuM5242 und dem AMC1200. Dann folgen die SMD-Widerstände und -Kondensatoren und die bedrahteten Bauteile. Da ein BNC-Stecker zur 90°-Leiterplattenmontage äußerst ungängig ist, haben wir die Leiterplatte mit einem passenden Schlitz versehen, in den ein normaler BNC-Stecker zur Frontmontage eingelötet werden kann. Das erfordert einen LötKolben mit hinreichend Leistung, um das Gewinde des Steckers bis zum Schmelzpunkt des Lots zu erhitzen. Die Schaltung ist dadurch kompakt und kann zwischen Oszilloskop und Tastkopf eingeschleift werden.

Inbetriebnahme

Wegen des geringen Wirkungsgrads des ADuM DC/DC-Wandlers von unter 20 % liegt die Stromaufnahme der kompletten Schaltung bei ca. 110 mA. Dieser Wert sollte nach dem Aufbau der Schaltung und dem Anschluss an eine 5 V Versorgungsspannung als erstes kontrolliert werden. Vorteilhaft ist der Anschluss an ein Labornetzteil mit einstellbarer Strombegrenzung. Die Inbetriebnahme sollte eher nicht über den USB-Anschluss erfolgen. Liegt die Stromaufnahme deutlich über dem genannten Wert, sollte nach eventuellen Lötfehlern, Kurzschlüssen oder verdrehten Bauteilen gesucht werden. Als nächstes wird die sekundärseitige Versorgungsspannung VCCiso nachgemessen. Sie liegt bei typisch 5,2 V. Sind diese beiden Werte korrekt, kann die Schaltung zwischen Oszilloskop und Tastkopf angeschlossen werden; danach wird die Funktion mit einer Signalquelle und dem Oszilloskop überprüft.



Fazit

Mit modernen und preiswerten Bauteilen lässt sich ein einfacher Isolierverstärker für Oszilloskop-Tastköpfe aufbauen. Die begrenzte analoge Bandbreite schränkt die möglichen Anwendungen zwar ein, sodass z.B. die Messung der Signalqualität von differentiellen Highspeed-Signalen (wie LVDS, USB oder Ethernet) nicht möglich ist. Durch die echte galvanische Trennung ist die Schaltung teuren Differentialtastköpfen jedoch mitunter überlegen, wenn es um das Signal/Offset-Verhältnis geht oder wenn die Vermeidung von Masseschleifen im Vordergrund steht. Der günstige Preis erlaubt es auch, die Schaltung einfach mehrfach aufzubauen und so alle Kanäle eines Oszilloskops galvanisch zu trennen. Diese Trennung erfolgt nicht nur insgesamt zum Prüfling hin, wie es auch mit einem Trenntrafo möglich ist; hier sind auch alle Kanäle gegeneinander isoliert. Das erlaubt die potentialfreie Messung an unterschiedlichen Stellen der Schaltung mit nur einem Oszilloskop.

(130297)

Bild 6.
Praktischer Einsatz der Schaltung. Der gezeigte Prototyp weicht von der in Bild 5 gezeigten Platine ab.

Weblinks

- [1] www.ti.com/product/iso124
- [2] www.ti.com/product/amc1200
- [3] www.analog.com/en/interface-isolation/digital-isolators/adum5242/products/product.html
- [4] www.analog.com/en/specialty-amplifiers/isolation-amplifiers/ad215/products/product.html
- [5] www.elektor-magazine.de/130297

DCF-Testsender

Zeitsignale aus dem Controller



Von **Roger Leifert** (D)

Beim Testen von DCF-Decodern, DCF-Decodier-Routinen oder DCF-Uhren ist es hilfreich, wenn man ein normgerechtes DCF-Signal mit beliebig einstellbarem Zeit- und Datumtelegramm zur Hand hat.

Dazu hat der Autor mit einem kleinen Mikrocontroller eine Testschaltung aufgebaut, die das DCF-Signal mit TTL-Pegel ausgibt und (basierend auf [1]) sogar einen kleinen Testsender für das Antennensignal auf 77,5 kHz enthält. Um zu prüfen, ob ein DCF-Gerät korrekt (weiter) läuft, lassen sich mit DIP-Schaltern besonders kritische Zeitpunkte vorwählen. Mit einem weiteren Schalter kann man bestimmen, ob das TTL-Signal invertiert oder nicht-invertiert ausgegeben wird. Die DCF-Zeit und das Datum werden fortlaufend über eine rudimentäre serielle Schnittstelle ausgegeben. Über diese Schnittstelle kann man auch eine beliebige Zeit-/Datum-Kombination als Startzeit eingeben.

Ein Controller und ein wenig mehr

Ein Blick auf die Schaltung in **Bild 1** zeigt, dass der DCF-Testsender aus wenig mehr als einem Mikrocontroller besteht. Es handelt sich um einen ATtiny84 von Atmel mit einem 20-MHz-Quarz als

Taktgeber. Die Software erzeugt daraus ein normgerechtes DCF-Telegramm im Sekundentakt. Der Startzeitpunkt wird entsprechend **Tabelle 1** mit den DIP-Schaltern S3...S5 eingestellt. An Portpin PA4 (Pin 9) steht das Signal im TTL/CMOS-Format zur Einspeisung in einen Decoder bereit und kann mit der parallel angesteuerten LED kontrolliert werden.

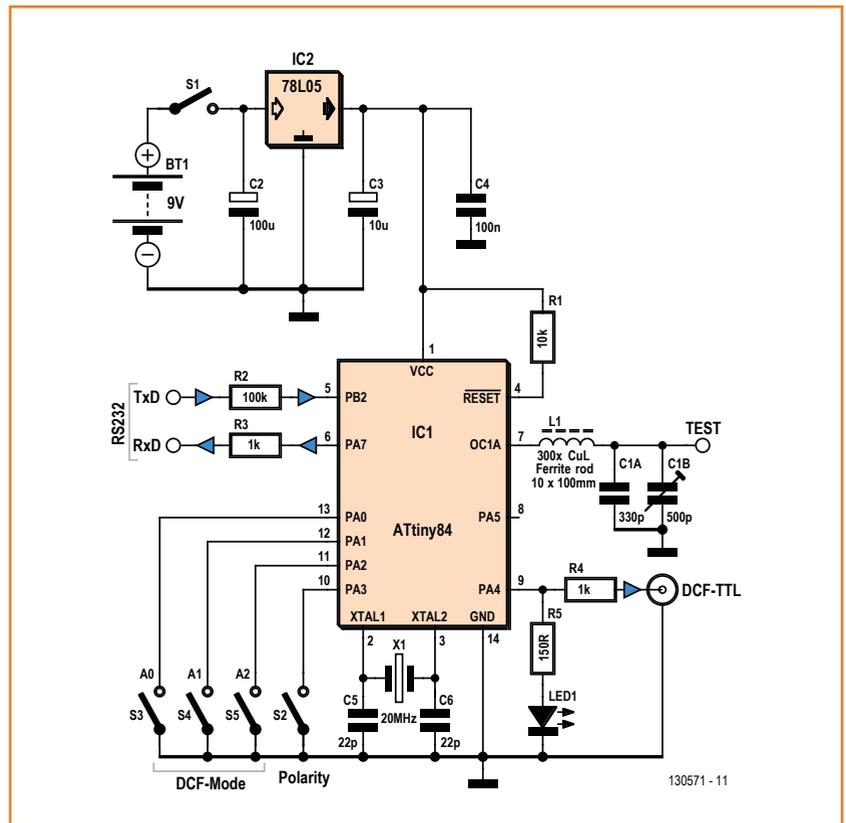
Durch den Ausgangswiderstand R4 von 1 k Ω kann man das Signal auch in Schaltungen einspeisen, die mit Spannungen unterhalb von 5 V betrieben werden. Die in allen gängigen ICs an den Eingängen integrierten Schutzdioden leiten den „Überstrom“ von maximal 1...2 mA sicher ab. Die serielle Schnittstelle ist hier ohne einen der üblichen Schnittstellenwandler wie dem MAX232 nach einem Vorschlag von Burkhard Kainka [4] realisiert. Dazu muss das Signal allerdings invertiert sein, da die RS232-Schnittstelle mit negativer Logik arbeitet. Die meisten PCs mit originaler serieller Schnittstelle erkennen die über

den Strombegrenzungswiderstand R3 ausgegebenen +5/0V-Pegel anstelle der normgerechten +12V/-12V korrekt. Die Eingangsspiegel werden über den Schutzwiderstand R2 und die integrierten Schutzdioden des ATtiny auf TTL-Pegel gebracht. **Bild 2** zeigt die Ausgabe des Testsenders im Terminalprogramm des PCs.

Bei Teilung des Systemtaktes durch 258 erhält man mittels des integrierten Timers zunächst ein Rechteck-Signal mit 77,519 kHz am OC1A-Ausgang (Pin 7). Dies ist mit nur 0,024% oder 240 ppm Abweichung nahe genug an 77,5 kHz, so dass wohl alle DCF-Uhren das Signal als gültig akzeptieren. Daher wurde die in [2] beschriebene Methode zur Erzeugung von „gebrochenen“ Teilern für die exakte DCF-Frequenz von 77,5 kHz hier nicht angewendet.

Die Amplitudenabsenkung auf 15 % bei den Sekundenmarken wird mit dem in [3] vorgestellten Verfahren über die integrierte PWM-Funktion des ATtiny realisiert. Die Ausfilterung der unerwünschten Oberwellen des Rechtecksignals und die Ankoppelung an die Empfängerantennen übernimmt der Schwingkreis L1/C1. Bei optimaler Abstimmung des Schwingkreises hat der Autor festgestellt, dass sich DCF-Uhren bis in ein paar Meter Entfernung einstellen ließen. **Die „freie“ Abstrahlung des Signals ist allerdings verboten**, die Ankopplung an die DCF-Antenne eines Empfängers sollte mit einer Koppelschleife oder direkt an den Antenneneingang per abgeschirmtem Kabel erfolgen.

Zur Stromversorgung sollte man eine 9-V-Batterie oder ein Festspannungs-Netzteil ab 7,5 V verwenden. Der Spannungsregler IC2 erzeugt daraus 5 V für den Controller. Der Stromver-



brauch beträgt nur wenige Milliampere, so dass eine Batterie für viele Stunden Testbetrieb reicht.

As time goes by

Sobald im laufenden Betrieb die Stellung der DIP-Schalter S2...S5 verändert wird, stellt die Software sofort auf das neue Datum entsprechend Tabelle 1 um. DCF-Decoder sollten in der Lage sein, die interne Uhr nach einem einmal

Bild 1. Die Schaltung des DCF-Testsenders besteht aus wenig mehr als einem ATtiny-Mikrocontroller.

Tabelle 1. Einstellung der DIP-Schalter					
DIP-Schalter A2 A1 A0*	Datum	Startzeit	Wochentag	Besonderheit	
0 0 0"	25.03.12	01:56:50	So	Umstellung auf MESZ: Die Stunde 02:xx fällt aus. Ankündigung SZ-Umstellung in DCF-Bit 16=1	
0 0 1	28.10.12	02:56:50	So	1. doppelte Stunde 02:xx vor Umstellung auf Winterzeit Ankündigung WZ-Umstellung in DCF-Bit 16=1	
0 1 0	28.10.12	02:56:50	So	2. doppelte Stunde 02:xx nach Umstellung auf Winterzeit. Ankündigung WZ-Umstellung in DCF-Bit 16=0	
1 0 0	28.02.14	23:56:50	Fr.	Kein Schaltjahr: Wechsel auf 01.03.15 um 00:00	
1 1 0	28.02.12	23:56:50	Di	Schaltjahr: Wechsel auf 29.02.12 um 00:00	
1 1 1	29.02.12	23:56:50	Mi	Schaltjahr: Wechsel auf 01.03.12 um 00:00	
1 0 1	31.12.12	23:56:50	Mo	Jahreswechsel auf 01.01.13 um 00:00	

* 1: DIP-Schalter geschlossen; 0: DIP-Schalter offen

```
Time: 0:57:01      Date: 28.10.12
Time: 0:57:02      Date: 28.10.12
Time: 0:57:03      Date: 28.10.12
Time: 0:57:04      Date: 28.10.12
Time: 0:57:05      Date: 28.10.12
Time: 0:57:06      Date: 28.10.12
Time: 0:57:07      Date: 28.10.12

Input Date. Format [TT.MM.JJ]
Input Time. Format [HH:MM:SS]

01.02.14 OK. New date accepted.

Time: 02:57:15     Date: 01.02.14
Time: 02:57:16     Date: 01.02.14
Time: 02:57:17     Date: 01.02.14
Time: 02:57:18     Date: 01.02.14
Time: 02:57:19     Date: 01.02.14
Time: 02:57:20     Date: 01.02.14
Time: 02:57:21     Date: 01.02.14

Input Date. Format [TT.MM.JJ]
Input Time. Format [HH:MM:SS]

01:02:55 OK. New Time accepted.

Time: 01:02:55     Date: 01.02.14
Time: 01:02:56     Date: 01.02.14
Time: 01:02:57     Date: 01.02.14
Time: 01:02:58     Date: 01.02.14
Time: 01:02:59     Date: 01.02.14
Time: 01:03:00     Date: 01.02.14
Time: 01:03:01     Date: 01.02.14
Time: 01:03:02     Date: 01.02.14
Time: 01:03:03     Date: 01.02.14
```

Bild 2.
Ausgabe des DCF-Senders
am Terminal des PCs.

korrekt decodierten DCF-Telegramm fehlerfrei von alleine weiterzuführen.

Der „Härtetest“ tritt dabei beim Jahreswechsel (Zeit und Datum wechselt an allen Stellen), beim Wechsel vom 28./29. Februar zum 1. März (Schaltjahrregel) und insbesondere bei der Sommer- und Winterzeitumstellung auf. Daher sind speziell hierfür sieben Beispielzeiten fest einprogrammiert; sie lassen sich mit den DIP-Schal-

tern S3...S5 einstellen. Die Ausgabe startet dabei etwas mehr als drei Minuten vor dem kritischen Zeitpunkt, damit jeder DCF-Decoder oder Decodier-Algorithmus sich mindestens einmal synchronisieren kann. Schaltet man nun kurz vor der kritischen Zeit den DCF-Tester aus, muss der DCF-Decoder selbständig den jeweiligen Zeitsprung korrekt ausführen.

Die Bits 1...14 des DCF-Telegramms enthalten seit Ende 2006 Wetterinformationen der Firma MeteoTime sowie Informationen des Katastrophenschutzes. Diese werden hier zufällig gebildet, da der Codierungs-Algorithmus dieser Daten leider nicht öffentlich ist [6].

Die Firmware fragt während des Betriebs auch kontinuierlich die serielle Schnittstelle ab. Sobald sie ein beliebiges Datum beziehungsweise Zeit im richtigen Format („TT.MM.JJ“ + CR/LF und „HH:MM:SS“ + CR/LF) empfängt, stellt sie auf dieses Datum um und gibt die DCF-Telegramme von diesem Zeitpunkt an mit dem neuen Datum aus.

Die Firmware ist mit dem BASCOM-Compiler [5] geschrieben worden. Der kommentierte Quelltext, das Hex-File zum Brennen und die Einstellung der Fuse-Bytes sind frei verfügbar und können unter [7] heruntergeladen werden.

Wer das Programm modifizieren möchte, zum Beispiel andere Zeit-Datum-Vorgaben für die DIP-Schalter implementieren will, kann dies leicht durch eine Modifikation des Programms erreichen. Da das Programm allerdings etwas größer als die erlaubten 4 kB der Freeware-Version des Compilers ist, ist dazu die Lizenz-Version erforderlich. Alternativ kann man auch einige Funktionen weglassen und den Code dann unter die 4-kB-Grenze drücken.

Gute Abstimmung

Die einzige Schwierigkeit beim Aufbau ist der Abgleich des Schwingkreises. Entsprechend des

Literatur und Weblinks

- [1] Martin Ossmann, „SDR mit AVR (3)“, Elektor 05/2012, S. 30 ff
- [2] Martin Ossmann, „SDR mit AVR (1)“, Elektor 03/2012, S. 12 ff
- [3] Martin Ossmann, „SDR mit AVR (2)“, Elektor 04/2012, S. 28 ff
- [4] Burkhard Kainka, „BASCOM-AVR-Kurs“, Teil 1, Elektor 09/2008
- [5] BASCOM-AVR Compiler: <http://www.mcselec.com/>
- [6] Information zum DCF-Telegramm: <http://de.wikipedia.org/wiki/DCF77>
- [7] www.elektor-magazine.de/130571



Vorschlag aus [1] wird zunächst L1 als Spule mit etwa 300 Windungen auf einen ungefähr 10 cm langen und 10 mm durchmessenden Ferritstab gewickelt. Die genaue Anzahl der Windungen und „sauberes“ Wickeln spielen keine Rolle. Anstelle einer Parallelschaltung von Festkondensator und Drehkondensator (z.B. 470 pF und 500 pF) kann man die Abstimmung auch schrittweise durch Parallelschaltung mehrerer Festkapazitäten erzielen. Schließlich sind Drehkondensatoren mit 500 pF heute nicht mehr bei jedem Elektronikhändler erhältlich und nicht jeder hat einen in der Bastelkiste liegen.

Zur Abstimmung gibt es zwei Möglichkeiten: Wer ein Oszilloskop hat, sollte das Signal über eine Koppelspule aus mehreren Windungen Kupferdraht/Litze mit ungefähr 10...20 cm Durchmesser in mehr als 10 cm Entfernung von der Ferritantenne abgreifen. Die Koppelspule kann mit ihren Drahtenden direkt auf den Eingang des Oszilloskops gegeben werden, da das Signal sehr kräftig ist. Man verändert dann den Drehko

oder die Kombination aus Festkapazitäten so lange, bis man die maximale Amplitude gefunden hat. Während des Abgleichs darf die Lage und der Abstand der Koppelspule zur Ferritantenne nicht verändert werden.

Wer kein Oszilloskop besitzt, kann sich meist mit einem Multimeter im Wechselspannungsmodus behelfen, sofern es einen Eingangswiderstand von (mindestens) 10 M Ω aufweist. Man misst nun die Spannung am Knotenpunkt von L1 und C1 (Test) und gleicht auf maximalen Anzeigenwert ab. Auch wenn die wenigsten Multimeter eine Bandbreite bis über 77,5 kHz besitzen, so ist doch durch den hohen Pegel immer noch ein Abgleich auf das relative Maximum möglich. Wenn man mit den angegebenen Werten von L1 und C1 kein Maximum findet, muss man in 10-%-Schritten entweder einen der beiden Kondensatoren vergrößern oder die Windungszahl der Ferritantenne verringern.

(130571)

UNSCHLAGBAR

beim Preis-Leistungsverhältnis.
Die neuen Rigol Meßgeräte



Rigol DS1000Z Oszilloskope

4 Kanäle, 70/100 MHz, 1 GSa/s Abtastrate, 12 Millionen Messpunkte Speicher, USB, LAN, professionelle Mess- & Analysefunktionen, optional mit eingebautem Funktionsgenerator, 3 Jahre Garantie

ab **€ 535,50**
inkl. MwSt. und Versand



Rigol DG1000Z Generatoren

2 Kanäle, 30/60 MHz, 200 MSa/s, 2 Mpts Speicher, USB, LAN, analoge und digitale Modulation, arbiträre Signalgenerierung, 3 Jahre Garantie

ab **€ 555,73**
inkl. MwSt. und Versand

Machen Sie Ihr **LEBEN** leichter.
Führende **LABORTECHNIK**
mit **BATRONIX** Zufriedenheitsgarantie

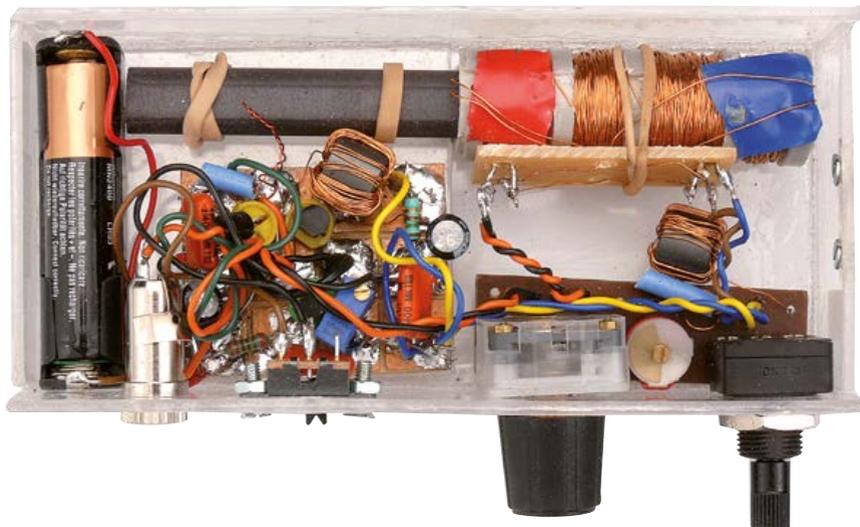
- ✓ Attraktive Preise
- ✓ Kompetente Beratung
- ✓ Große Auswahl ab Lager
- ✓ Lieferung auf Rechnung
- ✓ Einfach 30 Tage testen
- ✓ Geld zurück Garantie

Jetzt Angebote nutzen:
www.batronix.com/go/33

NEU

Mittelwellenempfänger Von langen zu mittleren Wellen

Von Jean-Pierre Redouté (F)

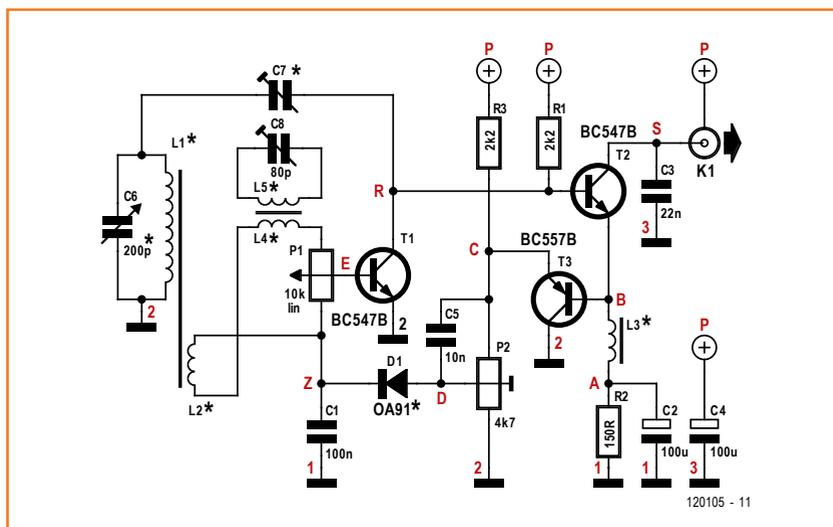


Im Januar 2012 hatten wir einen Langwellenempfänger vorgestellt, der mit einfachen Komponenten und etwas handwerklichem Geschick schnell aufgebaut ist. Hier geht es um einen Empfänger in gleichem Stil, diesmal ausgelegt für Mittelwelle. Ein ebenso spannendes wie lehrreiches Projekt, nicht nur für Nostalgiker!

Unser kleiner Empfänger vom Januar 2012 [1] war für Langwelle konzipiert, denn dort sind auch heute noch Stationen vertreten, die Programme in deutscher, englischer oder französischer Sprache ausstrahlen. Andere Länder haben ihre Aktivitäten auf Langwelle verringert oder sogar eingestellt, hier nutzen lokale AM-Sender überwiegend den Mittelwellenbereich. Es lag deshalb nahe, den Langwellenempfänger so anzupassen, dass der Mittelwellenbereich empfangen

werden kann. Entstanden ist ein Empfänger für Mittelwelle, der ähnliche Eigenschaften wie der Langwellenempfänger hat. Das Titelfoto zeigt den bereits bekannten Langwellenempfänger, auch die Schaltung (**Bild 1**) und der Sägeplan für die Platine (**Bild 2**) sind identisch. Da das Konzept und die Schaltung bereits im Artikel zum Langwellen-Empfänger erklärt wurden, sollen hier das Verlagern des Empfangsbereichs sowie einige praxisbezogene Details betrachtet werden. Wer den Artikel verpasst hat, kann diesen unter [1] kostenlos downloaden.

Bild 1.
Schaltung des Mittelwellenempfängers.
Die roten Zahlen und Buchstaben verweisen auf den Sägeplan in Bild 2.



Für Mittelwelle

Das Verlagern des Empfangsbereichs ist nicht allzu schwierig, geändert werden muss lediglich die Anzahl der Windungen auf dem Ferritantennenstab. Induktivität L1 besteht nun aus 65 Windungen lackierten Kupferdrahts ($\varnothing 0,2...0,3$ mm), die auf eine Kunststoffhülse $16 \cdot 140$ mm gewickelt werden. Der Wert der Induktivität beträgt dann ungefähr $330 \mu\text{H}$. Für L2 genügen 7 Windungen, sie haben ihren Platz neben L1. Der Abstand zwischen L1 und L2 soll etwa 5 mm betragen. **Bild 3** zeigt die gewickelten Induktivitäten, in **Bild 4** ist der Ferritstab in den Wickelkörper eingeschoben. Die Mittelwellenstationen können zunächst nur schwach empfangen werden. Das lässt sich

Stückliste

Widerstände:

R1,R3 = 2k2
 R2 = 150 Ω
 P1 = 10 k Potentiometer, linear
 P2 = 4,7 k Trimpotentiometer

Kondensatoren:

C1,C5 = 10 n
 C2,C4 = 100 µ/6 V
 C3 = 22 n
 C6 = 200 p Drehkondensator, siehe Text
 C7 = Zwei verdrehte Drähte, ggf. in Reihe mit Widerstand, siehe Text
 C8 = 80 p Trimmkondensator

Induktivitäten:

L1...L5 = siehe Text

Halbleiter:

D1 = Germaniumdiode (OA91, AA112 oder ähnlich)
 T1,T2 = BC547B
 T3 = BC557B

Außerdem:

K1 = Klinkenbuchse 3,5 mm, Stereo

Z	D	C	P
1	2	B	3
A	E	R	S

120105 - 12

Bild 2. Sägeplan für die Platine des Mittelwellenempfängers.

beheben, indem der Empfänger so eingestellt wird, dass er unmittelbar vor dem Schwingungseinsatz arbeitet. Im Rückkopplungszweig liegt C7 in Reihe R4, die Rückkopplung bewirkt die gewünschte Entdämpfung. Beim Musteraufbau war R4 = 100 k, und C7 bestand aus zwei isolierten, miteinander verdrehten Drähten, die Länge lag bei 12 cm.

Wenn nur stark einfallende Stationen empfangen werden sollen, reicht eine kürzere Ferritantenne aus, so dass der Empfänger kleinere Abmessungen erhält. Kürzere Ferritstäbe erfordern mehr Windungen für L1; ungefähr 80 Windungen sind nötig, wenn der Ferritstab nur 5 cm lang ist.

Einstellungen

Überprüfen Sie zuerst die Verdrahtung und die seitenrichtige Lage gepolter Bauelemente, Kurzschlüsse dürfen natürlich nicht vorhanden sein. Den Kopfhörer verbinden Sie noch nicht mit der Schaltung. Wenn Sie jetzt die Batterie anschließen, muss die Stromaufnahme deutlich unter 1 mA liegen. Falls dies nicht zutrifft, ist eine Verbindung fehlerhaft, ein Kurzschluss ist aufgetreten oder ein Bauteil ist defekt. Messen Sie die Spannungen an den Widerständen und berechnen Sie nach dem Ohmschen Gesetz die hindurchfließenden Ströme: $I = U/R$. Die Werte müssen plausibel sein.

Kollektorstrom

Verbinden Sie die Schaltung mit der Batterie und schließen Sie das Milliampereometer anstelle des Kopfhörers an (oder mit ihm in Reihe). Stellen Sie den Kollektorstrom von T2 mit P2 auf 1 mA ein. Überprüfen Sie die Basis-Emitter-Spannungen der Transistoren, sie müssen nahe 0,6 V liegen. Diode D1 ist in Durchlassrichtung geschaltet, so dass Punkt D positiv bezogen auf Punkt Z sein muss. Wenn das Einstellen mit P2 nicht durchführbar

Bild 3. L1 und L2 auf dem Wickelkörper...

ist, liegt ein Fehler in der Schaltung vor, möglicherweise sind Leitungen unterbrochen oder kurzgeschlossen, Widerstände haben falsche Werte oder Transistoren sind defekt.

Schwingeinsatz

Vorausgesetzt, dass die Ferritantenne korrekt angeschlossen ist (L4/P1, D1, Masse, C7) und C7 ausreichende Kapazität hat, darf die Schaltung beim Linksanschlag von P1 (Schleifer an D1/C1) nicht schwingen. Wenn der Schleifer nach rechts gedreht wird, muss an einem Punkt das Schwingen einsetzen. Stellen Sie P1 zuerst auf Linksanschlag, im Kopfhörer hören Sie leises Rauschen. Drehen Sie P1 langsam nach rechts, bis Sie ein kurzes „Plopp“ hören, das Rauschen ist dann fast nicht mehr wahrnehmbar. Wenn Sie bereits eine Station empfangen, wird das Einstellen erleichtert. Stimmen Sie C6 auf die Station ab und richten Sie die Ferritantenne in ihre Richtung aus. Beim Weiterdrehen von P1 muss die Lautstärke steigen, bis der Schwingeinsatz (Pfeifton) erreicht ist. Wird P1 weiter gedreht, ist wieder ein „Plopp“ zu hören, danach bricht der Empfang ab. Höhere Werte für C7 können den Empfang verbessern, die verdrehten Drähte sollen etwa 10...15 cm lang sein.

Frequenzband

In eigener Regie gewickelte Induktivitäten bringen mit sich, dass der Empfangsbereich nicht deckungsgleich mit dem Mittelwellenbereich sein



Bild 4. ...und hier mit Ferritstab.

muss. Die Werte hängen von den Ferrit-Eigenschaften, der Windungsanzahl, den Abmessungen und der Geometrie ab. Nachlässig gewickelte Exemplare sind mit unbekanntem parasitären Kapazitäten behaftet, die nicht vernachlässigt werden dürfen. Mit einem oder mehreren Trimmkondensatoren parallel zu C6 ist ein verschobener Empfangsbereich meistens korrigierbar, eine bessere Lösung ist jedoch das Verschieben der Wicklungen auf dem Ferritstab.

Was ist zu tun, wenn weder ein Frequenzzähler noch ein Oszilloskop noch ein Dipmeter verfügbar sind? Dann wird ein Verhalten genutzt, das bereits erwähnt wurde: Eine schwingende Schaltung verhält sich wie ein schwacher Hochfrequenzsender! Nehmen Sie einen zweiten Mittelwellenempfänger, abgestimmt auf eine bekannte Frequenz, und bringen Sie ihn in die Nähe der schwingenden Schaltung. Verändern Sie mit C6 langsam die Schwingfrequenz. Wenn Sie sich der

am zweiten Empfänger eingestellten Frequenz nähern, hören Sie ein charakteristisches Jaulen. Durch Wiederholen dieser Prozedur mit unterschiedlichen Frequenzen bestimmen Sie den Empfangsbereich. Wenn der zweite Empfänger mit einer Stationsskala versehen ist, können Sie die Empfangsbereiche miteinander vergleichen. Der Empfangsbereich wird nach „unten“ verschoben, indem L1 um einige Windungen gekürzt wird. Nach „oben“ verschiebt sich der Empfangsbereich, wenn L1 um einige Windungen ergänzt wird; man kann auch zu C6 einen kleinen Kondensator parallel schalten.

Einstellbereich

Der nutzbare Einstellbereich von P1 liegt zwischen dem Minimum und dem Punkt, an dem die Schaltung zu schwingen beginnt. Natürlich wäre es eleganter, wenn dieser Bereich mit der vollen Drehung von P1 übereinstimmen würde. Das lässt sich errei-

Wie und warum

Gekoppelte Induktivitäten

An dieser Stelle soll nicht die Theorie vertieft werden, es genügt zu wissen, dass bipolare Transistoren in Emitterschaltung (Emitter an Masse, Bezugspunkt für Eingang und Ausgang) niedrige Eingangsimpedanzen haben. Wenn Schwingkreis L1/C6 auf eine Station abgestimmt ist, stellt er eine hohe Impedanz dar. Es fließt nur ein geringer Strom, der eine Spannung zur Folge hat. Wird der Schwingkreis mit einer niedrigen Impedanz belastet, bedeutet dies fast einen Kurzschluss, die Spannung bricht stark ein. Die Kopplung mit Induktivität L2, die wesentlich weniger Windungen als L1 hat, bewirkt einen höheren Strom bei niedrigerer Spannung. Der Schwingkreis ist an die Eingangsimpedanz des Transistors besser angepasst.

Induktivität L2 hat noch eine weitere Funktion: Das rückgekoppelte Signal muss positiv sein, es soll ein kleiner Teil des verstärkten Signals über C7 und R4 zum Eingangssignal addiert werden. Wenn das rückgekoppelte Signal auf direktem Weg zur Basis von T1 gelangt, würde eine Subtraktion stattfinden. Durch L2 wird das Signal invertiert, so dass es addiert wird.

Parasitäre Kapazitäten

Zwei räumlich benachbarte Leiter bilden einen Kondensator, allerdings ist die Kapazität vergleichsweise gering. Leider gilt dies auch für die Windungen von Induktivitäten. Besteht eine Induktivität aus nur einer Wicklungslage, können die Kapazitäten meistens vernachlässigt werden. Wenn jedoch mehrere hundert Windungen nötig sind, ist eine einlagige Induktivität wenig praktikabel, sie hat eine recht unhandliche Länge. Die

Windungen können zwar lageweise übereinander gewickelt werden, doch das hat parasitäre Kapazitäten zur Folge, die mehrere zehn oder sogar hundert Picofarad betragen können. Der Wert bewegt sich in der Größenordnung des Drehkondensators, seine Kapazität beträgt 200 pF. Deshalb werden die Windungen häufig auf mehrere, voneinander getrennte Kammern verteilt. Die Kapazität der Windungen einer Kammer ist niedriger als die Kapazität einer Induktivität ohne Kammern. Werden die Kammern in Reihe geschaltet, ist die resultierende Kapazität gleich der Gesamtkapazität geteilt durch die Anzahl der Kammern. Zwei isolierte Leiter bilden einen Kondensator mit definierter, niedriger Kapazität, wenn die Leiter miteinander verdreht werden. Nehmen Sie ein 40 cm langes Stück lackierten Kupferdrahts, Durchmesser 0,45 mm. Falten Sie den Draht in der Mitte zusammen, trennen Sie ihn dort auf und spannen Sie die entstehenden Enden in einen Schraubstock. Verdrehen Sie die Drähte miteinander, so dass eine Windung etwa einen Millimeter lang ist. Das verdrehte Paar hat nun eine Länge von ungefähr 16 cm, die Kapazität beträgt etwa 40 pF.

Induktivitäten wickeln

Mit einer Minibohrmaschine bohren Sie in die Kunststoffhülse ein kleines Loch, der Abstand zum Rand soll 10...15 mm betragen. Stecken Sie ein genügend langes Drahtende hindurch. Wickeln Sie L1, indem Sie mit einer Hand die Hülse um ihre Längsachse im Uhrzeigersinn drehen. Mit der anderen Hand halten Sie den Draht straff gespannt, während Sie den Draht mit dem Daumen an die letzte bereits gewickelte Windung drücken. Keine Windung darf eine andere Windung überdecken. Zwei Umdrehungen vor dem Ende bohren Sie ein weiteres Loch. Vier

chen, indem Sie eine schwache Station empfangen und C7 (verdrillte Drähte) so oft vorsichtig kürzen, bis das Ziel erreicht ist. Kürzen Sie die Drähte einzeln, damit Sie C7 nicht kurzschließen!

Bandsperr

Die Bandsperr ist nur erforderlich, wenn eine Station so stark einstrahlt, dass sie schwächere Stationen beiseite drückt. Falls dies für Ihren Empfangsort nicht zutrifft, können Sie L4 kurzschließen oder sogar L4, L5 und C8 ganz weglassen. Kommen Sie nicht ohne Bandsperr aus, stellen Sie sie wie folgt ein: Stimmen Sie den Empfänger auf die störende Station ab und drehen Sie C8 mit einem Schraubendreher in eine Position, bei der diese Station möglichst stark gedämpft wird. Der Schraubendreher darf nicht metallisch sein, anderenfalls ist das korrekte Einstellen nicht möglich.

(120105)gd

Weblinks

- [1] LW-Empfänger (kostenloser Download): www.elektor-magazine.de/110721
- [2] MW-Empfänger: www.elektor-magazine.de/120105

Literatur

- Sir Douglas Hall: *Simplicity and sensitivity with 2 transistors*, The Radio Constructor, April 1964
Erste Version mit Germanium-Transistoren
- G. Short, *Silicon Transistor Reflex TRF*, The Radio Constructor, Januar 1968
Folge neuer Schaltungsvarianten
- C.Sinclair, *Slimline*, The Radio Constructor, September 1963
Kapazitive Rückkopplung zum Schwingkreis
- R. Haig, *Practical radio circuits*, Everyday Practical Electronics, Juni 2003
Bandsperr und einstellbare HF-, NF- und Abstimmstufen

Löcher müssen entlang der Längsachse auf einer Linie liegen. Am Ferritstab ist eine Längsseite abgeflacht, hier können die Drähte entlang geführt werden. Die Länge der Drahtenden bemessen Sie so, dass sie bis an die Lötösen heranreichen (siehe Bild 3). Messen Sie den Wert der Induktivität bei eingeschobenem Ferritstab, wie nachfolgend beschrieben. Falls erforderlich, passen Sie die Anzahl der Windungen an. Vor dem Bohren der Löcher müssen Sie den Ferritstab herausnehmen!

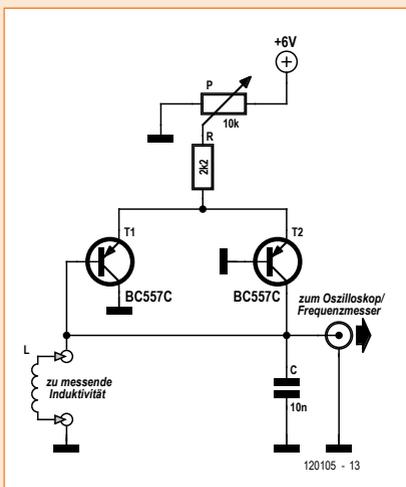


Bild 5. Oszillator zum Messen von Induktivitäten. Der Oszillator funktioniert auch mit BC547B-Transistoren.

die kleine Trägerplatine mit den Lötösen an die Hülse. Schneiden Sie die Drahtenden auf passende Länge, schleifen Sie die Lackierung an den Drahtenden mit feinem Schmirgelpapier ab und löten Sie die Drahtenden an die Lötösen. Dabei müssen die

Drahtenden straff gespannt sein. Dann schieben Sie den Ferritstab so in die Hülse, dass die abgeflachte Seite den Drähten zugewandt ist. Entfernen Sie das Klebeband und versiegeln Sie jedes Loch mit einem kleinen Tropfen Klebstoff.

Induktivitäten messen

Nehmen Sie einen Kondensator bekannter Kapazität und möglichst niedriger Toleranz, schalten Sie die zu messende Induktivität parallel und verbinden Sie diesen Schwingkreis mit der Oszillatorschaltung in **Bild 5**. Mit einem Oszilloskop oder Frequenzzähler messen Sie die Frequenz, auf der die Oszillatorschaltung schwingt. Den Wert der Induktivität müssen Sie rechnerisch bestimmen: Mit der Frequenz f in MHz, der Kapazität C in pF und der Induktivität L in μH gilt folgende Beziehung:

$$L = (159 / f)^2 / C.$$

Ein Beispiel: Wenn $C = 10 \text{ nF} = 10000 \text{ pF}$ und $f = 23 \text{ kHz} = 0,023 \text{ MHz}$ sind, ist $L = 4700 \mu\text{H} = 4,7 \text{ mH}$. Die Kapazität 10 nF ist ein praktikabler Wert, denn damit schwingt der Oszillator im niederfrequenten Bereich. Die Oszillatorfrequenz ist mit vergleichsweise einfachen Mitteln messbar, die parasitären Kapazitäten können vernachlässigt werden.

Weitere Tipps und Hinweise finden Sie im Beitrag zum Langwellenempfänger, den wir (weil die Veröffentlichung schon etwas zurück liegt) kostenlos zum Download anbieten. Wir möchten Ihnen empfehlen, ihn zu lesen, bevor Sie mit dem Mittelwellenempfänger ans Werk gehen. Eventuelle Ergänzungen oder Korrekturen erscheinen im Internet auf der Projektseite des Mittelwellenempfängers [2]. Ein noch folgender Beitrag wird sich mit dem Ersatz des Ferritstabs durch eine Langdrahtantenne beschäftigen. Wir wünschen Ihnen stets guten Empfang!



DesignSpark Tipps & Tricks

Große Platinen und mehrseitige Schaltungen

Von **Neil Gruending**
(Kanada)

In dieser Folge geht es um komplexere Layouts auf der Basis mehrseitiger Schaltungen in DesignSpark.

Bislang wurden kleinere Beispiele demonstriert, deren Schaltungen auf ein einziges Zeichenblatt passten. Nun geht es darum, mehrseitige Schaltungen in DesignSpark PCB für umfangreichere Projekte einzusetzen.

Mehrseitige Schaltungen

Die Verteilung umfangreicherer Schaltungen auf mehrere Seiten hat den Vorteil, dass die Schaltung in logische Blöcke aufgeteilt wird. Jede Seite hat dann ihre eigene Netzliste und die Verbindun-

gen zwischen den Seiten werden, abhängig von der Software, mit Hilfe von sogenannten „ports“ oder „sheet connectors“ vorgenommen. DesignSpark PCB erledigt das mit wenig Aufwand.

Wenn eine Schaltung zu einer Projekt-Datei hinzugefügt wird, stellt DesignSpark sicher, dass die Bauteilbezeichnungen im gesamten Projekt eindeutig bleiben. Bei Duplikaten erscheinen Warnungen. Neu hinzugefügte Komponenten erhalten eindeutige Bezeichnungen. Auch die Netzverbindungen auf einzelnen Seiten erhalten eindeutige Bezeichnungen, doch kann man durch Vergabe entsprechender Bezeichnungen auch globale Netzverbindungen für das Projekt definieren. Die Bezeichnungen sind prinzipiell beliebig, doch besser benennt man sie nicht mit einem „N“ gefolgt von einer Nummer, denn das ist das Namensschema von DesignSpark selbst.

In DesignSpark sind schon die Komponenten „power“ und „ground“ definiert, mit denen globale Netzverbindungen für die Stromversorgung vorgenommen werden. Auch wenn man eigene Bezeichnungen für globale Netze verwenden kann, werden solche Schaltpläne nicht so einfach zu lesen sein. Aus diesem Grund bevorzuge ich die Erstellung von Port-Symbolen (wie die Beispiele für Eingänge, Ausgänge und bidirektionale Ports in **Bild 1** zeigen). Es handelt sich um einfache Pin-Symbole mit Pfeil als Indikator der Signalrichtung.

Man verwendet solche Ports, indem man sie in der Schaltung passend platziert und verdrahtet. Da DesignSpark es nicht erlaubt, den Bauteilen von Libraries Netzbezeichnungen automatisch an bestimmten Positionen zuzuweisen, muss man das manuell erledigen. Per Rechtsklick auf

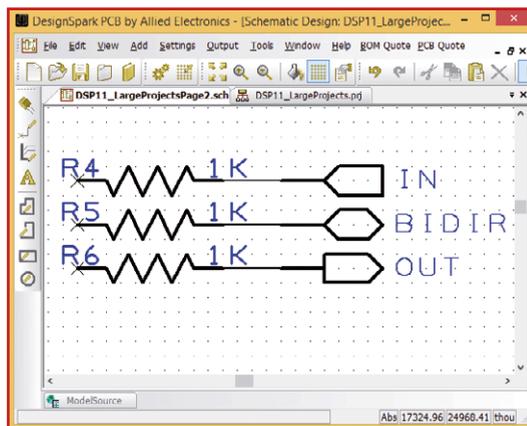


Bild 1.
Beispiel von Port-Symbolen.

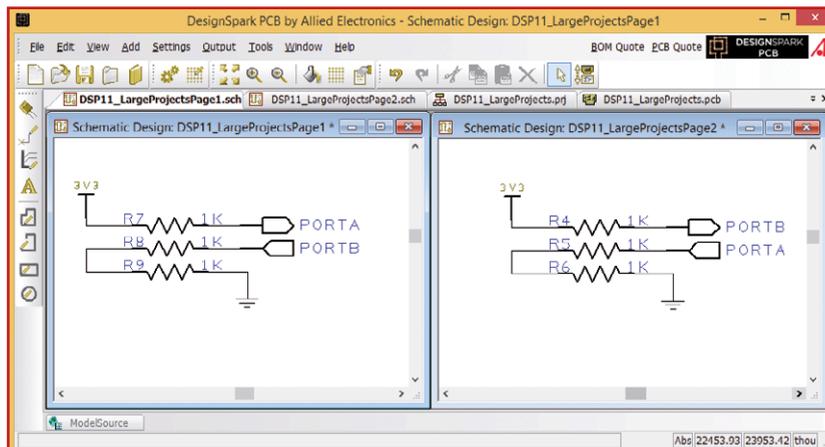


Bild 2.
Mehrseitiges
Schaltungsbeispiel.

eine Leitung wählt man „Display Net Name“ zur Anzeige der Netzbezeichnung aus und verschiebt sie von Hand an die gewünschte Position. Dabei sollte man via „Change Net“ eine eigene Bezeichnung vergeben, da DesignSpark die automatisch vergebenen Netzbezeichnungen versteckt und so deren Auswahl verhindert.

Als Grundlage der weiteren Beschreibung dient die zweiseitige Schaltung von **Bild 2**. Sie ist so einfach wie möglich gehalten, um das Prinzip der Netzverbindungen zu verdeutlichen.

Platinenerstellung

Nun werden die Schaltungen in ein Platinenprojekt importiert. So sieht man, ob die Netze PORTA und PORTB richtig verbunden sind. Zuerst erstellt man mit dem Befehl File->New eine neue Platinen-Datei. Mit aktivierter Option „Add to Open Projekt“ wird eine leere Platine erzeugt. Jetzt öffnet man die Schaltungen via Menü „Tools->Forward Design Changes“ und fügt so die Bauteile und die Netze zur Platine hinzu. Nach Editierung hat man eine Platine wie die in **Bild 3** vor sich. Die Netzverbindungen wurden mit Labels versehen und so sieht man, dass die Netzliste inklusive PORTA und PORTB sauber importiert wurden.

Cross Probe

Das mehrseitige Beispiel ist natürlich sehr einfach, doch so prägt man sich das Prinzip besser ein. Komplexere Projekte aber sind nicht mehr so trivial. Damit man den Überblick behält, wäre ein Tool zum Test der Übereinstimmung der Netze von Schaltung und Platine hilfreich. Genau das ist eines der neuen Features in DesignSpark PCB Version 6.0 und nennt sich „cross probing“.

Man setzt dieses neue Tool ein, indem man im Menü „Edit->Cross Probe“ wählt. Nun wird jedes Netz, auf das man in der Platine klickt, gleichzeitig in der Schaltung ausgewählt und angezeigt. Das klappt natürlich auch umgekehrt. Hat man genug gesehen, verlässt man diesen Modus durch erneute Auswahl von „Edit -> Cross Probe“.

Die Verbindungen PORTA und PORTB zwischen den Schal-

tungsseiten sind Sonderfälle für das Cross Probing. Wenn man im Cross-Probe-Modus ein Netz auf der Platine auswählt, werden PORTA/B-Verbindungen hervorgehoben, aber nur eine Schaltungsseite gezeigt. Um wirklich alle PORTA/B-Verbindungen betrachten zu können aktiviert man den Cross-Probe-Mode in einer Schaltung und wählt das gewünschte Netz aus. DesignSpark öffnet dann die restlichen Schaltungsseiten, die dieses Netzelement enthalten, und zeigt sie alle gleichzeitig an. **Bild 4** zeigt exemplarisch, wie DesignSpark das PORTB-Netz hervorhebt, wenn dieses auf der Platine angeklickt wird.

(140027)

Weblink

- [1] www.rs-online.com/designspark/electronics/eng/knowledge-item/designspark-pcb-cross-probe-overview

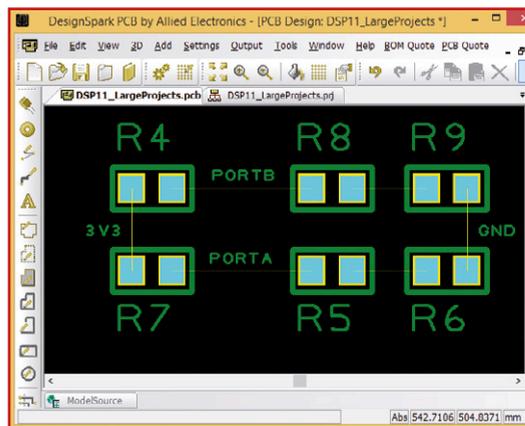


Bild 3. Platine mit importierten Schaltungen.

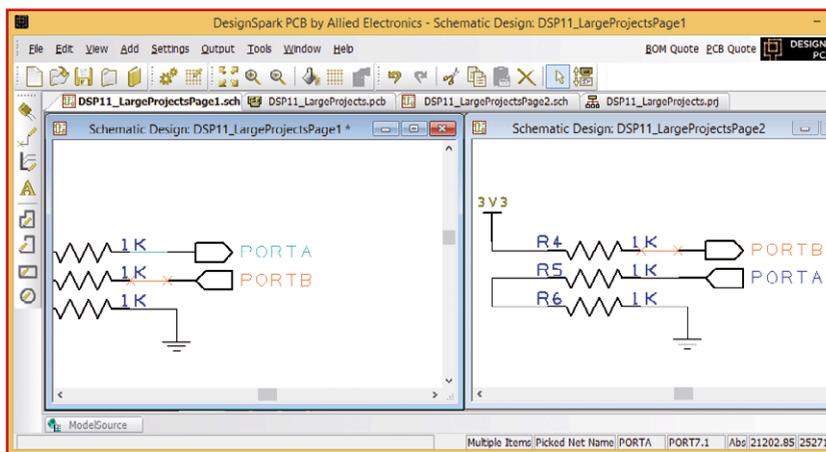


Bild 4. Cross-Probing bei PORTB.

Varaktor-Dioden

Seltsame Bauteile (6)

Von **Neil Gruending**
(Kanada)

Wenn Sie schon einmal mit einer HF-Schaltung zu tun hatten, werden Ihnen vielleicht variable Kondensatoren in einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) oder einer Filterschaltung begegnet sein. Diese Kapazitätsdioden (auch Varaktor-Dioden oder Varicaps genannt) ersetzen die früher üblichen mechanischen Drehkondensatoren (Drehko) und überzeugen durch ihre geringe Größe, hohe Leistungsfähigkeit und hervorragende Linearität. **Bild 1** zeigt das Schaltsymbol eines Varaktors.



Bild 1.
Symbol der Varaktor-Diode
(Varicap).

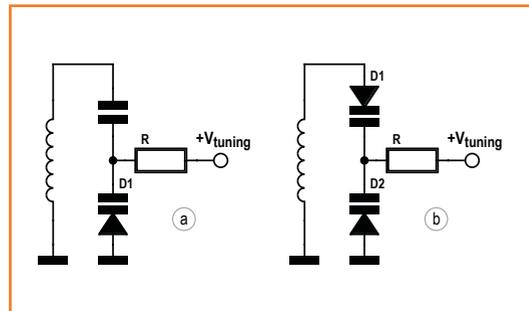


Bild 2.
Beispielschaltungen mit
Varaktor-Dioden.

Alle pn-Übergänge in einem Halbleiter weisen eine geringe variable Kapazität auf, wenn sie umgekehrt vorgespannt sind. Diese umgekehrte Vorspannung erzeugt eine isolierte Region am Übergang, die wie ein kleiner Plattenkondensator wirkt. Die Breite des isolierten Bereichs steigt mit der Vorspannung, so dass die effektive Kapazität sinkt. Aus diesem Grund weisen die Dioden eine variable Kapazität auf.

Varaktordioden sind speziell auf ihre Kapazitätseigenschaften hin optimiert. Es gibt zwei Arten: Bei abrupten Kapazitätsdioden bewirkt eine Änderung der Vorspannung eine kleine Änderung der Kapazität, so dass sie einen hohen Q-Wert (Qualitätsfaktor) und niedrige Verzerrungswerte aufweisen. Bei hyperabrupten Dioden bewirkt die gleiche Änderung der Vorspannung eine wesentlich

größere Kapazitätsänderung, was zu Verzerrungen führen könnte. Abrupte Dioden besitzen einen Kapazitätsbereich von 2:1, während hyperabrupte typischerweise einen Kapazitätsbereich von 10:1 aufweisen. Früher wurden hyperabrupte Leistungs-Varaktoren in Frequenz-Multiplikatoren (meist Verdreifacher) verwendet. Dies bietet Funkamateuren eine preiswerte Möglichkeit, ein paar Watt HF-Leistung auf UHF bei 70 cm (144 MHz \times 3) oder SHF bei 23 cm (430 MHz \times 3) zu produzieren. Das Verfahren eignet sich aber nur für nicht-lineare Anwendungen wie FM und CW.

Bild 2 zeigt zwei Beispiele für Varaktor-Diodenschaltungen. Beide verwenden eine Kapazitätsdiode, um einen LC-Schwingkreis durch Änderung der Diodensperrspannung V_{tuning} einzustellen. Die einfachere Anordnung arbeitet gut bei kleinen Amplitudensignalen, wenn jedoch das Signal zu stark wird, sind Verzerrungen zu befürchten. Dann verwendet man die andere Schaltung mit zwei Dioden, um den Verzerrungen bei höheren Signalpegeln entgegenzuwirken. Das Signal bewirkt bei einer Diode eine Verringerung ihrer Kapazität, bei der anderen das genaue Gegenteil. Der Nachteil ist, dass die zwei Dioden in Serie eine Halbierung der Kapazität bedeuten, was bei Kondensatoren im Picofarad-Bereich signifikant ist.

Die Kapazitätsdioden benötigen nur einen geringen Strom, so dass der Wert für R nicht kritisch ist, solange eine ausreichende Trennung von Vorspannung und Schwingkreis gegeben ist. Manchmal werden Sie auch eine Spule an dieser Stelle finden, die Funktion ist jedoch die gleiche. Es ist auch wichtig, die Dioden stets in Sperrrichtung zu betreiben, weil sie sonst eine Menge „Krach“ produzieren, wenn sie zu leiten beginnen.

Wenn Sie mit Kapazitätsdioden experimentieren wollen, aber gerade keine zur Hand haben, können Sie es auch mit einer stinknormalen 1N400x, Netzgleichrichter-Diode, Z-Diode oder sogar LED probieren. Nur nicht aufgeben, es kann ein wenig dauern, bis sie eine Diode finden, bei der es funktioniert!

(140026)

Alle Elektor-Artikel der Jahre 2000 bis 2009 auf DVD!



NEU!

**Ein Muss
für jeden
Elektor-Leser!**

- Elektronisches Jahrgangs-Archiv, Artikel als PDF, schnelle Suchfunktion
- 110 Elektor-Hefte, über 4000 Artikel, bequeme Druckfunktion
- Ideen, Schaltungen und Projekte für Elektroniker im Beruf, in der Weiterbildung und der Freizeit

ISBN 978-3-89576-292-5
€ 89,00 • CHF 110,40

Jetzt unter www.elektor.de/2000-2009 bestellen!

Die größte Elektor-Platine aller Zeiten



Von **Thijs Beckers**
(Elektor-Labor)

Wir vermuten, dass unser Praktikant Arne Hinz (Foto), Student der Elektrotechnik an der RWTH Aachen, die größte Platine entworfen hat, die jemals das Elektor-Labor verlassen hat. Der erste Prototyp der Platine misst erstaunliche $37,5 \times 19 \text{ cm}^2$, und wir spielen sogar mit dem Gedanken, sie noch größer zu machen, um sie in einem passenden Gehäuse sicher an den Schraubdomen befestigen zu können.

Und was befindet sich nun auf dieser Platine? Nun, es ist ein bulliger Ein-nach-Dreiphasen-Wechselstrom-Wandler mit einstellbarer Frequenz. Über die endgültigen Spezifikationen lässt sich noch

nichts sagen, Zielvorgaben waren:

- Einstellbare Frequenz von 0...400 Hz und
- Ausgangsleistung 3 kW.

Beim Prototyp beträgt die Eingangsspannung 230 V_{AC} , aber andere Netzspannungen wie 120 V_{AC} sind in einem späteren Stadium der Entwicklung nicht ausgeschlossen.

Die Veröffentlichung planen wir in einer der nächsten Ausgaben. Schauen Sie in die kommenden Elektor-Hefte, wenn Sie Interesse an diesem Power-Gerät haben!

(140024)

Drucken Sie ihre eigene Tinte!

Ob in den Medien oder am Elektronik-Stammtisch, 3D-Druck ist in aller Munde. Sie können 3D-Drucker beinahe an jeder Straßenecke kaufen. Wirklich verrückt! Und doch, mit all diesen Leuten um mich herum, die sich mit 3D-Druck beschäftigen: Ich warte eigentlich immer noch darauf, das erste wirklich nützliche 3D-Druckergebnis zu sehen.

Viele 3D-Drucker werden verwendet, um Teile zu drucken, um weitere 3D-Drucker zu bauen. Die Menschheit scheint auf dem besten Weg, Horrorszenarien sich selbst reproduzierender Maschinen aus Science-Fiction-Romanen Realität werden zu lassen. Ok, das Drucken solcher Teile ist nett, aber warum sollte man es tun, wenn man doch schon über einen 3D-Drucker verfügt? „Damit jemand anderes auch einen Drucker bauen kann!“ lautet die übliche Antwort. Aha!

Ein weiterer beliebter Job für 3D-Drucker ist es, „Dinge“ zu drucken - alle Arten von kleinen Objekten, kunstvoll oder nicht, zu keinem anderen Zweck, als die Fähigkeiten des 3D-Drucker zu demonstrieren.

Technik-Orakel sagen voraus, dass in wenigen Jahren die meisten Haushalte einen 3D-Drucker besitzen werden. Das kann durchaus zutreffen (man denke an die Macht der Werbung), doch was werden die Menschen dann mit diesen Druckern tun? Genau! Sie werden kleine Dinge produzieren, die keinen anderen Zweck haben, als den Drucker zu beschäftigen.

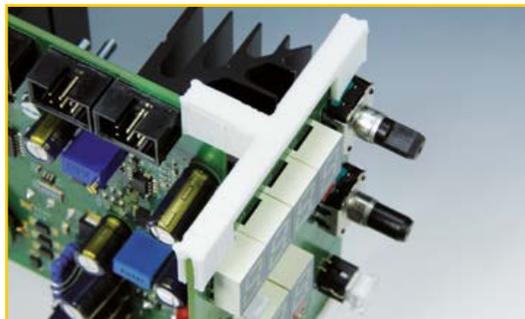
Die „Tinte“, die von den meisten 3D-Druckern verwendet wird, ist eine Art von Kunststoffdraht - eigentlich ein Polymerfaden. Laut Wikipedia werden im 3D-Druck üblicherweise Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polycarbonat (PC), Polylaktat-säure (PLA), Polyethylen hoher Dichte (HDPE), PC/ABS und Polyphenylsulfon (PPSU) (natürlich in leuchtenden Farben) verwendet.

Wahrscheinlich werden die meisten der Polymer-Objekte, die wir in großen Mengen drucken, früher oder später im Abfall landen. Es wurden bereits Projekte angeregt, aus dem Abfall wieder Polymer-Filamente zu reproduzieren, damit wir nicht eines Tages ohne „Tinte“ dastehen. Doch Halt, einen Augenblick! Würde es nicht viel einfacher sein, die Polymerfaser direkt selbst zu

drucken? Dann könnten wir den Drucker sinnvoll dafür verwenden, um unsere eigene Tinte zu drucken: ein wahrhaft selbsttragendes, ökologisch korrektes System. Alles, was wir dann einsetzen müssten, wäre die Energie, um den Drucker zu versorgen. Viel Energie, gebe ich zu, aber sie wäre gut angelegt, hat doch der 3D-Druck-Zirkus einen hohen Freizeitwert.

Nach dieser Tirade wage ich es, Sie aufzufordern, etwas Sinnvolles (und ich meine nicht einen Kleiderbügel oder andere Schmuckstücke, die Sie von besserer Qualität für wenig Geld kaufen können) 3D-zu-drucken. Bitte posten Sie Fotos von Ihrem nützlichen gedruckten 3D-Objekt auf Elektor.Labs (oder senden Sie es an labs@elektor.com und wir stellen es für Sie ins Netz). Der Einsender des Fotos des nützlichsten Objekts (subjektiv, ich weiß!) wird etwas Schönes gewinnen, das verspreche ich. Inzwischen hier ein Foto von einem nützlichen Gegenstand, den wir für eines unserer nächsten Projekte gedruckt haben. Das andere Foto zeigt andere Produkte von geringerer Nützlichkeit.

(140025)



Ein - für uns - nützliches 3D-gedrucktes Objekt, das zwei Platinen zusammenhält.



Keines dieser Objekte wurde im Elektor-Labor gedruckt - offiziell.

Bauteil-Tipp: MAS6510

Kapazität/Digital-Konverter

Von
Viacheslav Gromov
(D)

Moderne analoge Sensoren für zahlreiche Anwendungen sind oft kapazitiv oder induktiv. Um die damit gemachten Messungen zu digitalisieren braucht es häufig spezielle Interfaces und komplexe Elektronik. Eigenentwicklungen auf der Basis „normaler“ Mikrocontroller erfordern daher nicht nur Programmierkenntnisse, sondern neben analogem Know-How noch solches in Sachen Messtechnik und zudem etliche Tüftelei. Gut dass es für solche Zwecke maßgeschneiderte ICs gibt.



Bild 1.
Beispiel eines kapazitiven
Miniatur-Drucksensors von
VTI.

Das hier vorgestellte Exemplar ist ein so genannter CDC (**C**apacitance to **D**igital **C**onverter), den man lediglich passend beschalten muss. Allerdings gibt es ein paar Besonderheiten zu beachten, damit sich solche Lösungen zuverlässig und stabil verhalten.

Das IC MAS6510 stammt von der finnischen Firma MAS (**M**icro **A**nalog **S**ystems Oy). Diese „fabless“ Halbleiter-Schmiede lässt das IC in einem einzigen Gehäuse-Format herstellen: im $4 \times 4 \times 0,75$ mm messenden QFN16. Der mit 24 bit Auflösung beeindruckende CDC mit Delta-Sigma-Wandlung eignet sich vor allem für kapazitive Druck- und Feuchtigkeitssensoren in MEMS-Technologie (siehe **Bild 1**). Sensoren, die nur eine variable Kapazität an einem Ausgang anbieten, schließt man an die Pins CS und CC an (siehe **Bild 2**). Es gibt allerdings auch Sensoren, die mit zwei sich gegenläufig verändernden Kapazitäten aufwarten; hierfür ist der zusätzliche IC-Eingang CR gedacht. Mehr Details samt

Datenblatt finden sich unter [1]. MAS bietet auch noch einfachere Varianten des ICs mit „nur“ 16 bit Auflösung und spezielle Typen für piezoresistive Sensoren an. Allen ICs gemeinsam ist eine SPI- und I²C-Schnittstelle.

In Bild 2 fallen zunächst die Symbole auf, die wie Trimmkondensatoren gezeichnet sind. Dabei handelt es sich um eine Kapazitäts-Matrix, mit der man Abweichungen durch Toleranzen etc. softwaremäßig ausgleichen kann. All diese Einstellungen samt den Parametern zur Takteilung und die Arbeitsmodi werden im internen 32 Byte fassenden EEPROM abgelegt. Auch die I²C-Adresse wird hier fixiert. Für Anwenderzwecke bleiben noch 27 Bytes übrig, die man z.B. für die Kalibrierung der Sensorwerte nutzen kann. Für diese Zwecke gibt es umfangreiche Angaben und eine Registerbeschreibung im Datenblatt, dessen Lektüre unerlässlich ist. Die prinzipiellen Arbeitsmodi unterscheiden sich entsprechend dem Sensor-Typ mit einem bzw. zwei kapazitiven Ausgängen: Es kann sowohl die Kapazität eines Kondensators als auch das Verhältnis $(CS - CR)/CS$ oder die Differenz $CS - CR$ zweier Kapazitäten gemessen werden. Der Messbereich für einen Kondensator reicht bis zu 20 pF (siehe **Tabelle 1**). Er kann durch interne Takteilung noch vergrößert werden. Im differentiellen Modus sind Kapazitätsdifferenzen bis zu 20 pF erlaubt, die ebenfalls mit geringerem Takt größer ausfallen können. Beim Modus mit dem Verhältnis zweier Kapazitäten ergibt sich bei manchen Sensoren eine Linearisierung der ansonsten „krummen“ $1/C$ -Kennlinie. Der interne Teiler kann den Takt bis zu $1/8$ reduzieren. Man kann den Takt auch von außen vorgeben.

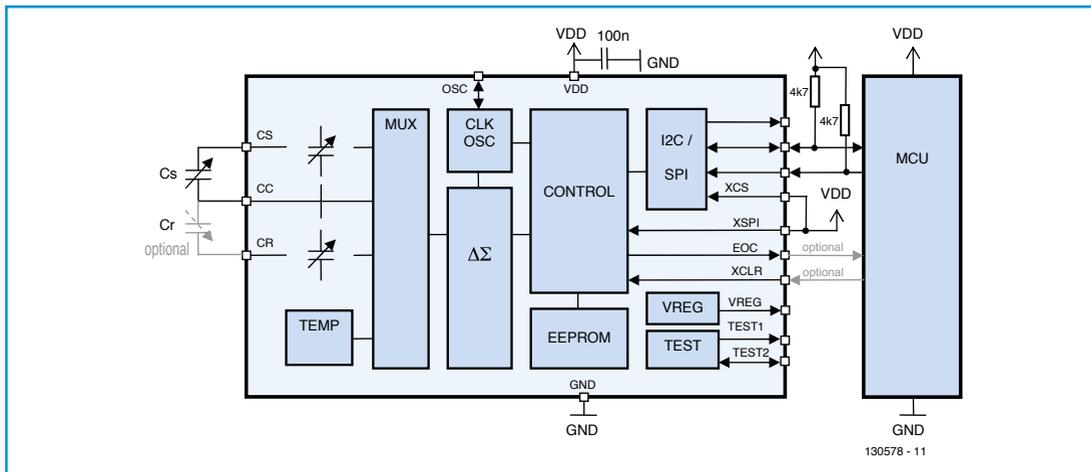


Bild 2. Innenleben und Beschaltung des CDCs MAS6510.

Das IC lässt sich mit Spannungen von 1,8...3,6 V betreiben und benötigt je nach Spannung und Wandlungsrate Ströme von minimal 3,3...48 µA bei einer Messung pro Sekunde, denn zwischen den Messungen werden die meisten stromfressenden Einheiten schlafen gelegt. Die maximale Wandlungsrate kann taktabhängig zwischen 12 und 173 Hz betragen. Die tatsächlich nutzbare Auflösung beträgt immerhin noch 17,5 bit. Neben

der Kapazität kann für Kompensationszwecke die Chip-Temperatur und die Höhe der Versorgungsspannung gemessen werden.

(130578)

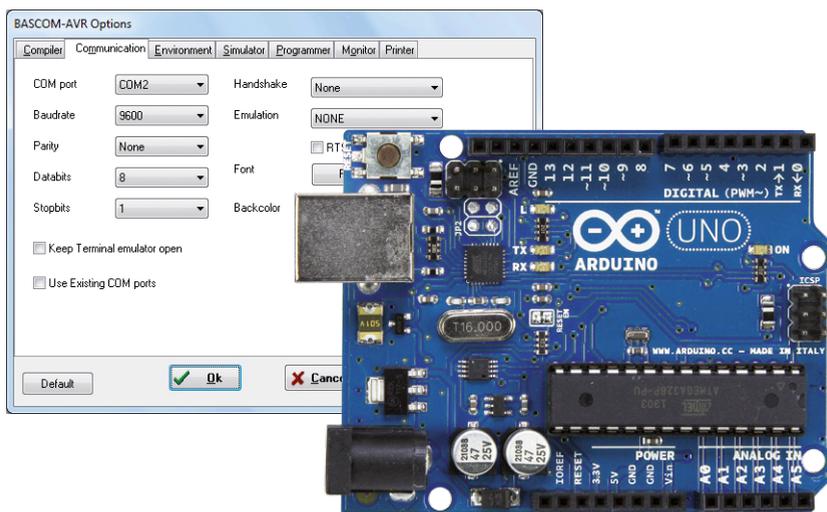
Weblink

[1] www.mas-oy.com/en/products/sensor-signal-interface-ssi/mas6510/

Tabelle 1. Wichtige Daten.				
Parameter	Conditions	min.	typ.	max.
Supply Voltage V_{DD}		1.7 V	2.7 V	3.6 V
Average current Consumption I_{DD_AVG}	1 conversion/s; Cap. Dif. Reg OFF	3.3 µA	12.2 µA	47.9 µA
Conversion time t_{CONV}	Normal clock (SOSC=00); OSR=256		5.8 ms	
Internal system clock oscillator frequency f_{SYS_CLK}	Normal clock (SOSC=00)		200 kHz	
Sensor excitation frequency M_{CLK}	Normal clock (SOSC=00)		50 kHz	
Serial Bus Clock Frequency f_{SCL}	I2C bus SPI bus			400 kHz 2 MHz
Changing capacitance range in capacitance difference mode ΔC_{DIFF}	Division by 2 (SOSC=01)	2 pF		30 pF
Maximum sensor capacitance in capacitance difference mode C_{S_MAX}	Division by 2 (SOSC=01); int. oscillator			40 pF
Changing capacitance range in capacitance ratio mode ΔC_{RATIO}	depending on sensor characteristics	2 pF		20 pF (>20 pF)
Operating Temperature T_A		-40 °C	+25 °C	+85 °C

Mikrocontroller für Einsteiger (3)

Serielle Schnittstelle und AD-Wandler



Im Mittelpunkt dieser Folge steht der Analog-Digital-Wandler. Das ist praktisch ein in den Mikrocontroller eingebautes Spannungsmessgerät. Einen Zeiger oder eine Anzeige gibt es erstmal nicht, um die Ausgabe muss man sich also selbst kümmern. Der AD-Wandler liefert einfach Zahlen. Und damit die irgendwo angezeigt werden können, müssen sie übermittelt werden. Hier kommt die serielle Schnittstelle ins Spiel.

Von
Burkhard Kainka

Obwohl die serielle Schnittstelle am PC fast ausgestorben ist, spielt sie bei Mikrocontrollern immer noch eine große Rolle. Ursprünglich wurde diese Schnittstelle erfunden, um Daten seriell auf einer Leitung zu übertragen. Die einzelnen Bits wandern dabei ordentlich hintereinander über den Draht. Damit der Empfänger alles richtig verstehen kann ist genau festgelegt, wie lange ein Bit dauert. Üblich ist z.B. die Übertragungsrate von 9600 Bits pro Sekunde (= 9600 Baud). Zusätzlich zu den acht Datenbits eines Bytes gibt es auch noch ein Startbit und ein oder zwei Stoppbits. Jedes Datenbit liegt für eine Zeitspanne von ungefähr 100 µs auf dem Draht.

Print-Ausgaben

Alle ATmega-Controller haben eine serielle Schnittstelle (UART) mit den Anschlüssen RXD (PD0) und TXD (PD1). Die Signale sind TTL-kompatibel, das bedeutet, sie haben den Ruhezustand 5 V und den aktiven Zustand 0 V. Dagegen arbeitet eine COM-Schnittstelle am PC mit RS232-Pegeln. Die haben den Ruhezustand -12 V und den aktiven Zustand +12 V. Zusätzlich braucht man

deshalb üblicherweise noch einen Schnittstellenbaustein wie den MAX232, der für die Invertierung und die Anpassung der Pegel sorgt. Auf dem Arduino Uno Board kommt stattdessen ein Seriell/USB-Konverter zum Einsatz, der die Daten über den USB verschickt. Auf dem PC benötigt man dann einen Treiber für eine virtuelle serielle Schnittstelle (z.B. COM2). Für PC-Programme sieht es nun so aus, als ob die über USB transportierten Bytes über eine ganz normale serielle Schnittstelle hereinkommen. Daher können die Daten mit einem ganz normalen Terminalprogramm angezeigt werden.

Am besten verwendet man gleich das Terminalprogramm, das in Bascom eingebaut ist. Man findet es unter Tools/Terminal Emulator oder mit der Tastenkombination Strg T. Aber bevor es richtig losgehen kann, müssen die Einstellungen stimmen. Das betrifft insbesondere die verwendete COM-Schnittstelle (die gleiche, die auch schon für den Bootloader eingestellt wurde) und die Baudrate (hier: 9600). Die weiteren Einstellungen sind Standard: Acht Datenbits, ein Stoppbit und kein Paritätsbit (**Bild 1**).

Nun muss man nur noch den Uno dazu überreden, dass er etwas sendet. Kein Problem, dazu gibt es in Bascom den Print-Befehl. Und wie der Print-Befehl verwendet wird zeigt **Listing 1** (alle Code-Dateien kann man unter [1] herunterladen). Damit könnte man auch einen Drucker ansteuern, daher der Name. Aber damit nicht so viel Papier verschwendet wird, sollen Texte und Zahlen auf dem Bildschirm landen. Und was man da zu sehen bekommt zeigt **Bild 2**.

Das Programm enthält zwei Printbefehle. Der zweite sendet einen Text, der in Anführungsstrichen steht: „Uno“. Davor wird eine Zahl gesendet, und zwar die Zahl N. Wer lange nichts mehr mit Mathematik zu tun hatte erinnert sich vielleicht noch dunkel, dass unbekannte Zahlen als X bezeichnet wurden. Das könnte man auch in Bascom so machen. Aber in solchen Fällen, wo Zahlen einfach hochgezählt werden sollen (1, 2, 3 usw.), verwendet man im Quellcode gerne N, M, I und J. Den Namen einer solchen Variablen kann allerdings jeder selbst bestimmen. Ganz wichtig ist nur, dass man Bascom zuerst mitteilt, was für eine Art Zahl durch die Variable ausgedrückt werden soll. Bascom muss nämlich wissen, wie viel Bytes an Speicherplatz die Zahl benötigt und wie später mit der Zahl gerechnet werden soll. Die Variable muss vor dem ersten Gebrauch daher erstmal angemeldet (deklariert, dimensioniert) werden. Dazu dient die Zeile: Dim N as Byte. N soll also eine Zahl vom Typ Byte sein. Damit ist klar, diese Zahl ist aus acht Bits aufgebaut (vgl. letzte Folge) und hat einen Zahlenbereich von 0 bis 255.

Zuweisungen

Und mit dieser Zahl-Variablen N kann man nun auch rechnen. Nach dem Start des Programms enthält die Variable den Wert 0. Das ist gar nicht so selbstverständlich wie es aussieht sondern eine Besonderheit von Basic. In anderen Sprachen muss man erst $N = 0$ hinschreiben, Bascom aber macht das automatisch. Später dann wird die Zahl N bei jedem Schleifendurchlauf um 1 erhöht.

Die Schreibweise $N = N + 1$ würde mir mein alter Mathelehrer um die Ohren hauen, weil er darin eine falsche Gleichung erkennt. Aber das Gleichheitszeichen ist in vielen Programmiersprachen als Zuweisung gemeint. Der Variablen N soll als neuer Wert zugewiesen werden, was die Addition aus dem alten Wert und 1 ergibt.

Das Ergebnis dieser fortwährenden Erhöhungen sieht man nun im Terminal: N ist nach jeder Ausgabe um 1 größer. Und noch etwas sieht man: Wenn die Zahl 255 erreicht ist, geht es nicht mehr weiter, weil ja nur ein Byte vereinbart wurde. $255 + 1$ ist deshalb nicht 256, sondern 0. Das

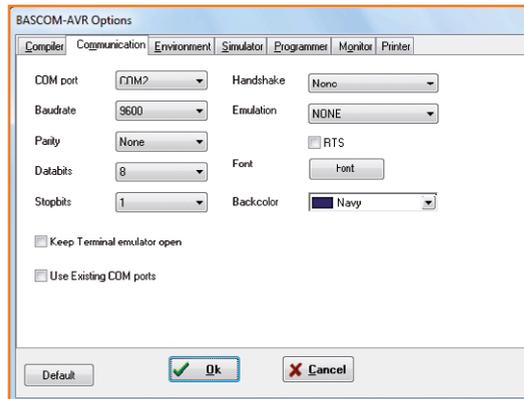


Bild 1. Terminal-Einstellungen.

Listing 1: Print-Ausgaben.

```

'-----
'UNO_Print.BAS
'-----
$regfile = "m328pdef.dat"
$crystal =
$baud = 9600

Dim N As Byte

Do
  Print N;
  Print " Uno"
  Waitms 200
  N = N + 1
Loop
    
```

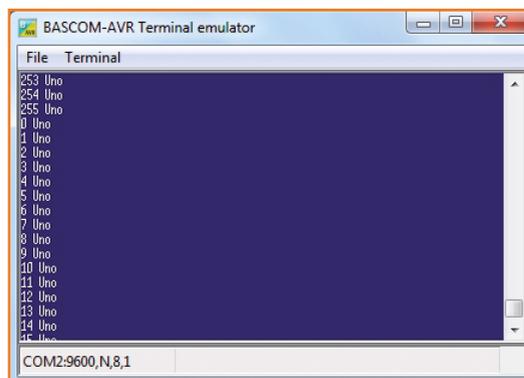


Bild 2. Seriell übertragene Print-Ausgaben.

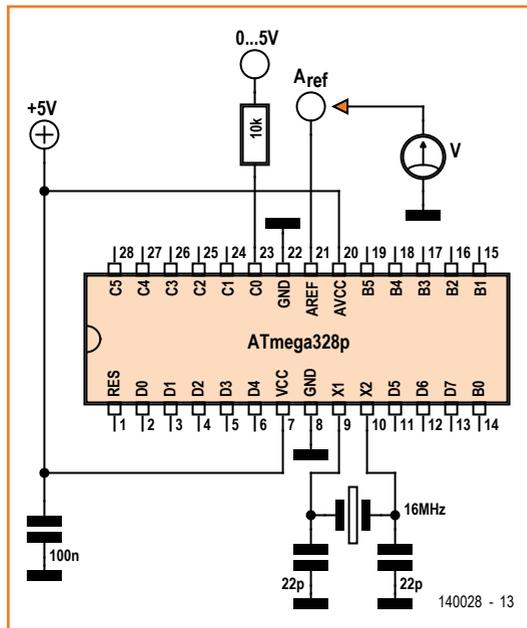


Bild 3.
Einsatz des AD-Wandlers.

nennt man dann einen Zahlen-Überlauf. Hier ist das kein Problem, aber an anderer Stelle kann es eins werden, nämlich dann, wenn man versehentlich einen zu kleinen Zahlentyp verwendet hat und auf den Überlauf gar nicht gefasst war. Noch eine Feinheit ist zu beachten. Wie kommt es eigentlich, dass nach dem Text „Uno“ immer eine neue Zeile beginnt, aber nach der Zahl nicht? Ganz einfach, Bascom sendet standardmäßig nach jedem Printbefehl die Steuerzeichen CR (Carriage Return, Wagenrücklauf wie bei der guten

alten Schreibmaschine) und LF (Line Feed, neue Zeile). Wenn man das nicht haben möchte, muss man ein Semikolon ans Ende der Zeile schreiben (Print N;). Deshalb kommt nach der Zahl sofort der Text. Und damit er nicht direkt an der Zahl klebt, wurde vorn ein Leerzeichen eingefügt. Alles sehr einfach und praktisch, nach diesem Muster könnte man auch „200 mV“ auf den Bildschirm schreiben. Schließlich ging es ja ursprünglich darum, dass der AD-Wandler seine Messergebnisse vermelden kann, was im Folgenden auch geschehen wird.

Die seriellen Bits, die der ATmega328 ausgibt (und an den USB/Seriell-Konverter auf dem Uno-Board schickt) kann man sich mit einem Oszilloskop leicht ansehen. Dazu muss das Messkabel einfach nur an den TX-Pin des Controllers gehalten werden, der beim Arduino auf die Buchsenleiste oben rechts herausgeführt ist. Und schon sieht man die Datenströme. Direkt daneben ist der RX-Pin zugänglich. Wenn man irgendwelche Zeichen ins Terminal tippt, sind sie auf dieser Leitung zu sehen. Der PC kann also auch Daten an den Mikrocontroller senden. Nur bleiben sie bisher noch ungehört, weil das Programm sich nicht darum kümmert.

Der AD-Wandler

Der Analog/Digital-Wandler (ADC) im Mikrocontroller ist so etwas wie ein Messgerät. Und messen heißt ja bekanntlich vergleichen. Man braucht erstmal eine Einheit als Bezugsgröße. Erst wenn ich weiß wie lang ein Meter ist, kann ich eine Strecke messen. Und erst wenn ich ein Volt kenne, kann ich angeben, wie viele davon in der Steckdose lauern. So ähnlich ist das auch hier. Dem Mikrocontroller muss ich eine Referenzspannung zur Verfügung stellen, damit er sie mit einer Spannung an einem ausgewählten Messeingang (beim Uno A0 bis A5) vergleichen kann. Die Referenz legt man an den Anschluss AREF. Allerdings kann das auch über eines der Register veranlasst werden. Ich könnte also außen 1 Volt anlegen oder von innen 5 V draufschaalten, nur beides gleichzeitig wäre schlecht.

Messen Sie nun einmal die Spannung an AREF gegen GND (**Bild 3**). Da bisher noch kein AD-Wandler verwendet wurde ist die Spannung Null. Wenn Sie aber das Programm aus **Listing 2** geladen haben, finden Sie da 5 V. Das Geheimnis liegt in der Config-Zeile:

Listing 2: Verwendung des AD-Wandlers.

```

'-----
'UNO_AD1.BAS  ADC
'-----
$regfile = "m328pdef.dat"
$crystal = 16000000
$baud = 9600

Dim D As Word

Config Adc = Single , Prescaler = 64 , Reference = Avcc '5 V

Do
  D = Getadc(0)
  Print D
  Waitms 200
Loop

```

Config Adc = Single , Prescaler = 64 ,
Reference = Avcc

Der ADC wird hier initialisiert, d.h. mit bestimmten Eigenschaften eingeschaltet. Die Single-Betriebsart bedeutet, dass auf Anfrage jeweils nur eine Messung durchgeführt wird. Die Alternative wäre Free, also der Free Running Mode, bei dem ohne Pause weitergemessen wird. Der Prescaler ist ein Frequenzteiler, der aus dem Prozessortakt von 16 MHz (beim Uno) einen kleineren Takt für den AD-Wandler macht. In diesem Fall läuft der AD-Wandler mit $16 \text{ MHz} / 64 = 250 \text{ kHz}$. Er könnte auch schneller laufen, ist aber dann nicht ganz so präzise. Und die Einstellung Reference = Avcc schaltet den Aref-Pin an Avcc, also an die Betriebsspannung von ca. 5 V. Übrigens lohnt sich ein Blick ins Datenblatt des Controllers, das Kapitel über den AD-Wandler ist schon ein ganzes Datenblatt für sich. Und wenn man dann trotzdem mal ratlos ist, was man einstellen darf oder soll, bringt die Bascom-Hilfe den Durchblick. Man schiebt den Mauszeiger über das Wort „Config“ und drückt F1. Und schon kommen alle wichtigen Informationen und auch kleine Beispiel-Quelltexte zum Vorschein.

Mit `D = Getadc(0)` startet man eine Messung der Spannung an A0 und weist das Ergebnis der Variablen D zu. Der AD-Wandler liefert Ergebnisse mit einer Auflösung von 10 bit, also in einem Zahlenbereich von 0 bis 1023. Deshalb darf die Variable D auf keinen Fall als Byte dimensioniert werden. Man muss entweder den Typ Word (0...65535) Oder den Typ Integer(-32768 ...32767) verwenden, dann passt auch das Messergebnis rein.

Die Messung selbst läuft in einer sogenannten sukzessiven Approximation mit zehn Schritten ab. Zuerst vergleicht die Hardware die Eingangsspannung mit der halben Referenzspannung. Größer? Dann kommt der nächste Vergleich mit $\frac{3}{4}$. Immer noch größer, dann geht es weiter mit $\frac{7}{8}$ usw. Mit jeder Stufe wird die Auflösung verdoppelt. Am Ende erhält man eine Zahl, die angibt auf welcher Stufe einer Treppe mit 1024 Niveaus zwischen Null und der Referenzspannung die Messspannung eingeordnet wurde. Jede Stufe ist $5 \text{ V} / 1023$ groß, also rund 5 mV, wenn man mit einer Referenzspannung von 5 V arbeitet. Zum Vergleich: Ein 3- $\frac{1}{2}$ -stelliges Digitalvoltmeter löst mit 2000 Stufen etwa doppelt so gut auf. Der Mikrocontroller ist also auch schon ein recht gutes Messgerät, wobei man allerdings nicht die

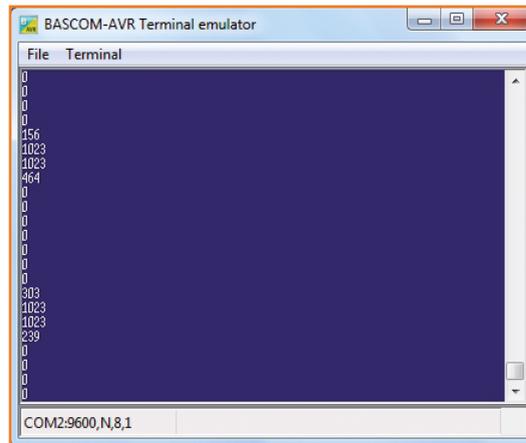


Bild 4.
Messung an einem 50-Hz-Signal.

Genauigkeit mit der Auflösung verwechseln darf, denn die absolute Genauigkeit kann ja auch noch durch eine ungenaue Referenz verhaselt werden.

Für die AD-Eingänge gilt das gleiche wie für die digitalen Eingänge: Wer eine Spannung weit unterhalb Null oder weit oberhalb Vcc anlegt kann mit Nebenwirkungen bis zum Latchup (siehe den vorigen Teil der Serie) bestraft werden. Aber auch hier kann das Schlimmste mit einem 10-k Ω -Widerstand in Reihe zur Messleitung verhindert werden. Dann darf man sogar den Eingang mit dem Finger berühren. Im Terminal sieht man dann wechselnde Messwerte (**Bild 4**). Darunter viele Extremwerte mit 0 und 1023, weil die angelegte Brummspannung den Messbereich überschreitet. Insgesamt sieht das Ergebnis ähnlich aus wie Halbwellen einen Einweggleichrichters am Oszilloskop. Und ein Vergleich der programmierten Wartezeit 200 ms (plus etwas für die eigentliche Messung) mit der Periodendauer 20 ms verrät, dass es hier wieder einen Stroboskop-Effekt gibt. Undersampling nennt man das auch, und es täuscht ein Signal mit niedrigerer Frequenz vor, weil die Messwerte nicht alle von derselben Signalperiode stammen, sondern jeweils einige Perioden später aufgenommen wurden.

Rechenkünste

Das erste kleine Messprogramm liefert nur Rohdaten, aber die Spannung in V müssen Sie noch selbst ausrechnen. Ein Beispiel: Sie verbinden den Messeingang A0 mit dem 3,3-V-Ausgang des Arduino. Nun erhalten Sie z.B. den Messwert 676. Dann greifen Sie zum Taschenrechner und rechnen $676 / 1023 * 5 \text{ V} = 3,305 \text{ V}$ aus (ok, stimmt). Oder aber Sie ändern das Programm und lassen

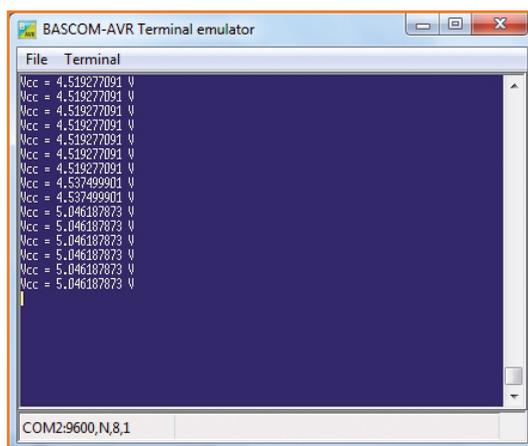


Bild 5.
Messung der eigenen
Betriebsspannung.

den Mikrocontroller selbst rechnen (**Listing 3**). Jetzt braucht man eine Variable, die mehr als nur Ganzzahlen aufnehmen kann. Verwenden Sie eine Variable U vom Typ Single (Fließkommazahl/Realzahl mit einfacher Genauigkeit, reicht voll aus). Rechnen Sie dann die Rohwerte in zwei Stufen um. Nur eine Rechnung pro Zeile, das ist eine Regel in Bascom. Lange Kettengleichungen wie in C oder Pascal gehen hier nicht.

$$U = D * 5.0$$

$$U = U / 1023$$

Und schon wird das Ergebnis im Terminal angezeigt. Die vielen Nachkommastellen muss man natürlich mit Vorsicht genießen, denn sie täu-

schen eine Auflösung vor, die nicht real ist. Später wird einmal gezeigt, wie man solche Messwerte sinnvoll runden kann. Aber hier stört das erstmal nicht.

Jetzt zeigt sich, dass es einen Unterschied macht, ob man den Uno über USB oder ein externes Netzteil versorgt. Die Versorgung am USB kann leicht mal um 10 % oder mehr von 5 V abweichen (vgl. **Bild 5**). Und so ungenau wird dann auch das Messergebnis. Der 5-V-Regler auf dem Uno hat dagegen eine geringere Abweichung, die meist nur bei etwa 1 % liegt. Probieren Sie mal beides aus. Und messen Sie auch die wirkliche Spannung am 3,3-V-Anschluss und die jeweilige Spannung am AREF-Pin. Dann lässt sich sogar die Genauigkeit deutlich verbessern. Angenommen, Sie messen bei externer Versorgung mit Ihrem ganz teuren DVM eine Referenzspannung von 5,03 V. Dann tragen Sie diese Referenz statt der 5,0 in das Programm ein. Und schon haben Sie eine (fast) perfekte Genauigkeit.

Testen Sie auch einmal andere Referenz-Einstellungen. Mit Reference = Aref haben Sie zunächst gar keine Referenzspannung. Sie müssen sie selbst anlegen und sind dabei ganz frei im Bereich 0 ... 5 V. Verbinden Sie z.B. den Aref-Pin mit dem 3,3-V-Anschluss des Uno. Dann reicht auch Ihr Messbereich bis 3,3 V. Oder verwenden Sie Reference = Internal, dann wird eine intern erzeugte Referenzspannung mit 1,1 V verwendet, die Sie auch von außen am AREF-Pin messen können. Das Datenblatt gibt ganz bescheiden eine Toleranz von ca. 10 % an (1,0 V bis 1,2 V). Gemessen wurden 1,08 V, was mit 2 % deutlich besser ist. Messen Sie selbst einmal nach. Interessant an dieser kleinen Referenzspannung sind zwei Dinge. Zum einen ist die Genauigkeit dann unabhängig von der Betriebsspannung. Und zum anderen verfügt man nun über eine hohe Auflösung von ca. 1 mV.

Die eigene Betriebsspannung messen

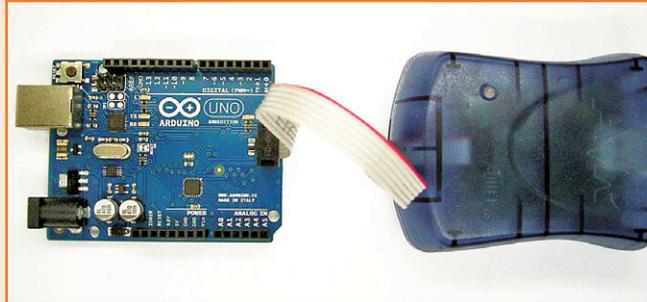
Kann der Mikrocontroller seine eigene Betriebsspannung messen? Auf den ersten Blick nicht, denn dazu müsste er ja eine ausreichend große Referenzspannung haben, die unabhängig von Vcc ist. Auf den zweiten Blick geht es aber doch. Das Datenblatt enthüllt nämlich einige interessante Details des AD-Wandlers. Der Eingangs-Multiplexer (ein Analog-Umschalter vergleichbar mit dem bekannten 4051) hat zunächst einmal acht Kanäle, von denen sechs an den Anschlüssen A0 bis A5 liegen. Zwei weitere sind nur bei der SMD-Version des Mega328 herausgeführt. Aber

Listing 3: Umrechnung in Volt.

```
'-----  
'UNO_AD2.BAS    0...5 V  
'-----  
$regfile = "m328pdef.dat"  
$crystal = 16000000  
$baud = 9600  
  
Dim D As Word  
Dim U As Single  
  
Config Adc = Single , Prescaler = 64 , Reference = Avcc '5 V  
  
Do  
    D = Getadc(0)  
    U = D * 5.0  
    U = U / 1023  
    Print U ; " V"  
    Waitms 200  
Loop
```

Externer Brenner

Wenn Sie einen Mikrocontroller einsetzen wollen, brauchen Sie im Normalfall ein Programmiergerät. Nur weil der Arduino einen Bootloader (siehe den ersten Teil der Serie) besitzt, ging es auch ohne. Wenn Sie allerdings einen AVR-Controller neu kaufen und auf eine eigene Platine setzen, haben Sie keinen Bootloader. Und dann muss eben ein Programmierer her. Preiswert ist z.B. der ISP mkII von Atmel. Man kann ihn zusammen mit dem kostenlosen AVR Studio 6 verwenden. Da gibt es aber noch viele andere Brenner, die das gleiche können.



Ben zu können, gibt einem das gute Gefühl, dass man im Fall der Fälle alles wieder in den Originalzustand versetzen kann. Nämlich dann, wenn man versehentlich den Bootloader zerschossen hat.

Mit dem Brenner kann man auch den Inhalt des Flash-Speichers auslesen und sich z.B. eine Sicherheitskopie anlegen, mit der man bei Bedarf den Arduino wiederherstellen kann, inklusive

Bootloader. Für den Notfall ist eine Kopie im Elektor-Archiv für diese Folge enthalten (UnoBoot.hex) [1].

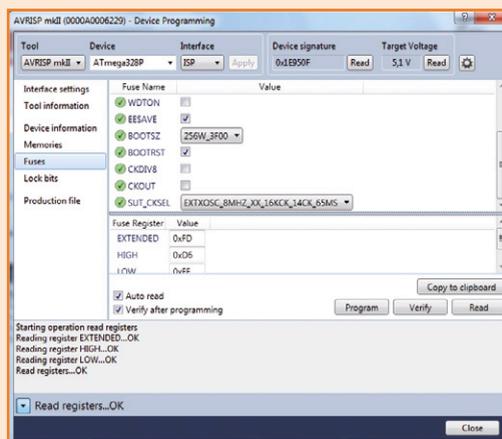
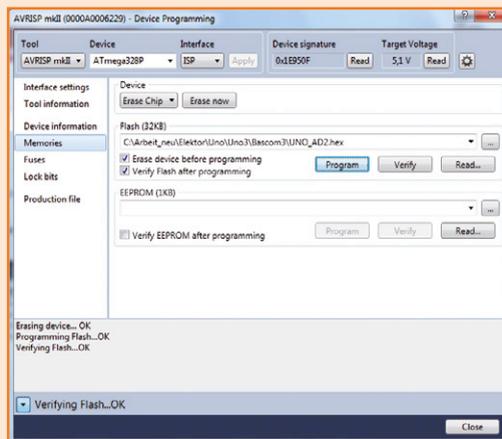
Um die AVR-Controller direkt auf dem Board programmieren zu können, ist die Verwendung eines sechspoligen ISP-Steckers (In System Programming) üblich. Auf vielen Controllerboards wie zum Beispiel dem Arduino Uno findet sich eine passende 2x3-Stiftleiste. Zur Übertragung der Programmierdaten werden serielle Datenströme (MOSI zum Controller und MISO zum Programmierer zurück) mit einem zusätzlichen Taktsignal (SCK) verwendet, die sogenannte SPI-Schnittstelle, die in einer späteren Folge noch einmal genauer unter die Lupe genommen werden soll. Die Pinbelegung für einen Mega328 ist:

- 1 MISO, PB4
- 2 Vcc
- 3 SCK, PB5
- 4 MOSI, PB3
- 5 Reset
- 6 GND

Auf dem UNO-Board gibt es sogar gleich zwei ISP-Anschlüsse für ein externes Programmiergerät. Den nahe bei der USB-Buchse lässt man am besten in Ruhe, denn darüber wird der USB/Seriell-Konverter (siehe Fließtext) programmiert. Den ISP-Anschluss für den Mega328 findet man am Rand der Platine. Die Möglichkeit, einen externen Brenner anschlie-

Um ein eigenes Programm in den Controller zu brennen muss man nur das Hex-File laden. Allerdings ist es dazu nötig, die Option „Erase chip before programming“ anzuklicken, und damit ist auch der Bootloader weg. Man muss also entscheiden, ob man mit oder ohne Bootloader arbeiten will. Oder man kann einen alternativen Loader wie z.B. den MCS-Bootloader einsetzen. Wie das geht, wird in einer der nächsten Folgen gezeigt.

Auch ein Blick in die Fuses des Controllers ist sowohl mit Bascom als auch dem Atmel Studio 6 möglich. Der Begriff Fuse (Sicherung) stammt übrigens aus lang vergangenen Tagen, als es Programmspeicher gab, in denen Verbindungen wirklich durchgebrannt wurden, um sie zu programmieren, ganz einmalig und endgültig. Die modernen Fuses im ATmega sind dagegen Flash-Zellen, die programmiert werden müssen um bestimmte Grundeinstellungen festzuklopfen. Man hat hier die Möglichkeit, von einem internen auf einen externen Oszillator umzuschalten und vieles andere mehr. Der Screenshot zeigt die Fuses des Arduino Uno Boards ab Werk. Man erkennt, dass der Bootloader aktiviert ist (BOOTRST) und wieviel Speicher für ihn reserviert wurde.



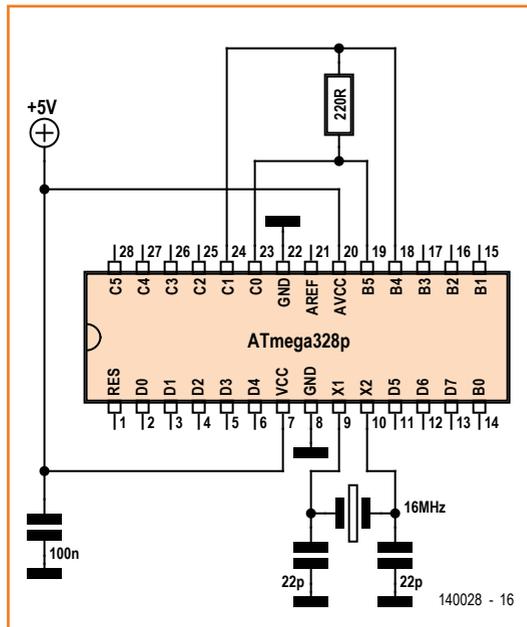


Bild 6.
Temperaturmessung unter
Belastung.

dann gibt es noch ein paar interne „Geheimkanäle“, und einer davon (Kanal 14) erlaubt es, die interne 1,1-V-Referenz zu messen. Sie verwenden also die ungenaue Vcc-Spannung als Referenz und messen die genaue interne Referenz. Dann muss das Programm nur noch anders herum

rechnen und kann so die tatsächliche Betriebsspannung messen (**Listing 4**). Die Messung (Bild 5) zeigt zunächst die Betriebsspannung bei USB-Versorgung, in diesem Fall rund 4,5 V. Dann wurde im laufenden Betrieb ein externes Netzteil angeschlossen, sodass der wesentlich genauere 5-V-Regler die Sache übernehmen konnte. Die Messung zeigt entsprechend genaue 5 V.

Temperatur messen

Der Mega328 kann nicht nur seine eigene Spannung ermitteln, sondern auch seine eigene Temperatur. Es gibt nämlich einen internen Temperatursensor, der an Kanal 8 des ADC liegt. Dieser liefert eine Spannung, die etwa um ein Millivolt mit jedem Grad ansteigt. Die Genauigkeit ist aber nicht besonders hoch und wird mit zehn Grad angegeben. Egal, das kann man ja selbst kalibrieren.

Der Temperatursensor liefert laut Datenblatt 242 mV bei $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 314 mV bei $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ und 380 mV bei $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. So kleine Spannungen kann man nur sinnvoll messen, wenn die kleine Referenzspannung von 1,1 V verwendet wird. Dasselbe Programm soll aber danach auch größere Spannungen messen und schaltet dann auf die größere Referenz Avcc um.

Der AD-Wandler arbeitet während der Temperaturmessung mit seiner internen Referenz von 1,1 V und einer Auflösung von rund 1 mV, das entspricht dann ungefähr einem Grad am Temperatursensor. Bei 25 Grad liefert der Sensor etwa 314 mV. Alles Pi mal Daumen und ganz experimentell wurde eine Zahl von 338 ermittelt, die man abziehen muss, damit die Temperatur in Grad Celsius herauskommt (**Listing 5**). Tatsächlich könnte man hier mit etwas mehr Rechenaufwand noch bessere Ergebnisse erzielen. Jeder sollte das Ergebnis entsprechend anpassen, damit es optimal mit dem Zimmerthermometer übereinstimmt. Und dann den Finger draufhalten, um zu sehen, ob die Temperatur steigt.

Danach wollen wir den Controller elektrisch belasten, um zu testen, ob er damit wärmer wird. In **Bild 6** ist ein Widerstand von $220\ \Omega$ zwischen zwei Portausgängen angeschlossen. Schaltet man einen der beiden hoch und den anderen herunter, liegen fast 5 V am Lastwiderstand. Dabei kommt man auf einen Laststrom von rund 20 mA. Ob das den Mikrocontroller schon erwärmt? Gleichzeitig wird durch das Programm auch der Spannungsabfall an den Ports gemessen. Für diesen

Listing 4: Messung von VCC.

```

-----
'UNO_AD3.BAS Vcc / 1.1 V
-----
$regfile = "m328pdef.dat"
$crystal = 16000000
$baud = 9600

Dim D As Word
Dim U As Single

Config Adc = Single , Prescaler = 64 , Reference = Avcc

Do
  D = Getadc(14)          'Ref 1.1 V
  U = 1023 / D
  U = U * 1.1
  Print "Vcc = ";
  Print U ; " V"
  Waitms 1000
Loop
  
```

Zweck muss die Referenzspannung mal kurz auf 5 V hochgeschaltet werden. Ein Programm, das mit zwei Referenzspannungen arbeitet ist etwas ungewöhnlich, aber die Umschaltung im laufenden Betrieb funktioniert problemlos.

Ergebnis: Bei einem Strom von 20 mA verliert man nur 0,4 V am unteren Schaltausgang und 0,5 V am oberen. Am Lastwiderstand bleiben noch 4,1 V hängen. Es fließt ein Strom von 19 mA. Die zusätzliche Verlustleistung im Mikrocontroller beläuft sich nur auf $0,9 \text{ V} * 19 \text{ mA} = 17 \text{ mW}$. Eine deutliche Erwärmung kann man da nicht erwarten, und genau das zeigt auch die Temperaturmessung (**Bild 7**).

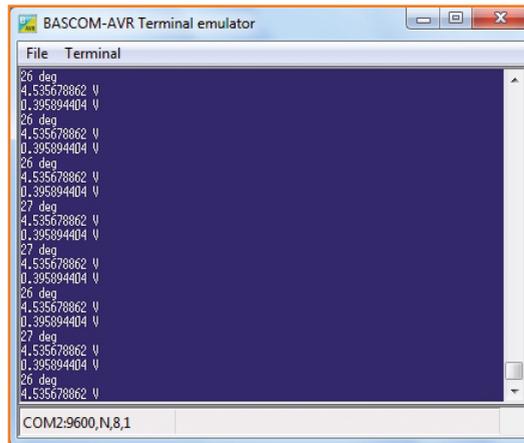


Bild 7. Temperaturen und Spannungsabfälle.

Listing 5: Temperatur und Spannungsabfälle.

```

'-----
'UNO_AD4.BAS   Temp
'-----

$regfile = "m328pdef.dat"
$crystal = 16000000
$baud = 9600

Dim D As Word
Dim N As Word
Dim U As Single

Config Portb = Output
Portb.5 = 1
Portb.4 = 0

Do
  Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal '1,1 V
  Waitms 200
  D = Getadc(8)                                     'Temperature
  D = D - 338
  Print D ; " deg"
  Waitms 500
  Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc '5 V
  Waitms 200
  D = Getadc(0)
  U = D * 5.0
  U = U / 1023
  Print U ; " V"
  D = Getadc(1)
  U = D * 5.0
  U = U / 1023
  Print U ; " V"
Loop
    
```

Laut Datenblatt soll der Strom an einem einzelnen Portpin 40 mA nicht überschreiten, der Gesamtstrom soll nicht mehr als 200 mA betragen. Versuche haben gezeigt, dass ein Port auch bei 100 mA noch nicht kleinzukriegen ist. Sogar kleine DC-Motoren wurden schon ohne Leistungstreiber direkt an den Ports betrieben. Der Richtwert für vorsichtige Leute lautet aber: Nicht mehr als 40 mA!

Eingangshysterese messen

In der letzten Folge dieses Kurses wurden die Schaltspannungen eines digitalen Eingangs mithilfe externer Messeräte bestimmt. Nun soll dasselbe noch einmal vollautomatisch mit dem eigenen AD-Wandler gemacht werden (**Bild 8**). Dazu werden zwei neue Variablen Dmin und Dmax gebraucht, die die kleinste und die größte

Listing 6: Messung der Eingangshysterese.

```

-----
'UNO_AD5.BAS   Hi/Lo Input Threshold
-----

$regfile = "m328pdef.dat"
$crystal = 16000000
$baud = 9600

Dim D As Word
Dim Dmin As Word
Dim Dmax As Word
Dim N As Word
Dim U As Single
Config Portb = Output
Config Adc = Single , Prescaler = 64 , Reference = Avcc '5 V

For N = 1 To 10000
    Portb.5 = Not Pinc.5
Next N

Dmin = 1023
Dmax = 0

Do
    For N = 1 To 10000
        Portb.5 = Not Pinc.5
        D = Getadc(5)
        If D < Dmin Then Dmin = D
        If D > Dmax Then Dmax = D
    Next N
    U = Dmin * 5.0
    U = U / 1023
    Print "Min = ";
    Print U , " V"
    U = Dmax * 5.0
    U = U / 1023
    Print "Max = ";
    Print U , " V"
Loop
    
```

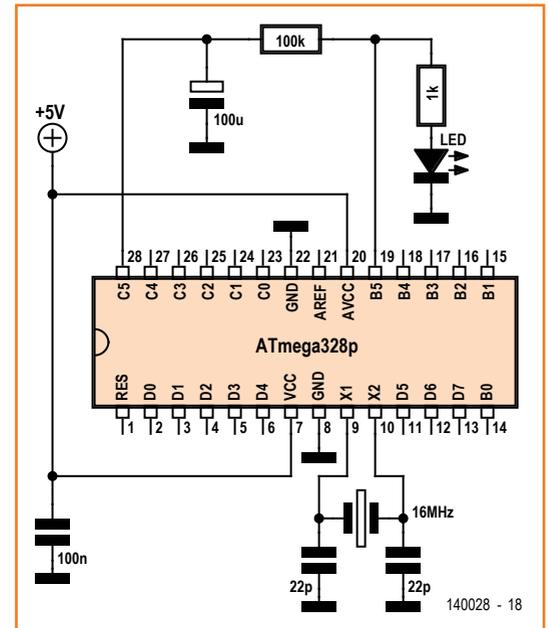


Bild 8. Messung der Eingangshysterese.

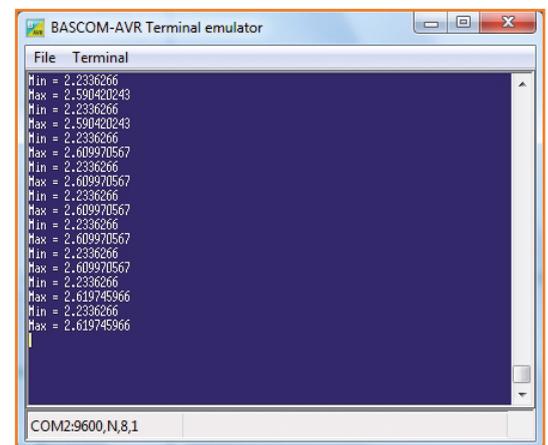


Bild 9. Die untere und obere Schaltschwelle eines Eingangs.

Umschaltspannung festhalten sollen (**Listing 6**). Vor der eigentlichen Messschleife liegt eine Regelschleife, die dafür sorgt, dass sich die Spannung am Eingang bereits innerhalb des gesuchten Bereichs befindet, wenn die eigentliche Messung beginnt. Am Anfang wird die Minimum-Variable mit dem Maximum gefüllt und die Maximum-Variable mit Null. Dann sucht das Programm die wahren Extremwerte. Dabei spielt der Zufall eine Rolle. Je länger gemessen wird, desto genauer werden die Extremwerte gefunden.

Das Programm zeigt den Einsatz von Zählschleifen. Die For-Next-Schleife zählt N von 1000 bis 0 herunter und führt die Anweisungen im Inneren der Schleife genau 1000 Mal aus. Eintausend Wiederholungen hören sich nach viel an, das Ganze dauert aber nur einen Bruchteil einer Sekunde. Die große Zahl von Messungen erhöht die Chance, dass die echten Extremwerte darunter sind. So hat man eine gute Chance, dass bereits nach

der ersten Runde die korrekten Werte gefunden wurden. Man erkennt es daran, dass die folgenden Messungen keine wesentlich anderen Werte mehr bringen.

```
For N = 1 To 10000
    ... Anweisungen ...
Next N
```

Das Ergebnis des Versuchs zeigt **Bild 9**. Die Umschaltgrenzen liegen bei 2,23 V und 2,62 V. Das entspricht ungefähr dem, was auch mit externen Messgeräten bestimmt wurde.

(130568)

Weblink

[1] www.elektor-magazine.de/130568

Anzeige

Workshop-DVD

Entwurf eines Röhrenverstärkers

NEU!

Wie entwirft man einen kompletten Röhrenverstärker mit nur einem aktiven, verstärkenden Element pro Kanal? Das war die Wettbewerbsaufgabe des European Triode Festivals, das 2012 in Berlin stattfand. Röhren-Koryphäe Menno van der Veen bespricht in diesem Seminar seine sorgfältig ausgearbeiteten Entwürfe. Er geht dabei auf häufig auftretende Probleme bei Röhren und Trafos ein. Wie viel Ausgangsleistung kann man erwarten? Wie kann man Verzerrungen, die durch den Ausgangsstrom entstehen, minimieren? Wie findet man den besten Kompromiss zwischen maximaler Leistung und der Lebensdauer bei minimalen Verzerrungen? Ist Feedback nötig und warum? Dieses Seminar gibt eine verkürzte, jedoch komplette Übersicht des einjährigen „TubeSociety“-Kurses wieder.



- Inhalt:**
- 90 Minuten Videomaterial
 - Gesamte Präsentation als PDF (44 Seiten)
 - Datenblätter von besprochenen Referenzen

ISBN 978-3-89576-284-0

€ 24,90
CHF 30,90

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de

Workshop-DVD

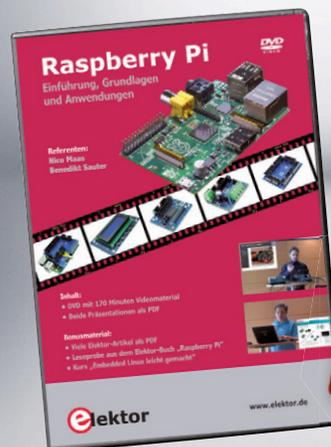
Raspberry Pi

NEU!

Einführung, Grundlagen und Anwendungen

Konnten Sie aus zeitlichen Gründen nicht an unserem ElektorLive-Seminartag am 12.10.2013 in Hanau teilnehmen und haben somit auch die beiden populären Raspberry-Pi-Seminare verpasst? Kein Problem! Mit dieser neuen DVD-Video sind Sie jetzt trotzdem live dabei!

IT-Systemelektroniker Nico Maas erklärt in diesem Einführungskurs, wo die Möglichkeiten, Stärken und Grenzen des 40-Euro-Rechners und die Vorteile gegenüber traditionellen Mikrocontroller-Anwendungen liegen. Entwickler Benedikt Sauter stellt Ihnen in seinem Seminar praktische Anwendungen vor, um den Raspberry Pi, das BeagleBone Black und das GNUBLIN/Elektor-Linux-Board in eigenen Projekten einsetzen zu können.



- Inhalt:**
- 170 Minuten Videomaterial
 - Beide Präsentationen als PDF
 - Viele Elektor-Artikel zu RPi als PDF

ISBN 978-3-89576-295-6

€ 24,90
CHF 30,90

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de

Reflow-Ofen

Mit Luftumwälzung, für SMDs



Der Fortschritt kennt keinen Stillstand, unaufhaltsam ist er gerade in der Elektronik. Mein Weg führte mich von den Röhren über die Transistoren zur TTL-Logik, und von dort zu den Mikrocontrollern. Neue Technologien habe ich mir stets praxisnah angeeignet. Als die SMDs Einzug hielten, gab es neue Herausforderungen. Deshalb habe ich selbst eine Steuerung für einen Reflow-Ofen entwickelt.

Von
Jean-Pierre Duval (F)

Der Begriff *Reflow-Ofen* sagt noch nicht viel aus über seinen Zweck: Das Montieren von *Surface Mounted Devices (SMDs)*, den winzigen Bauelementen, deren Kontakte auf der *Platinenoberfläche* verlötet werden. Die Halbleiterindustrie geht allmählich dazu über, viele Produkte nur noch in SMD-Bauform auf den Markt zu bringen. SMDs sind kostengünstiger als bedrahtete Komponenten, und sie belegen weniger Platinenfläche. Wäre da nicht das Löten, denn das ist eine Kunst: Manches lässt sich noch von Hand bewerkstelligen, doch vieles ist zuverlässig nur mit einem Reflow-Ofen machbar. Ich kann nachempfinden, dass Sie vor einer solchen Investition zurückschrecken, doch lesen Sie bitte weiter.

Die Schritte, die zur funktionsfähigen SMD-bestückten Platine führen, habe ich nachfolgend kurz zusammengefasst:

- Die Schaltung entwerfen Sie am Bildschirm, beispielsweise mit Eagle. Schon bei der Wahl der Komponenten berücksichtigen Sie die Leistungen, die von den Komponenten in Wärme umgesetzt werden müssen.
- Gestalten Sie die Platine nicht übertrieben kompakt. Wenn die Komponenten mit nur minimalen Abständen angeordnet sind, ist die Montage ungleich schwieriger.
- Mit einer Maske oder einer Injektionsspritze tragen Sie die Lötpaste auf die Platine auf. Die Injektionsspritze geht sparsamer mit der Lötpaste um. Mit der Maske überstreichen Sie die Oberfläche, dann entfernen Sie vorsichtig die Maske. Bewahren Sie die Lötpaste im Kühlschrank auf. Zwei bis drei Stunden vor dem Gebrauch nehmen Sie die Lötpaste heraus, damit sie Zimmertemperatur annimmt.
- Jetzt platzieren Sie die SMD-Komponenten auf den Lötpasten-Inseln. Dies ist die Arbeit, die



Der Autor

Jean-Pierre Duval hat bereits einen langen Weg durch die Welt der Elektronik hinter sich. Sein beruflicher Schwerpunkt lag auf der Entwicklung elektronischer und elektromechanischer Systeme für Forschungseinrichtungen der Medizin, der Biologie und der Nahrungsmittelindustrie. Zusammen mit dem CECOS-Labor des Hôpital Cochin in Paris entwickelte er die ersten morphologischen Spermatozoidenzähler.

Viel Elektronik in einer Nusschale

SMDs lassen sich noch von Hand montieren, solange sie nicht zu winzig sind. Die Abmessungen von Widerständen (**Bild 1a** und **1b**) hängen ebenso wie bei bedrahteten Ausführungen von der Leistung ab. Am häufigsten sind SMD-Widerstände mit der Leistung 0,25 W, die Bauform wird meistens mit der Ziffernfolge 1206 angegeben. Das sind die Abmessungen in Inch, sie betragen 1,2 · 0,6 Inch. Die metrische Angabe lautet 3216, sie steht für 3,2 · 1,6 mm.

Die Vielfalt der SMD-Bauformen ist enorm. Über die mechanischen Eigenschaften geben die Datenblätter genaue Auskunft. Bei Komponenten der Bauform BGA (*Ball Grid Array*) befinden sich die Kontaktpunkte unsichtbar auf der Gehäuseunterseite. Die Montage ist nur mit teuren Maschinen möglich, die ein durchschnittliches

Budget schnell übersteigen. Viele SMD-Komponenten sind in mehreren Bauformen verfügbar, manchmal gibt es aber nur eine einzige Wahl.

Eine verbreitete Bauform von Transistoren und Dioden ist SOT23 (*Small Outline Transistor*), ein Beispiel ist die Diode BAS16 (**Bild 2**). Komponenten mit vielen Anschlüssen, beispielsweise Mikrocontroller, sind unterschiedlich „schwierig“ zu löten. Während ein 64-Pin-TQFP (*Thin Quad Flat Package*) mit dem Raster 0,8 mm noch von Hand gelötet werden kann, ist dies bei einem TQFP mit 100 Anschlüssen im Raster 0,5 mm fast immer zum Scheitern verurteilt.

Kleine SMDs sind häufig weder beschriftet noch markiert. Hier sind die Angaben in den Datenblättern oder auf den Verpackungen zu beachten.

- am meisten Geschick und Geduld verlangt!
- Nachdem alle Komponenten an ihrem Platz sind, wird die Platine im Ofen „gebacken“.
- Anschließend reinigen Sie die Platine mit einem geeigneten Mittel.
- Mit einer starken Lupe vergewissern Sie sich, dass nicht Lötresten vorhanden sind, die Kurzschlüsse verursachen können.

Der Einsatz von SMD-Komponenten setzt einige Investitionen voraus. Die Kosten können Sie reduzieren, indem Sie bestimmte Hilfsmittel selbst bauen oder anfertigen. Das gilt nicht nur für den Reflow-Ofen, auch der Platinenhalter zum Auftragen der Lötpaste ist schnell selbst gebaut. Dieser Beitrag kann nicht alles, was Sie selbst bauen können, im Einzelnen beschreiben. Er soll Ihnen Anstöße und Impulse geben, so wie andere Beiträge [3] mich inspiriert haben.

Warum Luftumwälzung?

In meinem beruflichen Tätigkeitsfeld konnte ich viele Erfahrungen mit Steuerungen von Inkubatoren und Autoklaven sammeln. Zum Beispiel muss eine Zellkultur auf exakt 37 °C gehalten werden, denn bei 35 °C setzt noch kein Prozess ein, bei 40 °C wird die Zellkultur zerstört. Das gilt auch für Autoklaven: Die Temperatur muss an jedem Ort des Innenraums 121 °C betragen, um den Inhalt zu sterilisieren.

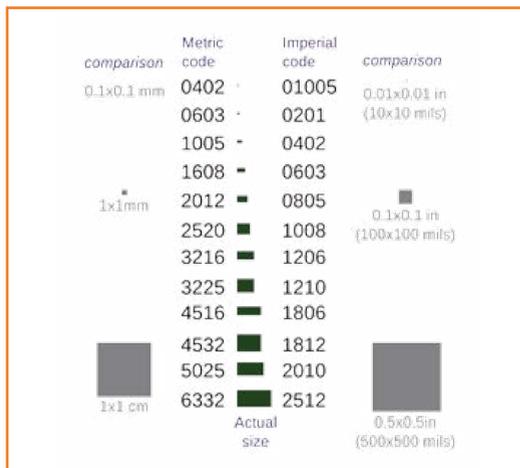


Bild 1a. Größenbezeichnungen bei SMD-Widerständen.

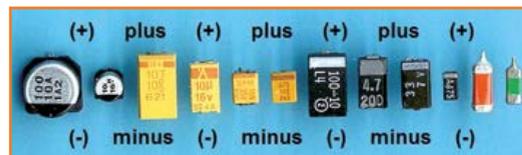


Bild 1b. Bei gepolten SMD-Kondensatoren ist Plus markiert.

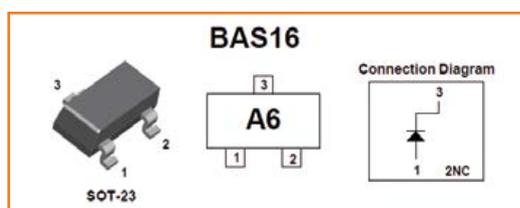


Bild 2. Transistor oder Diode im SOT-Gehäuse (SOT = Small Outline Transistor, Quelle: Fairchild).



Bild 3a.
Heißluftofen, Innenraum 10 l
(Quelle: SEB).

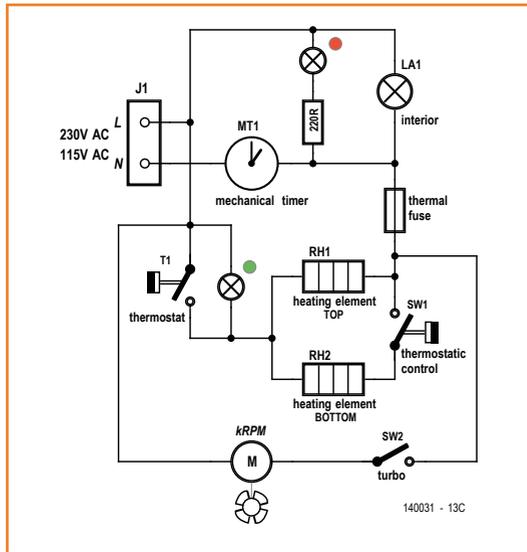


Bild 3b.
Elektrische Schaltung des
Ofens.

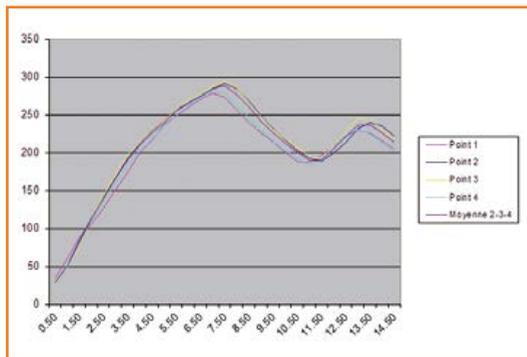


Bild 4.
Temperaturverlauf vor der
Modifikation. Die Kurven
wurden an vier Punkten im
Ofen gemessen.

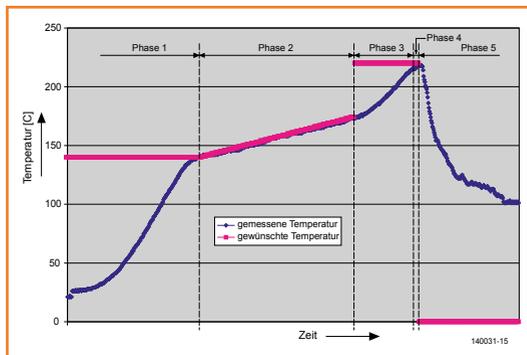


Bild 5.
Temperaturverlauf
beim Elektor-SMD-Ofen,
veröffentlicht im Januar
2006.

Normalerweise ist die Temperatur nicht homogen verteilt, denn warme Luft steigt nach oben, während kalte Luft zu Boden sinkt. Das Verfahren, das dem entgegen wirkt, ist die Luftumwälzung. Viele Backöfen, die im Haushalt gebräuchlich sind, machen von diesem Verfahren Gebrauch, die Betriebsart wird dort „Umluft“ genannt. Für meinen Zweck habe ich mich für einen Kleinbackofen mit 18 l Inhalt entschieden, den **Bild 3** zeigt. Nach Angaben des Herstellers leistet der Ofen 1500 W, während der eingebaute Grill 750 W leistet.

Reichen 1500 W aus? Eigentlich wären 2000 W nötig, doch durch die Luftumwälzung und die Wärmereflektoren wird trotzdem die erforderliche Temperatur innerhalb einer realistischen Zeit erreicht. Zum Vergleich: Elektor bietet einen professionellen Reflow-Ofen an [1], der 3000 W leistet. Dort trägt die flache Bauform wesentlich dazu bei, dass sich die Wärme auf die Platine konzentriert.

Temperaturmessungen im Ofen

Vor einem Eingriff in den Ofen habe ich die Wärmeverteilung im Innenraum gemessen. Ein Messpunkt lag in der räumlichen Mitte, dort, wo der Reflow-Prozess stattfinden muss. Drei weitere Messpunkte waren in einem Rechteck (10 · 12 cm) um den ersten Messpunkt angeordnet. Der Zweipunkt-Thermostat schaltet mit einer Hysterese, was normalerweise zu Temperaturschwankungen und Temperaturgefällen führt. Doch durch den Umluftbetrieb folgten die Temperaturen an den Messpunkten der eingestellten Temperatur sehr zeitnah.

Eingestellt auf 240 °C habe ich in der Ofenmitte mehr als 270 °C gemessen, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass der Thermostat in die Ofenwand eingebaut ist. Die Temperaturen an den vier Messpunkten wurden in vier Zyklen von 15 Minuten Dauer erfasst. Zwischen den Zyklen lagen Abkühlungspausen, die etwa eine Stunde lang waren. Gemessen habe ich mit einem Temperatursensor des Typs „K“, der mit einem Quecksilber-Thermometer geeicht war. Der erste Messzyklus schlug fehl, weil sich der Temperatursensor von seinem Platz löste. Die Mittelwerte der drei korrekten Messzyklen sind in **Bild 4** grafisch dargestellt.

Überlegungen zu den Reflow-Charakteristiken

Bevor ich begann, mein Projekt in die Tat umzusetzen, habe ich mich mit diversen Reflow-

„Solide und zuverlässig: Die AVR-Familie von Atmel und Bascom“

Ofen-Typen beschäftigt. Es gibt umgebaute Öfen an Einzelarbeitsplätzen und in Kleinbetrieben, es gibt aber auch käufliche Reflow-Öfen. Ein wichtiges Dokument ist die Grafik in **Bild 5**, die ich aus einem Beitrag in Elektor vom Januar 2006 übernommen habe [3]. Aus dieser Grafik gehen mehrere charakteristische Merkmale hervor, denen ich immer wieder begegnet bin.

- Zuerst die drei Heizphasen:
- **Pre-heat**. Aufwärmen bis etwa 100...120 °C. Wie lange diese Phase dauert, ist unkritisch, solange die Temperatur unter 120 °C bleibt.
- **Soak**. In dieser Phase klettert die Temperatur langsam auf 150...170 °C, das Lötmedium wird flüssig.
- **Reflow**. Schneller Temperaturanstieg um weitere 30 °C auf die Temperatur des eigentlichen Lötprozesses.
- Dann folgt die **Dwell**-Phase, in der die Fließtemperatur noch 10...30 s beibehalten wird.
- Zum Schluss muss die Platine abkühlen, bevor das Ergebnis in Augenschein genommen werden kann.

Folgendes ist noch anzumerken:

1. Die Temperatur jeder Phase hängt vom Lötmedium ab. Folgen Sie dem vom Hersteller empfohlenen Temperaturverlauf.
2. Die Phase Pre-heat hat auch Einfluss auf die Phase **Soak**, weil die Platine und die Komponenten langsam auf die Löttemperatur gebracht werden müssen. Die Phasen **Soak** und **Reflow** werden von der Leistung des Ofens bestimmt. Diese Phasen müssen zeitlich begrenzt bleiben, anderenfalls werden die Komponenten beschädigt.
3. Die Qualität der für SMDs geeigneten Lötmedium ist durch die so genannte *eutektische Temperatur* gekennzeichnet. Das ist die Temperatur, bei der eine Legierung schmilzt, sie ist niedriger als die Schmelztemperatur der Metalle, aus denen die Legierung besteht. Die eutektische Temperatur bestimmt die Fließfähigkeit und damit die Qualität der Lötverbindung (vergleiche **Bild 6**).

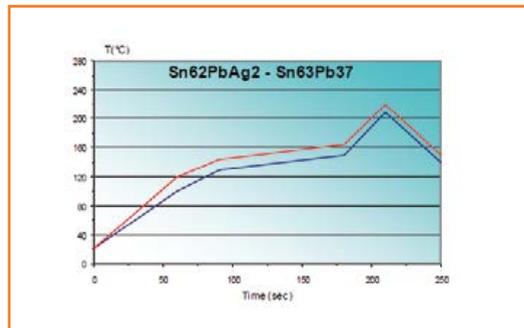


Bild 6.
Empfohlener
Temperaturverlauf für die
Lötpaste MB0.

Realisierung

Die Fragen, die noch zu klären sind, betreffen den Temperatursensor (oder mehrere?), den Mikrocontroller, die Temperaturregelung und das Display.

Temperaturen messen, aber wie? Ich habe mich für ein Thermoelement Typ „K“ entschieden, es kann unter der Platine positioniert werden, denn die Warmluft wird umgewälzt. Es wäre sehr umständlich, die Antwortzeit des Sensors exakt zu ermitteln. Ich habe deshalb eine geschätzte Stabilisierungszeit von 20 s zwischen die Phasen Pre-heat und Reflow eingefügt.

Mikrocontroller und Programmiersprache. Die AVR-Familie von Atmel und die Programmierung in Bascom Basic sind mir vertraut, ich halte beides für solide und zuverlässig. Den ATmega644 habe ich zufällig gewählt, denn ich hatte ihn auf Vorrat. Der pinkompatible ATmega32 hätte auch genügt.

Temperaturregelung. Pulsbreitenmodulation (PWM) oder nicht? Das Problem besteht darin, dass die gemessene Temperatur auf die Steuerung des Ofens träge reagiert. Nach zahlreichen Versuchen und Tests habe ich mich für eine Art träger PWM entschieden, Ausgangsgröße ist der Anstieg der gemessenen Temperatur. Ich messe die Temperatur im Sekundenabstand und regle die Heizung nach, abhängig vom gemessenen Anstieg. Der PWM-Timer des Mikrocontrollers bleibt unbenutzt, stattdessen heize ich zwischen 0 ms (entspricht 0 % PWM) und 1000 ms (100 %) lang. Das alles erledigt die Firmware in der Routine Phasefour(). Die Firmware können Sie gratis von der Projektseite [2] herunterladen.

Display. Meine Entwicklungsarbeit wurde von

einem grafischen LC-Display unterstützt (128 · 64 Pixel), das ich noch auf Lager hatte. Das Visualisieren des Temperaturverlaufs über die Zeit hat sich als ausgesprochen nützlich erwiesen. Ein weniger komfortables Display hätte es auch getan.

Die **Schaltung** besteht aus nur einer Handvoll aktiver Komponenten: Dem Mikrocontroller, dem grafischen LC-Display, dem Thermoelement-Wandler MAX6675 und dem Solid-State-Relais, von dem in **Bild 7** nur die Anschlussklemmen zu sehen sind. Dieses Halbleiter-Relais schaltet in den Nulldurchgängen, sodass keine Störspitzen auftreten.

Der Mikrocontroller wird von einem externen Quarz getaktet, da ich Timer-Interrupts verwende, die zu präzisen Zeiten abgearbeitet

werden müssen. Eine rote LED zeigt an, dass die Betriebsspannung 5 V vorhanden ist, und eine grüne LED leuchtet auf, wenn das Relais einschaltet.

In diesem Teil der Steuerelektronik taucht die Spannung 230 V nicht auf. Ich habe ein fertiges Schaltnetzteil verwendet, das 5 V und 500 mA liefert. Die Spannung 230 V für die Heizung wird über die ursprüngliche Verkabelung geführt, eine Ader läuft jedoch jetzt über eine 8-A-Sicherung, die andere über das Solid-State-Relais. Das Relais habe ich bei den Bedienelementen des Ofens untergebracht.

Modifikationen

Diverse Details des Ofens müssen an den neuen Verwendungszweck angepasst werden. Der

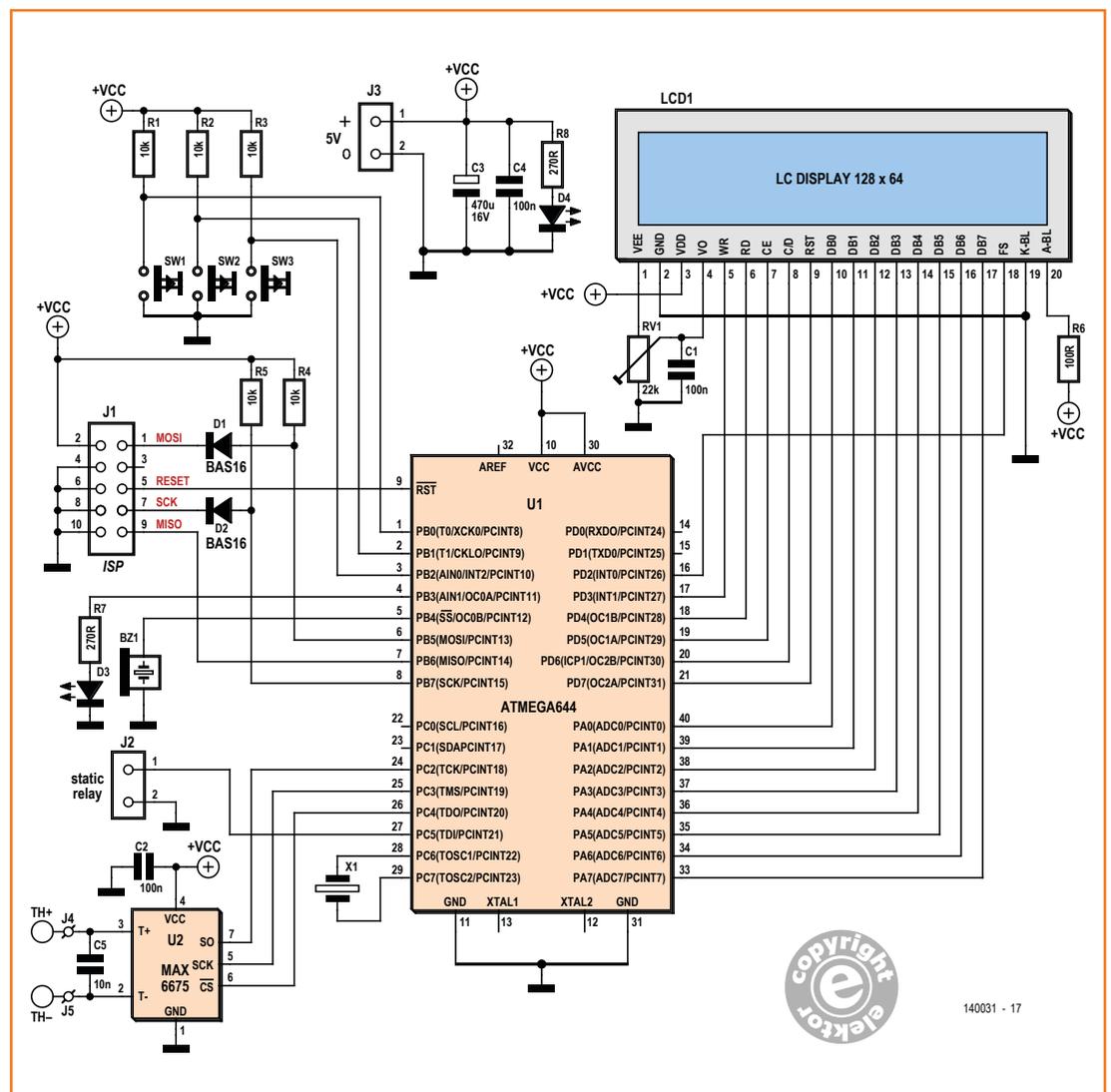


Bild 7. Schaltung der Reflow-Ofen-Steuerung.

Schalter für den Umluftbetrieb und der Zweipunkt-Thermostat müssen ausgebaut werden, und anstelle des Zeitschalters wird ein Ausschalter eingebaut (**Bild 8a**). Das Solid-State-Relais ist ein Typ, der 40 A schaltet, 10 A hätten gereicht. Das Relais, einen Steckverbinder für 5 V und einen Sicherungshalter mit Sicherung habe ich hinter die Rückwand des Ofens montiert (**Bild 8b** und **8c**).

Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, habe ich die Ofentür verändert. Die Tür meines Ofens besteht aus zwei Glasplatten in ungefähr 1 cm Abstand, so dass Brandverletzungen an der Außenseite vermieden werden. Damit möglichst wenig Wärmeenergie entweicht, habe ich die innere Glasplatte mit Haushalts-Alufolie belegt, die glänzende Seite nach innen. Der Boden meines Ofens weist eine großflächige Vertiefung auf, in die runde Backformen oder Schüsseln eingesetzt werden können. Die Vertiefung muss unnötigerweise beheizt werden, deshalb habe ich sie mit einer Aluplatte abgedichtet.

Inbetriebnahme und Praxis

Nach Einschalten der Netzspannung ist der Ofen in Bereitschaft, ein Druck auf den Menü-Taster erweckt ihn zum Leben. Die Auswahl **Start** startet den Ofen mit den aktuell gespeicherten Parametern. Mit **Settings** haben Sie die Wahl zwischen dem Betrachten und dem Anpassen der Parameter. Sie können dann für jede Phase die Temperatur und den Anstieg in % ansehen oder anpassen (**Bild 9a** und **9b**). In der Praxis hat sich gezeigt, dass der eingestellte Anstieg in der Vorwärmphase (Pre-heat) 100 % betragen muss. Das liegt an der thermischen Trägheit des Ofens.

Ausführen eines Reflow-Zyklus. Wie schon beschrieben, gehören zu jeder Phase zwei Parameter: Temperatur und Anstieg. Der Anstieg ist die Geschwindigkeit, mit der die Temperatur steigt. Die Parameter stellen Sie nach den Empfehlungen ein, die der Hersteller des Lötmittels vorgibt. Die Einstellungen werden im Flash-Speichers des Mikrocontrollers nicht-flüchtig gespeichert.

Ausgabe auf dem Display. Im grafischen Display (**Bild 10**) sind Ts die Zeit in Sekunden und t.d die Temperatur in Grad Celsius. Zum Ende der „Backzeit“ ertönt ein akustisches Signal zum Zeichen dafür, dass die Ofentür geöffnet werden darf.

Das **Ergebnis** muss nun noch auf verstreute Partikel des Lötmittels kontrolliert werden.

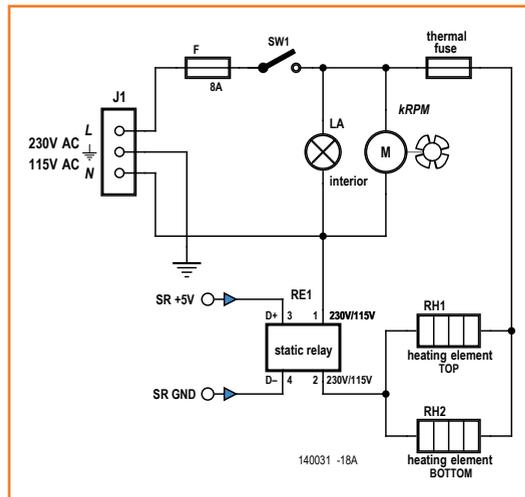


Bild 8a. Schaltung des modifizierten Ofens.



Bild 8b. Der Sicherheitsthermostat, Typ Klixon, ist eingebaut.



Bild 8c. Nahansicht des Solid-State-Relais und des 5-V-Anschlusses.

Bild 9.
Temperaturphasen (a) und
Temperaturanstiegswerte
(b) auf dem Display.

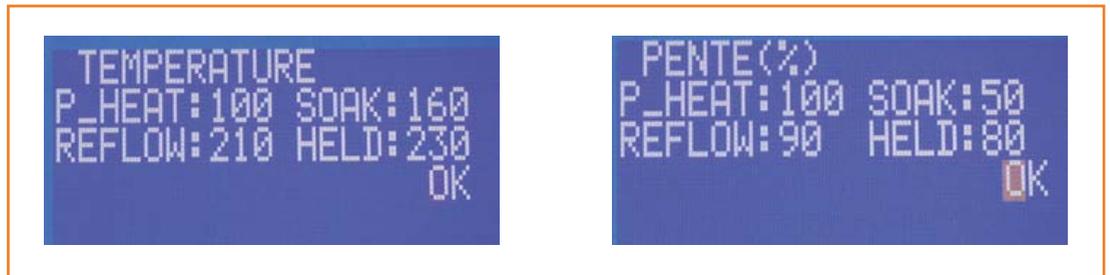


Bild 10.
Die vier Phasen:
Pre-heat (a),
Soak (b),
Reflow (c) und
Dwell (d).

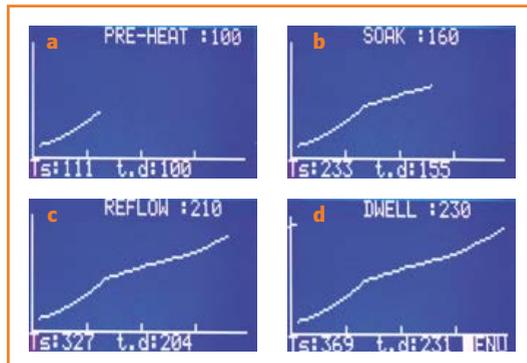


Bild 11.
Platine der Steuerung nach
der Bauteilemontage.

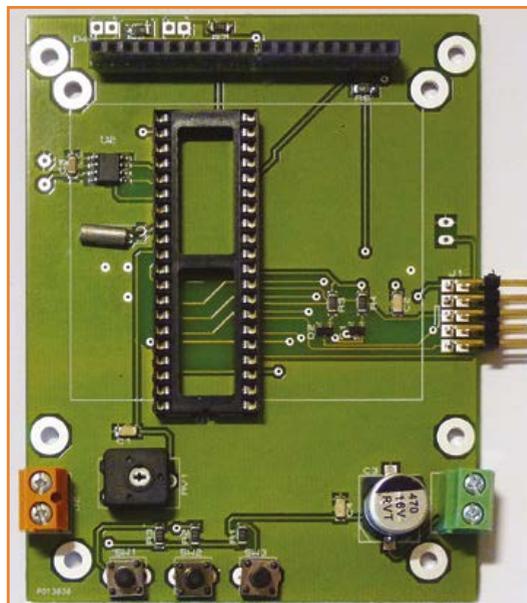


Bild 12.
Das erste im Ofen gelötete
Produkt.



Wenn keine Ausreißer vorhanden sind und alle Lötstellen sauber glänzen, dann ist die Aktion sehr wahrscheinlich gelungen.

In **Bild 11** sehen Sie ein Foto der Steuerplatine meines Ofens. Mein erstes Werk war ein I²C-Thermometer mit dem DS75 von Maxim, Sie können es in **Bild 12** betrachten.

Die Firmware. Außer dem ATmega644 befindet sich ein MAX6675 in der Steuerung, ein Signalwandler für Thermoelemente des Typs „K“. Dieser äußerst hilfreiche Baustein liest den kompensierten Messwert aus und bildet daraus ein 16-bit-Wort, 12 bit stellen die Temperatur dar. Ein Fehler-Bit wird gesetzt, wenn das Auslesen misslang, beispielsweise weil kein Thermoelement angeschlossen ist. Der MAX6675 besitzt eine SPI-Schnittstelle.

Die Firmware habe ich in Bascom Basic mit Unterstützung des Bascom-Forums geschrieben. Die drei Bestandteile der Firmware sind das Hauptmodul fourRefusion5.bas sowie die Submodule SubandFunction.Bas und FonctionFour.bas.

Das wars auch schon. Zögern Sie etwa immer noch? Fangen Sie einfach an, Sie werden es nicht bereuen. Wenn Sie einen Reflow-Ofen Ihr eigen nennen, öffnet sich eine Welt voller neuer Möglichkeiten.

(140031)gd

Weblinks

- [1] Der SMD-Reflow-Ofen EC-REFLOW-MATE von Elektor: www.elektor.de/ec-reflow-mate
- [2] Projektseite mit Firmware-Download: www.elektor-magazine.de/140031
- [3] Beitrag „SMD-Lötofen“, Elektor Januar 2006: www.elektor-magazine.de/050319

eC-reflow-mate

Professioneller SMD-Reflow-Ofen für perfekt gelötete Platinen

Der "eC-reflow-mate" ist die perfekte Lösung, wenn es um das Löten von Platinen für Prototypen und Kleinserien mit SMD-Komponenten geht. Er hat einen großzügig bemessenen Innenraum, so dass mehrere Standard-Platinen gleichzeitig gelötet werden können. Zwei fest eingebaute Temperatursensoren und die neu konstruierten, nicht linearen Infrarot-Heizstäbe sorgen dafür, dass die Wärme im Innenraum homogen verteilt wird. Mit einem dritten, beweglichen Sensor kann die Temperatur der Platinenoberfläche oder die einer ausgewählten Komponente in die Steuerung einbezogen werden. Das Geschehen im Ofen lässt sich durch die Glasfront der Schublade jederzeit beobachten. Die Konstruktion des "eC-reflow-mate" hält auch intensiver Dauerbeanspruchung stand.

Der "eC-reflow-mate" ist ein kompromisslos konstruierter, universeller SMD-Lötofen – unverzichtbar für alle, die SMD-bestückte Platinen in Einzelanfertigungen oder Kleinserien entwickeln und produzieren.



Technische Daten:

- Betriebsspannung: 230 V/50 Hz
- Leistung: 3000 Watt
- Gewicht: 29 kg
- Abmessungen (B x H x T): 62,0 x 24,5 x 52,0 cm
- Heizung: Infrarot-Strahler kombiniert mit Umluft
- Bedienung: Funktionstaster und LCD am Ofen oder via USB mit PC-Programm
- Temperaturbereich: 25...300 °C (300 °C Spitzenwert und 260 °C beim Löten)
- Effektive Platinengröße: max. 350 x 250 mm
- Temperatursensoren: 2 feste interne Sensoren, 1 externer Sensor (im Lieferumfang)
- Mehrsprachige Menüführung

Besonderheiten:

- Infrarot-Strahler für homogene Temperaturverteilung
- Schublade fährt nach Lötprozess-Ende selbsttätig aus
- Fenster in der Gerätefront zur ständigen Sichtkontrolle

Preis:
2.995,00 Euro
(zzgl. MwSt. und Versand)

Weitere Infos & Bestellung unter www.elektor.de/reflow

Ein etwas anderer Regenmesser

Ohne bewegliche Teile, kompatibel mit dem USB-Wetterlogger

Von Paul Cordonnier (B)

Die meisten Freunde der Meteorologie unter den Elektronikern sind der Mechanik nur mäßig zugetan. Mechanische Teile können schnell verschleifen und Messfehler verursachen. Innovative elektronische Sensoren für die Regenmessung sind nicht in Sicht. Grund genug, einen alternativen Regenmesser vorzustellen, der in einem regenreichen Land ersonnen wurde.

Das Wetter ist unter Elektronikern ein beliebtes Thema. Liegt dies vielleicht daran, dass Menschen mit einem Hang zur Technik danach trachten, auch Größen aus Natur und Umwelt messtechnisch zu erfassen? Wir wissen es nicht, doch wir wissen dies: Viele Elektroniker tendieren zu einer ausgeprägten Abneigung, wenn es um Konstruktionen aus der Mechanik geht. Manchmal durchbricht der Erfindungsreichtum Grenzen, um die ungeliebte Mechanik zu verbannen und durch Elektronik zu ersetzen. Der „Windrichtungsmesser ohne Mechanik“, der in Elektor im November 2013 erschien, war ein typisches Beispiel. Ihm folgt hier ein Regenmesser ohne Mechanik, der trotzdem die vom Himmel fallenden Niederschläge mit Präzision und Zuverlässigkeit misst. Darüber hinaus ist der Regenmesser mit dem „USB-Wetterlogger“ kompatibel, den Elektor im September 2011 veröffentlichte.

Das Konstruieren eines präzisen Regenmessers (siehe auch [2]) ist

nicht ganz einfach. Wir wollen hier nicht auf theoretische Überlegungen oder spezielle Konstruktionen eingehen, sondern nur die Definition betrachten: Grundsätzlich messen Regenmesser Niederschlagsmengen über vorgegebene Zeitintervalle. Gemessen wird die Niederschlagsmenge als Volumen des Niederschlags, der auf eine horizontale Fläche definierter Größe fällt. Dazu muss der Niederschlag aufgefangen werden, er darf nicht verdampfen oder versickern. Messgröße ist der *Millimeter Wassersäule* oder der *Liter/Quadratmeter*. Hierbei ist $1 \text{ mm Wassersäule} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$. Der Autor hatte sich zum Ziel gesetzt, eine Alternative zu den bekannten Konstruktionen zu entwickeln. Ein Regenmesser, der die Niederschlagsmenge aus dem Gewicht des aufgefangenen Niederschlags ableitet, stand ebenfalls nicht zur Diskussion. Das Prinzip dieses Regenmessers ist der Siphon, er beruht auf dem so genannten *Gesetz der kommunizierenden Röhren*: Durch ein U-förmig gebogenes Rohr fließt eine Flüssig-



Niederschlag messen in drei Schritten

- Der Auffangbehälter des Regenmessers entleert sich über den Siphon, wenn der Wasserstand im Messgefäß den Siphonbogen erreicht hat.
- Die bis zur Entleerung angesammelte Regenmenge wird einmalig genau bestimmt und später nur noch mit der Anzahl der Entleerungen multipliziert.
- Der USB-Wetterlogger (Elektor September 2011) wertet das vom Regenmesser kommende Signal mit angepasster Firmware aus.

keit von einem niedrigen Niveau zu einem anderen niedrigeren Niveau über ein drittes Niveau, das höher als die beiden niedrigen Niveaus liegt. Der Regensensor-Siphon besteht aus einem Stück flexiblen Plastikschauchs mit niedrigem Durchmesser, beispielsweise 5 mm. Dieses wird eingetaucht in ein Messgefäß, auf das ein Trichter zum Auffangen des Niederschlags aufgesetzt ist. Aus **Bild 1** gehen die konstruktiven Details hervor. Das Messgefäß ist ein aufrecht stehendes, transparentes Stück Kunststoffrohr mit einem Durchmesser von einigen Zentimetern. Am Boden ist eine runde Kunststoffplatte oder ein Korken zur Abdichtung eingesetzt. Durch den Boden wird der U-Bogen des Siphons geführt. Wenn Niederschlag in den Trichter fällt, steigt der Wasserstand im Messgefäß. Erreicht der Wasserstand die höchste Stelle des U-Bogens, strömt das Wasser in den darunter liegenden Ablauftank. Das Messgefäß wird jetzt bis auf einen Rest entleert. Die Wassermenge, die aus dem Messgefäß abfließt, ist stets gleich. Der Vorgang wiederholt sich zyklisch, solange Regen in den Trichter fällt. Um die aufgefangene Wassermenge zu bestimmen, muss lediglich die Anzahl der Entleerungen gezählt und mit der Ablaufmenge multipliziert werden.

Ebenso wie bei Regenmessern mit Kippschaufel wird die Niederschlagsmenge bestimmt, indem ein Zähler zählt, wie oft eine bekannte Niederschlagsmenge abfließt. Bei diesem „anderen“ Regenmesser wird aber unmittelbar die Bewegung des Wassers erfasst.

Wenn das Wasser in das Abflussgefäß strömt, hat es Kontakt mit zwei im Abflussrohr angebrachten Elektroden aus korrosionsfreiem Material. Die Elektroden sind mit Anschluss K2 des Komparators IC1 in **Bild 2** verbunden. Befindet sich Wasser zwischen den Elektroden, wird der nicht invertierende Eingang infolge der Leitfähigkeit des Wassers nach Masse gezogen. Der Komparator schaltet um, die Spannung am Komparatorausgang springt auf ihren niedrigen Wert. Bei Regen entsteht ein impulsförmiges Signal, das von einem Mikrocontroller ausgewertet werden kann. Oder das Signal wird wie hier dem USB-Wetterlogger (Elektor September 2011) übergeben. Dort werden die Impulse in Millimeter Wassersäule umgerechnet.

Drainage

Der Konstruktionsskizze in Bild 1 ist zu entnehmen, dass im Siphonschlauch parallel zur Schlauchwand Geraden eingezeichnet sind,

sowohl im aufsteigenden als auch im absteigenden Zweig. Die Geraden stellen Gewebefäden dar, die in den Siphonschlauch eingelassen sind. Diese Maßnahme ist notwendig, um Wassertropfen aufzusaugen, die nach der Entleerung im Siphonschlauch zurückbleiben würden. Ohne eine solche Drainage im absteigenden Zweig können die Tropfen einen größeren Tropfen bilden und auf die Elektroden hinabsinken. Die Auswertelektronik könnte fälschlicherweise eine Messgefäß-Entleerung registrieren. Auch die Drainage im aufsteigenden Zweig saugt Tropfen auf, die nach der Entleerung zurückbleiben. Ohne diese

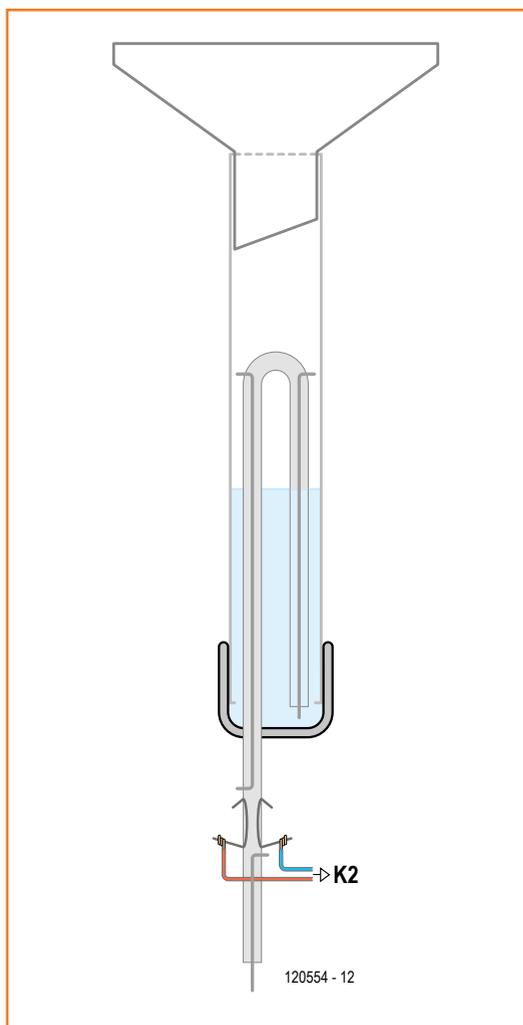
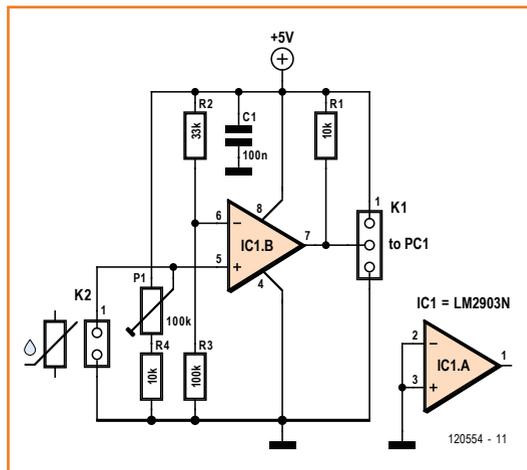


Bild 1.
Weil der Regenmesser auf dem Prinzip des Siphons beruht, sind keine beweglichen Konstruktionsteile nötig.

Bild 2.
Die Regenmesser-Elektronik beschränkt sich auf einen simplen Komparator mit einstellbarer Schaltschwelle.



Drainage würde der Wasserstand bei schwachem Regen unregelmäßig ansteigen.

Im Siphonbogen und in Höhe der Elektroden dürfen keine Drainagen geführt werden. Der Siphonbogen muss frei bleiben, weil die Kapillarwirkung Entleerungen auslösen würde, falls das Wasser im Messgefäß nur langsam steigt.

Als das Prinzip dieses Regenmessers auf elektor-labs.com [1] diskutiert wurde, schlug ein Community-Mitglied vor, die Elektroden an den *Außenseiten* des Abflussrohrs anzubringen: Die einander gegenüberliegenden Elektroden bilden einen Kondensator. Hindurchfließendes Wasser hat eine Kapazitätsänderung zur Folge, die messbar sein müsste.

Dies ist ein vielversprechender Vorschlag, der jedoch noch der Realisierung bedarf. Das Erkennen der minimalen Kapazitätsänderung dürfte zwar möglich sein, doch der Aufwand ist sicher ungleich höher. Der Einbau von Elektroden, die mit dem Wasser in Berührung stehen, stellt den einfacheren Weg dar.

Das Prinzip des Siphon ist seit Jahrhunderten bekannt. Seit langem existieren Regenmesser, die von diesem Prinzip (kombiniert mit einer Mechanik) Gebrauch machen. Ein Siphon-Regenmesser, der die Bewegung des Wassers als die zu zählende Größe nutzt, war uns bisher nicht bekannt.

Das Material für den „Anderen Regenmesser“ findet sich in der Sanitärabteilung jedes durchschnittlichen Baumarkts. Auf der Einkaufsliste stehen folgende Artikel:

- Trichter mit Deckelfilter gegen herabfallendes Laub,
- Kunststoffrohr transparent, Durchmesser 2...3 cm, etwa 20 cm lang, mit passendem Korken oder anderer Abdichtung,
- Kunststoffschlauch, möglichst flexibel, Innendurchmesser 5 mm,
- Elektroden aus rostfreiem Material und Baumwollfaden als Drainage.

Der Bogen des Siphonschlauchs darf nicht so eng sein, dass der Schlauch abknickt. Anderenfalls kann nur wenig Wasser hindurchfließen, oder der Durchfluss ist ganz blockiert. Um dem entgegenzuwirken, kann die Flexibilität durch Eintauchen in heißes Wasser gesteigert werden. Das anschließende Formen zum U-Bogen sollte behutsam und allmählich geschehen.

Regenmesser und Wetterlogger

Die Idee liegt nahe, den Regenmesser mit dem USB-Wetterlogger [3] zu koppeln, veröffentlicht in Elektor September 2011. Dazu wird der Ausgang des Komparators (siehe Bild 2) mit dem Anschluss PC1 des Mikrocontrollers ATmega168 im Wetterlogger verbunden. Der Wetterlogger speichert über einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen die mit I²C-Sensoren gemessenen Daten von Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchte. Die gespeicherten Daten können über ein LC-Display abgerufen werden (**Bild 4**), oder sie werden über die USB-Schnittstelle einem PC übergeben. Auf dem PC kann ein Programm wie beispielsweise GNUplot die Daten auf dem Bildschirm grafisch darstellen.

Das Elektor-Labor hat eine neue Firmware-Version für den Betrieb mit dem Regenmesser erstellt [4]. Mithilfe eines DCF-Moduls werden jetzt auch parallel zu den Messwerten Datum und Uhrzeit gespeichert.

Weblinks

[1] www.elektor-projects.com/node/2574

[2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Niederschlagsmesser>

[3] USB-Wetterlogger, Elektor September 2011 und www.elektor-magazine.de/100888

[4] Neue Firmware für den USB-Wetterlogger: www.elektor-magazine.de/120554

Achtung, Luft!

Der Wetterlogger registriert die zyklischen Entleerungen des Messgefäßes, indem er einen Zähler im EEPROM des Mikrocontrollers inkrementiert. Das Signal des Regenmessers wird im Sekundenrhythmus abgefragt. Störend ist hier, dass der Siphon in der Endphase der Entleerung Luft ansaugt. Luftblasen können Wirbel verursachen, die den Zählerstand verfälschen. Deshalb wird eine Entleerung nur als gültig gewertet, wenn zehn Sekunden nach dem Start immer noch Wasser durch den Ablauf fließt. Auch Datum und Zeit werden erst jetzt im EEPROM gespeichert. Die Karenzzeit ist auf die oben genannten Abmessungen des Messgefäßes und auf die Dauer der Entleerung abgestimmt. Wenn das Messgefäß abweichende Eigenschaften hat, muss gegebenenfalls die Karenzzeit verlängert oder verkürzt werden. Die übrigen Funktionen des USB-Wetterloggers sind unverändert geblieben. Der erste Bedienschritt ist die Eingabe von Datum und Uhrzeit. Entweder erfolgt dies von Hand, oder das DCF-Modul liefert diese Informationen. Auf der ersten Zeile des LC-Displays erscheinen die Uhrzeit und weitere Daten, die zweite Zeile gibt das Datum wieder. Wenn der Wetterlogger eine Entleerung des Messgefäßes erkennt, erscheint auf dem Display die Meldung *Flushing*, gleichzeitig wird die Zeit hochgezählt. Nach zehn Sekunden wird der Zähler im EEPROM inkrementiert und außerdem werden Datum und Uhrzeit in das EEPROM geschrieben.

Mit Drucktaster S1 kann eine neue Aufzeichnungsreihe initialisiert werden, mit S2 wird der Start bestätigt, oder die laufende Reihe wird mit S3 fortgesetzt. Wenn S1 noch einmal gedrückt wird, erscheint das Menü der seriellen Datenübertragung zum PC. Auf dem PC muss ein Terminalprogramm wie zum Beispiel das *Hyperterminal* laufen, die Übertragungsparameter lauten 9600, N, 8, 1, keine Flusskontrolle. Nach Drücken von *Enter* auf der PC-Tastatur erscheinen auf dem Bildschirm folgende Informationen:

- h Hilfe
- a Anzahl der Entleerungen, Datum und Zeit anzeigen
- c (*clear*) Initialisierung, neue Messreihe starten
- p (*print*) Messdaten über USB an den PC übergeben
- x (*exit*) USB-Verbindung beenden, Messreihe fortsetzen

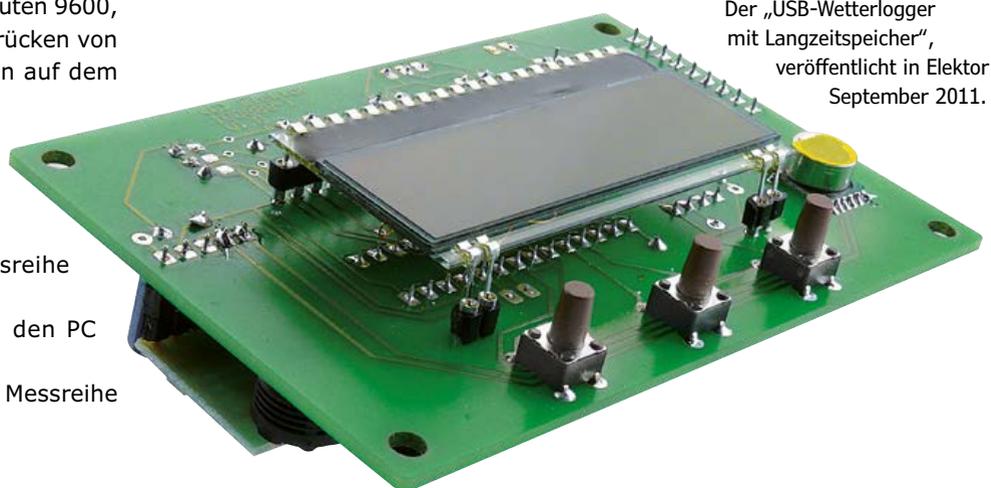


Bild 3.
Die Elektroden am Ablaufrohr des Siphons signalisieren das zyklische Entleeren des Messgefäßes.

Wenn S1 dreimal kurz nacheinander gedrückt wird, erscheinen in der zweiten Zeile des LC-Displays fortlaufend das Datum und die Zeit aller gespeicherten Entleerungen, jede Information bleibt zwei Sekunden stehen.

(120554)gd

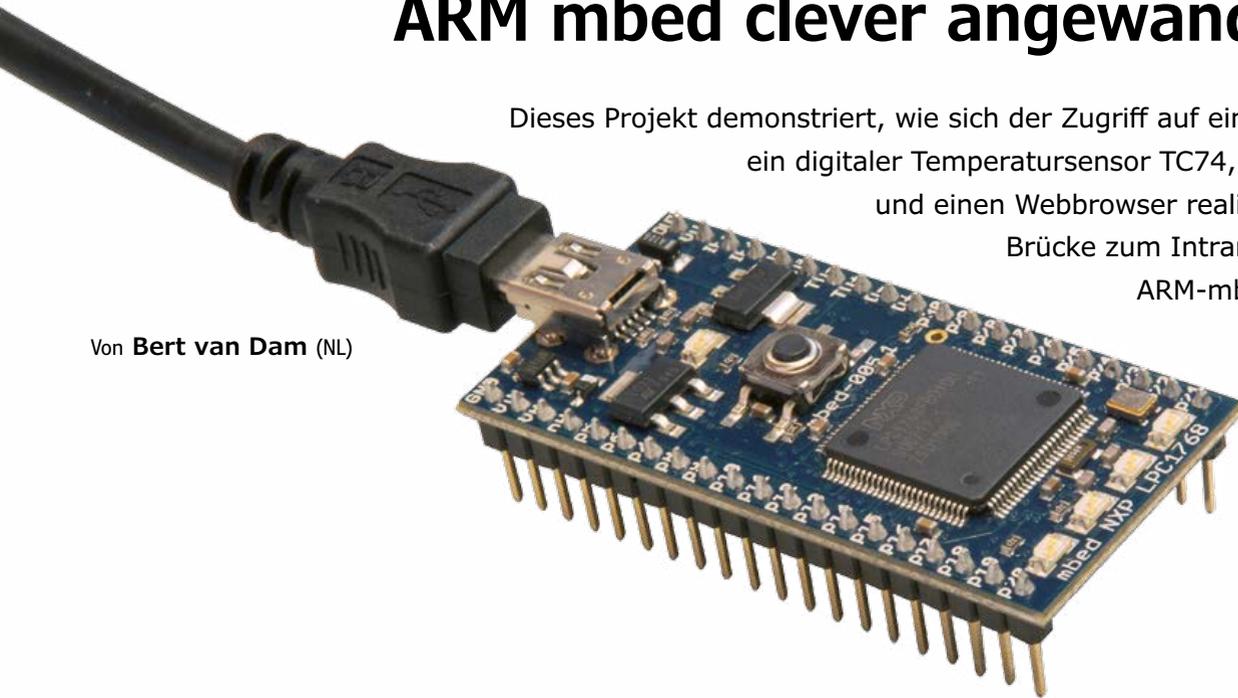
Bild 4.
Der „USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher“, veröffentlicht in *Elektor* September 2011.



Messen über I²C und Intranet ARM mbed clever angewandt

Dieses Projekt demonstriert, wie sich der Zugriff auf einen I²C-Chip, hier ein digitaler Temperatursensor TC74, über ein Intranet und einen Webbrowser realisieren lässt. Die Brücke zum Intranet schlägt ein ARM-mbed-Modul von NXP.

Von Bert van Dam (NL)



Ein ARM-mbed-Modul [1] ist eine unkomplizierte Entwicklungsplattform mit schnellem ARM-Mikrocontroller, der über das Internet programmiert werden kann. Das Installieren spezifischer Software auf dem lokalen PC ist nicht erforderlich, alle nötigen Utilities befinden sich in der so genannten „Cloud“. Der Temperatursensor TC74 stellt lediglich ein Beispiel für eine Vielzahl von I²C-Bausteinen dar, die für den Zugriff über das Inter- oder ein Intranet geeignet sind.

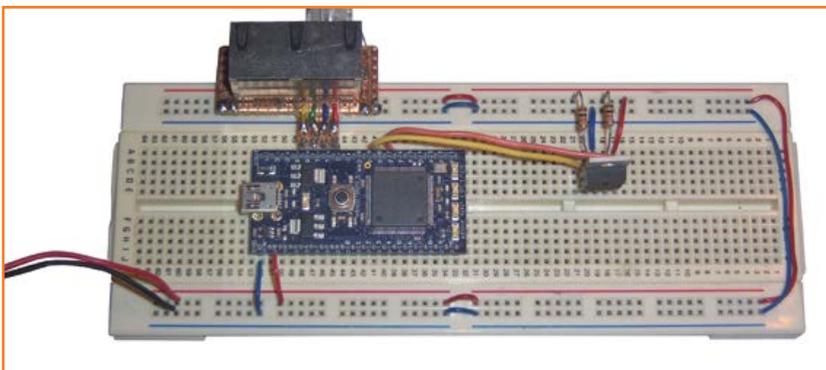
Die Bauteileliste dieses Projekts ist kurz: Ein

Modul ARM mbed LPC1768, ein Temperatursensor TC74, zwei 10-k Ω -Widerstände und einige Verbindungsleitungen, das ist fast schon alles. Hinzu kommen nur noch ein Steckbrett für den Schaltungsaufbau (**Bild 1**), ein stabilisiertes 5-V-Netzteil und ein USB-Kabel. Ein PC mit installiertem Webbrowser ist sicher schon vorhanden.

I²C-Bus am Intranet

Wie in **Bild 2** skizziert, sind mit einem I²C-Bus ein „Master“ und ein oder mehrere „Slaves“ verbunden. Die Daten werden seriell über die Datenleitung transportiert, während das Signal auf der Taktleitung die Synchronisation herstellt. **Bild 3** zeigt die Konfiguration der Komponenten am Intranet zusammen mit einem Router. Vom Router führt ein (leitungsgebundener oder drahtloser) Verbindungsweg zum PC. Sobald das ARM-mbed-Modul mit dem Router verbunden ist, fordert es vom Router eine IP-Adresse an. Der Webbrowser auf dem PC kann mit der IP-Adresse des Moduls eine Seite laden, die den gemessenen Temperaturwert ausgibt. Die Seite wird fortlaufend aktualisiert, der Anwender muss keine

Bild 1.
Versuchsaufbau auf einem Steckbrett.



weiteren Aktionen vornehmen.

Die Schaltung der Hardware (**Bild 4**) ist denkbar einfach. Über den I²C-Bus ist der TC74 mit dem ARM-mbed-Modul verbunden, wobei die I²C-Bus-Leitungen von 10-kΩ-Widerständen auf +5 V gezogen werden.

Das ARM-mbed-Modul stellt zwei I²C-Busse bereit. Hier werden die Leitungen verwendet, die über die Anschlüsse 27 und 28 herausgeführt sind. Die Betriebsspannung des ARM-mbed-Moduls beträgt zwar +3,3 V, das Modul verträgt aber auch Eingangsspannungen bis etwas über +5 V. Deshalb kann die Hardware an +5 V betrieben werden, ohne dass Komplikationen zu befürchten sind. Als Temperatursensor kommt die 5-V-Version des TC74 zum Einsatz.

Software im Online-Editor

Dieses Projekt nutzt einige Bibliotheken, die von Anwendern des ARM-mbed-Moduls geschrieben wurden. Besonderer Dank gilt Donatien Garnier, ARM Ltd., Swedish Institute of Computer Science sowie Segundo Equipo. Die Bibliotheken einschließlich Quellcodes können von der Elektor-Website [2] frei heruntergeladen werden. Dies sollte geschehen sein, bevor das ARM-mbed-Modul mit dem PC verbunden wird.

Navigieren Sie nun zur Website des Projekts „mbed“ [3], melden Sie sich an oder loggen Sie sich ein und starten Sie den Compiler. Anschließend führen Sie folgende Schritte aus:

- Klicken Sie in der Menüleiste auf *Import*.
- Wählen Sie *Program, Local Machine* und anschließend *Select file*, um die lokale Datei 130158-11.zip zu selektieren. Entpacken Sie das ZIP-Archiv nicht von Hand!
- Passen Sie gegebenenfalls den Namen der Zieldatei an. Dies ist der Name, den das Programm nach dem Importieren erhält.
- Klicken Sie rechts auf die Schaltfläche *Import*. Jetzt wird die Datei importiert und entpackt. Das Programm steht in main.cpp.

Aufbau der Software

Im TC74 ist die I²C-Adresse fest gespeichert, sie lautet 1001 000. I²C-Adressen bestehen stets aus 7 Bits, das achte Bit kennzeichnet, ob der Master eine Leseoperation (bit = 1) oder eine Schreiboperation (bit = 0) vornehmen will. Das Bit wird vom Master selbstständig rückgesetzt. Beim ARM-mbed-Modul muss der Anwender das Bit 0 anhängen, damit die Adresse schließlich acht Bits lang ist. Falls notwendig, setzt das ARM-

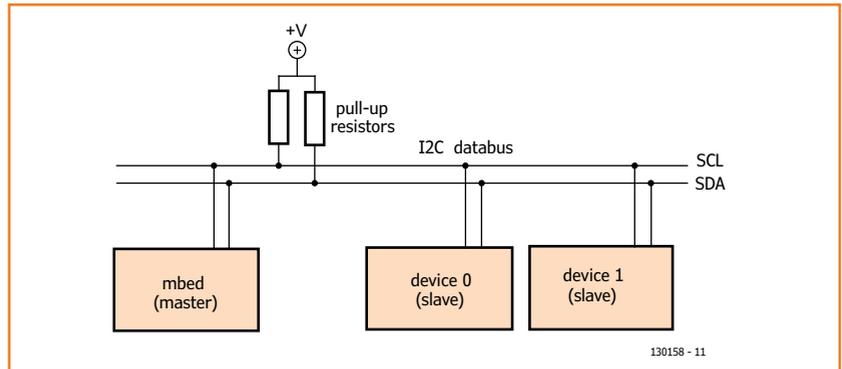


Bild 2. Grundstruktur eines I²C-Busses.

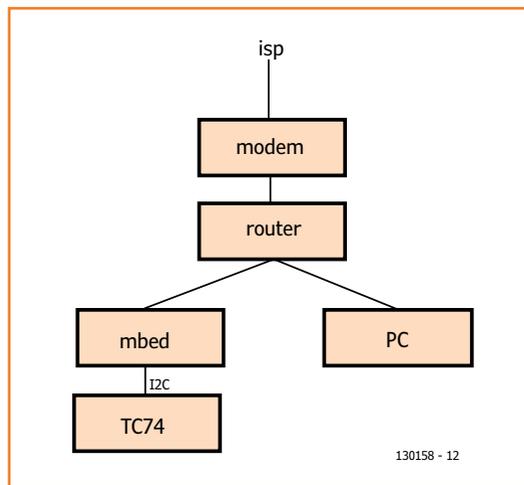
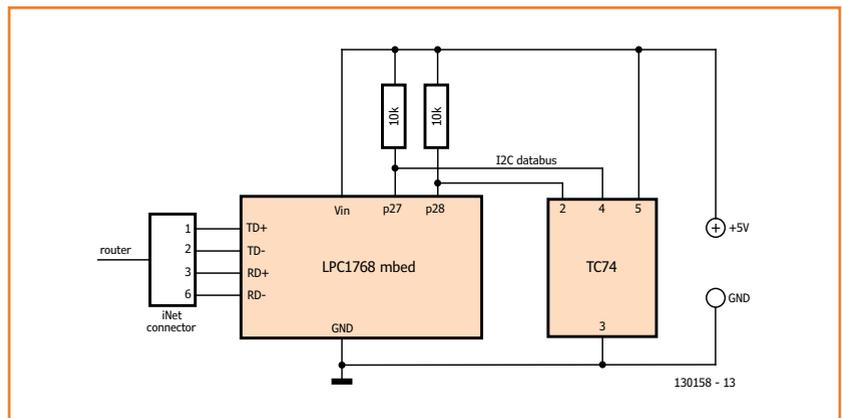


Bild 3. Kopplung des I²C-Busses an das Intranet.

mbed-Modul dieses Bit auf 1. Daraus folgt, dass die I²C-Adresse nicht 1001 000 ist, sie lautet 1001 0000.

Der Ablauf des Datenaustauschs ist im Datenblatt [4] des TC74 beschrieben, **Bild 5** zeigt einen Auszug. Die einfachste Methode, ein Byte zu empfangen, ist das Senden eines Lesekommandos ohne Angabe eines zu lesenden Registers. Diese

Bild 4. Die Hardware mit ARM-mbed-Modul und TC74.



werden: Alle Bits werden invertiert, zum Ergebnis wird der Wert 1 addiert.

Ein Beispiel: Der TC74 gibt als Antwort den dezimalen Wert 201 zurück. Da der Wert über 127 liegt, ist das Zweierkomplement zu bilden:

```
Dezimal 201 = binär    1100 1001
Invertieren           0011 0110
Wert 1 addieren       0000 0001
Ergebnis: 0011 0111 = dezimal 55, was hier
-55 bedeutet.
```

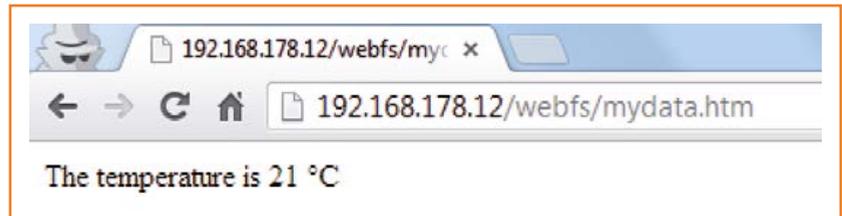
In C dient zum bitweisen Invertieren der Operator NOT (~), anschließend wird 1 addiert. Vor den Temperaturwert wird ein Minuszeichen gesetzt. Außer der I²C-Kommunikation muss das Programm auch die Intranet-Verbindung einrichten und steuern. Das ARM-mbed-Modul fordert vom Router eine IP-Adresse an, die Verbindung gilt als hergestellt, nachdem eine IP-Adresse empfangen wurde.

```
// stelle Intranet-Verbindung mit dem
Router her
EthernetErr ethErr;
int count = 0;
do {
    printf(„Setting up %d...\n\r“,
++count);
    ethErr = eth.setup();
    if (ethErr) printf(„Timeout\n\r“,
ethErr);
} while (ethErr != ETH_OK);
```

Um Zugriffe aus dem Intranet zu erkennen, muss das Kommando `Net::poll()`; periodisch wiederholt werden. Deshalb steht für das Blinken einer LED keine blockierende Delay-Schleife im Programm, stattdessen wird ein Timer verwendet. Zum Zeichen dafür, dass das Programm läuft, blinkt die LED 3 mit der Frequenz 2 Hz.

```
while (true) {
    // auf Zugriff aus dem Intranet
    lauschen
    Net::poll();

    // zeigt an, dass das Programm
    noch läuft
    if (tm.read() > 0.5) {
        led = !led;
```



```
tm.start();
c++;
}
```

Bild 6.
Temperaturanzeige im
Fenster des Webbrowsers.

In der Schleife wird außerdem der Zähler `c` inkrementiert. Sobald der Zähler den Wert 10 erreicht, folgt die Abfrage der Temperatur. Der Wert wird daher periodisch im Abstand von fünf Sekunden aktualisiert. Er wird in die HTML-Seite `mydata.htm` (Bild 6) übernommen, die der Webbrowser auf dem Bildschirm darstellt. Im HTML-Code steht die Anweisung, die Bildschirmausgabe fortlaufend zu aktualisieren, so dass die angezeigten Temperaturen stets aktuell sind. In der zweiten Programmzeile muss die dort stehende IP-Adresse durch die vom Router vergebene Adresse ersetzt werden:

```
fprintf(fp,“<meta http-equiv=“refresh“
content=“5;url=http://192.168.178.12/
webfs/mydata.htm“>\r\n“);
```

Das ungewöhnliche Aussehen der HTML-Anweisung rührt daher, dass die Sprache C bestimmte Zeichen in einem String nicht erlaubt. Einige dieser Zeichen sind jedoch in der HTML-Anweisung notwendig. Damit die Zeichen in C ignoriert werden, muss ihnen ein „\“ (Backslash) vorangehen. In der HTML-Datei hat der String wieder die gewohnte Syntax:

```
<meta http-equiv=“refresh“
content=“5;url=http://192.168.178.12/
webfs/mydata.htm“>
```

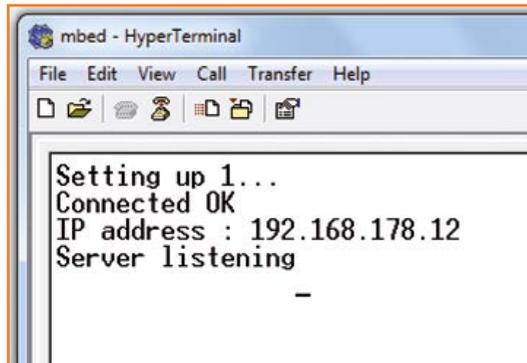
Der C-Compiler quittiert den Backslash mit der Warnung „Unrecognized character escape sequence“, diese Warnung kann bedenkenlos ignoriert werden.

Vier LEDs zur Kontrolle

Die vier im ARM-mbed-Modul integrierten LEDs geben folgende Rückmeldungen:

- LED1 und LED2: I²C-Fehler beim Schreiben in den Temperatursensor TC74

Bild 7.
Meldungen, ausgegeben
über das Hyperterminal.



- LED3: Blinkt, solange das System arbeitet. Dunkel, falls keine Verbindung zum Router besteht.
- LED4: Die HTML-Seite `mydata.htm` wird aktualisiert.

Inbetriebnahme

Gehen Sie bei der Inbetriebnahme unbedingt wie folgt vor:

- Verbinden Sie das ARM-mbed-Modul mit dem Router.
- Schließen Sie die Stromversorgung an, so dass das Modul startet.
- Warten Sie das Login des Routers ab, damit die IP-Adresse gefunden werden kann.
- Öffnen Sie das ARM-mbed-Programm im Editor und passen Sie die IP-Adresse an.
- Laden Sie das Programm in das ARM-mbed-Modul und drücken Sie den Reset-Taster. Warten Sie, bis das Programm gestartet ist.
- Navigieren Sie im Webbrowser zur nachfolgend angegebenen Seite. Die IP-Adresse müssen Sie durch die vom Router vergebene IP-Adresse ersetzen. Im Webbrowser wird die Seite selbsttätig im Abstand von fünf Sekunden aktualisiert:
`192.168.178.12/webfs/mydata.htm`
- Berühren Sie den TC74 großflächig mit den Fingern, um die Temperatur zu steigern. Nach spätestens fünf Sekunden muss sich die Anzeige auf dem Bildschirm ändern.

Fehler beheben

LED1 oder LED2 leuchtet auf

Der I²C-Bus hat ein Problem. Prüfen Sie, ob die Pullup-Widerstände vorhanden sind und an +5 V liegen. Die Betriebsspannung muss stabilisiert sein, die vom ARM-mbed-Modul bereitgestellte Spannung +5 V ist nicht geeignet.

LED3 bleibt dunkel

Wenn das ARM-mbed-Modul nicht in der Router-Liste erscheint, können Sie sich von einem Terminal-Programm wie HyperTerm eventuelle Fehlermeldungen ausgeben lassen. Vorher müssen Sie auf dem PC den zugehörigen seriellen Treiber installieren und das Modul mit dem PC verbinden (9600 Baud, 8 Datenbit, keine Parität, 1 Stoppbit, keine Flusskontrolle). Wie dies geschieht, wird in den Elektor-Büchern „ARM-Mikrocontroller“ 1 und 2 [5][6] sowie auf der Website des mbed-Projekts [3] beschrieben. Die externe Stromversorgung kann angeschlossen bleiben.

Setup bleibt hängen

Die Zahl bei „Setting up“ (Bild 7) läuft hoch, ohne dass eine Verbindung zustande kommt. Dies deutet auf ein Problem im Netzwerk hin. Beispielsweise kann ein Anschluss fehlerhaft sein, eine Leitung ist unterbrochen oder der Router antwortet nicht.

Die IP-Adresse fehlt

Normalerweise weist der Router selbsttätig eine IP-Adresse zu, wenn ein Gerät eine IP-Adresse anfordert. Möglicherweise ist diese Eigenschaft, DHCP genannt, im Router deaktiviert.

Modul reagiert nicht auf den Browser

Prüfen Sie, ob die korrekte IP-Adresse in der Adresszeile steht und das Programm diese Adresse verwendet. Der Fehler tritt auch auf, wenn Ihre Firewall oder andere Sicherheitsmaßnahmen die Verbindung blockieren.

Die kostenfrei herunterladbare Software ist unter [2] zu finden.

(130158)gd

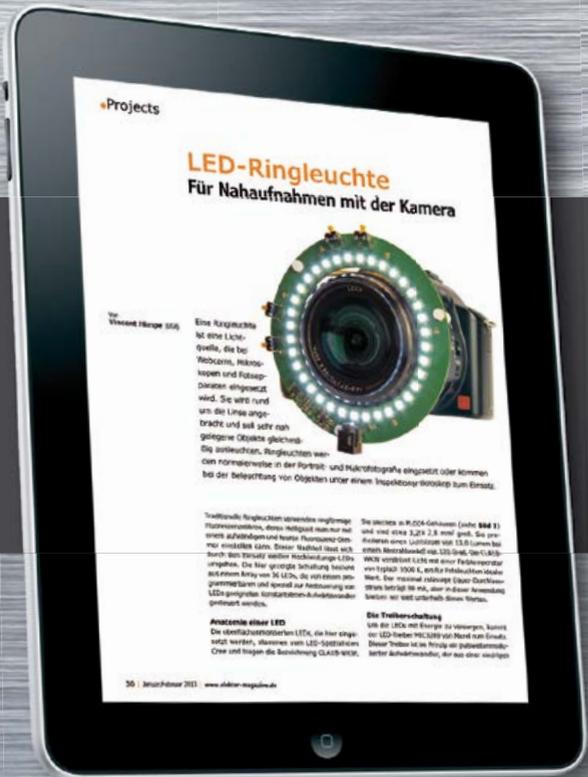
Weblinks

- [1] www.nxp.com/demoboard/OM11043.html
- [2] www.elektor-magazine.de/130158
- [3] <http://mbed.org/>
- [4] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21462D.pdf>
- [5] www.elektor.de/arm-mikrocontroller-1-german
- [6] www.elektor.de/arm-mikrocontroller-2-german

Der Autor

Bert van Dam ist freiberuflicher Verfasser von praxisorientierten Fachbüchern, Lehrmaterialien und Zeitschriftenbeiträgen, in denen es vorwiegend um PIC- und ARM-Mikrocontroller, Raspberry Pi und Artificial Intelligence geht. Die Programmiersprachen JAL, C, Python, Flowcode und Assembler stehen ebenfalls im Blickfeld seiner Publikationen.

Lesen Sie die neue Elektor ein Jahr lang in der ultimativen GOLD-Mitgliedschaft und profitieren Sie von allen Premium-Vorteilen!



Die Elektor-GOLD-Jahresmitgliedschaft bietet Ihnen folgende Leistungen/Vorteile:

- Sie erhalten **10 Elektor-Hefte** (8 Einzelhefte + 2 Doppelausgaben Januar/Februar und Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus.
- **Extra:** Jedes Heft steht Ihnen außerdem als PDF zum sofortigen Download unter www.elektor-magazine.de (für PC/Notebook) oder via App (für Tablet) bereit.
- **Neu & Exklusiv:** Sie erhalten alle 2 Wochen per E-Mail ein neues Extra-Schaltungsprojekt (frisch aus dem Elektor-Labor).
- **Neu & Exklusiv:** Wir gewähren Ihnen bei jeder Online-Bestellung 10% Rabatt auf alle unsere Webshop-Produkte – dauerhaft!
- **Neu & Exklusiv:** Der Online-Zugang zum neuen Community-Bereich www.elektor-labs.com bietet Ihnen zusätzliche Bauprojekte und Schaltungsideen.
- **Extra:** Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD (Wert: 27,50 €) ist bereits im Mitgliedsbeitrag inbegriffen. Diese DVD schicken wir Ihnen sofort nach Erscheinen automatisch zu.
- **Extra:** Top-Wunschprämie (im Wert von 30 €) gibts als Dankeschön GRATIS obendrauf!

UMWELTSCHONEND – GÜNSTIG – GREEN

Möchten Sie Elektor lieber im elektronischen Format beziehen? Dann ist die neue GREEN-Mitgliedschaft ideal für Sie! Die GREEN-Mitgliedschaft bietet (abgesehen von den 10 Printausgaben) alle Leistungen und Vorteile der GOLD-Mitgliedschaft.



Jetzt Mitglied werden unter www.elektor.de/mitglied!

Akustikkoppler **Speedy 1200+** Die Telekom unter Druck

Von
Gerd Kowalewski (D)

Vielleicht haben Sie schon einmal davon gehört, dass man „früher“ mit einem Modem „online“ ging, indem man sich über die Telefonleitung in ein Mailbox-System einwählte. Hier geht es sogar um den Vorläufer dieser Modems: den Akustikkoppler. Heute ist das Schnee von Vorgestern, aber Anfang der 1980er Jahre sorgte diese Technik für allerhand Wirbel im Management der damals noch staatlichen „Deutschen Bundespost“...



Zunächst muss man aber allen, die heute unter 40 sind, etwas helfen, denn Begriffe wie ACK oder Modem sind im Internetzeitalter fast ausgestorben. Auch dass „Modem“ ein Kunstwort aus **Modulator + Demodulator** ist, eine Mailbox ein Computersystem zum Informationsaustausch in der Prä-E-Mail-Ära war und selbst der PC damals holprig „Personal Computer“ geschimpft wurde, ist eher historisches Wissen.

In den frühen 1980er Jahren wurden Daten per Akustikkoppler über das normale analoge Telefonnetz übertragen. Das galt übrigens sogar für das damals hochmoderne C-Netz, mit dem Autotelefone betrieben wurden, die Vorläufer der heutigen Handys. In den USA nannte man solch einen Apparat übrigens „acoustic coupler“ oder schlicht „Muff“. Denn auf das Gerät konnte man den Hörer eines normalen Telefons so aufstecken, dass Mikrophon und Ohrhörer dieses „Hörers“ fest umschlossen waren. Die akustische Übertragung der Daten war daher abgeschirmt und wurde

kaum von anderen Geräuschen wie z.B. einem Gespräch gestört.

Historisch, technisch

Technisch gesehen wurde da einfach ein FSK-Modulator und -Demodulator (**F**requency **S**hift **K**eying = Frequenzumtastung) über eine asynchrone serielle Schnittstelle (USA: RS232C; EU: CCITT V.24/V.28) an einen dieser neomodischen Desktop-Computer angebunden. Letzterer war häufig vom technikbegeisterten User selbst (zusammen)gebaut.

Der Akustikkoppler hinterließ auch Spuren, z.B. im Kultfilm „War Games“ von 1983. Hier krochen die ASCII-Zeichen im Gänsemarsch mit atemberaubenden 300 Bd über einen grünen Röhrenmonitor, als sich ein Teenager in den Super-Computer des US-Militärs eingehackte und „bloß mal“ gegen diesen das Spiel „Thermonuklearkrieg“ spielen wollte.

Mit zwei Sprachkanal-kompatiblen FSK-Frequenzen erreichte man nach dem US-Standard Bell 103 eine DFÜ von unglaublichen 300 Bd „full duplex“ oder nach Bell 202 im „Highspeed Mode“ sogar überschallmäßige 1200 Bd „half duplex“. Die entsprechenden EU-Standards nach CCITT waren V.21 (voll-) oder V.23 (halbduplex). Damit konnte man einen bzw. sogar zwei Datenkanäle im mit Störungen verseuchten schmalen Sprachband (300...3.400 Hz, realistisch max. 2.500 Hz) einer Telefonleitung unterbringen, wenn die Leitungen und die aktuelle Verbindungsqualität dies zuließ. Halbduplex bedeutet dabei Übertragung auf einer Einbahnstraße, deren Richtung vom Datenübertragungsprotokoll (Schlagworte Kermit und Xmodem...) passend hin und her geschaltet wurde. Dann gab es da noch einen Hybriden namens CCITT V.23, der sich Split-Mode nannte: Hier

EST^D 2004

Retronik ist eine monatliche Rubrik, die antiker Elektronik und legendären Elektor-Schaltungen ihre Referenz erweist. Beiträge, Vorschläge und Anfragen telegrafieren Sie bitte an Jan Buiting (editor@elektor.com).

wurde ein schneller Empfangskanal (1200 Bd) mit einem langsamen Sendekanal (75 Bd) kombiniert. Auf dieser Methode basierte das spezifisch deutsche „Datex-P“, damals bekannt unter „Bildschirmtext“ – erdacht und erdacht von Deutsche Bundespost. In Frankreich gab es ein ähnliches, leicht besseres System namens „Minitel“. Übrigens waren die bekannten ICs XR2206 (vom Oktober 1976!) und XR2211 von EXAR sowie andere Chips wie der AM7910 von AMD und der 73K22x von Silicon Systems speziell für den Einsatz in Akustikkopplern gedacht. Damals waren EXAR/TI, Rockwell, AT&T und US Robotics die Big Player auf dem prosperierenden Markt solcher Datenschleudern.

CCITT V.22

Beim Akustikkoppler Speedy 1200+ handelt es sich um eines der wenigen Geräte, die auch erfolgreich im deutschen C-Netz liefen. Diese dritte Evolutionsstufe von Funktelefonie erfreute sich gerade bei Geschäftsleuten, Vielreisenden und sonstigen VIPs großer Beliebtheit. Die Evolution vom A- übers B- zum C-Netz wird in einem zukünftigen Retronik-Artikel beschrieben.

Beim Speedy 1200+ wurde zum ersten Mal die DPSK-Modulation für 1200 Bd vollduplex nach CCITT V.22 eingesetzt, was die schwankende Qualität des Sprachkanals viel besser ausnutzte. Eine weitere Besonderheit war die (schaltbare) induktive Kopplung. Das Signal des Ohrhörers konnte aus dessen Magnetfeld detektiert werden. Damit wurden akustische Störungen zumindest auf der Empfangsseite komplett ausgeschlossen. Der Wahlschalter war erforderlich, weil manche Hörer nicht mit einem dynamischen, sondern einem Piezo-Schallwandler (ohne Magnetfeld) ausgestattet waren. Selbstverständlich beherrschte der Akustikkoppler auch den älteren CCITT-Standard V.21 mit 300 Bd vollduplex, wählbar für die Modi „Originate“ oder „Answer“.

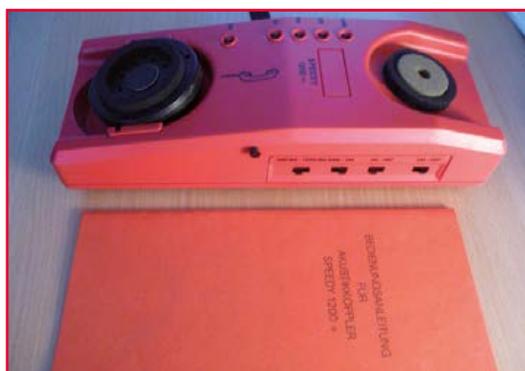
Öffnet man ein Speedy 1200+, dann findet man in der Elektronik den DSP 73K222 von Silicon Systems (später TDK) sowie den Mikrocontroller 80C39 samt 8 KB EPROM plus V.28-Interface-Treiber, Opamps, LEDs und Schalter.

Viele Länder, viele Standards

Mein Speedy 1200+ bekam ich von meinem Bruder geschenkt, dem es auffiel, als er seinen alten Technik-Krempel entsorgte. Es war nämlich immer noch originalverpackt! Das gute Stück hatte für mich eine besondere Bedeutung, denn um 1986

arbeitete ich für einige Jahre für dessen Hersteller, die CPV GmbH in Norderstedt bei Hamburg. Das waren richtige Wildwest-Zeiten in Deutschland mit viel Unruhe und heftigen Umbrüchen im Bereich der Telekommunikation. Damals wurde nämlich die DBP (**D**eutsche **B**undes**p**ost) durch EU-Regulierungen gezwungen, ihre bis dahin abgeschotteten Netzwerke zu öffnen und etliche der bis dahin geltenden rigiden technischen Regelwerke aufzuweichen sowie internationalen Wettbewerb zuzulassen.

In dieser aufregenden Zeit gab es heftige Konfrontationen zwischen der Industrie und dem damaligen „Bundesministerium für das Post und Fernmeldewesen“. Ziel war, das Monopol und die verkrusteten Strukturen der DBP aufzubrechen. Speziell ging es dabei auch um die ausufernden Tests des



Erfinder

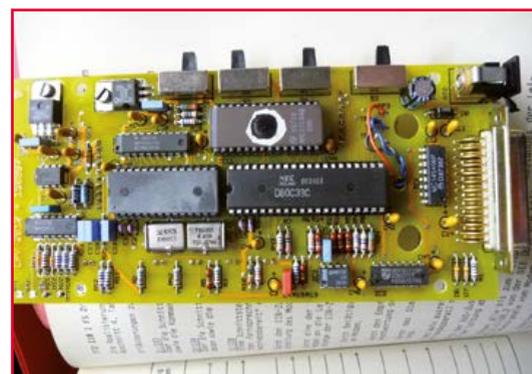
Dem taub geborenen Physiker und Amateurfunker Robert Weitbrecht (1920 - 1983) gelang im Mai 1964 eine erste Fernverbindung mit seiner „acoustic coupler device“ genannten Erfindung, die mit einem TTY (Fernschreiber) gekoppelt war. Sein so genannter „deaf TT“ revolutionierte die Kommunikation tauber Menschen auf der ganzen Welt. Bald darauf ersetzten leichte und portable elektrische Schreibmaschinen mit Akustikkopplern die ersten monströsen Fernschreiber (siehe das Modell 700 von TI [1]). Diese Idee wurde dann später von der Computer-Community weiterentwickelt.

ZZF (**Z**entralamt für **Z**ulassungen im **F**ernmeldewesen) in Saarbrücken, dessen unerklärte Absicht es war, ausländischen Firmen den Zugang zum deutschen Markt für ihre Telekommunikationsgeräte so schwer wie möglich zu machen. Das war die Zeit, als ein von der DBP bzw. ZZF zugelassenes Modem mit 300/1.200 Bd nach CCITT V.21/23 zum unverschämten Wucherpreis von rund DM 3.000 angeboten wurde. Hersteller aus dem fernen Osten und der USA kapitulierten nämlich angesichts der enormen Kosten einer ZZF-Prüfung (lediglich für den deutschen Markt).

Sogar später noch, als es schon Laptops gab und US-Standards die Modem-Welt dominierten, gab es nur eine Handvoll zugelassener Geräte, die das FTZ-Siegel mit dem alten Posthorn-Symbol

samt Zulassungsnummer trugen.

Genau zu dieser Zeit warf die kleine Firma CPV ihren Hut in den Ring. CPV entwickelte etliche zugelassene Modems für viele international bekannte und einige deutsche Laptop-Hersteller. Wichtig zu wissen ist, dass es damals trotz EU noch keine wirklich europäische Telekommunikation gab. Jedes EU-Land und auch die Schweiz hatte seine eigenen nationalen Zulassungsbehörden und Verfahren. Kein Wunder, dass dieser europäische Flickenteppich gerade die Massenhersteller von Telekommunikationsgeräten in die Verzweiflung trieb.



Mittlerweile hat sich die Situation ein ganzes Stück verbessert. Sowohl EU-weite als auch nationale Regeln sind jetzt viel weniger restriktiv. Ein aktuelles Modem kostet vielleicht um die 15 Euro, und die Datenrate wird heute in Mbit/s und demnächst gar in Gbit/s gemessen.

Nachfolger

Für dieses spezielle Gerät war die DBP gezwungen, eine eigene Geräteklasse einzuführen, denn niemand hatte es bis dahin für möglich gehalten, dass V.22 mit einem Akustikkoppler möglich sei! Und schließlich bekam es dann auch sein eigenes amtliches Siegel mit dem Posthorn, wodurch es im deutschen Telefonnetz endlich benutzt werden durfte. Ein späterer, verbesserter Nachfolger war schon mit einer optischen Schnittstelle mitsamt DBP-Segen ausgestattet. Es eignete sich sogar für den Einsatz mit den engen Slots der damaligen Laptops. Eine andere Version mit FCC68-Zulassung arbeitete mit Datenkompression und MNP4-Fehlerkorrektur. Es wurde auf der COMDEX Electronic Show vorgestellt, flopte aber auf dem amerikanischen Markt.

(130465)

Weblink

[1] <http://deafness.about.com/od/peopleindeafhistory/a/weitbrecht.htm>

Weitere Informationen

Eine kleine Übersicht an Akustikkopplern:

http://commons.wikimedia.org/wiki/category:acoustic_couplers

Zu sehen sind:

Dataphone S21 (Woerltronic, Cadolzburg bei Nürnberg)

CX-21 (Epson)

AK2000 (EDV-Kontor GmbH)

Datenklo (Chaos Computer Club, 1985)

AM211 (Anderson-Jacobson)

„307“ (TRANSDATA)

Silent 700 (Texas Instruments - aus der RCS/RI-Sammlung)

Außerdem:

Telecoupler II (Road Warrior Intl.) - kann angeblich 33,4 kBd

Carterphone (1959) - historischer Akustikkoppler

Hexadoku Sudoku für Elektroniker

Nichts zu löten, nichts zu programmieren? Macht nichts – unser Hexadoku lässt garantiert keine Langeweile aufkommen. Als Hilfsmittel brauchen Sie nur einen Bleistift und Ihre kleinen grauen Zellen. Geben Sie Ihr Bestes, denn mit etwas Glück können Sie einen von fünf schönen Elektor-Buchgutscheinen gewinnen!

Die Regeln dieses Rätsels sind ganz einfach zu verstehen: Bei einem Hexadoku werden die Hexadezimalzahlen 0 bis F verwendet, was für Elektroniker und Programmierer ja durchaus passend ist. Füllen Sie das Diagramm mit seinen 16 x 16 Kästchen so aus, dass alle Hexadezimalzahlen von 0 bis F (also 0 bis 9 und A bis F) in jeder Reihe, jeder Spalte und in jedem Fach mit 4 x 4 Kästchen (markiert durch

die dickeren schwarzen Linien) **genau einmal** vorkommen. Einige Zahlen sind bereits eingetragen, was die Ausgangssituation des Rätsels bestimmt.

Wer das Rätsel löst - sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet - kann einen von fünf Buchgutscheinen 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 – Süsterfeldstr. 25 – 52072 Aachen

Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 30. Juni 2014!

Die Gewinner des Hexadokus aus der April-Ausgabe stehen fest!

Die richtige Lösung ist: **A0263**.

Einen Elektor-Buchgutschein über je 50 € haben gewonnen:

Arno Habermann, Eric Chamouard, Pascual Alagon Luna, Tim Royall und Panagiotis S. Krokidis.

Herzlichen Glückwunsch!

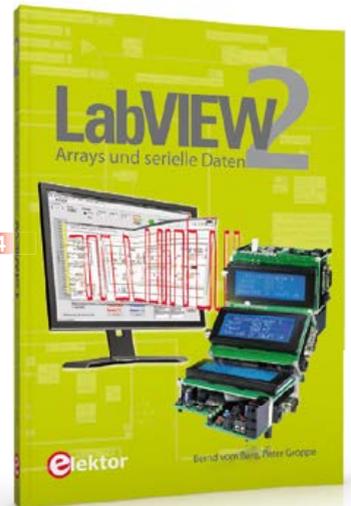
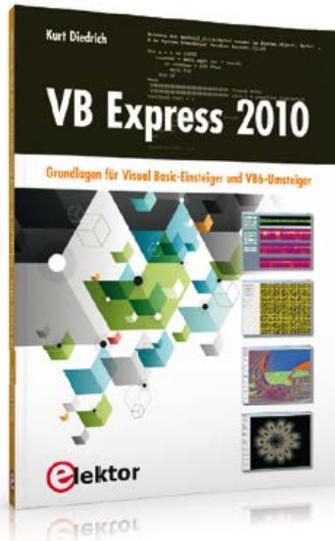
	A	E	6	9	2				0			5		8	D	
5					4		1	2		3	7			B	C	6
		F						5								4
	B		8	E	5	F			9		D				0	1
	4	2	B		1	7		3								
	3		5	2					B	F	0					C
							A		1				0	4	2	B
				4		C	B	8					1			A
			F		4	E	B					3				8
							5		3			A	C	E	F	
	7		2	D					5	1	F					9
	E	3	C		A	B		0								
	0		A	5	8	E			7		1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

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

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



NEU



Theorie und Praxis mit Multisim
1 Grundsaltungen der Elektronik

Dieses Buch ist ein Nachschlagewerk über Elektronik mit praxisorientierten Fakten und ausführlichen Erklärungen. Der Autor hat selbst für komplexe Vorgänge oder Formeln praktische kurze Erklärungen und Näherungsrechnungen entwickelt, ohne die Darstellungen zu simplifizieren. Als Ausgangspunkt wurde das Simulationsprogramm Multisim gewählt, das zahlreiche Bauelemente und umfangreiche Messinstrumente zur Verfügung stellt.
360 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-286-4
€ 44,00 • CHF 54,60

Grundlagen für Visual Basic-Einsteiger und VB6-Umsteiger
2 VB Express 2010

Dieses Buch unterstützt den Anwender bei den ersten Schritten mit Visual Basic, in dem es sich auf die Werkzeuge der Toolbox und deren Eigenschaften konzentriert, die zum Schreiben praktisch verwertbarer Programme notwendig sind. Zu jedem Thema findet

der Leser ausführlich kommentierte Beispielprogramme, die er selbst ausprobieren kann und die sich auf das Mindeste beschränken, was zum Starten der Software notwendig ist.
284 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-269-7
€ 34,80 • CHF 43,20

45 Experimente mit Hard- und Software für Elektroniker
3 Raspberry Pi

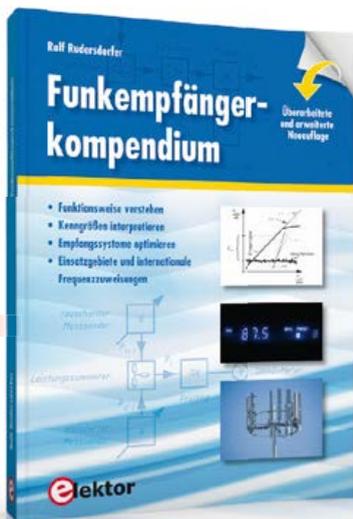
Dieses Buch beschreibt 45 spannende und interessante Projekte mit Raspberry Pi, wie zum Beispiel ein Wechselblinklicht, eine Motorregelung, Erzeugen und Verarbeiten analoger Signale, ein digitales Thermometer, ein Lichtmesser. Aber auch kompliziertere Projekte wie eine Motor-Geschwindigkeitsregelung, ein Webserver mit CGI (Common Gateway Interface) und Client-Server-Programme werden vorgestellt. Sie können dieses Buch als Projektbuch verwenden und die Projekte nachbauen, um sie dann in der Praxis einzusetzen.
271 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-273-4
€ 39,80 • CHF 49,40

Arrays und serielle Daten
4 LabVIEW 2

Der zweite Band der LabVIEW-Lehrbuchreihe beschäftigt sich u.a. mit Arrays, Cluster und den seriellen VISA-Funktionen. Als Erstes werden vier neue zusammengesetzte Datentypen (Enum, Ring, Array, Cluster) vorgestellt und deren Verwendung wird anhand zahlreicher praktischer Beispiele und Übungen erläutert. Danach wird es praktisch: Ein 8051er-Mikrocontrollersystem dient dabei als Datenquelle und -senke für verschiedene LabVIEW-VIs.
248 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-274-1
€ 34,80 • CHF 43,20

Der professionelle Ratgeber für Funkempfängertechnik
5 Funkempfängerkompodium

Wollten Sie schon immer wissen, wie sich die klassische Funkempfängertechnik fortentwickelt hat? Wie funktionieren professionelle Funkempfänger heute und was können sie leisten? Welche Empfangssysteme und Techniken stehen heute zur Verfügung? Möchten Sie



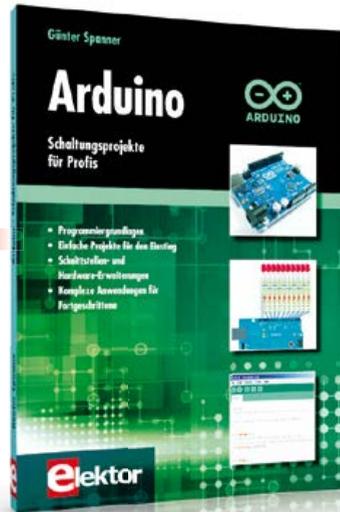
5

auch ausgefallene Anwendungen von Empfängern kennenlernen und wissen, wie ein Software Defined Radio (Digitalempfänger) nun wirklich funktioniert und was der letzte Stand der entsprechenden Technik kann? In diesem Buch findet man die Antworten!
397 Seiten (geb.) • ISBN 978-3-89576-276-5
€ 49,00 • CHF 60,80

Schaltungsprojekte für Profis

6 Arduino

Für den großen Erfolg der Arduino-Plattform lassen sich zwei Ursachen finden. Zum einen wird durch das fertige Board der Einstieg in die Hardware enorm erleichtert; der zweite Erfolgsfaktor ist die kostenlos verfügbare Programmieroberfläche. Unterstützt wird der Arduino-Anwender durch eine Fülle von Software-Bibliotheken. Die täglich wachsende Flut von Libraries stellt den Einsteiger vor erste Probleme. Nach einfachen Einführungsbeispielen ist der weitere Weg nicht mehr klar erkennbar, weil oft detaillierte Projektbeschreibungen fehlen. Hier setzt dieses Buch an. Systematisch werden Projekte vorgestellt, die in verschiedene Themengebiete einführen. Dabei wird neben den erforderlichen theoretischen Grundlagen



6

stets größter Wert auf eine praxisorientierte Ausrichtung gelegt.

270 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-257-4
€ 39,80 • CHF 49,40

91 spannende Geschichten elektronischer Antiquitäten

7 Retronik

Dieses Buch ist eine Zusammenstellung von 91 Retronik-Beiträgen, die zwischen 2004 und 2013 veröffentlicht wurden. Bei diesen Geschichten geht es um alte Messgeräte, prähistorische Computer, längst vergessene Bauteile und populäre Projekte aus älteren Elektor-Ausgaben. Alle Geschichten haben Eines gemeinsam: Der Kenner schmunzelt, staunt und schwelgt nostalgisch in längst vergangenen elektronischen Zeitaltern.
230 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-291-8
€ 32,80 • CHF 40,70

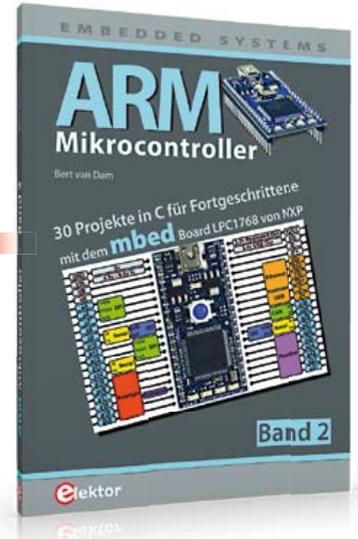
30 Projekte in C für Fortgeschrittene

8 ARM-Mikrocontroller 2

Die im Buch beschriebenen Projekte mit dem mbed-Board sind für Einsteiger in C und ARM-Mikrocon-



7



8

troller ausgelegt. Der mbed NXP LPC1768 nutzt Cloud-Technologie, ein revolutionäres Konzept in der Software-Entwicklung.

Es bedeutet, dass man keinerlei Software auf seinem PC installieren muss, um den mbed zu programmieren. Das Einzige, was Sie brauchen, ist ein Webbrowser mit Internetzugang und einen freien USB-Anschluss an Ihrem PC.

243 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-271-0
€ 39,80 • CHF 49,40

NEU

Weitere Informationen zu unseren Produkten sowie das gesamte Verlagsortiment finden Sie auf der Elektor-Website:

www.elektor.de

Elektor-Verlag GmbH
 Süsterfeldstr. 25
 52072 Aachen
 Tel. +49 (0)241 88 909-0
 Fax +49 (0)241 88 909-77
 E-Mail: bestellung@elektor.de

Elektor-Sommer-Special 2014 – Die extra-starke Doppelausgabe mit extra-vielen Schaltungen!

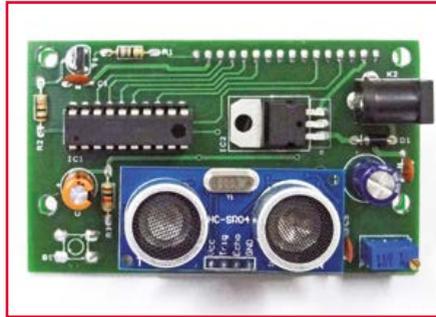
Der Sommer naht: Im nächsten Monat erscheint die Sommerausgabe von Elektor. Auch in diesem Jahr setzen wir die langjährige Tradition fort und schnüren wieder ein buntes Paket aus brandneuen Ideen, cleveren Schaltungen, erprobter Software und nachbau-sicheren Projekten. Schon jetzt laufen die Räder auf Hochtouren, damit Sie, lieber Elektor-Leser, in einigen Wochen zu einer neuen, sommerlichen Reise durch die farbenreiche Landschaft der Elektronik starten können. Freuen Sie sich auf den Sommer mit viel spannendem Lesestoff!

Aus dem Inhalt:



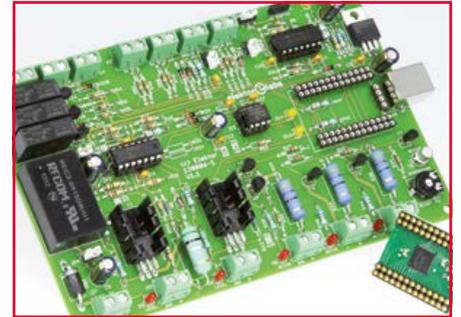
Schaltendes Netzgerät

Ein Flachtransformator mit Wicklungen aus Platinenbahnen ist sicher nicht alltäglich. Bis zu 30 V und 1 A kann das Netzgerät liefern. Zwei LED-Displays zeigen die Werte von Spannung und Strom an. Bei Gefahr trennt ein Relais den Ausgang von der Last.



Ultraschall-Distanzmesser

Das kleine, handliche Gerät misst kurze Entfernungen mit zwei Ultraschall-Sensoren und einem Mikrocontroller ATtiny4313. Auf einem zweizeiligen LC-Display wird der gemessene Wert wahlweise in Millimetern, Zentimetern, Inches, Feet oder Yards angezeigt.



IO-Warrior Extension-Board

Das Board ist mit einer Vielzahl an Eingängen und Ausgängen ausgestattet, seine Stärke sind das Messen, Steuern und Regeln per PC. Ein IO-Warrior-Modul übernimmt die Kommunikation mit dem Computer über USB. Dazu gibt's Demo-Code für das kostenlose Visual Basic Express.

Elektor Juli/August 2014 erscheint am 25. Juni 2014.

Änderungen vorbehalten!

Verkaufsstellen findet man unter www.pressekaufen.de.

See what's brewing
@ Elektor Labs 24/7

Check out
www.elektor-labs.com
and join, share, participate!

The screenshot shows the 'elektor labs' website with the tagline 'Sharing Electronics Projects'. The navigation bar includes 'Home', 'Proposals', 'In Progress', and 'Finished'. The main content area features a 'Project Proposals' section with a list of projects, including 'How to use Whatsapp with Raspberry Pi' (30 views), 'READY : Outside temperature via Bluetooth BLE 4.0' (4,070 views), and 'Solar-Morse-Thermometer' (79 views). There are also sections for 'Create a Project', 'Not a member?', 'Challenges' (WIZnet Connect the Magic 2014 Design Challenge), and 'Join a Project!'.

Professionelle Hard- & Software zum Sonderpreis!

Exklusiv für Studenten!

Als neuer Vertriebspartner von National Instruments bietet Elektor ab sofort die Produkte der NI-Plattform für Ausbildung und Lehre für Studenten und schulische Einrichtungen an. Diese edukative Plattform vereint Hardware, Software und Unterrichtsmaterial, um Schülern und Studenten ein attraktives und inspirierendes Lernumfeld zu ermöglichen.

LabVIEW

Mit der Systemdesignsoftware *LabVIEW* können Studenten praxisorientiert anhand von Projekten und Systemen in einer einzigen Umgebung lernen und sich so Fähigkeiten und Verfahrensweisen aneignen, die im späteren Berufsleben unschätzbar sind.



Circuit Design Suite

Die *Circuit Design Suite* umfasst *Multisim* und *Ultiboard* und ist eine vollständige Plattform für Entwurf, Simulation und Validierung von Schaltplänen sowie den Leiterplattenentwurf. Die Suite verfügt über Funktionen, die speziell auf die Anforderungen von Studenten zugeschnitten sind, die bei der Entwicklung von elektronischen Konzepten hilfreich sind.



myDAQ

Bei *myDAQ* handelt es sich um ein kostengünstiges Datenerfassungsgerät, das überall und jederzeit Messungen und Analysen physikalischer Signale ermöglicht. *myDAQ* ist kompakt und portabel, sodass Studenten auch außerhalb des Labors und unter Einsatz branchenüblicher Werkzeuge und Methoden praktische Erfahrungen sammeln können.



Studentenversionen:

- Der Preis von **LabVIEW** und **Circuit Design Suite** beträgt jeweils als Software-Download nur 23,95 € bzw. als Software-DVD nur 27,90 € (inkl. Versand).
- Das **myDAQ Education-Kit** bestehend aus *myDAQ* + 3 Software-DVDs (*LabVIEW*, *Circuit Design Suite* und *DIAdem*) kostet nur 179,95 € (inkl. Versand).

Jetzt bestellen unter www.elektor.de/ni-plattform!

Kundenbewertungen



Über 97 % unserer Kunden sind vom reichelt-Service überzeugt*
 *Quelle: Shopauskunft.de (15.01.2014)



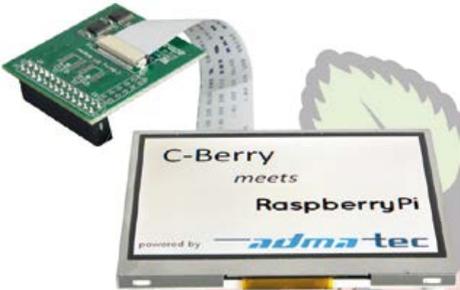
NEUESTE ENTWICKLUNGS-TOOLS

ZU EINEM TOP-PREIS!



Hochwertiges LCD-Modul

- 600 cd/m² (high brightness) TFT
- integrierter Grafikkontroller RA8870
- Adapterplatine zum Aufstecken auf den Raspberry Pi Modell B
- FFC-Verbindungskabel (30-polig, 10 cm) von Adapter-Platine zum TFT



RASP C-BERRY **39,95**

Reduziert!

Raspberry Pi, Modell B

mit 512 MB RAM

- Broadcom BCM2835
- 700 MHz ARM Prozessor
- Open GL ES 2.0, OpenVG
- 10/100 BaseT-Ethernet-Buchse
- HDMI-/RCA-Composite-Videobuchse
- SD-Karten-Steckplatz
- 2x USB 2.0

RASPBERRY PI B
29,95

NEU *** NEU

Atmel-ICE

leistungsfähiges Entwicklungstool für das Debugging und die Programmierung von Atmel ARM Cortex-M auf Basis der Atmel SAM und AVR Mikrocontroller mit on-chip-debug-Fähigkeit.

- unterstützt JTAG, SWD, PDI, TPI, aWire, SPI und debugwire -Schnittstellen
- Full Source - Level-Debugging in Atmel Studio
- unterstützt alle eingebauten Hardware-Breakpoints im Ziel-Mikrocontroller

AT ATMEL-ICE **119,95**



RPI Erweiterung NFC-konform mit NFC-Karte

- voll NFC Forum konformes NFC IC auf der Basis des NXP PN512
- erfüllt alle 3 NFC-Modi
- Reader Mode unterstützt 4 NFC Tag Typen und proprietäre NXP MIFARE Befehle
- FFC-Verbindungskabel (30 polig, 10 cm) von Adapter-Platine zum TFT

Kontaktloser Datenaustausch für Ihren Raspberry Pi!



RASP EXPLORE NFC **22,95**

beaglebone ARM Cortex A8 Entwicklungsboard

auf Linux basierende Entwicklungsumgebung im Kreditkartenformat.

- 256 MB DDR2-RAM
- 3D-Grafikbeschleuniger
- 2x PRU 32-Bit-RISC-CPU's
- USB-Client: Power, Debug- und Device
- USB-Host • Ethernet • 2x 46 Pin Header
- geliefert mit 4 GB microSD-Karte

BEAGLEBONE ARM **89,95**



Jetzt bestellen: www.reichelt.de

Bestell-Hotline: +49 (0)4422 955-333

Katalog 06/2014!

Kostenlos - Jetzt anfordern!

Für Verbraucher: Es gelten die gesetzlichen Widerrufsregelungen. Alle angegebenen Preise in € inklusive der gesetzlichen MwSt., ab Lager Sande, zzgl. Versandkosten für den gesamten Warenkorb. Es gelten ausschließlich unsere AGB (unter www.reichelt.de/agb, im Katalog oder auf Anforderung). Zwischenverkauf vorbehalten. Alle Produktnamen und Logos sind Eigentum der jeweiligen Hersteller. Abbildungen ähnlich. Druckfehler, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. reichelt elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, 26452 Sande (HRA 200654 Oldenburg)