

# e lektor

www.elektor.de

## **Preamplifier 2012** **High-End-Audio-Vorverstärker**



**Teil 1:**  
**Line-In**  
**Klang**  
**Lautstärke**  
**Ausgänge**

### **RS485-Relais-Platine für die Hausautomatisierung**

Zwei 230-V-Verbraucher schalten mit PC, Smartphone & Co.

### **SDR mit AVR (2)**

Universelles Empfänger-Board

### **LED-Touchpanel**

Berührungen detektieren mit 8 x 8 LEDs

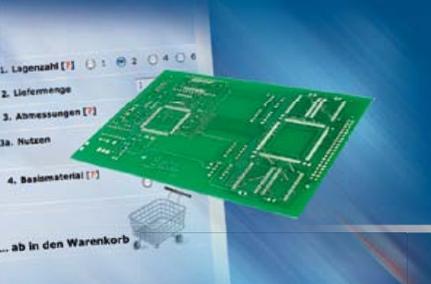
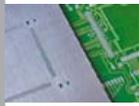


DAS ORIGINAL SEIT 1994

**PCB-POOL**<sup>®</sup>

Beta LAYOUT

# Oft kopiert – doch nie erreicht:

	PCB-POOL <sup>®</sup> Beta LAYOUT	Basista	Euro-circuits	Leiton	WEdirekt	multi-cb
 Leiterplatten online kalkulieren	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 FREE STENCIL	✓	—	—	—	—	—
 Bestückung online	✓	—	—	—	—	—
 Kostenlose Layoutsoftware	✓	—	—	—	—	—
 Bewertungs-Rabattsystem	✓	—	—	—	—	—
 Akzeptierte Layoutformate	16	6	1	3	5	3
 Kollisionsprüfung zum Anfassen	✓	—	—	—	—	—
 Auftragsverfolgung mit Ansprechpartner	✓	—	—	—	—	—
 Watch"ur"PCB	✓	—	—	—	—	—
 Pünktlich oder kostenlos	✓	—	—	✓	—	—
 8h-Eilservice	✓	✓	—	—	—	—
 Online Daten-Restore Service	✓	—	—	—	—	—

Hi Michay  
wenn du einfach nur  
billig suchst probier mal:  
  
www.jackaltac.com

Das Original seit 1994!

[www.pcb-pool.com](http://www.pcb-pool.com)

**Beta**  
LAYOUT

PCB-POOL<sup>®</sup> ist eine eingetragene Marke der Beta LAYOUT GmbH

**Wir sind PIC®-Fans.  
Genau wie Sie.**

Benutzer-Oberflächen für grafische LCDs einfach und elegant mit **Visual TFT™** et **Visual GLCD™** erstellen. Sie konzentrieren sich auf das Design und die Software erzeugt automatisch den passenden Code.



Über 200 IDC10- und mikroBUS™-kompatible Click™-Erweiterungs-Boards erleichtern die Realisierung Ihrer Ideen.

**EasyPIC PRO™ v7** ist die beste Lösung für PIC18®-Chips mit vielen Pins mit 3,3-V- und 5-V-Versorgung. Es bringt einen on-board-ICD, dreimikroBUS™-Steckplätze und viele Module mit.



**EasyPIC™ v7** ist die siebte Generation unseres bekannten PIC-Entwicklungs-Boards. Seine duale Stromversorgung liefert 3,3 V sowie 5 V und unterstützt über 250 PIC-Mikrocontroller. Es enthält einen on-board-ICD, zwei mikroBUS™-Steckplätze sowie viele Module.



**mikromedia™** für PIC® 18FJ ist eine Art Schweizer Offiziersmesser für Multimedia-Entwickler. Es ist voll gepackt mit Multimedia-Peripherie.



Nehmen Sie den Compiler Ihrer Lieblings-Programmiersprache: **mikroC™**, **mikroBasic™** oder **mikroPascal™**. Mit über 500 Library-Funktionen, vielen Beispielen und einer tollen Hilfe ist das Projekt schnell erledigt.

**mikroProg™** ist ein schneller USB-2.0-Programmer mit mikroICD™-Hardware-In-Circuit Debugger. Er unterstützt über 570 PIC®, dsPIC®- und PIC32®-Controller.



# KOMPLETTE PIC® ENTWICKLUNGSUMGEBUNG

## Bitte per E-Mail

Als Chefredakteur bin ich nicht nur dafür verantwortlich, dass jeden Monat eine Ausgabe mit möglichst interessantem Inhalt erscheint. Auch die Kommunikation mit Projekt-Partnern, Autoren und Lesern gehört zu meinen Aufgaben. Aufgrund der nötigen Neustrukturierung des Verlags (die Gesamt-Redaktion muss einige zusätzliche Aufgaben wie zum Beispiel den Aufbau der neuen Community-Website schultern) habe ich für diesen Bereich leider viel weniger Zeit als mein Vorgänger. So schwer es mir fällt: Auf Briefe und Faxe kann ich nur noch in Ausnahmefällen reagieren. Und Telefonanrufe verfehlen ihren Zweck, schnell Auskunft zu bekommen. Ich muss in 95% der Fälle darum bitten, eine E-Mail an die Redaktionsadresse [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de) zu schicken, weil ein Kollege oder Autor um Rat gefragt werden muss.

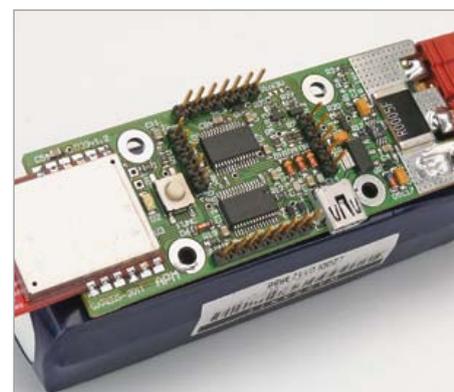
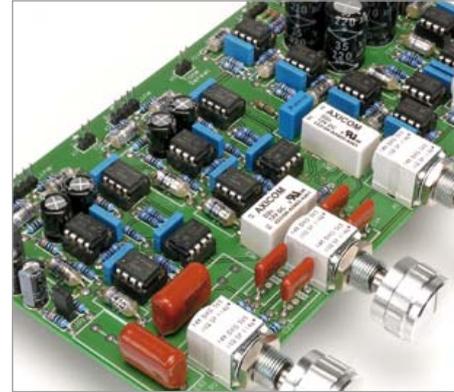
Allgemeine Elektronikfragen („Wie kann ich ein XXXX realisieren?“) sind in unserem Forum am besten aufgehoben ([www.elektor.de/forum](http://www.elektor.de/forum)). Hierzu gehören auch Fragen nach eventuell in der Zeitschrift veröffentlichten Projekten („Hattet ihr schon mal einen YYYY?“). Wer sich zumindest vage an einen bestimmten Artikel erinnern kann, sollte einmal in unsere Inhaltsverzeichnisse schauen, die man unter [www.elektor.de/service](http://www.elektor.de/service) findet. Wenn man seinen Artikel gefunden hat, kann man Kopien beim Verlag bestellen.

Sehr oft geht es in Anfragen von Lesern um selbst aufgebaute Elektor-Schaltungen, die nicht sauber funktionieren. Vor allem wenn noch Software im Spiel ist, kann dies leider eine Million Ursachen haben. Solche E-Mails müssen wir fast immer an den jeweiligen Entwickler der Schaltung weiterleiten. Wenn es sich um nicht-deutschsprachige Autoren handelt, hat man mit einer Mail in englischer Sprache die größten Chancen, dass man eine schnelle und gute Antwort bekommt. Natürlich freue ich mich weiterhin über Lob, Kritik, Hinweise und Ideen! Kritik jeder Couleur nehme ich dabei sehr ernst, zum Beispiel den unlängst geäußerten Unmut über „immer mehr“ Projekte, bei dem die Software nicht Open-Source ist (als Beispiele wurden „AndroPod“ und „Extended Pico C“ genannt). Glücklicherweise konnte ich die Gemüter beruhigen: Beim AndroPod ist die gesamte Software im Download des zweiten Teils enthalten (quelloffen für sämtliche Plattformen!). Beim Pico-C-Nachfolger wird der Quellcode im Rahmen eines Extra-Artikels nachgereicht (Mai-Ausgabe). Und mit vielen schönen Open-Source-Projekten wird es weitergehen!

Jens Nickel

# elektor

- 6 Impressum**  
Who is who bei Elektor
- 8 News**  
Neuheiten, Nachrichten und Leserstimmen
- 14 Preamp 2012 (1)**  
Hier präsentieren wir einen wahren High-End-Vorverstärker für den Selbstbau!
- 22 Schalten via RS485**  
Unser Relais-Modul eignet sich für den ElektorBus, aber auch für andere Projekte, bei denen Verbraucher über RS485 geschaltet werden sollen.
- 28 SDR mit AVR (2)**  
In dieser Folge tasten wir verschiedene Signale ab. Von Elektor wird ein vielseitiges Empfänger-Board als Bausatz angeboten, genauso wie ein Signal-Generator und eine aktive Ferrit-Antenne.
- 36 LED-Touchpanel: Schalten mit Licht**  
Berührungsempfindliche Eingabegeräte lassen sich auf unterschiedliche Weise realisieren. Die hier praktizierte Methode ist simpel: Infrarot-LEDs erzeugen Licht, die bedienende Fingerkuppe reflektiert dieses. Das reflektierte Licht trifft auf weitere, als Sensor betriebene LEDs, womit sich die Berührungen detektieren lassen.
- 42 Bauelemente-Tipp**  
Entwickler sind häufig mit dem Thema „galvanische Trennung“ konfrontiert. Wir stellen zwei hilfreiche Chips vor.
- 44 Labcenter**  
Hackerspace: Hack42, Arnheim, Niederlande
- 46 LiPo-Akkuwächter**  
Dieses drahtlose Fernmess-System kann nicht nur Modellflugzeug-Akkus überwachen, es ist auch in der Hausautomatisierung und der Robotik verwendbar.
- 52 Zurück zu den Wurzeln (4)**  
In den bisherigen Folgen des Kurses haben wir die Stromverstärkung und die



# INHALT

43. Jahrgang

April 2012

Nr. 496



## 14 Preamp 2012 (1) Teil 1: Einführung und Line-In/Klang/ Lautstärke-Board

Audiophile Elektroniker aufgepasst! Unser neues High-End-Projekt demonstriert, wie man mit niedrigen Impedanzen und unterschiedlichen Verstärkertechniken das (nahezu) unvermeidliche Rauschen in Anlogschaltungen effektiv in den Griff bekommt. Das Ergebnis ist ein Vorverstärker der Oberklasse, der nicht nur überzeugend klingt, sondern auch ein besonders gutes Preis-/Leistungs-Verhältnis bietet. In dieser Ausgabe werden die Line-Eingänge, die Klang- und Lautstärkeeinstellung sowie die Ausgangsstufe behandelt.



## 22 Schalten via RS485 Relais-Modul für den ElektorBus

Das ElektorBus-Projekt zeigt, wie groß das Interesse an der Hausautomatisierung ist. Hier stellen wir daher eine kompakte Platine vor, die zwei 230-V-Verbraucher schalten kann. Außerdem sind zwei Controller-Eingänge auf Schraubklemmen geführt, so dass sich auch die Stellung von Schaltern erfassen lässt. Die Software ist mit dem ElektorBus kompatibel. Ein weiterer Baustein also für die Haussteuerung über PC, Tablet und Smartphone!



## 28 SDR mit AVR (2) Abtastung von Signalen

Dass sich die beliebten AVR-Controller auch für die digitale Signalverarbeitung eignen, soll unsere Serie „SDR mit AVR“ zeigen. Mit einem universellen Empfänger-Board auf Basis eines ATmega88 tasten wir diesmal amplituden- und phasenmodulierte Signale ab, die wir selbst erzeugen, aber auch aus dem Äther fischen können. Dabei sind Frequenzen von mehreren 100 kHz kein Hindernis. Wie das funktioniert, zeigen wir wieder in der bewährten Mischung aus Theorie und Praxis.



## 46 LiPo-Akkuwächter mit ZigBee Drahtlos Spannungen, Temperaturen und Ströme bis 170 A messen!

Dieses Akku-Fernmesssystem wurde ursprünglich entwickelt, um über räumliche Distanzen hinweg Modellflugzeug-Akkus überwachen zu können. Gemessen werden die Gehäusetemperatur, die Klemmenspannung und der entnommene Strom. Die Messdaten gelangen über eine Funkstrecke zur Basisstation, für den PC sind sie über USB zugänglich. Das mit ZigBee sowie 1-Wire oder I2C arbeitende System ist auch in der Domotik und Robotik verwendbar.

Eingangskennlinie von bipolaren Transistoren untersucht. Diesmal kommen auch Feldeffekttransistoren hinzu. Die verschiedenen Eigenschaften eines Transistors lassen sich in den unterschiedlichsten Schaltungen ausnutzen.

## 56 Labornetzteil für Embedded-Entwickler

Wer Schaltungen mit Mikrocontrollern entwickelt, der kommt nicht immer mit einem Steckernetzteil aus. Das hier beschriebene Netzteil ist klein und versorgt Controller mit den typischen 3,3 V oder 5 V. Für Peripherie steht eine zweite, zwischen 0 und 15 V einstellbare Spannung zur Verfügung.

## 60 Review: EasyPIC v7

Kürzlich wurde die siebte (!) Generation des EasyPIC-Boards von MikroElektronika vorgestellt. Wir haben es für Sie ausprobiert.

## 64 Thermometer mit Gottlieb®-Display

Das Gottlieb-Thermometer des Autors ist eine gelungene Verbindung zwischen einer elektromechanischen Flipper-Anzeige aus dem letzten Jahrhundert und moderner Programmierung.

## 70 .NET MF für Elektroniker

Hier betrachten wir eine Programmierplattform für 16-, 32- und (zukünftig auch) 64-bit-Hardware, die sich „.NET Micro Framework“ nennt. .NET MF wird von einer unkomplizierten Entwicklungsumgebung namens Gadgeteer begleitet.

## 74 Entwicklungstipp

Zweiadriges Interface für Taster mit LED

## 76 Retronik

Philips EL3581 Diktaphon (ca. 1960)

## 80 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

## 82 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

## 86 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

## Unser Team

Chefredakteur:	Jens Nickel (v.i.S.d.P.) (redaktion@elektor.de)
Ständige Mitarbeiter:	Dr. Thomas Scherer, Christopher Rausch
Internationale Redaktion:	Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Eduardo Corral, Wisse Hettinga, Denis Meyer, Clemens Valens
Elektor-Labor:	Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Raymond Vermeulen, Jan Visser
Herausgeber:	Don Akkermans
Grafik & Layout:	Giel Dols, Jeanine Opreij, Mart Schroijen

## Unser Netzwerk



## Internationale Teams

 <b>Großbritannien</b> Wisse Hettinga +31 46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Spanien</b> Eduardo Corral +34 91101 93 95 e.corral@elektor.es	 <b>Indien</b> Sunil D. Malekar +91 9833168815 ts@elektor.in
 <b>USA</b> Hugo Vanhaecke +1 860-875-2199 h.vanhaecke@elektor.com	 <b>Italien</b> Maurizio del Corso +39 2 66504755 m.delcorso@inware.it	 <b>Russland</b> Nataliya Melnikova +7 (965) 395 33 36 nataliya-m-larionova@yandex.ru
 <b>Deutschland</b> Ferdinand te Walvaart +49 241 88 909-0 f.tewalvaart@elektor.de	 <b>Schweden</b> Wisse Hettinga +31 46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Türkei</b> Zeynep Köksal +90 532 277 48 26 zkoksal@beti.com.tr
 <b>Frankreich</b> Denis Meyer +31 46 4389435 d.meyer@elektor.fr	 <b>Brasilien</b> João Martins +55 11 4195 0363 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>Südafrika</b> Johan Dijk +27 78 2330 694 / +31 6 109 31 926 J.Dijk@elektor.com
 <b>Niederlande</b> Harry Baggen +31 46 4389429 h.baggen@elektor.nl	 <b>Portugal</b> João Martins +351 21413-1600 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>China</b> Cees Baay +86 21 6445 2811 CeesBaay@gmail.com

### IMPRESSUM

43. Jahrgang, Nr. 496 April 2012  
Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft 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.

Anzeigen (verantwortlich): Irmgard Ditzgens  
ID Medienservice  
Tel. 05 11/61 65 95-0 - Fax 05 11/61 65 95-55  
E-Mail: service@id-medienservice.de  
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 42 ab 01.01.2012

Vertriebsgesellschaft: 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  
Internet: www.ips-pressevertrieb.de

Vertrieb Österreich  
Pressegroßvertrieb Salzburg/Anif - Niederalm 300  
Tel. +43/62 46/37 21-0

## Die Elektor Community

276130

Mitglieder in

83

Ländern...

Noch kein Mitglied?

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

**eweekly**  
elektor-newsletter

Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!

Jeden Freitagmorgen erscheint E-weekly, der kostenlose Newsletter von Elektor. Unsere E-weekly-Redakteure halten Sie mit neuesten und interessanten Meldungen, Tipps & Trends aus der Welt der Elektronik auf dem Laufenden. Außerdem werden Sie schnell und umfassend über aktuelle Elektor-Projekte (Nachlesen & Updates) sowie über das umfangreiche Elektor-Sortiment und spezielle Angebote als Erster informiert.

Daneben erhalten E-weekly-Abonnenten exklusiv vollen Zugang zu allen Newsberichten und zu unserem Forum, das von kompetenten Elektronik-Experten moderiert wird.



Klicken Sie jetzt auf  
[www.elektor.de/newsletter!](http://www.elektor.de/newsletter)



## Unsere Partner und Sponsoren

 AudioXpress <a href="http://www.cc-webshop.com">www.cc-webshop.com</a> . . . . . 43	 Jackaltac <a href="http://www.jackaltac.com">www.jackaltac.com</a> . . . . . 63
 Beta Layout <a href="http://www.pcb-pool.com">www.pcb-pool.com</a> . . . . . 2	 LeitOn <a href="http://www.leiton.de">www.leiton.de</a> . . . . . 25
 Circuit Design <a href="http://www.circuitdesign.de">www.circuitdesign.de</a> . . . . . 25	 MikroElektronika <a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a> . . . . . 3
 DesignSpark chipKIT™ Challenge <a href="http://www.chipkitchallenge.com">www.chipkitchallenge.com</a> . . . . . 11	 Nagy Messsysteme <a href="http://www.nagy-instruments.de">www.nagy-instruments.de</a> . . . . . 39
 Eurocircuits <a href="http://www.elektorpcbservice.com">www.elektorpcbservice.com</a> . . . . . 21	 Pico <a href="http://www.picotech.com/PS138">www.picotech.com/PS138</a> . . . . . 13
 FTDI <a href="http://www.ftdichip.com">www.ftdichip.com</a> . . . . . 9	 Reichelt <a href="http://www.reichelt.de">www.reichelt.de</a> . . . . . 88
 Inlight GmbH <a href="http://www.inlight-gmbh.de">www.inlight-gmbh.de</a> . . . . . 39	 Renesas Contest <a href="http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge">www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge</a> . . . . . 41

## Sie möchten Partner werden?

Kontaktieren Sie uns bitte unter  
[service@id-medienservice.de](mailto:service@id-medienservice.de) (Tel. 0511/616595-0).

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 Send- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit

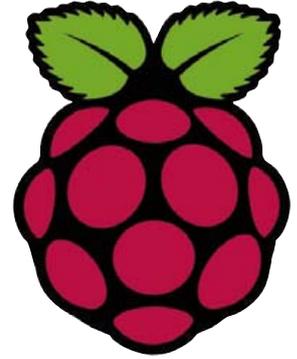
sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.



© 2012 elektor international media b.v.  
Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)  
ISSN 0932-5468

# Für eine Hand voll Dollar

## Raspberry Pi – ein Computer für 25 US-\$



Von Wisse Hettinga (Elektor International)

Die Raspberry-Pi-Foundation hat mit ihrem Computer für 25 US-\$ (35 US-\$ für das netzwerkfähige Modell) eine Menge Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Im Zentrum des Projekts steht Eben Upton. Warum ist er so sicher, dass ein Computer ohne Gehäuse, Tastatur, Festplatte und Bildschirm erfolgreich sein wird? Fragen wir ihn doch einfach!

---

**Es gibt keinen Grund, warum ein Computer mehr als 50 US-\$ kosten sollte.**

---

**Wisse Hettinga/ Elektor:** Wie kam es zum Namen „Raspberry Pi“?

**Eben Upton:** Wir wollten einen Computer speziell für Python, und es gibt eine Tradition, Computer nach Früchten wie Apricot, Acorn usw. zu benennen. Daher folgt Raspberry einer alten Tradition. Und das Pi, nun ja, wir wollten eine Verbindung mit Python. Da kommt das Pi ins Spiel.

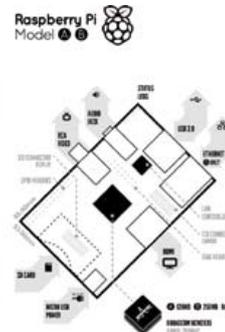
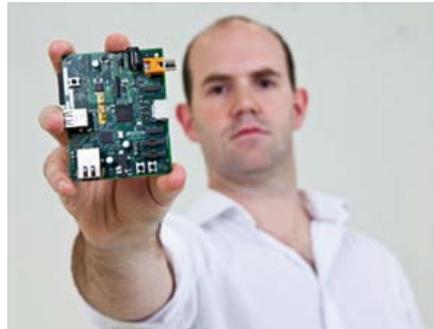
**Elektor:** Warum ist es gerade eine gemeinnützige Organisation, die diesen Computer vermarktet?

**Eben Upton:** Das hat mit Wertschöpfung zu tun. Ich war bei mehreren Start-Ups involviert und immer drängte sich die Frage auf: Wie kann man damit Geld verdienen? Auf diese Weise muss ich mich nicht um solche Fragen kümmern, sondern kann mich auf die Entwicklung und Produktion des Boards konzentrieren. Raspberry Pi könnte ein Produkt sein, das andere Firmen unter ihrem Label verkaufen. Wer also kommerzielle Ideen hat, rennt bei uns offene Türen ein.

**Elektor:** Bei Raspberry Pi handelt es sich um eine nackte Platine. Keine Tastatur, keine Platte, kein Bildschirm – wie soll so etwas erfolgreich sein?

**Eben Upton:** Zunächst gibt es keinen Grund, warum ein Computer mehr als 50 US-\$ kosten soll. Peripherie wie Bildschirm, Tastatur und Speicher würde die Sache verteuern, doch mit Raspberry Pi wollten wir einen anderen Pfad einschlagen: Ein normales TV-Gerät genügt. In Kombination mit einer gebrauchten Tastatur bekommt man für eine Hand voll Dollar ein voll funktionsfähiges System. Raspberry ist ja dazu gedacht, die Jugend zum Programmieren zu animieren.

**Elektor:** Und warum soll ausgerechnet Raspberry Pi der nächste große Trend nach Arduino sein? Man liest ja solche Meinungen im Internet.



**Eben Upton:** Raspberry Pi unterscheidet sich von Arduino. Arduino ist toll für den direkten Einsatz und hierfür gibt es Dutzende Programme. Raspberry Pi aber ist ein Computer – gedacht für die Arbeit mit Bildschirm und Tastatur – also eine ganz andere Liga. Man kann damit sogar Videos abspielen. Was weiter interessant ist: Raspberry Pi kann als Host für ein Arduino-Board fungieren. So eine

Kombination könnte zu sehr interessanten und nützlichen Anwendungen führen.

Zudem gibt es Unterschiede in Flexibilität und Brauchbarkeit. Wir haben uns für Broadcom-Chips entschieden, die nicht überall leicht erhältlich sind. Raspberry Pi ist also nicht unbedingt ein „Open-Source“-Projekt. Wir hoffen, dass die Entwicklung in Richtung Open Source geht, doch das würde ein neues Design erfordern.

**Elektor:** Können Entwickler Raspberry Pi für unterschiedliche Anwendungen einsetzen?

**Eben Upton:** Ja, kein Problem. Es gibt jede Menge I/O, I<sup>2</sup>C und UART. Man kann damit alles Denkbare machen.

**Elektor:** Gerade kam die erste Lieferung von 10.000 Pis aus der Fabrik – was wird der nächste Schritt sein?

**Eben Upton:** Weitere 10.000 – und wir hoffen, dass das erst der Anfang ist...

Eben Upton ist einer der Gründer der Raspberry Pi Foundation und professioneller ASIC-Entwickler bei Broadcom. Er zeichnet für die generelle Software- und Hardware-Architektur von Raspberry Pi verantwortlich.

(120228)

---

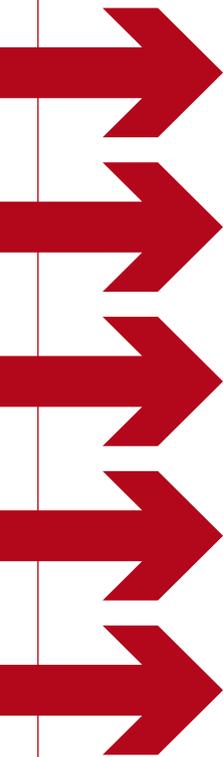
**Raspberry soll die Jugend zum Programmieren animieren.**

---



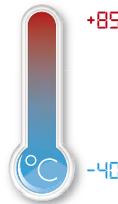
# ARE YOU READY FOR THE **X-CHIP** FACTOR?

## INTRODUCING THE **X-CHIP** USB BRIDGE FAMILY



**EX**tensive Interface Selection  
UART, FIFO, SPI, I2C, FT1248

**EX**tended Temperature Range



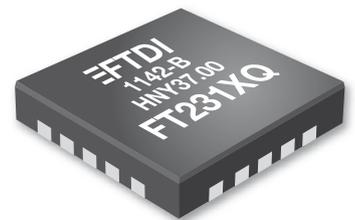
Battery Charger Dete**X**ion



**EX**pandable Clocking  
INTERNAL CLOCK GENERATION  
EXTERNAL CLOCK OUT



**EX**ceptional Support



### Additional features:

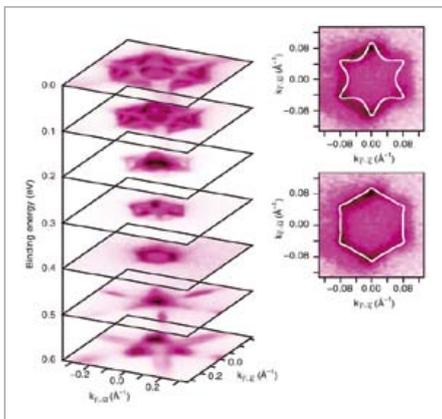
- ✓ Royalty free, validated USB driver support  
Windows, Android, Linux & Mac OS
- ✓ Low active power: 8mA
- ✓ Internal MTP memory for flexibility
- ✓ Integrated 3.3V level converter



[www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)

Von Phil Knurhahn

## Elektronen-Rennbahn



Fließt Strom durch übliche Metalle, dann laufen die Elektronen ziemlich chaotisch durch das leitende Material. Vor einigen Jah-

ren hat man nun entdeckt, dass sich Elektronen in manchen Isolatoren an der Oberfläche in großer Ordnung bewegen, wenn die Oberfläche aus einer hauchdünnen Schicht besteht. Ansonsten sind diese „topologische Isolatoren“ genannten Stoffe elektrisch nicht leitend. Dies ist möglich, weil den „Randlektronen“ eine bestimmte Ordnung aufgezwungen wird, genauer gesagt: Eine Spinordnung. Physiker sprechen vom Spin der Elektronen, der entweder nach „oben“ oder nach „unten“ gerichtet sein kann. In einem normalen elektrischen Strom spielt der Spin keine Rolle, weil die Achsen der Elektronen-Kreisel in alle möglichen Richtungen zeigen und sich die beiden Drehrichtungen völlig zufällig verteilen. Jetzt aber hat ein internationales Team von Wissenschaftlern (unter Beteiligung von Physikern des Max-Planck-Instituts für Mikrostrukturphysik in Halle und

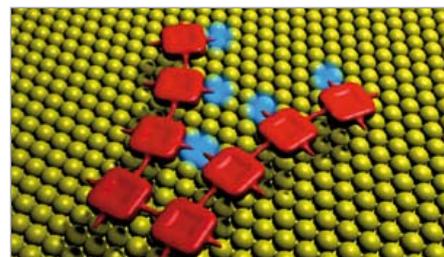
des schweizerischen Paul-Scherrer-Instituts) eine Methode entwickelt, wie sich solche topologischen Isolatoren mit gezielten Merkmalen herstellen lassen. Erstmals stellten die Physiker solche Randströme an Graphitschichten fest. Mittlerweile weiß man, dass auch einfacher herzustellende Metallverbindungen mit Wismut oder Antimon ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ) dieses ungewöhnliche Phänomen zeigen. In aufwändigen numerischen Rechnungen wurde nun vorhergesagt, dass sich eine ideale Ordnung einstellt (Bild: Paul-Scherrer-Institut/MPI für Mikrostrukturphysik), wenn man zwei-elementigen Verbindungen ein drittes Element zufügt, und zwar aus der VI. Gruppe des Periodensystems, z.B. Germanium, Zinn oder Blei. Solche Materialien könnten dazu dienen, leistungsfähigere Computer zu konstruieren.

[www.mpi-halle.de](http://www.mpi-halle.de)

## Selbstorganisation von Bausteinen

Leichte unverwüsthliche Werkstoffe oder elektronische Bauteile in Molekülgröße, die Computer gleichzeitig schnell und energiesparend machen, sind eine Vision der Nanotechnologie. Forscher des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin steuern mit einem neuen Verfahren die Selbstorganisation von einzelnen Molekülen zu einer komplexen Struktur. In Zukunft könnten elektronische Bauteile durch Zusammenfügen von einzelnen Molekülen zu Strukturen wie einem Nanodraht oder einem molekularen Transistor entstehen. Helfen soll bei diesem sogenannten „Bottom Up“-Ansatz die Selbstorganisation von

Molekülen: Unter geeigneten Bedingungen fügen sich nämlich diese Moleküle spontan zu geordneten Strukturen zusammen. Was wie Zauberei klingt, passiert in der Natur seit Jahrmillionen. So entstehen etwa Proteine mit einer komplexen und gleichzeitig wohldefinierten räumlichen Struktur aus Hunderten einzelner Aminosäuren. Das Ziel der Berliner Forscher (in Zusammenarbeit mit Chemikern der Humboldt-Universität Berlin und Physikern des Laboratorios TASC in Triest) war es, auf einer Goldoberfläche aus Porphyrin-Molekülen ein stabiles und regelmäßiges zweidimensionales Netzwerk zu knüpfen (Bild: Leonhard Grill / Fritz-Haber-Institut, MPG). Dabei wollten sie feste chemische Bindungen zwischen den Porphyrin-Molekülen herstellen. In der Natur entstehen komplexe



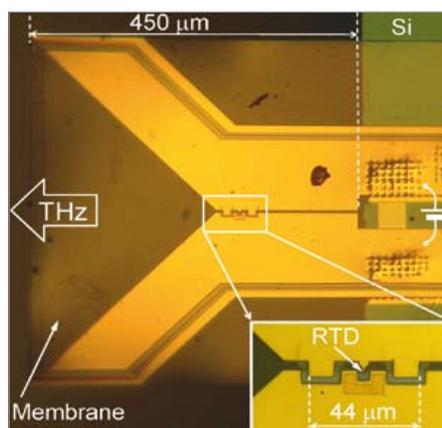
Strukturen meist durch schwächere Bindungen, zum Beispiel Wasserstoffbrückenbindungen. Für die Technik bieten die kovalenten Bindungen aber klare Vorteile, da sie zu robusten Materialien führen und möglicherweise gut Strom leiten können.

[www.mpg.de/4991406/Nanostrukturen\\_Selbstorganisation](http://www.mpg.de/4991406/Nanostrukturen_Selbstorganisation)

## 1,111 Terahertz

Ein an der TU Darmstadt entwickelter Terahertz-Sender erzeugt die höchste Terahertz-Frequenz, die jemals von einem elektronischen Sender erreicht wurde. Gleichzeitig ist der Sender winzig klein und arbeitet bei Raumtemperatur. Dies könnte neue Anwendungen beflügeln, wie im Bereich der zerstörungsfreien Materialprüfung oder in der medizinischen Diagnostik. Da die Strahlung alltägliche Materialien wie Kunststoff, Papier, Textilien oder Keramiken durchdringt, lassen sich solche Werkstücke zerstörungsfrei prüfen. Verbrennungsprozesse könnten in einem laufenden Motor analysiert oder Pakete und Briefe auf gefährliche biologische Substanzen geprüft werden. Die Darmstädter Physiker und Ingenieure haben den Sen-

der auf weniger als einen Quadratmillimeter komprimiert und ihn in Halbleitertechnologie realisiert (Bild: Michael Feiginov / TU



Darmstadt). Er basiert auf einer so genannten RTD (Resonanztunnelodiode) und sendet mit einer Frequenz von 1,111 Terahertz bei einer Ausgangsleistung von 0,1  $\mu\text{W}$ . „Das ist die höchste Frequenz, die ein aktives Halbleiterbauelement jemals erreicht hat“, sagt Dr. Michael Feiginov vom Institut für Mikrowellentechnik. Der bisherige Rekord wurde von den NTT Photonics Laboratories in Atsugi bzw. vom Tokyo Institute of Technology seit 2010 gehalten: Damals wurde ein Baustein für 1,04 THz entwickelt, der allerdings eine Ausgangsleistung von 7  $\mu\text{W}$  bot. Theoretisch könnte man mit dem neuen Prinzip noch Frequenzen bis drei Terahertz erzeugen – das galt bislang als unmöglich.

[www.tu-darmstadt.de/vorbeischaue/aktuell/ni\\_43200.en.jsp](http://www.tu-darmstadt.de/vorbeischaue/aktuell/ni_43200.en.jsp)



DESIGNSPARK

WINNERS ANNOUNCED ON MAY 7!

Turn a  
**hot idea**  
into a  
**cool solution.**

**It is time.**

March 27 marks the end of the  
**DesignSpark chipKIT™ Challenge!**

Soon, your eco-friendly and energy efficient design solutions will be in the hands of Elektor and Circuit Cellar's expert panel of judges.

Did you have what it takes to unleash the low-power combination of DesignSpark's free PCB software and Microchip Technology's chipKIT™ Max32™ development board? **Find out on May 7, 2012 when the Grand Prize Winners will be announced.**



**\$10,000 in cash prizes!**



Visit [www.chipkitchallenge.com](http://www.chipkitchallenge.com)

IN ASSOCIATION WITH:



## Entwicklungsboard für Analog-Elektronik



Wer anfängt sich ernsthaft mit Elektronik zu beschäftigen, kommt irgendwann mit den Grundbausteinen analoger Elektronik-Systeme in Berührung. Das Entwicklungsboard „Analog System Lab Kit PRO“ bietet die Möglichkeit, verschiedene Experimente aus der Welt der Analog-Elektronik selbst durchzuführen oder eigene analoge Systeme aufzubauen. Die von MikroElektronika für Texas Instruments produzierte Experimentierplatine dürfte damit auch für Studenten interessant sein.

Zur Ausstattung des Boards gehören neben Operationsverstärkern, D/A-Wandlern und analogen Multiplizierern auch Transistoren, Dioden, ein DC/DC-Konverter und ein Spannungsregler. Die verschiedenen Komponenten sind auf dem Board als Module angeordnet und können mittels der mitgelieferten Kabelverbindungen beliebig zu analogen Systemen verschaltet werden. Für Einsteiger bietet das Handbuch zusätzlich Anleitungen für 14 Experimente, die den Nutzer mit den verschiedenen Komponenten des Boards vertraut machen sollen.

Das Kit kann für 149 US-\$ direkt über die Webseite des Herstellers erworben werden.

[www.mikroe.com](http://www.mikroe.com)

## TCP/IP in Hardware

Der koreanische Halbleiter-Hersteller WIZnet, der seit Anfang des Jahres auch in Europa vertreten ist, hat auf der Embedded World 2012 seine neuen Netzwerk-Controller-Chips präsentiert.

Mit im Programm ist der Chip W5200, der das Internet-Protokoll TCP/IP „in Hardware“ realisiert und so in der Lage ist, selbstständig die Protokolle TCP, IPv4, UDP, ICMP, IGMP, ARP und PPPoE inklusive Multicast auszuführen. Er kann bis zu acht gleichzeitige TCP/IP-Verbindungen aufbauen und verfügt über einen internen Empfangs- und Sendepuffer von 32 kB. Um den Stromver-

## Atmel Studio 6

Zu Beginn der Embedded World 2012 stellte Atmel das neue „Atmel Studio 6“ vor. Während das AVR Studio 5 auf die 32-bit-AVRs vom Typ UC3 erweitert worden war und den GNU C-Compiler bereits integriert hatte, wurden nun in das neue Studio auch die ARM Cortex Derivate von Atmel aufgenommen, inklusive Unterstützung des SAMICE JTAG Debuggers von Segger. Auch die Integration bis dato getrennter Software-Tools wurde weiter vorangetrieben: Das neue Atmel Studio 6 enthält zugleich die Entwicklungsumgebung für kapazitive Touch-Lösungen „QTouch Composer“ sowie den „Power Analyzer“ zur Analyse und Minimierung des Energieverbrauchs einer Anwendung. Der in Studio 6 enthaltene C-Compiler bietet nun auch die volle C++-Unterstützung, insbesondere beim Debugging. Die Anzahl der Beispiel-Designs ist auf etwa 1000 angewachsen! Ein Project Wizard erleichtert die Pflege eigener Projekte, das „AVR Software Framework“ (ASF) wurde aktualisiert, wobei der Updateprozess vom Anwender Treiber für Treiber individuell gesteuert werden kann. Wie schon seit Version 5.1 des AVR Studios ist auch ein Kommandozeilen-Programm ähnlich des früheren „stk500.exe“ integriert.

Auch diese IDE ist mit allen Funktionen kostenlos im Web verfügbar – zunächst als Beta-Release, nach etwa 2 Monaten dann in der „endgültigen“ Fassung. Die Integration eines Plug-Ins für den hocheffizienten IAR Compiler wird ebenfalls erfolgen. Für professionelle AVR-Projekte empfiehlt Atmel derzeit noch das AVR Studio in der Version 5.1, bis die Beta-Phase von Studio 6 beendet ist.

Andreas Riedenauer, INELTEK Mitte GmbH

[www.atmel.com/XMEGA](http://www.atmel.com/XMEGA)  
[www.ineltek.com](http://www.ineltek.com)

brauch des Chips zu senken, ist außerdem ein Stromspar-Modus sowie eine Wake-On-LAN-Funktion implementiert. Der Hersteller bietet den Chip sowohl einzeln, als auch als Plug-In-Modul WIZ82010 inklusive Netzwerk-Buchse an. Letzteres ermöglicht eine schnelle und einfache Integration des W5200 in eigene Prototypen. Mit dem Board W5200E01-M3 steht Entwicklern außerdem ein passendes Entwicklungstool für den Chip zur Verfügung.

Einen Schritt weiter geht die Mikrocontroller-Einheit W7200, die den TCP/IP-Chip W5200 mit dem Mikrocontroller ARM Cortex-M3 kombiniert. Damit lassen sich Internet-Gateways für verschiedene Anwendungen als Ein-Chip-Lösung realisieren. Auch zu diesem Chip bietet der Hersteller mit dem iMCU7200 EVB ein passendes Entwicklungsboard an. Die Produkte können entweder im Webshop des Herstellers oder bei den dort verlinkten Distributoren erworben werden.

[www.wiznet.eu](http://www.wiznet.eu)

## RFID: Starter-Kit für Entwickler

RFID-Systeme (radio-frequency identification) werden zur automatischen Identifikation verschiedenster Objekte eingesetzt, beispielsweise in der Logistik. Dazu sendet



ein am Objekt angebrachter Transponder drahtlos Identifikationsdaten an ein spezielles Lesegerät. Die Unternehmen Murata und Beta Layout haben nun in Zusammenarbeit ein RFID-Starter-Kit entwickelt, das Entwicklern einen schnellen Einstieg in die Technologie bieten soll.

Das Paket umfasst ein Schreib- und Lesegerät (USB), die notwendige Kommunikationssoftware und zwei Leseantennen. Außerdem liegen dem Kit noch jeweils zehn der vier verschiedenen RFID-Transponder aus dem Hause Murata bei. Die Transponder sind in passiver UHF-Technologie ausgeführt, was bedeutet, dass sie die für die Übertragung notwendige Energie über das vom Lesegerät emittierte Funksignal beziehen. Mit den Komponenten lässt sich sowohl die Kommunikation mit einzelnen,

als auch das Auslesen mehrerer Transponder im Pulk evaluieren. Wer die Funktionsweise und Anwendungsmöglichkeiten der RFID-Technik selbst erproben möchte, kann das UHF RFID Starter-Kit Basic für 279 € (inkl. MwSt.) über den Webshop des Herstellers beziehen.

[www.reflow-kit.com](http://www.reflow-kit.com)

## Messen und Regeln über TCP/IP

Vom Berliner Unternehmen Taskit kommt ein neues Mess- und Steuersystem für analoge und digitale Signale. Das gpio.net ist laut Hersteller in der Lage, eigenständig Messdaten zu erfassen, auszuwerten und regelnd einzugreifen. Das modular aufgebaute System besteht aus dem Grundbaustein gpio.Core und diversen Erweiterungsmodulen, die jeweils andere Aufgaben erfüllen. Neben Modulen mit analogen Eingängen zur Messung von wahlweise Spannungen oder Strömen und solchen mit analogen Ausgängen inklusive Frequenzgenerator, sind auch



Module mit digitalen Ein- und Ausgängen und Relais im Programm. Durch eine Schnittstelle des Systems zu IP-basierten Netzwerken lässt sich das gpio.net über einen Webbrowser konfigurieren und testen. Für den mobilen Einsatz besteht außerdem die Möglichkeit, sich über GSM mit dem System in Verbindung zu setzen. Preislich liegen die Erweiterungsmodule je nach Funktion zwischen 69,00 € und 157,00 € (zzgl. MwSt.).

[www.taskit.de](http://www.taskit.de)

### MAILBOX

#### Netzfrequenz im Internet

Netzlpupe, Elektor 1/2012, S. 22 (110461)

Danke für den oben genannten Artikel und die Schaltung, auch die Informationen zur Netzqualität im Verbund sind sehr gut. Die Links am Ende sind ebenfalls sehr hilfreich, um in das komplexe Thema einzusteigen.

Die Schaltung habe ich dann auch gleich nachgebaut und sie funktionierte sofort. Wenn man denkt, da tut sich nichts im Netz, wird man ob der Anzeige staunen. Überwiegend leuchtet die grüne LED für 50,000 Hz, aber es gibt schon beachtliche Schwankungen der Netzfrequenz im mHz-Bereich. Aber stimmt die Anzeige der einfachen Schaltung auch und wie kann man das überprüfen?

Dazu habe ich im Internet eine sehr gute Seite gefunden, dort findet man Ergebnisse mit einer noch besseren Auflösung: [www.netzfrequenzmessung.de/index.htm](http://www.netzfrequenzmessung.de/index.htm).

Durch optischen Vergleich konnte ich eine sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse im Bereich 49,925 - 50,075 Hz feststellen. Noch größere Schwankungen der Netzfrequenz konnte ich zum Glück bisher nicht beobachten ... ;-)

Manfred Pelz

*Vielen Dank, den Link geben wir hiermit gerne weiter!*

pico  
Technology

# PicoScope® Reihe

## PC-OSZILLOSKOPE

PicoScope 2100 Serie	PicoScope 2200 Serie	PicoScope 2205 MSO
	 <b>UPDATED 2011</b>	 <b>NEW</b>
1 Kanal 10 bis 25 MHz Bandbreite 50 bis 100 MS/s Abtastrate in Echtzeit 8 bit Auflösung (12 bit skaliert) 8 oder 24 kS Pufferspeicher Preis ab € 151	2 Kanäle + AWG 10 bis 200 MHz Bandbreite 100 MS/s bis 1 GS/s Abtastrate in Echtzeit 8 bit Auflösung (12 bit skaliert) 8 bis 40 kS Pufferspeicher Preis ab € 192	2 analoge, 16 digitale und AWG Kanäle 25 MHz Bandbreite 200 MS/s Abtastrate in Echtzeit 8 bit Auflösung 48 kS Pufferspeicher Preis ab € 483

PicoScope 3200 Serie	PicoScope 4000 Serie	PicoScope 4262
		 <b>NEW</b>
2 Kanäle, externer Trigger und AWG 60 bis 200 MHz Bandbreite 500 MS/s Abtastrate in Echtzeit 8 bit Auflösung (12 bit skaliert) 4 oder 128 MS Pufferspeicher Preis ab € 483	2 oder 4 Kanäle 20 bis 100 MHz Bandbreite 80 bis 250 MS/s Abtastrate in Echtzeit 12 bit Auflösung (16 bit skaliert) 32 MS Pufferspeicher Preis ab € 604	2 Kanäle, externer Trigger und Low-Distortion-AWG 5 MHz Bandbreite 10 MS/s Abtastrate in Echtzeit 16 bit Auflösung 16 MS Pufferspeicher Preis ab € 906

High-End-Features als Standard:  
Optimierter digitaler Trigger, Nachleucht-Display-Modi,  
Test auf Fenstergrenzen, serielle Decodierung



DIE KOMPLETTE PRODUKTLISTE  
FINDEN SIE UNTER  
[www.picotech.com/PS138](http://www.picotech.com/PS138)

# Preamp 2012 (1)

## Teil 1: Einführung und Line-in/Klang/Lautstärke-Board



Von Douglas Self (UK)

**Audiophile Elektroniker aufgepasst! Wir präsentieren hier einen wahren High-End-Vorverstärker für den Selbstbau! Diese Artikel-Serie demonstriert, wie man mit niedrigen Impedanzen und unterschiedlichen Verstärkertechniken das (nahezu) unvermeidliche Rauschen in Analogschaltungen effektiv in den Griff bekommt. Das Ergebnis ist ein Vorverstärker der Oberklasse, der nicht nur überzeugend klingt, sondern auch ein besonders gutes Preis/Leistung-Verhältnis bietet.**

Es ist schon einige Zeit her, seit ich 1996 mit dem Precision Preamp [1] eine Vorverstärker-Schaltung veröffentlicht habe. Seitdem ist die Technik nicht stehen geblieben. Damals legte ich den Ausgangspegel für Aufnahmen auf  $150 \text{ mV}_{\text{eff}}$  fest, damit genügend Dynamik blieb und der Pegel gut zu den ehemals verfügbaren Tonbandmaschinen passte. Heute aber wird von den meist digitalen Signalquellen ein unsymmetrischer Pegel von  $1 \text{ V}_{\text{eff}}$  bzw.  $2 \text{ V}_{\text{eff}}$  symmetrisch erwartet. Schon dieser Aspekt schreit nach einer Neuentwicklung, gerade im Phono-Bereich (MM/MC).

Der hier beschriebene Vorverstärker zeigt, wie man ein sehr niedriges Rauschen in analogen Schaltungen auch ohne Verwendung exotischer Bauteile erreichen kann. Zunächst lag der ausschließliche Einsatz von Opamps des Typs 5532 nahe, ähnlich wie beim Elektor *5532-Power-OpAmplifier* [2]. Während der Entwicklung wurde mir aber klar, dass ein paar LM4562 einige heikle Kompromisse bezüglich Verzerrungen vermeiden würden, da sie beim Treiben von Lasten deutlich überlegen sind. Außerdem sind sie mittlerweile viel preiswerter geworden.

Der Vorverstärker erhält eine MC/MM-Phono-Eingangsstufe mit Verstärkungs-

umschaltung, die meiner Meinung nach so gut wie mit jedem erhältlichen Tonabnehmer zurechtkommt. Hinzu kommt noch ein Pegel-Indikator, der mehr Information als das binäre Schalten einer LED liefert und eine balkenförmige Anzeige überflüssig macht.

Die Blockschaltung des Preamp ist in **Bild 1** zu sehen. Das Gesamtprojekt setzt sich aus mehreren Platinen zusammen, die jeweils einzeln beschrieben werden. In diesem Monat werden neben einer Einführung die Line-Eingänge, die Klang- und Lautstärkeinstellung sowie die Ausgangsstufe behandelt.

### Drei Arten Rauschen

Bei analoger Elektronik zeigen sich drei verschiedene Ursachen von Rauschen: das Johnson-Rauschen der Widerstände plus das Strom- und Spannungsrauschen der Halbleiter.

Alle Widerstände (inklusive derer, die sich auch bei anderen Bauteilen zeigen, wie z.B. der Basiswiderstand von Transistoren) generieren **Johnson-Rauschen**, dessen Pegel mit dem Widerstand und der absoluten Temperatur steigen. Da man wenig an der Raumtemperatur drehen kann, bleibt nur der Widerstand als Einflussgröße. Johnson-Rauschen kann man in der Praxis also nur

mit geringen Impedanzen niedrig halten. In den frühen 1970er Jahren setzte man in Audioschaltungen bevorzugt Potis mit  $25 \text{ k}\Omega$  oder  $50 \text{ k}\Omega$  ein und auch die weiteren Widerstände orientierten sich an diesen Werten, da die diskreten Transistoren und die damaligen Opamps keine hohen Ströme liefern konnten. Als das IC (NE)5532 herauskam und dann auch bezahlbar war, konnte man die Impedanzen niedriger halten und mit  $10\text{-k}\Omega$ -Potis arbeiten. Das mag aus heutiger Sicht nicht sehr beeindruckend sein, denn ein 5532 kann bei geringen Verzerrungen Lasten bis minimal  $800 \Omega$  treiben. Die Werte der Potis alleine sind aber noch nicht aussagekräftig, da es auch noch auf die Eingangsimpedanz des nachfolgenden Schaltungsteils ankommt. Was nicht jedem klar ist: Die klassische Baxandall-Klangeinstellung mit zwei  $10\text{-k}\Omega$ -Potis für Tiefen und Höhen kann je nach Potistellung Impedanzen bis unter  $1 \text{ k}\Omega$  aufweisen. Das kann man natürlich clever umschiffen, indem man die Netzwerke für Höhen und Tiefen getrennt ansteuert. Mehr hierzu später. Festwiderstände gibt es in fast unendlichen Abstufungen, aber bei den Widerständen von Potis ist man sehr viel beschränkter. Der kleinste praktikable Wert für Stereo-

## Technische Daten der Volume/Balance/Klangeinstellung

Testbedingungen: Versorgungsspannung  $\pm 17,6$  V; alle Messungen symmetrisch; Klangeinstellung deaktiviert.

Testumgebung: Audio Precision Two Cascade Plus 2722 Dual Domain (@Elektor-Labor)

THD+N (0,2 V ein, 1 V aus):	0,0015% (1 kHz, B = 22 Hz bis 22 kHz)	Balance	+3,6 dB bis -6,3 dB
	0,0028% (20 kHz, B = 22 Hz bis 80 kHz)	Tiefeneinstellung	$\pm 8$ dB (100 Hz)
THD+N (2 V ein, 1 V aus):	0,0003% (1 kHz, B = 22 Hz bis 22 kHz)	Höheneinstellung	$\pm 8,5$ dB (10 kHz)
	0,0009% (20 kHz, B = 22 Hz bis 80 kHz)	Übersprechen (R->L)	-98 dB (1 kHz)
S/N (0,2 V ein):	96 dB (B = 22 Hz bis 22 kHz)		-74 dB (20 kHz)
	98,7 dBA	Übersprechen (L->R)	-102 dB (1 kHz)
Bandbreite:	0,2 Hz bis 300 kHz		-80 dB (20 kHz)
Max. Ausgangspegel (200 mV ein):	1,3 V		

Potis liegt deshalb bei 1 k $\Omega$ .

**Stromrauschen** betrifft hauptsächlich die Opamp-Eingänge. An einer Impedanz fällt es dann auch als Spannungsrauschen ab. Von daher profitiert auch dieser Aspekt von geringen Impedanzen. Niedrige Poti-

Widerstände haben außerdem die angenehme Folge, dass die Bias-Ströme geringere Spannungsabfälle produzieren, sodass sich bei Schleiferbewegungen auch weniger Störgeräusche ergeben.

**Spannungsrauschen** ist äquivalent zu

einem Rauschgenerator in Serie mit den Opamp-Eingängen und bleibt daher auch von niedrigen Impedanzen unbeeindruckt. Eine naheliegende Gegenmaßnahme wäre die Verwendung von Opamps mit extrem niedrigem Spannungsrauschen. Es gibt

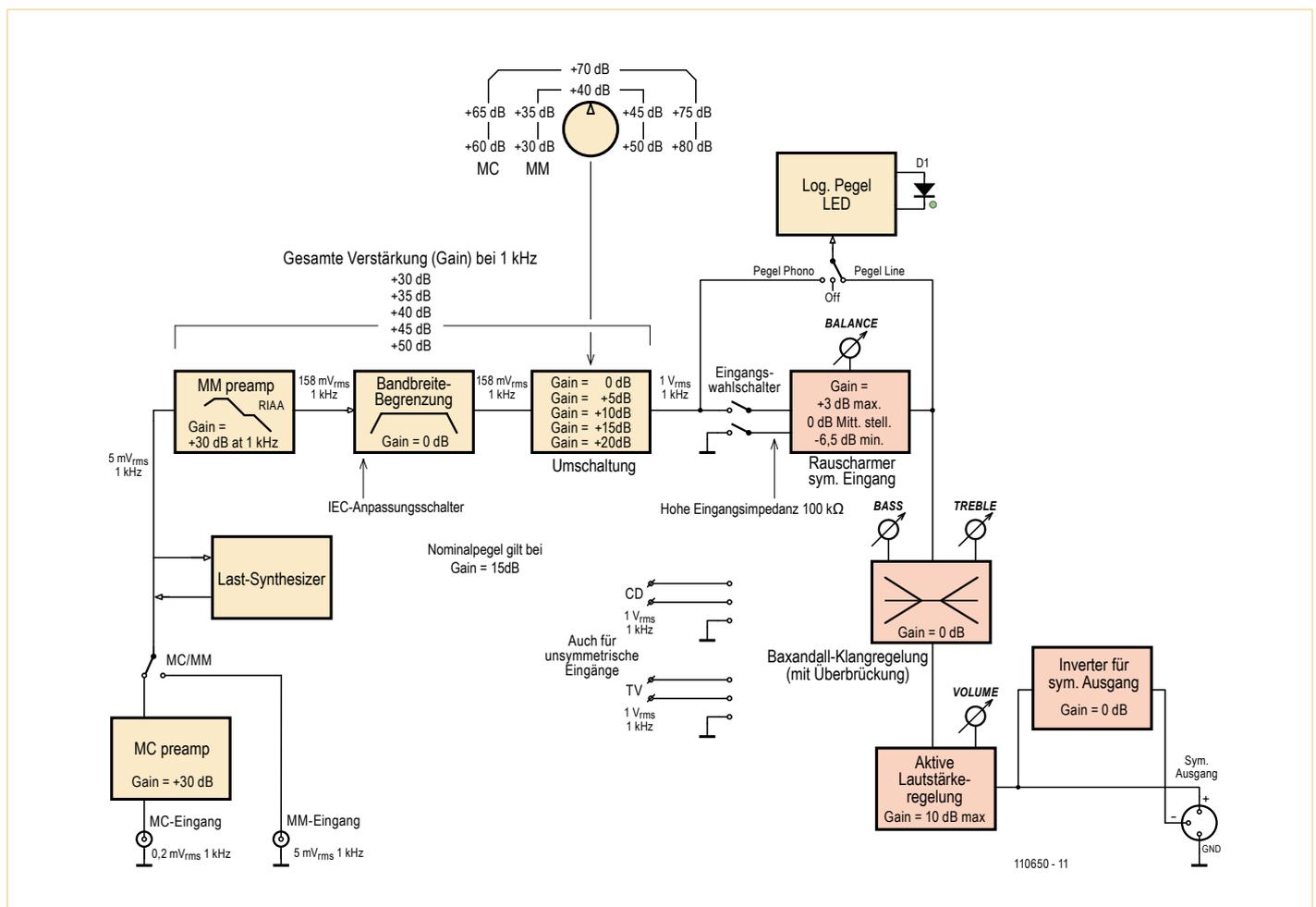


Bild 1. Architektur des Preamp 2012. Einige der hier individuell gezeichneten Blöcke sind auf einzelnen Platinen zusammengefasst. Die vier rechten Blöcke werden in diesem Betrag besprochen: Von Line-in über die Klang- und Lautstärkeeinstellung bis zur Ausgangsstufe.

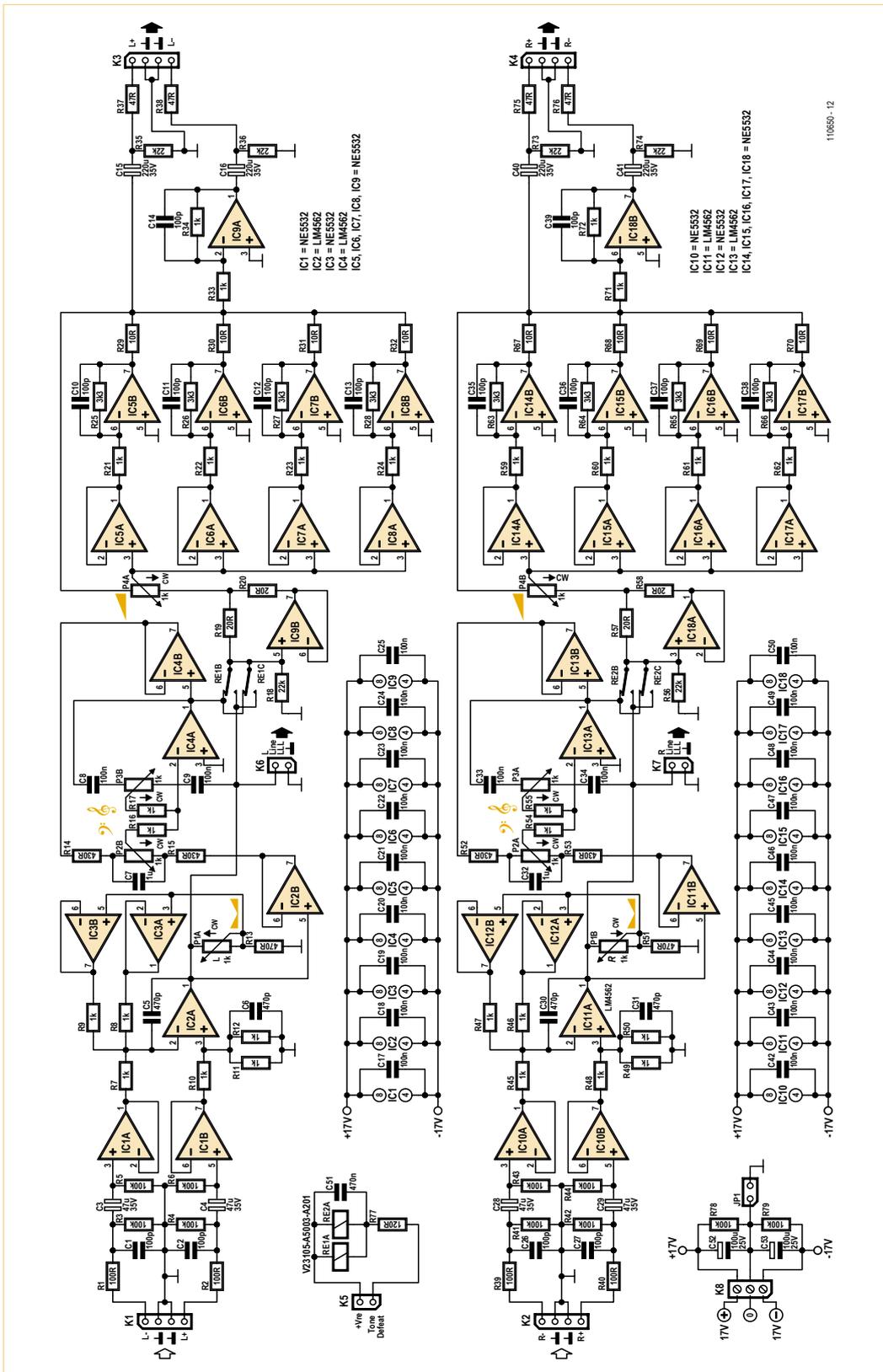
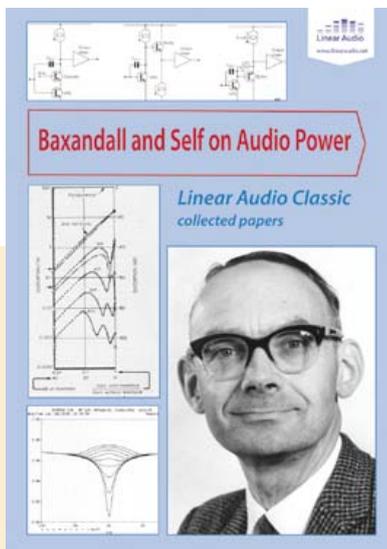


Bild 2. Die Schaltung der Platine mit Line-in, Klang- und Lautstärkeeinstellung sowie der Ausgangsstufe besteht hauptsächlich aus Opamps der Typen NE5532 und LM4562. Die Potis sind ungewöhnlich niederohmig.

Exemplare wie der AD797, welche sowohl den 5532 als auch den LM4562 in diesem Aspekt übertreffen. Doch diese sind teuer, haben ein höheres Stromrauschen und enthalten nur einen Opamp pro Gehäuse, was die Sache weiter verteuern würde.

Ein schlauerer Weg ist, die Ausgänge mehrerer preiswerter Opamps zusammenzuschalten, damit sich die Rauschteile durch geometrische Addition verringern. Fasst man die Ausgänge von zwei gleich beschalteten Opamps zusammen, bleibt das Nutzsignal gleich. Die Zusammenfassung ist einfach, indem man die Ausgänge von zwei Opamps über zwei niederohmige Widerstände verbindet und die Mitte als neuen Ausgang betrachtet. Da die beiden Rauschquellen unabhängig voneinander und damit unkorreliert sind, fällt der Gesamttrauschpegel um 3 dB ( $\sqrt{2}$ ). Da die beiden Opamp-Ausgänge fast gleich sind, fließt nur sehr wenig Strom zwischen den Ausgängen, was die Gesamtverzerrungen also nicht verschlechtert. Die Verbindungswiderstände sind mit typisch 10  $\Omega$  so niedrig, dass kein nennenswertes Johnson-Rauschen auftritt. Bei vier parallelen Opamps steigert sich die Absenkung des Rauschens auf 6 dB, was das Rauschen glatt halbiert. Bei acht Opamps hat man 9 dB und darüber wird es langsam aufwändig und teuer. Irgendwo werden sich auch Grenzen zeigen. Doch parallele Opamps erhöhen die mögliche Ausgangslast und der 5532-Power-OpAmp zeigt, wie weit man es mit diesem Prinzip treiben kann. Die Technik mit den parallelen Opamps wird da ungeschickt, wo entweder die Beschaltung



## Peter Baxandall

Bei diesem Projekt versuchte ich, den bestmöglichen Vorverstärker zu entwickeln. Auffällig ist, dass hier in zwei von drei Stufen Ideen von Peter Baxandall die wohl besten Lösungen darstellen. Ein wirklich großer Mann!

*Hinweis von Elektor:* Außer einigen Auszügen aus *Wireless World* / *Elektronik World* enthält Jan Diddens Buch „Baxandall and Self on Audio Power“ mehrere bisher unveröffentlichte Briefe, in denen sich Peter Baxandall und Douglas Self über die unterschiedlichen Quellen von Verzerrungen in High-End-Leistungsverstärkern austauschten. Das Buch wird von Linear Audio herausgegeben: [www.linearaudio.net](http://www.linearaudio.net).

der Opamps teuer wird oder die Bauteilezahl überhand nimmt. Schon bei zwei Opamps für eine Baxandall-Klangeinstellung würde man in Stereoausführung vierfache statt der üblichen Stereo-Potis benötigen. Auch die doppelte Anzahl an Festwiderständen und Kondensatoren machen die damit erreichbare Rauschabsenkung um 3 dB nicht gerade attraktiv.

Wenn man aber stattdessen schlicht die Impedanz des Baxandall-Netzwerks halbiert, halbe Poti- und Widerstandswerte sowie doppelte Kondensatorwerte verwendet, ergibt sich ein anderes Bild: Damit halbiert sich das Stromrauschen der Opamp-Eingänge und das Johnson-Rauschen um 3 dB, doch das Spannungsrauschen der Opamps bleibt gleich und ist vielfach die dominierende Rauschquelle.

### Line-Eingang und Balance-Einstellung

Es handelt sich um eine symmetrische Eingangsstufe mit einer über einen begrenzten Bereich einstellbaren Verstärkung von -6,1 dB bis +3,7 dB, womit sich auch die Balance einstellen lässt. Die Verstärkung bei Balance-Einstellung beträgt +0,2 dB. Bei der Schaltung von **Bild 2** wird nachfolgend nur der linke Kanal (L) beschrieben. Das IC LM4562 (IC2A) ist hier der zentrale rauscharme Differenzverstärker mit guter Ausgangsleistung. Zwecks niedrigen Rauschens ist er sehr niederohmig beschaltet. Er wird symmetrisch von IC1A und IC1B angesteuert, die als Puffer dienen und so für eine Eingangsimpedanz von 50 k $\Omega$  sorgen, was die Gleichtaktunterdrückung (CMRR) verbessert. Interessant sind auch die Entstörfilter R1/C1 und R2/C2 sowie die Beschaltung der Eingänge. Die Gesamtverstärkung der Eingangsstufe wird mit P1A eingestellt. Die Gegenkopplung für IC2A erfolgt über die beiden parallelen Puffer IC3A und IC3B, sodass sich Änderungen der Lastimpedanz nicht negativ auf die CMRR

auswirken. Auf diese Weise ermöglichen geringe Impedanzen geringes Rauschen und dennoch ist eine niederohmige Last möglich. Hier ist das Parallelschalten einfach, da der Gegenkopplungswiderstand auf zwei Exemplare doppelten Werts (R8 und R9) aufgeteilt werden kann. Aus diesem Grund gibt es mit R11 und R12 das exakte Gegenstück und die CMRR bleibt hoch. Der Rauschpegel dieser Stufe ist sehr niedrig: -109 dBu bei Balance in Mittelstellung sowie -106 dBu bei maximaler und -116 dBu bei minimaler Verstärkung (Effektivwerte bei 22 Hz bis 22 kHz).

### Die Klangeinstellung

Es sieht zwar nicht so aus, aber sie ist doch fast eine normale Baxandall-Klangeinstellung. Auch hier werden 1-k $\Omega$ -Potis eingesetzt, was größere Kondensatoren für die Festlegung der Eckfrequenzen nach sich zieht. C7 ist mit seinen 1  $\mu$ F für den Bass zuständig und für die Höhen erhalten C8 und C9 einen Wert von 100 nF. Höhen und Tiefen lassen sich um  $\pm 10$  dB absenken bzw. anheben. Diese Stufe hat gerade bei Anhebung eine niedrige Eingangsimpedanz. Aus diesem Grund werden beide Netzwerke getrennt angesteuert. Das Höhennetzwerk aus C9, P3B und C8 wird von IC2A angesteuert und das Tiefennetzwerk aus R15, C7, P2B und R14 vom einfach verstärkenden Puffer IC2B. Das Resultat ist eine Split-Drive-Baxandall-Schaltung.

Das Höhennetzwerk ist eine Version mit zwei Kondensatoren. Diese hat den Vorteil, dass das Poti bei tiefen Frequenzen abgekoppelt wird und so die Last erniedrigt.

Der zentrale Opamp der Klangeinstellung ist IC4A, welcher die Gegenkopplung für die Höhen treibt. Der Puffer IC4B treibt unabhängig davon die Gegenkopplung für die Tiefen. Polypropylen-Kondensatoren sind hier sehr zu empfehlen, da sie im Gegensatz zu Polyester-Ausführungen praktisch verzerrungsfrei sind. Leider sind sie auch

größer und teurer, aber das sind sie in meinen Augen wert.

Der Rauschpegel der reinen Klangeinstellung beträgt -113 dBu bei Mittelstellung beider Potis.

Mit dem Relais RE1 wird die Klangeinstellung bei Bedarf überbrückt, sodass die Lautstärkeeinstellung direkt von IC2A angesteuert wird. Um Klicks und andere Umschaltgeräusche zu vermeiden, wurde IC9B mit R18 eingefügt. Für geringes Übersprechen wurde für jeden Kanal ein eigenes Relais vorgesehen. Auf diese Weise können jeweils zwei Kontakte parallel geschaltet werden, was die Zuverlässigkeit deutlich erhöht.

### Aktive Lautstärkeeinstellung

Auch die Lautstärkeeinstellung ist vom Baxandall-Typ, der besonders bei niedrigen Lautstärken ein sehr niedriges Rauschen erlaubt. Ein weiterer Vorteil ist die quasi-logarithmische Charakteristik mit einem linearen Poti, was dem Stereo-Gleichlauf sehr zu Gute kommt. Die maximale Verstärkung beträgt +16 dB, wobei der 0-dB-Punkt in der Mitte des Potis liegt. Die Eingangsimpedanz ist aufgrund des 1-k $\Omega$ -Potis P4A bei hohen Verstärkungen ziemlich niedrig. Aus diesem Grund wurde eine Lastverteilung mit den beiden Widerständen R19 und R20 vorgenommen, wodurch eine Hälfte der Treiberleistung von IC9B und die andere Hälfte von IC2A bzw. IC4A stammt.

Eine konventionelle Baxandall-Einstellung wie in [1] benötigt einen einzelnen Puffer und einen invertierenden Verstärker - wie IC5A und IC5B. Hier sind aber vier solche Kombinationen parallel geschaltet, um die schon beschriebene Absenkung unkorrelieren Rauschens von 6 dB zu erreichen. Außerdem reicht so die Leistung aus, um das andere Ende von P4A zu treiben. Da diese Verstärkerstufe kein Gleichtaktsignal am Eingang hat, gibt es auch keine Gleichtaktverzerrungen. Die vier Pufferstufen übertragen weniger als 1/3 der Ausgangsspannung, wes-

## Stückliste

### Widerstände:

(1% Metallfilm mit 0,25W)  
 R1,R2,R39,R40 = 100  $\Omega$   
 R3-R6,R41..R44,R78,R79 = 100 k  
 R7-R12,R16,R17,R21..R24,R33,R34,  
 R45..R50,R54,R55,R59..R62,R71,R72 = 1 k  
 R13,R51 = 470  $\Omega$   
 R14,R15,R52,R53 = 430  $\Omega$   
 R18,R35,R36,R56,R73,R74 = 22 k  
 R19,R20,R57,R58 = 20  $\Omega$   
 R25..R28,R63..R66 = 3,3 k  
 R29..R32,R67..R70 = 10  $\Omega$   
 R37,R38,R75,R76 = 47  $\Omega$   
 R77 = 120  $\Omega$   
 P1..P4 = 1k, 10%, 1W, Stereo-Poti, linear,  
 z.B. Vishay Spectrol Cermet 14920F0GJSX-  
 13102KA. Alternativ: Vishay Spectrol Kunst-  
 stoff-Typ 148DXG56S102SP (RS Compo-  
 nents 484-9146).

### Kondensatoren:

C1,C2,C10..C14,C26,C27,C35..C39 =  
 100 p/630 V, 1%, Polystyrol, axial  
 C3,C4,C28,C29 = 47  $\mu$ /35 V, 20 % bipo-  
 lar,  $\varnothing$  8 mm, RM 3,5 mm, z.B. Multicomp  
 NP35V476M8X11.5  
 C5,C6,C30,C31 = 470 p/630 V, 1%, Polystyrol,  
 axial

C7,C32 = 1  $\mu$ /250 V, 5%, Polypropylen, RM  
 15mm  
 C8,C9,C33,C34 = 100 n/250 V, 5%, Polypropy-  
 len, RM 10mm  
 C15,C16,C40,C41 = 220  $\mu$ /35 V, 20%, bipo-  
 lar,  $\varnothing$  13 mm, RM 5 mm, z.B. Multicomp  
 NP35V227M13X20  
 C17..C25,C42..C50 = 100 n/100 V, 10%, RM  
 7,5 mm  
 C51 = 470 n/100 V, 10%, RM 7,5 mm  
 C52,C53 = 100  $\mu$ /25 V, 20%,  $\varnothing$  6,3 mm, RM  
 2,5 mm

### Halbleiter:

IC1,IC3,IC5..IC10,IC12,IC14..IC18 = NE5532,  
 z.B. ON Semiconductor NE5532ANG  
 IC2,IC4,IC11,IC13 = LM4562, z.B. National Se-  
 miconductor LM4562NA/NOPB

### Außerdem:

K1..K4 = 4-polige einreihige Stiftleiste, RM  
 2,54 mm, mit passenden Buchsen  
 K5,K6,K7 = 2-polige Stiftleiste, RM 2,54 mm,  
 mit passenden Buchsen  
 JP1 = 2-polige Stiftleiste, RM 2,54 mm, mit  
 Jumper  
 K8 = 3-polige Schraubklemme für Platinen-

montage, RM 5 mm  
 RE1,RE2 = Relais, 12 V/960  $\Omega$ , 230 VAC/3 A,  
 DPDT, TE Connectivity/Axicom  
 V23105-A5003-A201  
 Platine # 110650-1

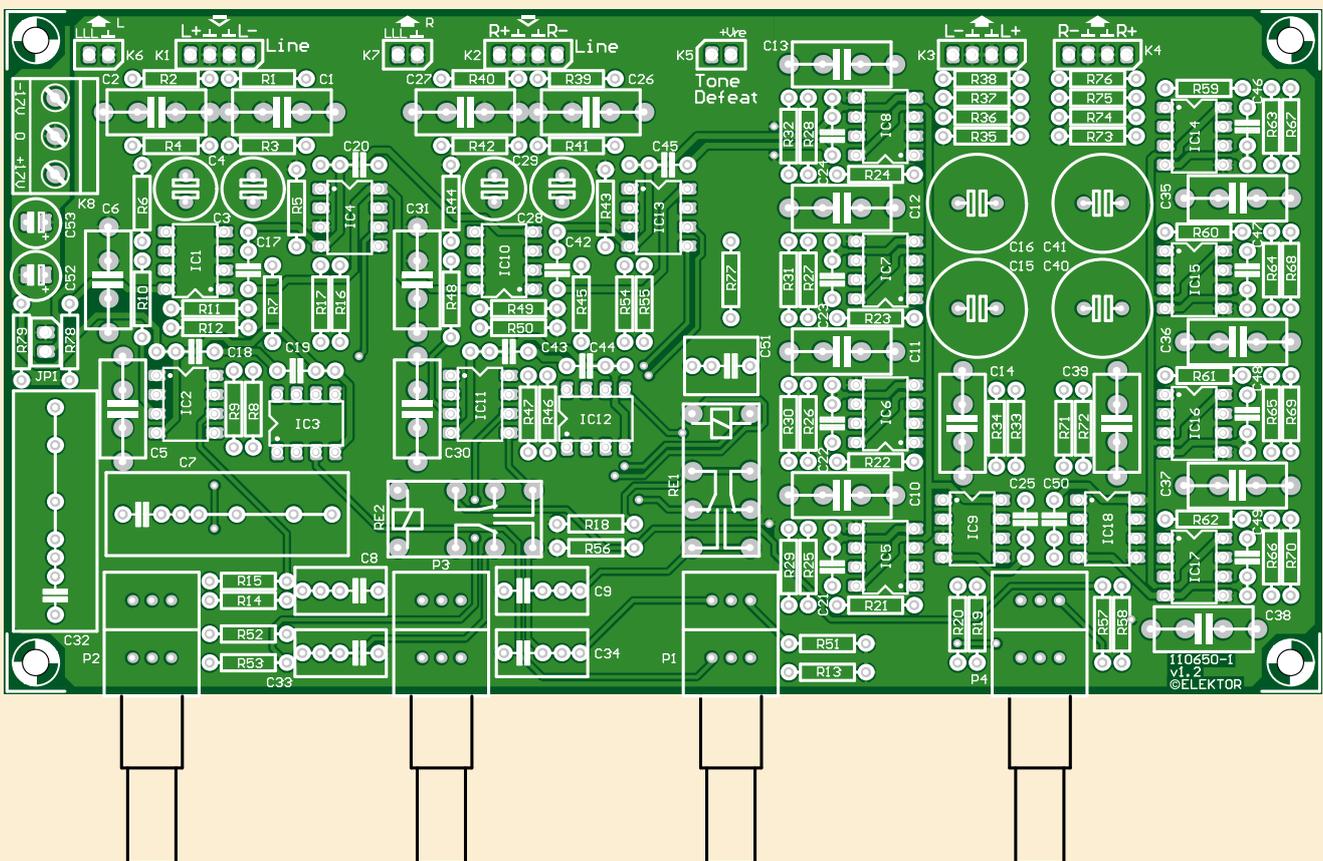


Bild 3. Der Bestückungsplan der Platine mit Line-in, Klang- und Lautstärkeeinstellung sowie dem niederohmigen Ausgang des Preamp 2012. Fertige Platinen sind via [3] erhältlich.

wegen ihre Verzerrungen sehr niedrig sind. Durch die Parallelschaltung sind hier auch keine Opamps vom Typ LM4562 nötig, was bei dieser Anzahl auch etwas teuer wäre. Die vier 10- $\Omega$ -Widerstände R29...R32 dienen zur Zusammenschaltung der Ausgänge.

Bei dauerhaftem Maximalpegel (etwa 10 V<sub>rms</sub>) und einem sinusförmigen Signal wird das Volume-Poti als Konsequenz der niedrigen Impedanz merkbar warm. Man muss aber keine Bedenken haben, denn die anfallenden 100 mW pro Poti-Hälfte liegen durchaus im zulässigen Bereich und bei Musiksignalen wird es dazu erst gar nicht kommen.

Der Rauschpegel der reinen Lautstärkeeinstellung liegt bei -101 dBu für Maximalverstärkung und -109 dBu bei 0 dB. Bei der in der Praxis häufiger vorkommenden Ver-

stärkung von -20 dB kann man mit einem Rauschpegel von -115 dBu rechnen, was definitiv nicht mehr hörbar ist.

Um die Qualität jeder Stufe einzeln bewerten zu können, wurden ihre individuellen Rauschpegel angegeben. Bei einem kompletten Vorverstärker addieren sich die entstehenden Rauschpegel zu einem Gesamtwert, der von der Stellung der Potis abhängt.

### Symmetrischer Ausgang

Am Ausgang wird das symmetrische Signal schlicht durch Inversion mit IC9A realisiert, der das Phasengedrehte Signal beisteuert. Der symmetrische Ausgang hat daher gegenüber dem unsymmetrischen den doppelten Pegel, wie es für die Audio-Praxis normal ist.

### Aufbauhinweise

In diesem Projekt kommen durchweg bedrahtete Bauelemente zum Einsatz. Das Elektor-Labor hat hierzu eine hochqualitative Platine entwickelt, die via [3] erhältlich ist. In **Bild 3** ist der Bestückungsplan der Platine zu sehen.

Die Bestückung wird durch eine Halterung vereinfacht, mit der sich die Platine drehen lässt. Wie immer beginnt man mit den Widerständen und geht dann zu den größeren Bauteilen über.

An der fertig bestückten Platine (**Bild 4**) kann man sich beim Aufbau orientieren. Bei ähnlicher Perfektion ist der Erfolg so gut wie sicher. JP1 für die Masseverbindung (und ein ähnlicher Jumper auf der MC/MD-Platine) sollten nicht vergessen werden. Mit diesen Jumpern

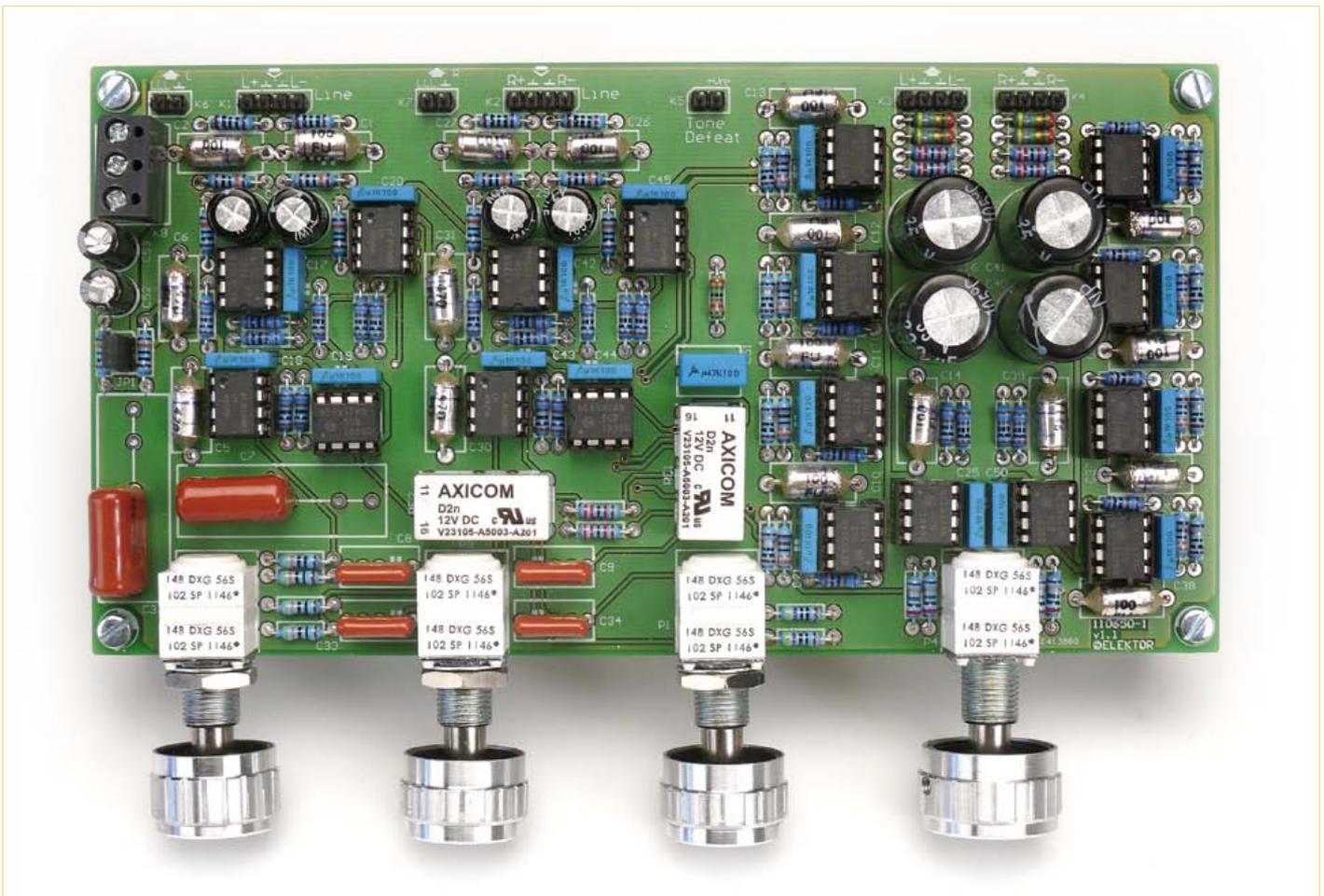


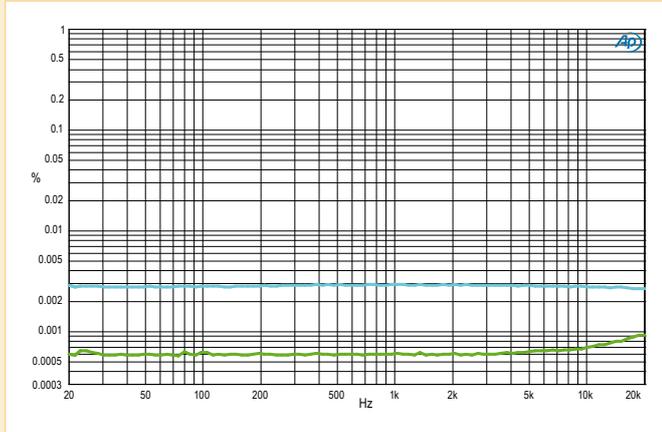
Bild 4. Der Prototyp der Platine mit Line-in, Klang- und Lautstärkeeinstellung sowie Ausgang, aufgebaut im Elektor-Labor.

## Ausgewählte Kurven

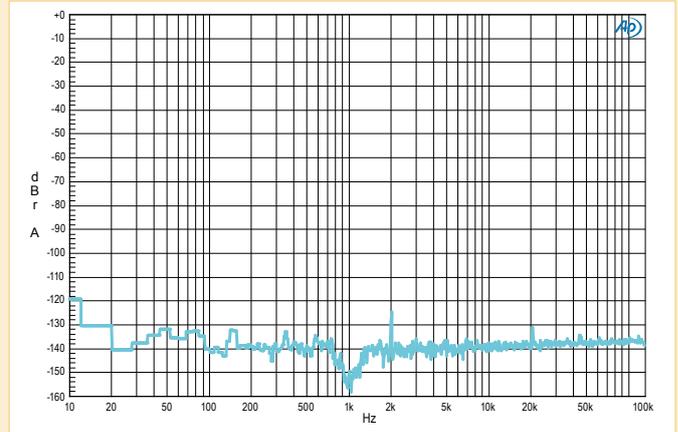
Platine für Line-in / Klang / Lautstärke # 110650-1.

Testumgebung: Audio Precision Two Cascade Plus 2722 Dual Domain (@Elektor-Labor)

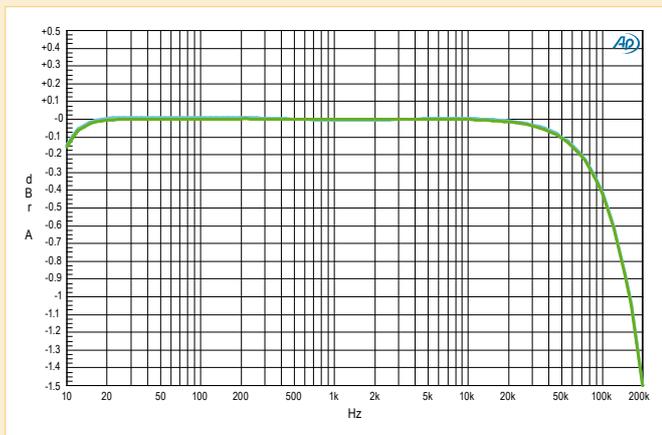
Alle Messungen symmetrisch.



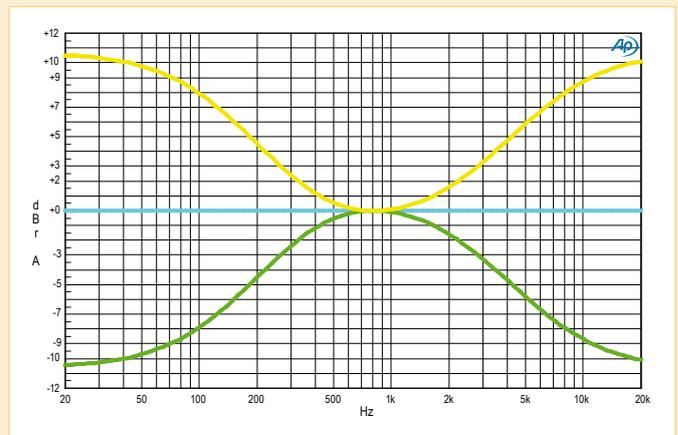
THD+N vs. Frequenz. Eingangspegel: 200 mV und 2 V (untere Kurve) bei 80 kHz Bandbreite und 1 V Ausgangspegel. Bei 200 mV ist der Rauschpegel mit 96 dB (B = 22 kHz) etwas größer als bei 2-V-Eingangspegel. Merkbare Verzerrungen bleiben bis zu einigen kHz aus.



FFT eines 1-kHz-Signals (Eingang: 2 V, Ausgang: 1 V). Sichtbar ist nur eine 2te Harmonische mit -125 dB.



Frequenzgang. Die hohe Amplitudenauflösung beträgt nur 0,1 dB. Die Klangeinstellung ist deaktiviert. Den gleichen Frequenzgang gäbe es bei aktiver Klangeinstellung und Mittelstellung von Höhen und Tiefen.



Frequenzgang der Klangeinstellung bei Maximal, Neutral- und Minimalstellung der Potis. Gezeigt sind jeweils die Kurven bei den Endpositionen der Potis.

kann man einfach ausprobieren, welche Art von Masseverbindung am besten funktioniert. Die Jumper steckt oder zieht man am besten dann, wenn die Platine ins Gehäuse eingebaut und verdrahtet ist.

Bei axialen Polystyrol-Kondensatoren muss man aufpassen, wo man die Anschlussdrähte biegt. Ihre Größen sind nicht standardisiert und unterliegen größeren Toleranzen.

Für die Potis sind die Kunststoff-Typen von Vishay Spectrol ein möglicher Ersatz für die Cermet-Typen. Die Lieferzeit für Cermet-Typen bei Farnell lag bei 93 Tagen, als ich an diesem Artikel arbeitete.

Im nächsten Beitrag dieser Serie geht es um einen hochqualitativen MC/MD-Vorverstärker. (110650)

### Literatur & Weblinks

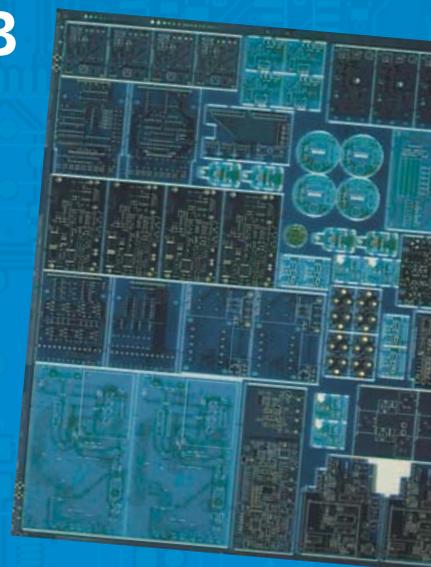
- [1] Precision Preamplifier 96, Douglas Self. Wireless World Juli/August & September 1996.
- [2] Der 5532-Power-OpAmp, Douglas Self. Elektor Oktober & November 2010 [www.elektor.de/100124](http://www.elektor.de/100124) und [www.elektor.de/100549](http://www.elektor.de/100549).
- [3] [www.elektor.de/110650](http://www.elektor.de/110650)

## Die europäische Referenz für PCB Prototypen und Kleinserien

Sparen Sie Entwicklungszeit und -kosten mit unseren einfach zu nutzenden Leiterplatten-Pooling-Services.

Wir bieten Ihnen:

- Top Qualität zu niedrigen Pooling Preisen
- Schnelle Lieferung nach Ihren Bedürfnissen
- Umfangreiche Technologie-Unterstützung
- Keine Einmal- oder Werkzeugkosten
- Keine Mindestbestellwerte - ab der 1 Leiterplatte
- Online-Bestellung ohne Vorkasse
- Schablonen Service



### **PCB proto** – spezieller Prototypen-Service für Entwickler, preiswert und schnell

- 1 oder 2 LP in 2, 3, 5 oder 7 Arbeitstagen
- DRC-geprüft, professionelle Ausführung inkl. 2x Lötstopplack und 1x Bestückungsdruck, 150µm Technologie
- 1 x 100 x 80mm in 7AT - 2 Lagen 46.26 € - 4 Lagen 93.94 €
- 2 x 100 x 80mm in 7AT - 2 Lagen 36.28 € je LP - 4 Lagen 73.52 € je LP

*Preise inkl. 19% MwSt und ohne Transportkosten*

### **STANDARD pool** – die größte Auswahl an Eurocircuits Pooling Optionen

- 1-8 Lagen 150µm Technologie-Leiterplatten
- ab 2 AT

### **TECH pool** – 100µm-Technologie mit allen Pooling-Vorteilen

- 2-8 Lagen 100µm Technologie-Leiterplatten
- ab 4 AT

### **IMS pool** – Aluminiumkern-Leiterplatten für hohe Wärmeableitung (z.B. LED-Anwendung)

- Leiterplatten mit einlagig isoliertem Metallsubstrat
- 1.5mm Alukern mit 75µm thermisch leitfähigem Dielektrikum und 35µm Kupferfolie
- ab 3 AT

### **On demand** – Alle Optionen im Nicht-Pooling für Spezialanwendungen

- 1-16 Lagen bis 90µm-Technologie
- RF- und Hoch-Tg-Materialien
- ab 2 AT

# Schalten via RS485

## Relais-Modul für den ElektorBus

Von Jens Nickel

Das ElektorBus-Projekt zeigt, wie groß das Interesse an der Hausautomatisierung ist. Hier stellen wir daher eine kompakte Platine vor, die zwei 230-V-Verbraucher schalten kann. Außerdem sind zwei Controller-Eingänge auf Schraubklemmen geführt, so dass sich auch die Stellung von Schaltern erfassen lässt. Die Software ist mit dem ElektorBus kompatibel. Ein weiterer Baustein also für die Haussteuerung über PC, Tablet und Smartphone!

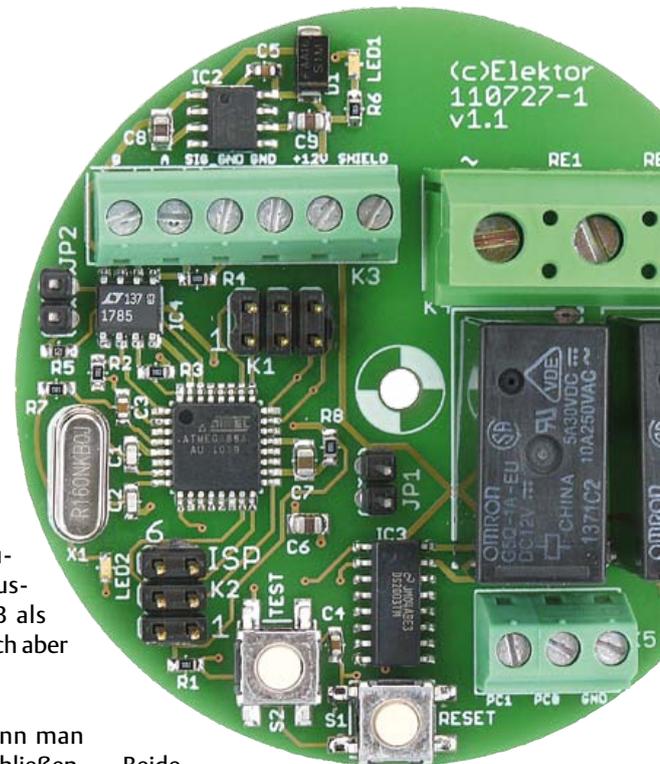
Bisher gab es für unser ElektorBus-Projekt nur Hard- und Software zu Experimentier- und Entwicklungszwecken; das soll nun schrittweise anders werden. Die interessanteste mögliche Anwendung eines Bussystems ist für viele Leser sicher die Hausautomatisierung. Daher beginnen wir mit einer Platine, die sich speziell für das Schalten von zwei (230-V-)Verbrauchern und das Erfassen von zwei Schalterstellungen eignet. Das kompakte Schaltmodul ist mit einem ATmega88 und einem RS485-Treiber LT1785 ausgestattet; die gleichen ICs also, die sich auch auf dem Experimental-Knoten des ElektorBus finden [1]. Darüber hinaus ist Demo-Software für Controller, PC und Smartphone downloadbar, die zu den ElektorBus-Protokollen kompatibel ist. Das Relais-Modul, das von Elektor schon vollständig bestückt angeboten wird, ist aber natürlich nicht nur für dieses Projekt tauglich.

### Bus-Anschluss

Das Schaltbild ist in **Bild 1** zu sehen. Die Versorgung mit 12 V Gleichspannung erfolgt über die Schraubklemme K3. Die RS485-Teilschaltung entspricht fast vollständig derjenigen des Experimental-Knotens, mit den Datenleitungen RO und DI, den Steuerleitungen DE und /RE (Flusskontrolle für den Halbduplexbetrieb), sowie den RS485-Leitungen A und B. Auch hier ist ein Abschlusswiderstand von 120 Ohm zwischen A und B über einen Jumper zuschaltbar. An der Schraubklemme K3 sind unsere

vier ElektorBus-Leitungen anzuschließen: 12 V und GND als Bus-Stromversorgung sowie A und B als Datenleitungen. Daneben finden sich aber noch zwei Extra-Anschlüsse.

An den Klemmenpin „Shield“ kann man die Abschirmung eines Kabels anschließen. Diese lässt sich dann über JP1 auf Masse legen. Typischerweise macht man das nur bei einem der Bus-Knoten, zum Beispiel dort, wo die Stromversorgung sitzt. „SIG\_GND“ (Signal Ground) bietet einen Extra-Zugang zum Masse-Anschluss des RS485-Treibers. Im Auslieferungszustand des Schalt-Moduls ist dieser mit der Bus-Masse verbunden. Wir wollten aber die Möglichkeit vorsehen, für die RS485-Treiber eine Extra-Masse bereitstellen zu können. Falls Lasten geschaltet werden, treten lokale Störungen auf der Bus-Masse auf. Und falls die Massepotentiale der Treiber zu sehr differieren, können im ungünstigsten Fall Bits aus dem Nichts entstehen (wie wir schon einmal festgestellt haben [2]). Eine Lösung könnte sein, die Signal-Masse nur an einer Stelle des Busses mit der Bus-Masse zu verbinden. Bei den anderen Busteilnehmern werden beide Massen dann beispielsweise durch einen 100-Ohm-Widerstand getrennt. Das verwendete Bus-Kabel muss dann natürlich eine fünfte Ader mitbringen. Bisher haben wir das allerdings nicht getestet, wir wollen aber in Kürze beginnen, einmal ein ausgewachsenes Bus-System aufzubauen.



Beide neuen Pins sind in Kombination mit verschiedenen Kabeln in jedem Fall eine Spielwiese für Experimente – bei uns und bei Ihnen!

### Controller-Pins

Die Test-LED, den Test-Button, den ISP-Programmierschlüssel sowie die Beschaltung von Versorgungs- und Taktpins des Controllers haben wir ebenfalls vom Experimental-Knoten übernommen. Statt einer einreihigen Stiftleiste für Erweiterungen haben wir diesmal aber eine 2x3-Stiftleiste genutzt, die kompakter ist und für die sich leichter passende Kabel finden lassen. Hierüber hat man wieder Zugriff auf vier Pins des Controllers, die als digitale Aus- oder Eingänge beziehungsweise vier analoge Eingänge (ADC0...ADC3) fungieren können. Zwei der Pins sind genauso wie die Masse auf eine zusätzliche Schraubklemme geführt. Hier kann man beispielsweise Lichtschalter anschließen. **Selbstverständlich dürfen die Schalter und alle beteiligten Kabel dann keine Netzspannung führen!**

Das Haupt-Feature des Moduls sind die zwei relais-geschalteten Ausgänge. Dazu wird

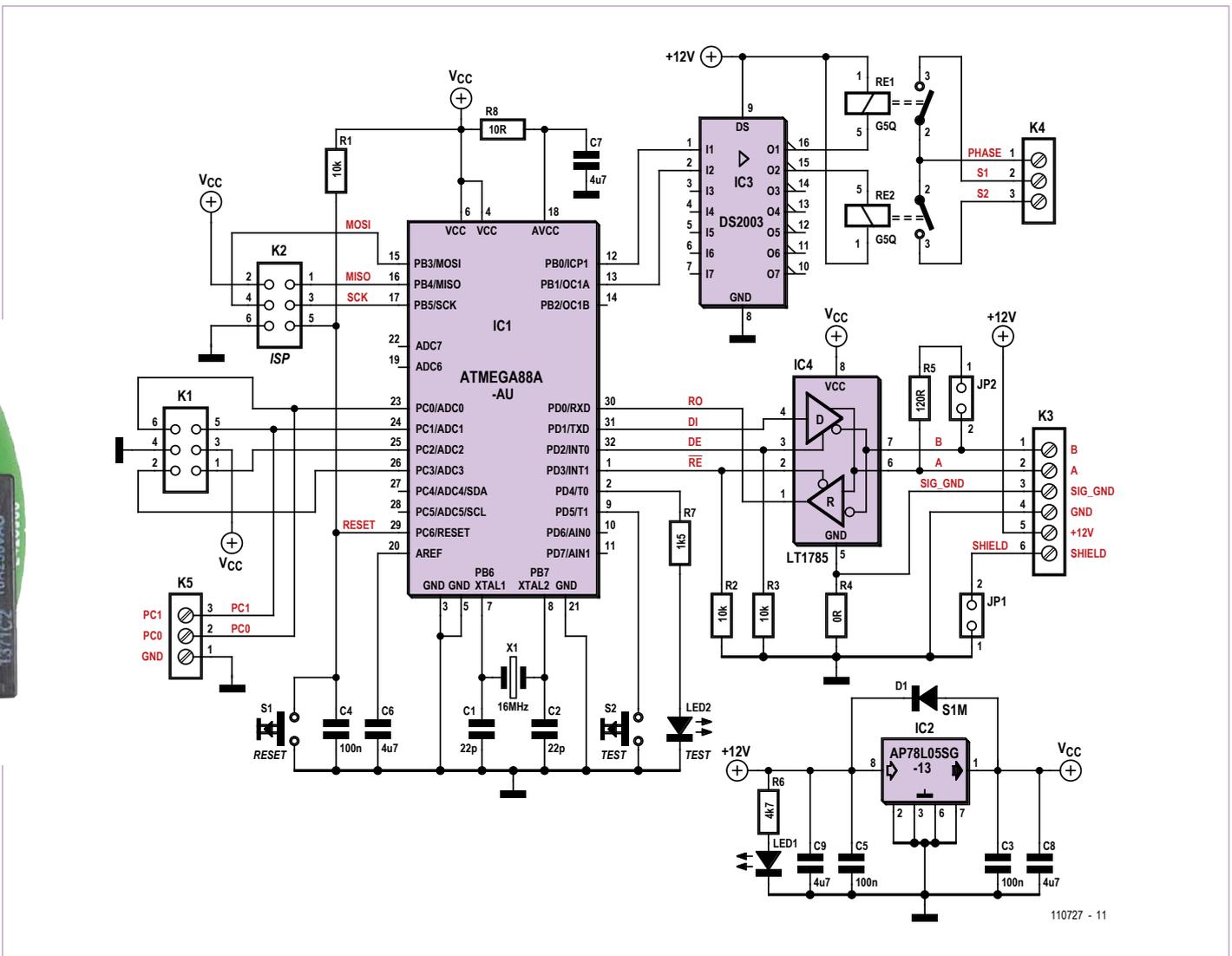


Bild 1. An das Modul lassen sich zwei Verbraucher, aber auch zwei Schalter über Schraubklemmen anschließen.

der Relaisreiber IC3 von zwei Controllerpins PB0 und PB1 angesteuert. Als Relais kommen „SPST-NO“-Typen zum Einsatz (Single Pole, Single Throw, Normally Open); sie verbinden in angezogenem Zustand eine Leitung „Phase“ mit den zwei Ausgängen „S1“ und „S2“. Alle drei Leitungen sind an extra-großen Schraubklemmen zugänglich. Es lassen sich Kleinspannungs- und auch Netzspannungs-Verbraucher wie Leuchten schalten. Wenn letztere angeschlossen werden, muss das Modul berührungsgeschützt und entsprechend den VDE-Bestimmungen (VDE 0100, VDE 0701) in ein Gehäuse ein-

gebaut werden! Näheres findet man auf der Sicherheitsseite in diesem Heft. Die Platine ist rund und kompakt, damit sie in einer 60-mm-Installationsdose Platz findet (Bild 2). **Nicht** benutzen darf man eine Verteilerdose, in die bereits 230-V-Leitungen gelegt sind, und die Busleitungen dürfen auch **nicht** parallel zu Netzspannungs-Leitungen in einem Kabelrohr geführt werden (siehe hierzu auch den Kasten „Kabel“). Für das Schaltmodul muss also eine Extra-Dose und für das Bus-Kabel ein Extra-Leerrohr vorgesehen werden. In Deutschland dürfen Elektroinstallationen nur von ausgebildeten

Fachkräften durchgeführt werden, die bei eingetragenen Betrieben (Installateursverzeichnis des Netzbetreibers) arbeiten.

### Software

Erst die passende Firmware haucht dem Schalt-Modul Leben ein. Wir haben darauf verzichtet, den Controller im Auslieferungszustand zu programmieren, da die bestückte Platine ja für alle möglichen Einsatzszenarien tauglich sein soll. Es gibt aber wie immer Demo-Software, die natürlich ElektorBus-kompatibel ist. Die Relais lassen sich dann zum Beispiel vom PC aus schal-

### Elektor Produkte & Service

- RS485-Schaltmodul (fertig aufgebaut und getestet 110727-91)
- RS485/USB-Konverter (fertig aufgebaut und getestet 110258-91)

- Gratis Software-Download

Alle Produkte und Downloads sind über die Website zu diesem Artikel erhältlich: [www.elektor.de/110727](http://www.elektor.de/110727)



befehl einging, versendet das Relais-Modul daher eine Nachricht, die den Status beider Relais enthält. Dazu muss das Modul nicht direkt vom Scheduler aufgerufen werden. Denn prinzipiell ließen sich über 100 Schalt-Module an den Bus anschließen, da würde es keinen Sinn machen, ständig den Status aller Relais abzufragen. Die Status-Nachricht wird vielmehr in der sogenannten *FreeBus-Phase* gesendet, die der Scheduler immer nach jeder Abfrage des Masters aufruft. In den FreeBusPhases dürfen alle Teilnehmer senden, die sporadisch etwas mitzuteilen haben. Hier können Kollisionen auftreten, wenn man mehrere solcher Knoten angeschlossen hat. Daher muss die Rückmelde-Message des Relais-Moduls – wenn man es wie wir ganz sicher gestalten will – wieder-

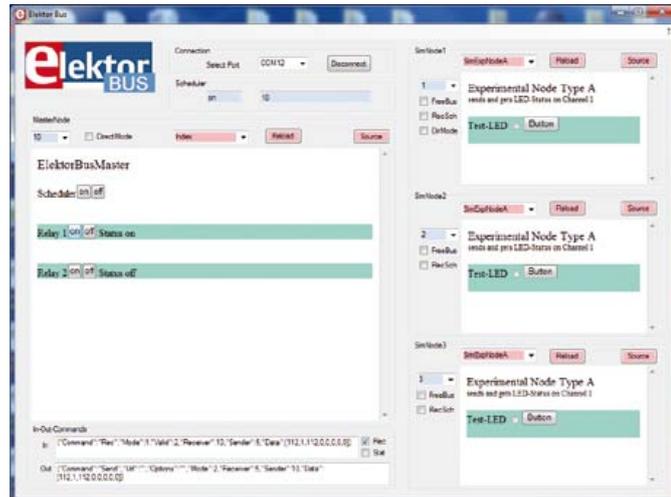


Bild 4. Die PC-Software ElektorBusBrowser mit der HTML-Benutzeroberfläche (links). In den Fenstern rechts sieht man simulierte Bus-Knoten, die sich zu Entwicklungszwecken aktivieren lassen [8].

Anzeige

## EXPRESSLIEFERUNG AB 12 STUNDEN.

GARANTIERT PÜNKTLICH ODER GARANTIERT KOSTENLOS.

Superpünktlich wie im Flugel Denn der LeitOn Leiterplatten-Expressdienst braucht nur 12 Stunden, um 1- und 2-lagige Leiterplatten an den Versender zu übergeben. Schaffen wir das ausnahmsweise einmal nicht, sind die Platinen absolut gratis! Doch vor dem Bestellen kommt das Kalkulieren. Bei LeitOn geht das besonders einfach: online, und das auch für **Schablonen und flexible Leiterplatten!** Das ist weltweit einmalig! Neugierig geworden? Unsere persönliche Telefonberatung und unser kompetenter Außendienst helfen Ihnen gerne weiter.

**LEITON**  
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

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

# FUNK tioniert!

Kabellose Klangerlebnisse – die Multikanal-Audiodfunkmodule **WA-TX-03-R** und **WA-RX-03-R** machen sie möglich. Bei der Übertragung von Audiosignalen im über 70dB großen Dynamikbereich wird dank Kompandertechnik eine sehr gute Rauschunterdrückung erreicht. Und somit eine hervorragende Tonqualität zu einem günstigen Preis. Die niedrige Betriebsspannung sowie die kompakte Größe machen die Anwendung äußerst komfortabel. Die Wireless Sender- und Empfängermodule eignen sich z.B. für kabellose Konferenzsysteme, Mikrofonsysteme für Amateure oder Audioguides in Museen.

**Nutzen Sie unsere Technologie  
und Kompetenz für Ihre Ideen.**

Vertrieb durch:

**Reimesch**  
Kommunikationssysteme GmbH

Friedrich-Ebert-Str. · D-51429 Bergisch Gladbach  
Tel.: 0 22 04 / 58 47 51 · Fax: 0 22 04 / 58 47 67  
www.reimesch.de · kontakt@reimesch.de

Vertrieb durch:

**CIRCUIT DESIGN GmbH**

Schleißheimer Str. 263 · D-80609 München  
Tel.: +49 / 89 / 35 82 83-60 · Fax: +49 / 89 / 35 82 83-66  
www.circuitdesign.de · info@circuitdesign.de

**Listing: User-Interface mit HTML/Javascript (Ausschnitt)**

```

<SCRIPT src='JSBus.txt' Language='javascript' ></SCRIPT>
<SCRIPT Language='javascript' >

function ProcessPart(part)
{
  if (part != null)
  {
    if(part.Sender == 5)
    {
      if(part.Channel == 0)
      {
        if (part.Numvalue == 0) {TextSetvalue ("StatusRelay1","off");}
        if (part.Numvalue == 1) {TextSetvalue ("StatusRelay1","on");}
      }

      if(part.Channel == 1)
      {
        if (part.Numvalue == 0) {TextSetvalue ("StatusRelay2","off");}
        if (part.Numvalue == 1) {TextSetvalue ("StatusRelay2","on");}
      }
    }
  }
}

function SwitchRelay1(Status)
{
  var parts = InitParts();
  parts = SetValue(parts, 10, 5, 0, 0, Status);
  SendParts(parts, true);
}

function SwitchRelay2(Status)
{
  var parts = InitParts();
  parts = SetValue(parts, 10, 5, 1, 0, Status);
  SendParts(parts, true);
}

</SCRIPT>
...

```

rum vom PC bestätigt werden. Diese *AcknowledgeMessage* für FreeBusPhase-Knoten wird jedoch automatisch versandt, und zwar von der Javascript-Bibliothek JSBus, die in das Demo-HTML-File eingebunden ist (siehe **Listing**). Die Bibliothek decodiert die Nachricht des Relais-Knotens auch, der

eigentliche Anwender-Code muss lediglich die beiden Parts (Informations-Einheiten) entgegennehmen, aus denen die Message besteht. Der erste Part repräsentiert den Status des Relais 1 (auf Channel 0 gesendet), der zweite Part den Status des Relais 2 (auf Channel 1 innerhalb der Message

gesendet). Für beide Parts wird wie immer die Funktion `ProcessPart` im Javascript-Teil der HTML-Seite aufgerufen. Innerhalb der Funktion verwenden wir den übertragenen Status-Wert (0 für „aus“ und 1 für „an“), um den Status-Text der Relais in der HTML-Oberfläche umzuschalten.

All dies haben wir schon des Öfteren in den ElektorBus-Artikeln beschrieben. Ab nun muss man aber nicht mehr in die Artikel selbst schauen, wenn man etwas nachschlagen will. Die Details des MessageProtocols, des ApplicationProtocols und des Rapid-Development-Systems mit HTML und Javascript kann man in der neuen ElektorBus-Referenz nachlesen, die kostenlos unter [6] herunterzuladen ist.

**Ausblick**

Das Schalten per PC und Smartphone ist schon eine recht nette Anwendung, aber so richtig schön wäre es, wenn wir das Ganze auch aus der Ferne bewerkstelligen könnten – am besten wäre ein weltweiter Zugang. Nun, hierfür wird es in naher Zukunft gleich mehrere Möglichkeiten geben. In der Pipeline ist ein größeres Mikrocontrollerboard, das natürlich mit RS485, aber auch mit einem Sockel für ein Netzwerkmodul ausgestattet ist. Darüber hinaus wollen wir die kommunikativen Fähigkeiten eines Smartphones oder Tablets, das an den Bus angeschlossen ist, noch ein wenig mehr ausreizen. Man darf auf jeden Fall gespannt sein, wo unser Bus noch überall hinfährt!

(110727)

**Weblinks**

- [1] [www.elektor.de/110258](http://www.elektor.de/110258)
- [2] [www.elektor.de/110225](http://www.elektor.de/110225)
- [3] [www.elektor.de/110405](http://www.elektor.de/110405)
- [4] [www.elektor.de/120097](http://www.elektor.de/120097)
- [5] [www.elektor.de/110727](http://www.elektor.de/110727)
- [6] [www.elektor.com/elektorbus](http://www.elektor.com/elektorbus)
- [7] [www.youtube.com/watch?v=rbdSTXNARmw](http://www.youtube.com/watch?v=rbdSTXNARmw)
- [8] [www.elektor.de/110708](http://www.elektor.de/110708)

## Die Vorschriften

Alle elektrischen Geräte müssen so konstruiert sein, dass sie die Bedingungen der DIN-VDE-0100-ff erfüllen. Die Vorschriften sollen der Gefahr eines elektrischen Schlages bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und im Fehlerfall vorbeugen. Dazu muss die Berührung von Teilen, die spannungsführend sind oder bei einem Fehler spannungsführend werden können, durch den Einsatz von Kapselung oder Abdeckungen oder durch das Anbringen dieser Teile an unzugänglichen Stellen ausgeschlossen werden. Eine Alternative stellt die Beschränkung von Spannungen und Strömen an absichtlich oder zufällig berührbaren Teilen durch eine Spannungs- und/oder Strombegrenzung oder Erdung dar.

Die Höhe des Stroms, der für den menschlichen Körper gefährlich werden kann, schwankt individuell je nach Art des Anschlusses an den Körper, der Frequenz und der Zeitspanne des Stromflusses. Ein Körperstrom größer als 30-mA sollte in jedem Fall durch geeignete Schutzmaßnahmen vermieden werden.

Geräte mit Netzspannungsanschluss werden in drei Schutzklassen (EN-60335-1, VDE-0700-1) eingeteilt, wobei die entsprechenden Netzteile zusätzlich zur Basisisolierung mit einer weiteren an die jeweilige Schutzklasse angepassten Schutzmaßnahme versehen sein müssen.

### • Klasse I

Geräte der Schutzklasse I sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre berührbaren leitfähigen Teile, die im Falle des Versagens der Basisisolierung berührungsfähig werden können, mit dem Schutzleiter des Netzes (unter Umständen über ein flexibles Kabel) verbunden sind. So kann kein Teil beim Ausfall der Basisisolierung spannungsführend werden.

Hat das Gerät eine abnehmbare Anschlussleitung, dann muss der Gerätestecker einen voreilenden Schutzkontakt haben. Der grün/gelbe Schutzleiter darf niemals für eine andere Aufgabe als für die des Schutzleiters eingesetzt werden und keinen kleineren Querschnitt als die Versorgungsleiter haben. Zusätzlich zu dieser Maßnahme können Geräte der Schutzklasse I Teile mit doppelter oder verstärkter Isolierung enthalten. Auch Teile, die mit Schutzkleinspannung oder durch Schutzimpedanz geschützt sind (wenn leitfähige Teile berührt werden müssen), sind möglich.

### • Klasse II

Geräte der Schutzklasse II haben keinen Schutzleiteranschluss. Der Schutz hängt nicht nur von der Basisisolierung, sondern auch von zusätzlichen Maßnahmen ab. Diese sind:

**Isolierstoffumhüllung:** Alle leitfähigen, berührungsfähigen Teile sind vom dauerhaften Isolierstoffgehäuse umschlossen. Es müssen alle leitfähigen und nicht leitfähigen Teile (Schrauben, Nieten, etc.), die die Isolierstoffhülle durchstoßen, innen mit doppelter oder verstärkter Isolierung abgedeckt sein. So ginge die Schutzisolierung verloren, falls z.B. eine Kunststoffschraube durch eine metallische ersetzt würde.

**Metallumhüllung:** Hier besteht das dauerhafte Gehäuse aus Metall, den zusätzlichen Schutz erhält man durch eine innere und durchgängige, doppelte oder verstärkte Isolierung.

**Dritte Möglichkeit:** Das Gerät enthält eine Kombination aus diesen beiden Varianten.

### • Klasse III

Geräte der Schutzklasse III werden ausschließlich aus besonders zuverlässigen Stromquellen mit Schutzkleinspannung gespeist. Ortsveränderliche Transformatoren zur Speisung solcher Geräte müssen mit sicherer Trennung gemäß EN-60742 (EN-61558, VDE-0570, VDE-0551) ausgeführt sein. Betriebsmäßig Spannung führende Teile dürfen nicht mit dem Schutzleiter oder mit aktiven Leitern anderer Stromkreise verbunden sein. Stecker an Geräten der Schutzklasse III dürfen keinen Schutzleiteranschluss haben und auch nicht in Steckdosen für höhere Spannung passen. Wenn die Versorgungsspannung unter

25-V Wechselspannung oder unter 60-V Gleichspannung liegt, kann auf jeglichen Berührungsschutz verzichtet werden. Geräte der Schutzklasse-III, bei denen größere Spannungen auftreten (bis maximal 50-VAC oder 120-VDC, den Maximalwerten der Schutzklasse-III), müssen mit einem Schutz gegen direktes Berühren versehen sein.

## Praktische Hinweise

### • Netzeinführung

In der Praxis betreffen diese Sicherheitsregeln vor allem den Umgang mit der 230-V-Netzspannung. Oberstes Gebot sollte es sein, die netzspannungsführenden Teile so kompakt und stabil wie möglich zu halten. Dies kann durch komplette Netzspannungsgeratestecker erreicht werden. Diese Stecker sind mit bzw. ohne Schutzleiteranschluss und teilweise mit integrierter Primärsicherung und Netzschalter oder -filter im Handel erhältlich. Verzichtet man auf diese Gerätestecker, dann muss das Netzkabel mit einer wirksamen Zugentlastung ausgestattet sein. Bei Klasse-I-Geräten wird der gelb/grüne Schutzleiter direkt neben der Einführung an die PE-Klemme angeschlossen, diese hat eine leitende Verbindung zum Gehäuse und –wenn möglich– auch zum Transformator.

### • Schalter

Der Netzschalter muss eine Spannungsfestigkeit von 250-VAC haben. Dieser Wert ist üblicherweise auf der Rückseite des Schalters neben dem Bemessungsstrom aufgedruckt. Weiterhin gibt der eingeklammerte Wert den Bemessungsstrom bei induktiver oder kapazitiver Last an. Beim Anschluss eines Motors muss also der eingeklammerte Wert beachtet werden. Die auf den Schaltern angegebene Spannung ist die Schaltspannung und betrifft nicht den Berührungsschutz. Im Bereich des Netzteils sollten nur Bauteile (Netzschalter, Sicherungsschalter etc.) mit VDE-Zeichen verwendet werden, da nur dieses Zeichen die Einhaltung der Kriech- und Luftstrecken nach außen garantiert. Alle Netzschalter sollten zweipolig sein. Es gibt zwar Ausnahmen für diese Regel (Stecker-netzteile, etc.), die aber beim Geräteselbstbau eigentlich kaum Einsparmöglichkeiten bieten. Schmelzsicherungen und Bauteile von Netzstörfiltern müssen nicht, können und sollten aber möglichst mit ausgeschaltet werden.

### • Verdrahtung

Die interne Verdrahtung der netzspannungsführenden Teile erfordert erhöhte Aufmerksamkeit. Die aktiven Leiter müssen einen Querschnitt von mindestens 0,75-mm<sup>2</sup> haben und entsprechend mehr je nach Gerätebemessungsstrom (Nennstrom). Der Schutzleiter hat den gleichen Querschnitt. Aus Sicherheitsgründen sind hier doppelt isolierte Netzkabel (H05VV-F) einfach isolierten (H05V-F, VDE 0292, HD-21/22) vorzuziehen. Die Adern sollten an der Kabeleinführung auf entsprechende Netzanschlussklemmen gelegt oder mit Flachsteckern am Gerätestecker angebracht bzw. an Platinenklemmen festgeschraubt werden. Keinesfalls sollte man das Netzkabel direkt an eine Platine löten oder einer mechanischen Spannung aussetzen.

Litzendrähte, die in einer Klemme verschraubt werden, müssen einen Speißschutz (Aderendhülsen) haben. Verzinnen und Verdrehen ist als Speißschutz ungeeignet und unzulässig, weil das Lot kalt fließen kann.

Bei Klasse-I-Geräten ist darauf zu achten, dass der Schutzleiter mit allen berührbaren leitfähigen Teilen, also auch Potentiometerachsen und Kühlkörpern verbunden ist.

Weiterhin ist für eine ausreichende Entlüftung elektronischer Baugruppen zu sorgen. Lassen Sie niemals eine Schmelzsicherung weg, die im Schaltplan vorgegeben ist. Bei Eigenkonstruktionen sollte der Maximalstrom der trägen Primärsicherung etwa 25-% über dem Bemessungsstrom liegen. Muss sekundär abgesichert werden, ist der Maximalstrom der schnellen (bei induktiver oder kapazitiver Belastung aus mittelträgen oder trägen) Sicherung gleich dem Bemessungsstrom des Gerätes zu wählen.

Aus Sicherheitsgründen sollte man beim Selbstbau eines Gerätes nur Sicherheitstransformatoren bzw. Trenntransformatoren nach VDE-0570 (EN-61558) oder Netzteile nach EN-60950 einsetzen. Diese Transformatoren tragen folgende Symbole:



Sicherheitstransformator, kurzschlussfest



Trenntransformator, nicht kurzschlussfest

Bedingt kurzschlussfeste Transformatoren haben eine eingebaute Temperatursicherung (Temperaturbegrenzer) oder sie müssen mit einer definierten Sicherung beschaltet (geschützt) werden.

Nicht kurzschlussfeste Transformatoren müssen nach Herstellerangaben eingangs- und ausgangseitig abgesichert werden.

Bei der Verdrahtung der Eingangsseite (Netzseite) eines Transformators muss man die aktiven Leiter zusätzlich so befestigen, dass sie unter keinen Umständen die Sekundärseite berühren können (Sicherheitsabstände großzügig dimensionieren, >1-cm).

Spartransformatoren sollten nicht für die Versorgung von Geräten verwendet werden, weil bei ihnen die galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgangsseite fehlt.

Je nach Bauart können Transformatoren auch schon in die Schutzklassen-I bis III eingeteilt werden, was den Gerätebau zusätzlich erleichtert.

## Prüfen, Messen und Testen

Elektrische Geräte müssen in regelmäßigen Zeitabständen, die sich nach der Gebrauchshäufigkeit richten, sicherheitstechnisch überprüft werden. Darunter fällt die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems (Prüfstrom 25-A, Schleifenwiderstand <0,1-Ω alternativ nach VDE-0701), aber auch der Zustand und feste Sitz der internen Verdrahtung.

Bei Eingriffen in das Gerät zu Mess-, Test- oder Reparaturzwecken müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Das Gerät versorgt man dann möglichst über einen Trenntransformator gemäß EN-61558. An einen Trenntransformator darf nur ein Verbraucher (max. 16-A) angeschlossen werden. Außerdem sollte jeder Arbeitsplatz mit einem Personenschutzschalter ausgestattet sein. Ein Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) mit einem Auslösestrom von 30-mA verspricht ebenfalls ausreichende Sicherheit.

(060037-1E)

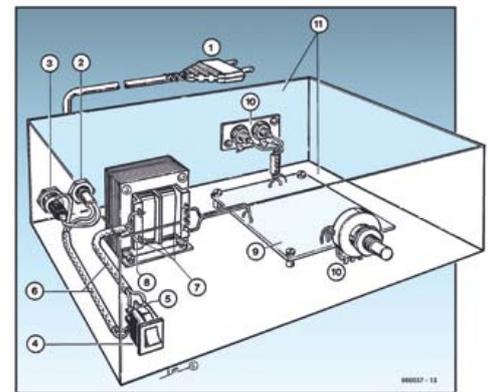
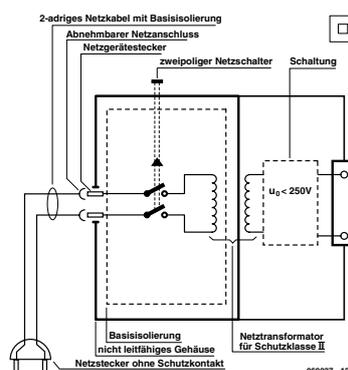
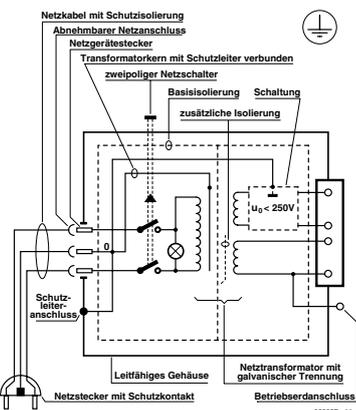


Bild-3. Beispiel für ein Klasse-II-Gerät.

- 1 Netzkabel mit angemessenem 2-poligen Eurostecker
  - 2 Zugentlastung
  - 3 Sicherungshalter
  - 4 zweipoliger Netzschalter (für Klasse-II geeignet)
  - 5 Anschluss am Netzschalter durch Flachstecker und Zugentlastung
  - 6 Netzkabel mit doppelter Isolierung
  - 7 Abstand zwischen Primäranschlüssen zum Transformator oder anderen Bauteilen mindestens 6-mm (bei Sekundärspannungen <250-V)
  - 8 Kabel mit mindestens 0,75-mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt bei Stromaufnahme <6-A.
  - 9 Platine wird sicher am und in ausreichendem Abstand (>6-mm, Lötspitze, Durchbiegung berücksichtigen) vom Gehäuseboden befestigt.
  - 10 Berührbare Teile (Potentiometerachsen, Buchsen) dürfen leitend mit dem Gehäuse verbunden werden.
  - 11 Kunststoffgehäuse.
- Bei Metallgehäusen ist eine doppelte Isolation des Primär- vom Sekundärkreis notwendig.



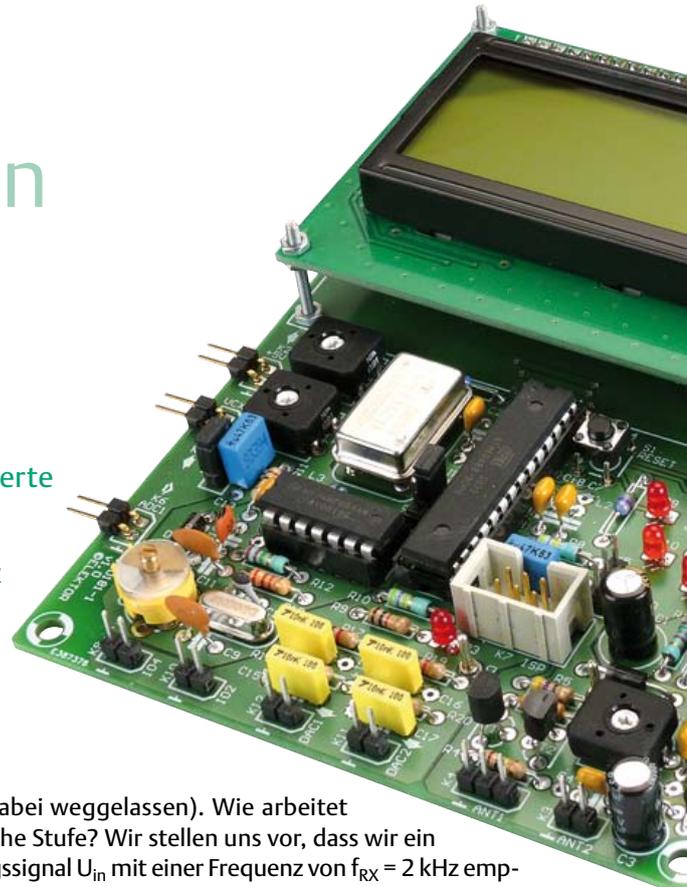
### • Transformatoren

# SDR mit AVR (2)

## Abtastung von Signalen

Von Martin Ossmann (D)

Dass sich die beliebten AVR-Controller auch für die digitale Signalverarbeitung eignen, soll diese Serie zeigen. Mit einem ATmega88 tasten wir diesmal amplituden- und phasenmodulierte Signale ab, die wir selbst erzeugen, aber auch aus dem Äther fischen können. Dabei sind Frequenzen von mehreren 100 kHz kein Hindernis. Wie das funktioniert, zeigen wir wieder in der bewährten Mischung aus Theorie und Praxis.



Wenn man ein Trägersignal in der Amplitude, der Frequenz oder der Phase moduliert, können Daten oder Töne über den Äther geschickt werden. Beim „Software Defined Radio“ geht es in erster Linie darum, das empfangene Signal abzutasten und die Modulation durch entsprechende Berechnungen in einem Prozessor sichtbar zu machen. Anschließend kann man die übertragenen Daten durch Decodierung zurückerhalten. Doch wie funktioniert das? Um das zu verstehen, schauen wir uns zuerst einmal einen analog arbeitenden Empfänger an.

### Empfang auf analoge Art

Die Eingangsstufe vieler moderner Empfänger ist wie in **Bild 1** dargestellt aufgebaut (die Vorselektion durch entsprechende Filter

wurde dabei weggelassen). Wie arbeitet eine solche Stufe? Wir stellen uns vor, dass wir ein Empfangssignal  $U_{in}$  mit einer Frequenz von  $f_{RX} = 2$  kHz empfangen wollen. Dann stellen wir die Frequenz  $f_{LO}$  eines lokalen Oszillators LO ebenfalls auf  $f_{LO} = 2$  kHz ein. Im oberen Pfad der Schaltung (dem sogenannten Inphasen- oder auch I-Kanal) wird das Eingangssignal mit dem cosinus-förmigen LO-Signal multiplikativ gemischt. Dabei entsteht eine Gleichspannungskomponente  $X$ , die das Tiefpassfilter ungehindert durchläuft. Weiter entsteht ein Signal von 4 kHz, das vom Tiefpass weggefiltert wird. Die Größe von  $X$  hängt von der Amplitude  $A$  und Phase  $\varphi$  des Eingangssignals ab (Phase relativ zum Lokalen Oszillator). Es gilt  $X = A \cos(\varphi)$  (bei passender Verstärkung des Tiefpasses). Ist das Eingangssignal in Phase mit

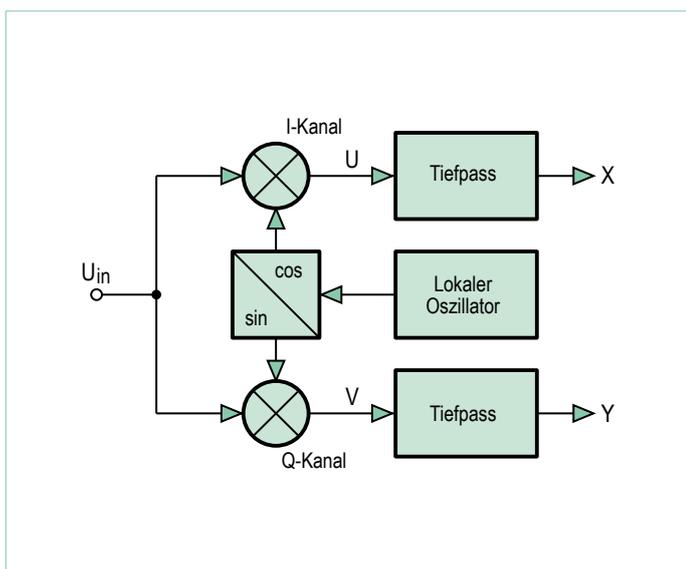


Bild 1. Quadraturmischung.

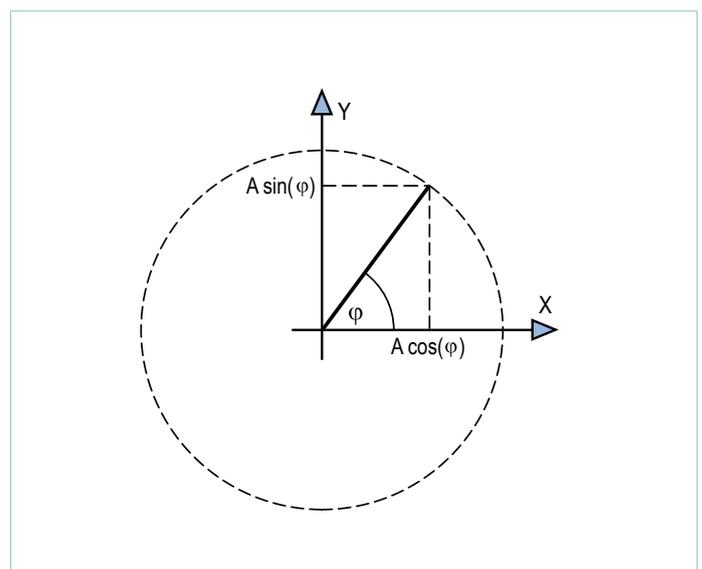


Bild 2. Geometrische Interpretation.



dem Cosinus-Signal des LO, so ist X maximal. Deshalb heißt dieser Zweig der „InPhase“-Zweig.

Im unteren Zweig passiert dasselbe, nur dass nun das Sinus-Signal zur Mischung benutzt wird (das Cosinus-Signal mit 90° Phasenverschiebung). Die Größe von Y hängt wieder von der Amplitude A und Phase  $\varphi$  des Eingangssignals ab, es gilt  $Y = A \sin(\varphi)$ . Und Y ist maximal, wenn das Eingangssignal 90° Phasenverschiebung zum Cosinus-Signal des LO hat. Daher heißt dieser Zweig der Quadraturzweig.

Graphisch ist der Zusammenhang in **Bild 2** dargestellt. Aus den Werten X und Y kann der Empfänger Amplitude A und Phase  $\varphi$  des empfangenen Signals ermitteln.

### Mit Abtastung wird's digital

Nun überlegen wir uns, was passiert, wenn wir alle diese Signale mit der Samplingfrequenz  $f_s = 8 \text{ kHz}$  abtasten, die genau das Vierfache der Frequenz des Eingangssignals ist (**Bild 3**).

Durch die Abtastung werden aus den zeitkontinuierlichen Signalen Zahlenfolgen. Wenn das Eingangssignal  $U_{in}$  ein cosinus-förmiges Signal mit Amplitude A und Frequenz 2 kHz ist (oben in Bild 3), so entsteht bei Abtastung die Wertefolge  $U_{in} = A, 0, -A, 0, A, \dots$ . Nach jeweils vier Werten wiederholen sich die Werte, weil wir ja mit vierfacher Frequenz abtasten.

Wir betrachten zuerst den Inphase-Kanal und tasten nun das Cosinus-Signal des Lokalen Oszillators ab. Die entstehende Wertefolge ist  $LO_{COS} = 1, 0, -1, 0, 1, \dots$ . Auch sie wiederholt sich jeweils nach vier Werten. Der Mischer multipliziert nun die Werte von  $U_{in}$  und  $LO_{COS}$ .

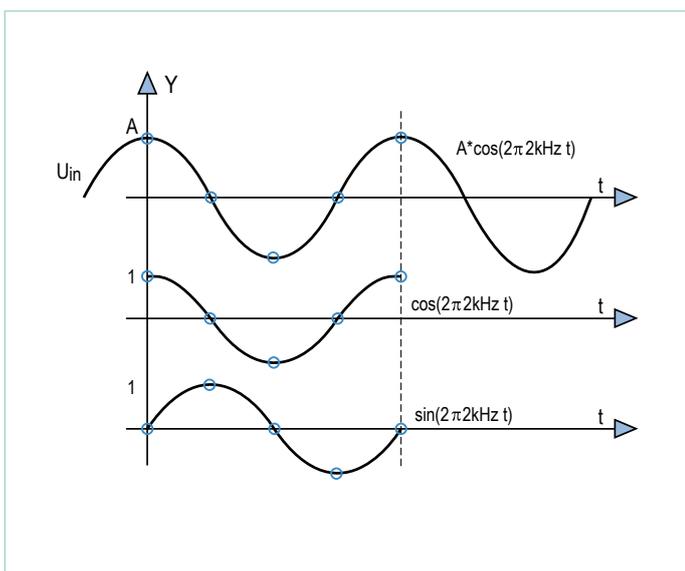


Bild 3. Abtastung mit vierfacher Signalfrequenz.

Das liefert die Folge  $U = A, 0, A, 0, A, \dots$ . Nach dem Mischer wird diese Folge durch einen Tiefpass gefiltert. Einen einfachen Tiefpassfilter können wir realisieren, in dem wir den gleitenden Mittelwert aus je vier aufeinanderfolgenden Werten bilden. Der Einfachheit halber multiplizieren wir diesen Wert noch jeweils mit 2. Am Ausgang dieses Filters entsteht dann die Folge  $X = A, A, A, A, \dots$ . Sie besteht immer aus dem gleichen Wert, nämlich A. Das heißt X ist quasi eine Gleichspannung mit Wert A, wobei A genau die Amplitude unseres Eingangssignals ist.

Nun müssen wir noch den Quadratur-Zweig betrachten. Im dortigen Mischer treffen die Folgen  $U_{in} = A, 0, -A, 0, A, \dots$  und  $LO_{SIN} = 0, 1, 0, -1, 0, \dots$  aufeinander. Multipliziert ergeben diese  $V = 0, 0, 0, 0, 0, \dots$ , also immer Null. Das heißt auch am Ausgang des Tiefpassfilters ist V gleich Null.

Die gleichen Betrachtungen kann man nun für ein sinusförmiges Eingangssignal  $U_{in} = A \sin(2\pi \cdot 2 \text{ kHz} \cdot t)$  machen, dafür ergeben sich  $X = 0$  und  $Y = A$ . Damit ist aber nachgewiesen, dass unser zeitdiskreter IQ-Mischer genauso arbeitet wie der klassische IQ-Mischer, den wir zu Anfang beschrieben haben. Wir haben außerdem gezeigt, dass wenn die Abtastfrequenz das Vierfache der Signalfrequenz ist, die Folgen des LO-Signals nur aus Nullen, Einsen und Minus-Einsen bestehen. Das heißt aber, dass wir zum digitalen Mischen nicht einmal einen Multiplizierer brauchen. Wir müssen nur die passenden Werte des Eingangssignals im jeweiligen Tiefpassfilter addieren, um X und Y zu bestimmen.

### Hardware ...

Um diese Idee einmal auf einem AVR-Controller zu testen, wurde die Schaltung „Einfaches Frontend“ (siehe **Bild 4**) entworfen. Mit

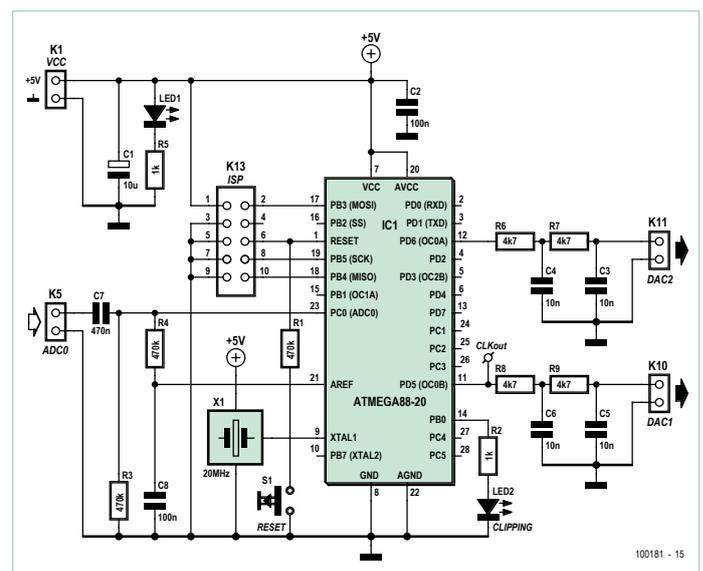


Bild 4. Hardware eines einfachen Frontends.

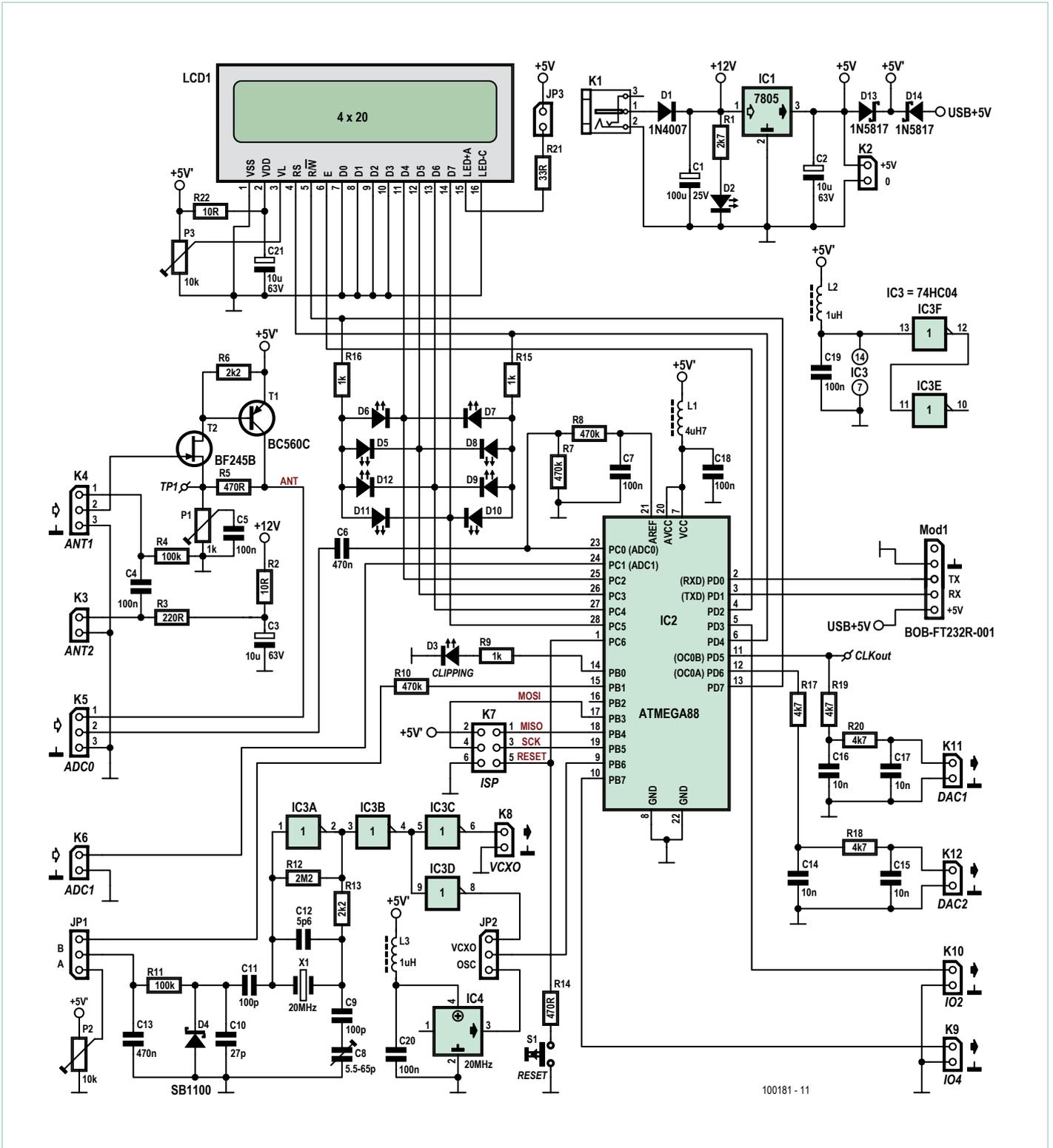


Bild 5. Schaltplan unserer universellen Empfänger-Platine.

## Stückliste

### Widerstände (5%):

R1 = 2k7  
 R2,R22 = 10  $\Omega$   
 R3 = 220  $\Omega$   
 R4,R11 = 100 k  
 R5,R14 = 470  $\Omega$   
 R6,R13 = 2k2  
 R7,R8,R10 = 470 k  
 R9,R15,R16 = 1 k  
 R12 = 2M2  
 R17,R18,R19,R20 = 4k7  
 R21 = 33  $\Omega$   
 P1 = 1 k, 20 %, 0W15, Trimmer  
 P2,P3 = 10 k, 20 %, 0W15, Trimmer

### Kondensatoren:

C1 = 100  $\mu$ , 25 V, 20 %, radial  
 C2,C3,C21 = 10  $\mu$ , 63 V, 20 %, radial  
 C4,C5,C7,C18,C19,C20 = 100 n, 50 V  
 C6,C13 = 470 n, 63 V, 10 %  
 C8 = 5,5..65 p, 150 V, Trimmer  
 C9,C11 = 100 p, 100 V, 5 %  
 C10 = 27 p, 100 V, 2 %  
 C12 = 5p6, 100 V, +/- 0.25 pF  
 C14,C15,C16,C17 = 10 n, 50 V, 5 %

### Induktivitäten:

L1 = 4 $\mu$ H, 190 mA, 1,7  $\Omega$   
 L2,L3 = 1  $\mu$ H, 270 mA, 0,8  $\Omega$

### Halbleiter:

D1 = 1N4007  
 D2,D3,D5..D12 = LED rot  
 D4 = SB1100  
 D13,D14 = 1N5817  
 T1 = BC560C  
 T2 = BF245B  
 IC1 = 7805  
 IC2 = ATmega88-20PU  
 IC3 = 74HC04  
 IC4 = 20 MHz Oszillator

### Andere:

X1 = 20 MHz Quarz, 50 ppm  
 S1 = 6 x 6 mm Taster, SPST-NO  
 K1 = Hohlsteckerbuchse  
 K2,K6,K8 = 2x1 Stiftleiste, rechtwinklig,  
 2,54 mm

K3,K9..K12,JP3 = 2x1 Stiftleiste, 2,54 mm  
 K4,K5,JP1,JP2 = 3x1 Stiftleiste, 2,54 mm  
 K7 = 2x3 Stiftleiste, 2,54 mm  
 JP1,JP2,JP3 = Jumper 2,54 mm  
 CLKout,TP1 = Einzelstift für Printmontage

4 x Sockelstift (für IC4)  
 Mod = 5x1 Stiftleiste für BOB-FT232R-001  
 LCD1 = LCD 4 x 20 HC200401C-YF62L-VA  
 Platine 100181-1

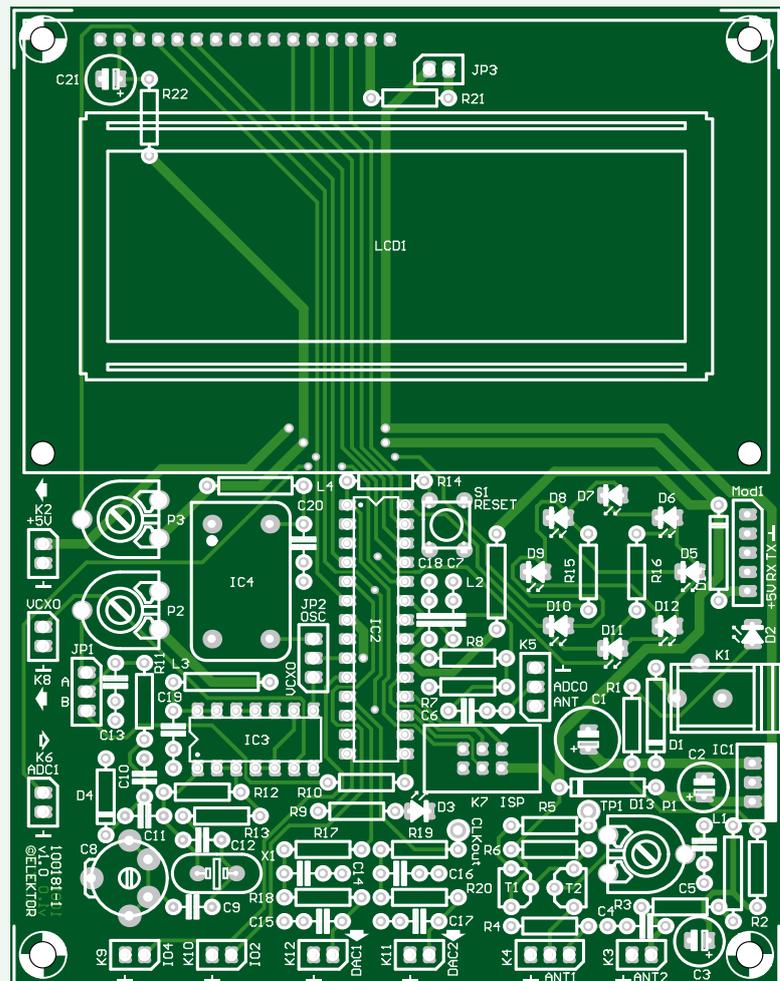


Bild 6. Die Platine ist mit allen Bauteilen als Kit bei Elektor erhältlich.

dem A/D-Wandler des ATmega88 tasten wir das Eingangssignal  $U_{in}$  ab und digitalisieren es. Dann führt die Firmware die notwendigen Berechnungen durch und gibt die zwei Signale X und Y per PWM über die Pins OCOA und OCOB aus. Um die PWM-Frequenz zu dämpfen, durchlaufen diese Signale noch zwei zweistufige RC-Tiefpässe. Die Schaltung ist so einfach, dass man sie gut auf einer Lochrasterplatte aufbauen kann. Noch einfacher geht es mit der Universal-Empfänger-Platine von Elektor, deren Schaltplan man in Bild 5

sieht. Wie auch der Signalgenerator aus dem ersten Teil der Serie [1] ist diese als Kit erhältlich, das die Platine (Bild 6) und alle Bauteile einschließt. Das macht Sinn, da die Bestückung auch diesmal nicht schwierig ist. Im Schaltplan sieht man, dass unser Empfangsboard alle Bestandteile des „Einfachen Frontends“ enthält, aber darüber hinaus zahlreiche weitergehende Möglichkeiten bietet, die wir in den weiteren Kurs-Folgen nutzen. Zum Beispiel lässt sich hier eine aktive Ferritantenne anschließen. Auch eine solche Antenne ist als

## Listing 1: Ermittlung der Quadraturkomponenten

```

U=0 ;
if (sampleTime==0){ U=  ADCv ; }
if (sampleTime==2){ U= - ADCv ; }
U3=U2 ; U2=U1 ; U1=U0 ; U0=U ;
X=U0+U1+U2+U3 ;
OCR0A=128+X/8 ;

V=0 ;
if (sampleTime==1){ V=  ADCv ; }
if (sampleTime==3){ V= - ADCv ; }
V3=V2 ; V2=V1 ; V1=V0 ; V0=V ;
Y=V0+V1+V2+V3 ;
OCR0B=128+Y/8 ;
    
```

Elektor-Bausatz erhältlich, Schaltung und Platine werden in einem der nächsten Folgen der Serie vorgestellt.

### ... und Software ...

Die Software ist wie immer im Quell- und Hexcode von der Elektor-Website downloadbar [2]. Für unser erstes Experiment nutzen wir die Software EXP-SimpleFrontend-2kHz-IQout-V01.c.

Das Programm tastet das Eingangssignal ab, und zwar mit einer Samplingrate von  $20 \text{ MHz}/2500 = 8 \text{ kHz}$ . Dann wird das Signal mit  $2 \text{ kHz}$  gemischt. Eine einfache Tiefpassfilterung führt zu  $X$  und  $Y$ , die man auch als Quadraturkomponenten  $I$  und  $Q$  bezeichnet.

In Listing 1 ist der Kern der Routine wiedergegeben. Die Timervariable `sampleTime` zählt immer von 0 bis 3 und ist sozusagen die aktuelle Phase des Lokalen Oszillators. In den Variablen  $U$  und  $V$  wird jeweils der Wert berechnet, der sich durch Multiplikation des Eingangswertes `ADCv` mit der Cosinusfolge  $[1,0,-1,0]$  bzw. der Sinusfolge  $[0,1,0,-1]$  ergibt. Die Werte  $U$  und  $V$  laufen dann in ein einfaches Tiefpassfilter, welches den gleitenden Mittelwert über je vier Werte berechnet. Die so erhaltenen Werte  $X$  und  $Y$  sind die Inphasen- und Quadraturphasen-Komponenten und werden an die PWM-Register `OCR0A` bzw. `OCR0B` ausgegeben.

### ... und Test

Um den Empfang zu testen, speisen wir das Sinussignal unseres Signalgenerators über ein 10-k-Poti zur Abschwächung in die Frontend-Hardware. Wir benutzen den Ausgang SINE-OUT (K3) des Signalgenerators und das Programm EXP-SinusGenerator-DDS-ASM-C-

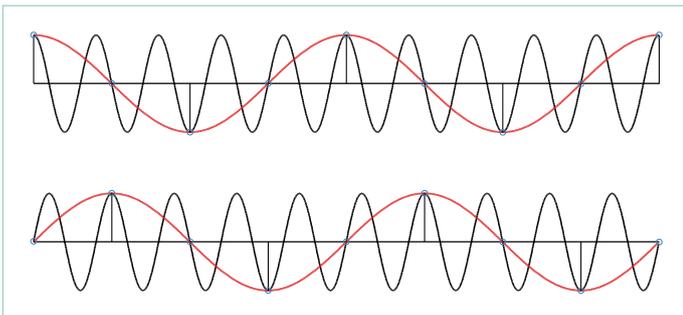


Bild 7. Abtastung eines 10-kHz- und eines 2-kHz-Signals (rot) mit  $8 \text{ ks/s}$ .

V01; den Abgriff des Potis verbinden wir mit dem Eingang `ADC0` der Empfängerplatine.

Die Ausgänge `DAC1` und `DAC2` verbinden wir mit einem Oszilloskop, welches in  $X/Y$ -Darstellung betrieben wird. Nun teilen wir dem Signalgenerator via RS232 mit, dass er einen 2-kHz-Sinus erzeugen soll [1], und stellen mit dem Poti die Amplitude des Sinus so ein, dass die rote LED (D3 in Bild 5) gerade nicht leuchtet. Dann ist das Frontend maximal ausgesteuert und geht noch nicht in die Begrenzung. Auf dem Oszilloskop ist nun ein Punkt zu sehen, der sich langsam kreisförmig bewegt. Theoretisch müsste der Punkt stillstehen, aber da die Oszillatoren des Signalgenerators und des Frontends nie exakt die gleiche Frequenz erzeugen, entsteht gewissermaßen eine Schwebung.

Um das deutlicher zu machen, stellen wir den Signalgenerator nun einmal auf  $2005 \text{ Hz}$ . Dann sehen wir einen Punkt, der 5 Mal pro Sekunde eine Umdrehung macht. Bei einer Einstellung von  $1995 \text{ Hz}$  rotiert der Punkt ebenfalls mit fünf Umdrehungen pro Sekunde, aber in die andere Richtung. Ändert man die Amplitude des Signals durch Drehen am Poti, ändert sich der Radius des Kreises.

Mit diesem „IQ-Demodulator“ wird der Bereich um  $2 \text{ kHz}$  herum in den Bereich um  $0 \text{ Hz}$  herabgemischt, wobei die beiden Seitenbänder oberhalb und unterhalb von  $2 \text{ kHz}$  quasi am Drehsinn unterschieden werden können. Nun geht es uns aber nicht darum, Signale im Bereich von  $2 \text{ kHz}$  zu empfangen. Interessanter sind schon Frequenzen im Langwellenbereich, da dort einige Sender Daten ausstrahlen. Wir sind aber schon kurz vor dem Ziel, wie der nächste Absatz zeigen wird.

### Der Weg zur HF

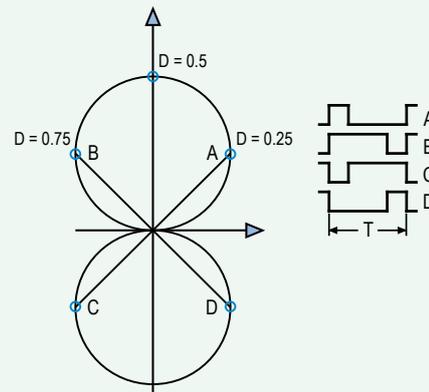
Tastet man ein Signal, das Anteile bis zu einer Frequenz  $f$  enthält, mit einer Abtastrate  $f_s$  ab, die kleiner als  $2f$  ist, spricht man von Unterabtastung, da das Shannonsche Abtasttheorem eine Abtastung mit mindestens  $2f$  erfordern würde.

Nun sehen wir uns einmal Bild 7 an. Der dargestellte Zeitabschnitt ist  $1 \text{ ms}$  lang. Die schwarze Kurve ist ein cosinusförmiges Signal (oben; unten sinusförmig). Dieses Signal wird wie oben mit  $8 \text{ ks/s}$  ( $8 \text{ KiloSamples/Sekunde}$ ) abgetastet, das ergibt als Abtastwerte die kleinen blauen Kreise. Bei normaler Abtastung müssten pro Periode des  $10\text{-kHz}$ -Signals mindestens zwei Abtastpunkte vorkommen, es ist aber weniger als 1 Abtastpunkt pro Periode. Das  $10\text{-kHz}$ -Signal ist also unterabtastet. Die Wertefolge, die sich nach der Abtastung ergibt, ist  $[1,0,-1,0,1,0,-1,0,1]$  (fürs untere Bild  $[0,1,0,-1,0,1,0,-1,0]$ ). Zusätzlich ist in das Bild die  $2\text{-kHz}$ -Kurve jeweils rot mit eingezeichnet. Für die rote Kurve ist das Abtasttheorem bei  $8 \text{ ks/s}$  erfüllt. Erstaunlicherweise ergeben sich aber sowohl bei der  $10\text{-kHz}$ -Kurve als auch bei der roten Kurve die gleichen Abtastwerte. Das heißt, dass ein  $10\text{-kHz}$ -Signal nach Abtastung mit  $8 \text{ ks/s}$  genauso aussieht wie ein  $2\text{-kHz}$ -Signal. Folglich können wir mit dem Frontend, welches mit  $8 \text{ ks/s}$  abtastet, auch Signale mit  $10 \text{ kHz}$  demodulieren.

Natürlich gibt es auch eine theoretische Begründung dafür, nämlich das Shannonsche Abtasttheorem für Bandpass-Signale. Ein

## Modulationsarten BPSK und QPSK

Ein Spezialfall der Phasenmodulation ist die Binäre Phasenmodulation, bei welcher die Werte 0 und 1 durch Signale codiert werden, die 180 Grad Phasenverschiebung aufweisen. Mit der im Text besprochenen PWM geht das nicht. Nun kann man aber über die Register des AVR einstellen, ob das erzeugte PWM-Signal beim Ereignis  $\text{TimerValue} == \text{CompareValue}$  eine positive oder negative Flanke haben soll; das heißt, dass man auch das inverse PWM-Signal erzeugen kann. In dem Diagramm nach Bild 11 kommt dadurch ein zweiter Kreis hinzu, auf welchem mögliche Signale liegen, so wie im Bild dargestellt.



Insbesondere gibt es vier Signalformen (Punkte [A,B,C,D]), welche jeweils 90 Grad phasenverschoben sind. Damit kann man eine QPSK-Modulation realisieren (Quadrature Phase-Shift Keying). Wählt man gegenüber liegende Punkte (z.B. A und C), erhält man Signalformen, die um 180 Grad phasenverschoben sind. Das entspricht nun genau der BPSK-Modulation. Damit kann unser simpler PWM-Generator mit allen wichtigen Phasenmodulationsarten umgehen. Sie sind auch im Programm realisiert und können durch entsprechende Präprozessor-Befehle ausgewählt werden.

Bandpass-Signal mit einer Bandbreite B kann rekonstruiert werden, wenn es mit einer Abtastrate grösser als  $2B$  abgetastet wird. Mit einer Samplerate von 8 kHz können wir damit Signale der folgenden Frequenzen demodulieren: 2kHz,  $2\text{ kHz} + 1 \cdot 8\text{ kHz} = 10\text{ kHz}$ ,  $2\text{ kHz} + 2 \cdot 8\text{ kHz} = 18\text{ kHz}$ ,  $2\text{ kHz} + 3 \cdot 8\text{ kHz} = 26\text{ kHz}$ ,...,  $2\text{ kHz} + 20 \cdot 8\text{ kHz} = 162\text{ kHz}$ ,.... Das können wir auch gleich ausprobieren, indem wir zum Beispiel 26005 Hz am Signalgenerator einstellen. Wenn  $f_s$  die Samplefrequenz ist, lassen sich also Frequenzen mit den Werten  $n \times f_s + f_s/4$  empfangen und demodulieren. Das Signal muss aber entsprechend bandbegrenzt sein, z.B. durch ein Bandpassfilter vor dem AVR. Gleichzeitig kann man auch die Spiegel frequenzen  $n \times f_s - f_s/4$  empfangen, in unserem Fall also  $8\text{ kHz} - 2\text{ kHz} = 6\text{ kHz}$ ,  $2 \cdot 8\text{ kHz} - 2\text{ kHz} = 14\text{ kHz}$ ,...,  $25 \cdot 8\text{ kHz} - 2\text{ kHz} = 198\text{ kHz}$  und so weiter.

Bisher haben wir vorausgesetzt, dass das Signal perfekt abgetastet wird, aber das ist natürlich nicht der Fall. Jede Sample-And-Hold-Stufe in einem ADC hat eine gewisse Abtastdauer (aperture). Dadurch kann man sehr hohe Frequenzen mit dem AVR nicht auf diese Weise „heruntermischen“. Aber immerhin: In einem der nächsten Teile zeigen wir, dass sich auch ein Signal der BBC auf 648 kHz (Mittelwellenband!) einwandfrei decodieren lässt.

### Amplitude und Phase

Die Signale X und Y geben bei uns die Stärke des Inphase- und Quadraturphase-Zweigs wieder. Allerdings interessieren uns eher die Amplitude A und Phase  $\varphi$  eines Signals, denn schließlich wollen wir ja (unter anderem) amplituden- und phasenmodulierte Signale decodieren. Aus den „Koordinaten“ X und Y können wir die Amplitude und Phase berechnen. Mit einer schnellen Fließpunkt-Arithmetik könnte man z.B. die Statements

$$A = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{PHI} = \text{atan2}(X, Y)$$

benutzen. Das Programm EXP-SimpleFrontend-2kHz-Phase-Ampl-V01.c berechnet die Phase und Amplitude aber etwas effektiver und gibt diese über die beiden PWM-Ausgänge DAC1 und DAC2 aus. Der Spannungswert für die Amplitude wird dabei logarithmisch skaliert, das ermöglicht es, den Wert direkt in dB abzulesen. In **Bild 8** ist der zeitliche Verlauf der Phase für den Sender der BBC auf 198 kHz dargestellt. Das Signal wurde mit einer aktiven Ferritantenne empfangen und nach Verstärkung in das Frontend eingespeist. Die aktive Ferritantenne schließt man beispielsweise an den Anschluss ANT2 der Empfängerplatine an, und verbindet Pin 1 von K4 mit Pin 2 von K5, um so das Signal wieder an ADC0 weiterzuleiten. Als Abtastrate wurde  $f_s = 8\text{ kHz}$  gewählt. Da  $198\text{ kHz} = 25 \cdot 8\text{ kHz} - 2\text{ kHz}$  ist, wird damit das Eingangssignal auf 2 kHz heruntergemischt. Die BBC sendet auf 198 kHz digitale Daten durch Phasenmodulation von  $\pm 22,5$  Grad mit einer Rate von 25 bit/s. Die digitale Modulation ist in dem Signal gut zu erkennen.

### FM, PM und AM - mit PWM

Nun wollen wir modulierte Signale einmal selbst erzeugen. Im Controller des Signalgenerators kommt das Programm EXP-SQTX-

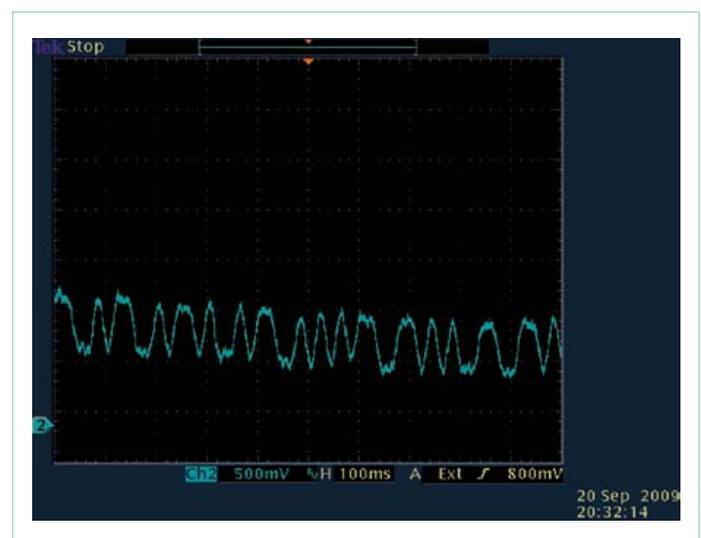


Bild 8. Phasenmodulation eines BBC-Senders.

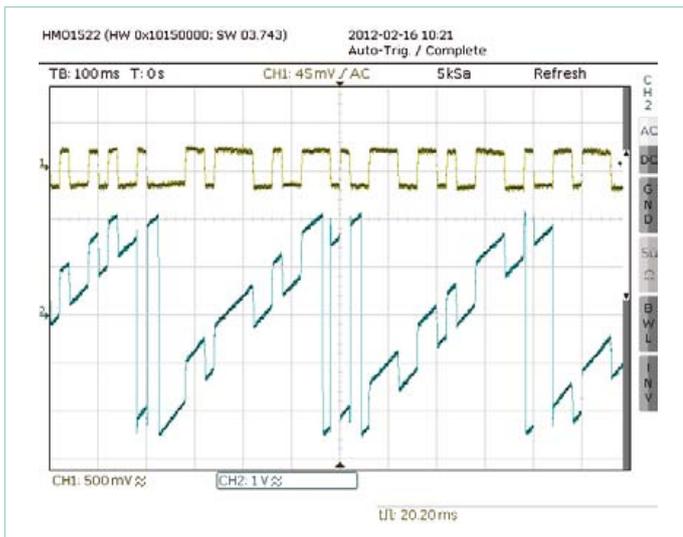


Bild 9. PWM-Modulation (Amplitude gelb, Phase blau).

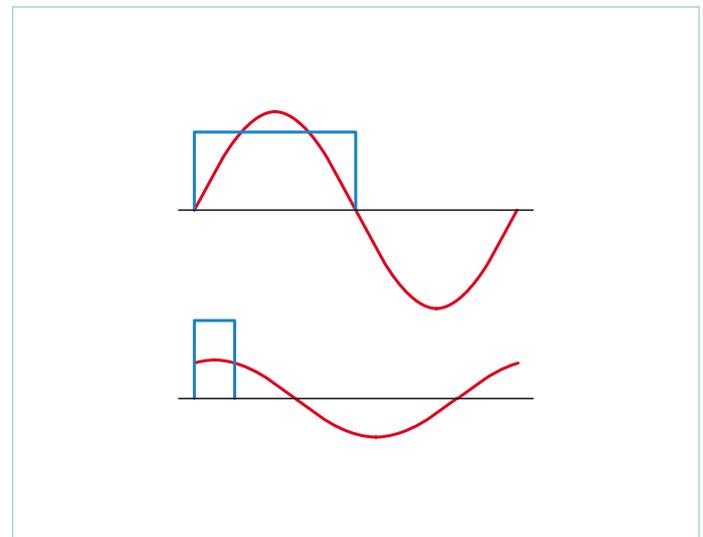


Bild 10. PWM-Modulation (D = 0,5 und D = 0,125).

125kHz-PWMA-V01.c zum Einsatz. Das erzeugte Rechtecksignal wird mit dem 125-kHz-Schwingkreis aus Teil 1 [1] zu einem Sinussignal gefiltert. Dieses Signal gibt man wieder auf den Eingang ADC0 unseres Frontends; eine Verschaltung, die wir für die folgenden Versuche beibehalten.

Das Programm EXP-SimpleFrontend-125kHz-Phase-Ampl-V01.c läuft im Frontend, es gibt Amplitude und Phase des empfangenen 125-kHz-Signals aus. Die Amplitude wird logarithmisch skaliert, damit ein größerer Bereich dargestellt werden kann. Dabei entspricht eine Ausgabe von  $U = 4\text{ V}$  einer Amplitude von  $U_{in} = 1\text{ Vpp}$ ; 20 dB mehr oder weniger entsprechen  $\pm 1\text{ Volt}$  am Ausgang. Bei der Phase werden  $360^\circ$  durch genau 5 Volt am Ausgang dargestellt.

Im obengenannten PWM-Modulationsprogramm kann man verschiedene Modulationsarten und Datenmuster durch #define-Anweisungen einstellen. Zuerst wählen wir die klassische PWM, bei der die Frequenz gleich bleibt, aber das Tastverhältnis moduliert wird. Die Bit-Senderoutine ändert dazu einfach den Wert im PWM-Register OCR1A (Listing 2).

Die Periodendauer liegt fest bei 160, das heißt die Ausgangsfrequenz ist  $20\text{ MHz} / 160 = 125\text{ kHz}$ . Der Duty cycle wird zwischen  $D = 80/160 = 0,5$  und  $D = 20/160 = 0,125$  umgeschaltet. In Bild 9 ist ein Oszillogramm vom Amplituden- und Phasenverlauf dargestellt. Man

sieht, dass beide Größen moduliert sind. Die Amplitude schwankt dabei um ca. 0,4 V, das entspricht 8 dB (weil ja 1 Volt = 20 dB). Der Phasenverlauf ist etwas schwieriger zu analysieren. Einerseits springt die Phase immer entsprechend den Daten, und zwar immer um ca. 0,92 Volt, das entspricht  $0,92 / 5 * 360 = 66\text{ Grad}$ . Diesem Verlauf ist ein langsames sägezahnförmiges Signal überlagert. Die Steigung beträgt (im Oszillogramm abgelesen) rund 5 Volt in 0,5 s. Da 5 Volt bei der Phase genau 360 Grad entsprechen, heißt das, dass die Phase 2 Mal pro Sekunde komplett „umläuft“. Das liegt nun ganz einfach daran, dass die „125 kHz“ von Sender und Empfänger nicht exakt gleich sind, sondern um 2 Hz differieren. Bei späteren Experimenten müssen wir diesen Effekt berücksichtigen. Eine Ungenauigkeit von 2 Hz auf 125 kHz entspricht 16 ppm, das ist deutlich besser als bei normalen Quarzoszillatoren garantiert wird ( $\pm 50\text{ ppm}$ ). Durch Nachregeln des Empfängeroszillators mit einer PLL könnte man die Drift kompensieren.

### Das Ganze etwas purer

So weit so gut, doch möchten wir natürlich auch eine reine Amplituden-Modulation verwirklichen. Und bei einer Phasen-Modulation soll nur die Phase variieren, nicht die Amplitude. Um das zu erreichen, müssen wir etwas besser verstehen, was bei der PWM-Modulation passiert.

In Bild 10 ist für die beiden Tastverhältnisse  $D = 0,5$  und  $D = 0,125$  das Rechtecksignal dargestellt, und dazu jeweils das Sinussignal,

#### Listing 2: Modulation per einfacher PWM

```
void bitSend(uint8_t theBit){
  if (theBit) {
    OCR1A = 80 ;
  }
  else {
    OCR1A = 20 ;
  }
}
```

#### Listing 3: PWM für reine Phasenmodulation

```
void bitSend(uint8_t theBit){
  if (theBit) {
    OCR1A = 80+10 ;
  }
  else {
    OCR1A = 80-10 ;
  }
}
```

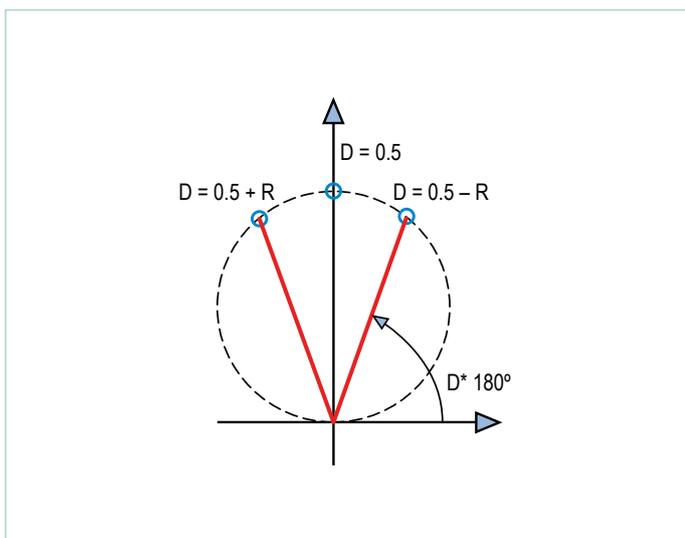


Bild 11. Wenn man die Tastverhältnisse passend wählt, lässt sich eine reine PM erreichen.

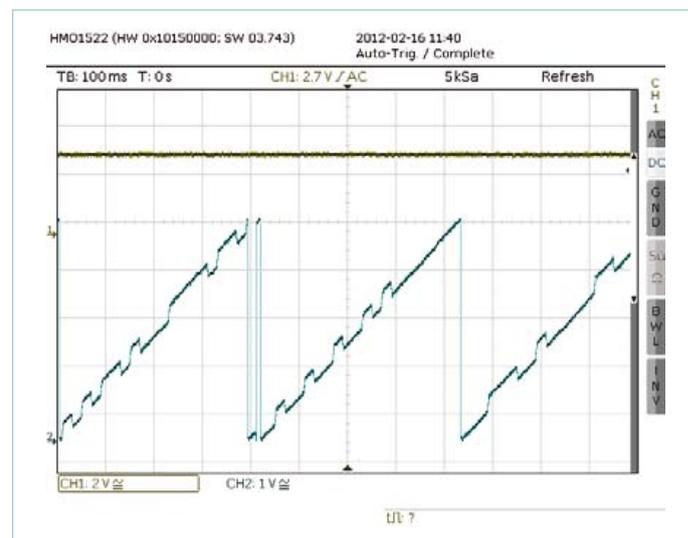


Bild 12. Pure PM-Modulation: Amplitude gelb, Phase blau.

welches sich durch Ausfiltern der Grundwelle mit dem 125-kHz-Schwingkreis ergibt. Die ausgefilterte Sinusschwingung hat ihr Maximum jeweils genau in der Mitte des Rechteckimpulses. Da die Mitte natürlich variiert, wenn das Tastverhältnis geändert wird, ergibt sich beim Umschalten des Tastgrades eine Phasenmodulation. In unserem Beispiel haben wir zum einen den Tastgrad  $D = 0,5$  verwendet, d.h. die Phasenverschiebung von  $0,5 * 180 \text{ Grad} = 90 \text{ Grad}$ . Das andere genutzte Tastverhältnis war  $D = 0,125$ . Die zugehörige Phase ist  $0,125 * 180 \text{ Grad} = 22,5 \text{ Grad}$ . Der Phasenunterschied ist also  $90 - 22,5 = 67,5 \text{ Grad}$ , was sehr gut zu den gemessenen 66 Grad von Bild 9 passt.

Mit etwas Mathematik kann man auch die Amplitude in Abhängigkeit des Tastgrades  $D$  berechnen. Für die Amplitude  $\hat{A}$  (Peak-to-peak-Wert) der Sinusschwingung gilt die Formel

$$\hat{A} = 5 \text{ V} * (4 / \pi) \sin(D * \pi)$$

Das Amplitudenverhältnis für  $D = 0,5$  und  $D = 0,125$  kann mit der obigen Formel zu  $0,3826834... = -8,343 \text{ dB}$  berechnen. Das passt sehr gut zu den aus Bild 9 abgelesenen 8 dB.

Der oben angegebene Zusammenhang lässt sich auch grafisch veranschaulichen. Um zu ermitteln, welche Amplitude sich zu einem Tastgrad  $D$  ergibt, geht man nach Bild 11 vor. Man zeichnet eine Gerade vom Koordinatenursprung mit einem Winkel von  $D * 180 \text{ Grad}$ , bis diese den gezeichneten Kreis schneidet. Die Länge der Strecke entspricht dann der Amplitude. Für  $D = 0,5$  ist die Amplitude maximal. Für die Werte  $D = 0,5 - R$  und  $D = 0,5 + R$  ergibt sich

die gleiche Amplitude. Also kann man diese zwei Werte benutzen, um eine reine Phasenmodulation zu erzeugen (ohne AM). Genauso macht es auch unser PWM-Generator, wenn man ihn mittels Makro auf PM schaltet (der Kern des Programms ist in Listing 3 zu sehen). In Bild 12 ist das Resultat dargestellt. Die Phase schwankt immer zwischen den beiden Werten, die eine 1 bzw. eine 0 repräsentieren. Gleichzeitig driftet sie langsam wegen des Frequenzfehlers. Die Amplitude (gelbe Kurve) ist konstant.

Im nächsten Heft zeigen wir, wie man eine reinrassige Amplitudenmodulation verwirklichen kann. Dabei bleibt es wie immer nicht bei der Theorie. Vielmehr werden wir einen DCF-Testsender verwirklichen und dann auch die DCF-Signale empfangen.

(100181)

## Weblinks

[1] [www.elektor.de/100180](http://www.elektor.de/100180)

[2] [www.elektor.de/100181](http://www.elektor.de/100181)

## Elektor Produkte & Service

- Signalgenerator (Kit mit Platine und allen Bauteilen 100180-71)
- Universeller Empfänger (Kit mit Platine und allen Bauteilen 100181-71)
- Aktive Ferritantenne (Kit mit Platine und allen Bauteilen 100182-71)
- Kombi-Kit aus allen drei Bauteilsätzen: 100182-72

- USB/TTL-Konverter BOB FT232, bestückt und getestet 110553-91
- USB-AVR-Programmer, SMD-bestückte Platine plus alle anderen Bauteile 080083-71
- Gratis Software-Download (Hex-Files und Source-Code)

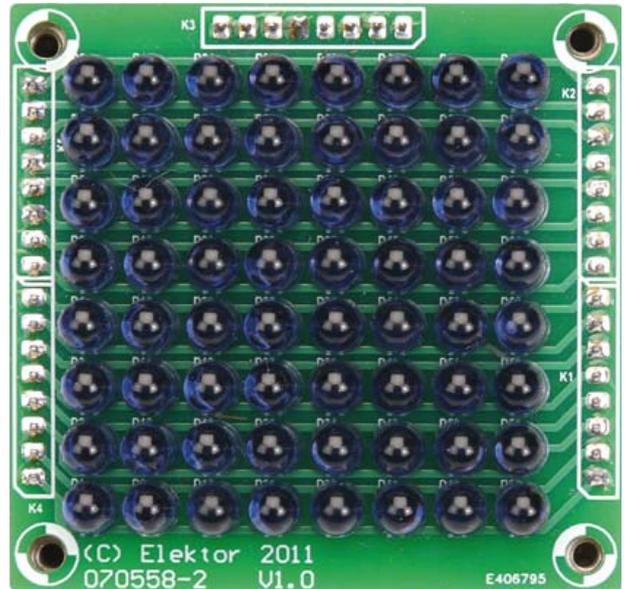
Alle Produkte und Downloads sind über die Website zu diesem Artikel erhältlich: [www.elektor.de/100181](http://www.elektor.de/100181)

# LED-Touchpanel

## Schalten mit Licht

Entwicklung: Thomas Pototschnig (D) Text: Luc Lemmens (Elektor-Labor)

Berührungsempfindliche Eingabegeräte lassen sich auf unterschiedliche Weise realisieren. Die hier praktizierte Methode ist zwar schon lange bekannt, sie wird jedoch selten angewendet. Trotzdem lohnt es sich, sie auszuprobieren. Das Prinzip ist simpel: Zwei Infrarot-LEDs erzeugen Licht, die bedienende Fingerkuppe reflektiert dieses. Das reflektierte Licht trifft auf eine dritte, als Sensor betriebene LED. Ihre Signale lösen die Schaltvorgänge aus.



Schon lange sind elektronische Berührtaster eine zuverlässige Alternative für Schalter und Taster mit mechanischen Kontakten. Die besondere Stärke der elektronischen Äquivalente ist ihre Verschleißfestigkeit, Geräte und Systeme sind durch Antippen bequem und elegant bedienbar. Oft können Berührtaster auch dort Schaltfunktionen übernehmen, wo die Zuverlässigkeit mechanischer Kontakte nicht ausreicht.

Zum Erkennen und Lokalisieren eines Tasterdrucks in einem nicht-mechanischen Tasterfeld sind verschiedene Methoden gebräuchlich, Kriterien sind beispielsweise Widerstands- oder Kapazitätsänderungen. Hier wird vom üblichen Weg abgewichen, indem Lichtreflexionen aufgefangen werden, die beim Berühren von (Infrarot-)LEDs entstehen. Das Tasterfeld hat die Gestalt einer aus acht mal acht Elementen aufgebauten Matrix. LEDs können nicht nur Licht emittieren, sondern auch auf Licht reagieren. Beleuchtete LEDs geben messbare Spannungen ab, sofern die Belastungen nicht zu hoch sind. Dieser Effekt ist vergleichsweise ausgeprägt, wenn die Lichtwellenlängen der beteiligten LEDs übereinstimmen.

Jedes Element der Matrix besteht aus drei (am rechten Rand zwei) LEDs. Die außen angeordneten LEDs emittieren Licht, während die mittlere LED das von der Finger-

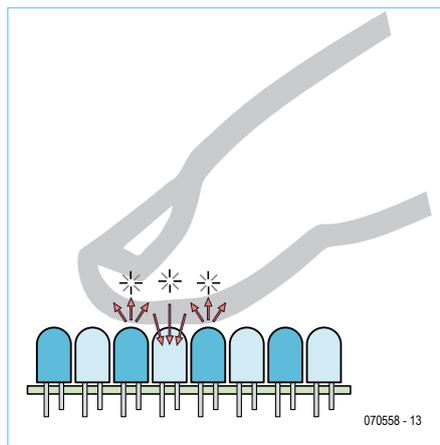


Bild 1. Das Prinzip: Die Fingerkuppe reflektiert das Licht, das die äußeren LEDs abstrahlen, die innere LED ist der Lichtempfänger.

kuppe reflektierte Licht empfängt (siehe Bild 1). Die Matrix-Elemente werden von einem Mikrocontroller sequentiell gesteuert und abgefragt. Der Mikrocontroller gibt die Informationen über USB an einen PC weiter. Dort berechnet ein Programm die Berührungsposition und stellt sie in einem aus acht mal acht Elementen bestehenden, quadratischen Fenster dar. Zugegeben, diese Auflösung ist niedrig, doch das Projekt ist mehr für Experimentier- und Lehrzwecke als zum

praktischen Einsatz gedacht. Wie immer können die Quellcodes der Mikrocontroller-Firmware und des in C++ geschriebenen PC-Programms kostenfrei von der Elektor-Projektseite [1] heruntergeladen werden.

### Schaltung

Wie die LEDs zur Acht-mal-acht-Matrix verschaltet sind, geht aus Bild 2 hervor. Daraus ist auch ersichtlich, dass die Matrix genau genommen aus zwei Teilen zusammengesetzt ist, die aus vier mal acht LEDs bestehen (Bild 3). Die geraden Spalten gehören zur ersten Matrix, die ungeraden Spalten sind Bestandteil der zweiten Matrix. Durch die Aufteilung können die LEDs der ersten Matrix Licht emittieren, während die LEDs der zweiten Matrix reflektiertes Licht empfangen.

Die Steuerzentrale der Schaltung in Bild 4 ist ein ARM7-Mikrocontroller von Atmel (IC3). Die dort integrierte USB-Schnittstelle wird zum Programmieren der Firmware und zur Ausgabe der Daten an den PC genutzt. Die mit COLx und ROWx bezeichneten Leitungen steuern die Treiber der LED-Spalten und LED-Reihen (IC5...IC7). Fünf weitere Leitungen führen zum analogen Multiplexer IC4, und über den analogen Eingang AD4 werden die Spannungen gemessen, die von den als Lichtempfängern betriebenen LEDs kommen.

Zwischen dem analogen Multiplexer und dem A/D-Eingang des Mikrocontrollers liegt ein Bandpass, Mittenfrequenz 10 kHz, aufgebaut mit Opamp IC2. Die licht-emittierenden LEDs werden gepulst mit der Frequenz 10 kHz angesteuert, was den Einfluss störender Lichtquellen stark reduziert. Eine zusätzliche Filterung des Umgebungslichts ist in der Software implementiert. Die ersten zehn Abtastvorgänge nach dem Reset dienen zum Bestimmen des Schwarzwerts, während dieser kurzen Startphase darf kein Teil der LED-Matrix abgeschattet werden.

Der Abtastvorgang beginnt beim Element links oben in der Matrix damit, dass die LEDs der ersten und dritten Spalte in der ersten Reihe eingeschaltet werden. Gleichzeitig ist die LED in der zweiten Spalte über den analogen Multiplexer und den Bandpass mit Eingang AD4 des Mikrocontrollers verbunden. Dies ist der Eingang des im Mikrocontroller integrierten A/D-Wandlers. Beim Abtasten der LEDs in der rechten äußeren Spalte ist nur eine LED als Lichtquelle in Betrieb, denn eine zweite benachbarte LED ist nicht vorhanden. Die Informationen aller Elemente werden dem PC zur Auswertung über die USB-Schnittstelle übergeben.

**Aufbau**

Für das LED-Touchpanel wurden zwei Platinen entworfen, **Bild 5** und **Bild 6** zeigen die Layouts. Auf der ersten Platine befindet sich die LED-Matrix, während die Steuerung auf der zweiten Platine ihren Platz hat. Die Platinen können zu einem Sandwich gestapelt und miteinander verbunden werden. Es ist ratsam, zuerst Mikrocontroller IC3 zu montieren, er ist mit seinem 64-Pin-LQFP-Gehäuse der mit Abstand schwierigste Kandidat. Die Treiber-Bausteine (IC5...IC7), die Bauelemente des analogen Filters (IC2 und zugehörige Komponenten) und der analoge Multiplexer (IC4) können so lange warten, bis der erste Test der USB-Schnittstelle (siehe unten) erfolgreich bestanden ist. Eine eventuelle Fehlersuche wird dadurch nicht unwesentlich erleichtert. Im Testbetrieb und bei der Weiterentwicklung der Mikrocontroller-Firmware kann an JP1 zweckmäßigerweise ein Schalter angeschlossen werden.

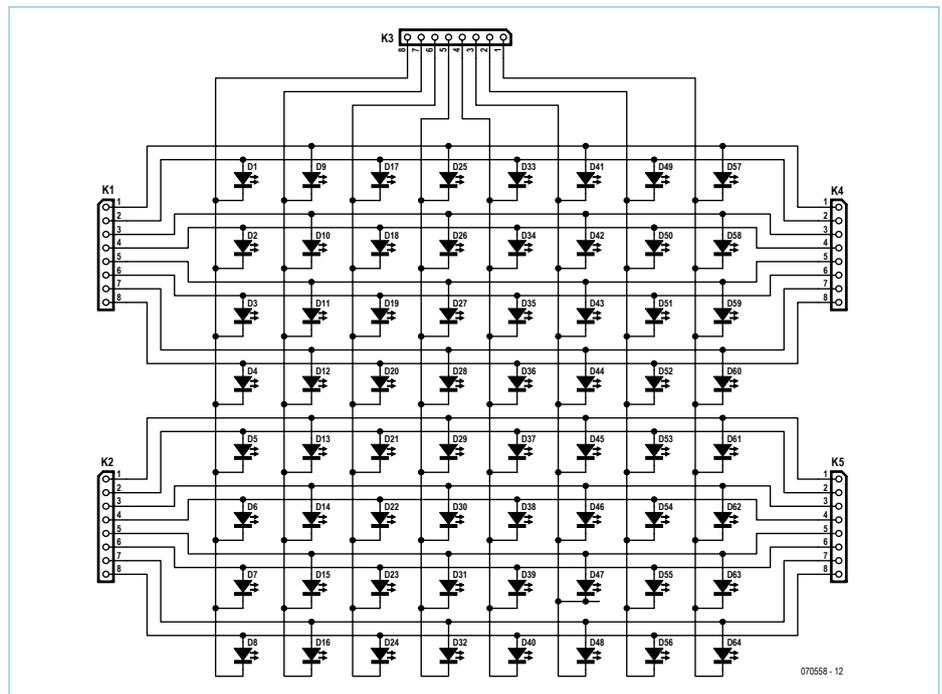


Bild 2. Das LED-Touchpanel hat die Form einer aus acht mal acht Infrarot-LEDs bestehenden, in zwei Gruppen unterteilten Matrix.

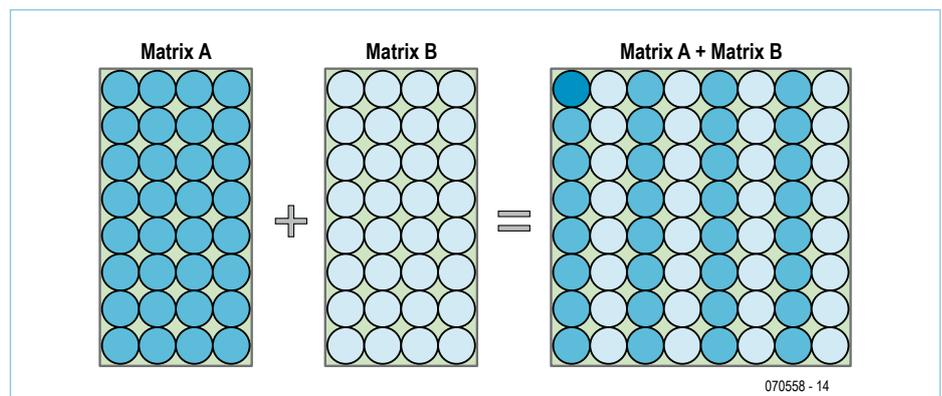


Bild 3. So sind die Gruppen der LEDs angeordnet, die entweder Licht emittieren (Matrix A) oder reflektiertes Licht empfangen (Matrix B).

**Mikrocontroller-Programmierung**

Das LED-Touchpanel kann seinen Zweck nur erfüllen, wenn im Mikrocontroller (IC3) die zugehörige Firmware läuft. Die Firmware wird mit dem PC-Tool SAM-BA in den Mikrocontroller geladen, das auf der Website des Herstellers Atmel [2] verfügbar ist. Nach dem Herunterladen aus dem Web muss SAM-BA auf dem PC installiert werden. Die in den Mikrocontroller zu ladende Firmware einschließlich Quellcode, entwickelt unter WinARM, befindet sich auf der Elektor-Projektseite [1]. Stecken Sie Jumper JP1 auf seine Kontakte und schalten Sie durch Anschließen des USB-Kabels die Betriebsspannung ein. War-

ten Sie mindestens zehn Sekunden, das ist die Zeit, in der SAM-BA Boot in die ersten Speicherplätze des Flash-Programmspeichers übertragen wird. SAM-BA Boot ist der Bootloader, der die unkomplizierte Programmierung über den USB-Port möglich macht. Die so genannte Boot Recovery Procedure wird ausgeführt, wenn die Leitungen TST, PA0, PA1 und PA2 während des Resets auf hoher Spannung liegen. Der Jumper schaltet TST, die übrigen Leitungen werden durch Pullup-Widerstände (R3...R7) hoch gezogen.

Nachdem mehr als zehn Sekunden verstrichen sind, ziehen Sie das USB-Kabel ab. Ent-



## Stückliste

### Mikrocontroller-Platine

#### Widerstände:

(Alle Widerstände SMD 0805)

R1 = 300 k

R2,R9,R23,R33 = 1k5

R3...R7,R10,R11 = 2k2

R8,R18 = 10 k

R12 = 330 Ω

R13...R17,R19...R21,R24...R26,R28...R32 = 33 Ω

R22 = 1 k

R27 = 4k7

R34,R35 = 27 Ω

#### Kondensatoren:

C1 = 22 μ/6V3 Tantal (Kemet Shape C)

C2,C5,C6,C8,C10,C12,C13,C14,C16,C17,C20, C21,C23 = 100 n (SMD 0805)

C3,C27 = 33 μ/16 V Tantal (Kemet Shape D)

C4,C7,C25 = 1 n (SMD 0805)

C9 = 1 μ/16 V (XR7 SMD 0805)

C11,C15 = 4μ7/10 V Tantal (Kemet Shape A)

C18,C19 = 10 p (SMD 0805)

C22 = 33 p (SMD 0805)

C26 = 10 n (SMD 0805)

C24,C28 = 15 p (SMD 0805)

#### Induktivitäten:

L1 = 10 μH/760 mA (Taiyo Yuden CBC3224T100MR)

#### Halbleiter:

D1 = Zenerdiode 3V3/225 mW (SOT23)

D2 = LED rot, 25 mA (SMD 1206)

T1 = BC857C (SOT23)

IC1 = LM1117MP-3.3 (SOT223)

IC2 = OPA2340UA (SO8)

IC3 = AT91SAM7S256-AU-001

IC4 = HCF4067 (SO24)

IC5,IC6 = A2982SLW-T (SOIC20)

IC7 = ULN2803AFWG (SOIC18)

#### Außerdem:

X1 = Quarz 18,432000 MHz (HC49/4H\_SMX)

S1,S2 = Drucktaster SMD 6,5 · 6,5 mm (z. B. Panasonic EVQQQ2503W)

K1...K3,K5,K6 = Buchsenleiste 8-polig, Raster 2,54 mm

K4 = USB-Buchse, Mini-B, SMD (z. B. Molex 675031020)

Leerplatine 070588-1 (siehe [1])

#### LED-Platine

D1...D64 = Infrarot-LED 5 mm (z. B. Vishay TSUS5202)

K1...K4,K6 = Stiftleiste 8-polig, Raster 2,54 mm

Leerplatine 070588-2 (siehe [1])

fernen Sie JP1 und schließen Sie den USB-Port des LED-Touchpanels wieder an den PC an. Jetzt sollte Windows ein neues USB-Gerät erkennen und die zugehörigen Treiber

installieren. Falls das nicht geschieht, müssen Sie die Treiber von Hand aus dem Unterordner DRV des Atmel SAM-BA-Ordners installieren. War die Installation erfolgreich,

erscheint ein Fenster, wie es **Bild 7** zeigt. Starten Sie nun das Tool SAM-BA auf dem PC. Wählen Sie, sofern notwendig, den passenden virtuellen COM-Port des USB-



## Elektor Electronic Toolbox



### Umfangreiche Elektroniker-App von Elektronikern für Elektroniker

Die neue „Elektor Electronic Toolbox“-App ist ganz auf die Belange von Elektronikern zugeschnitten. 33 Einzelprogramme/Anwendungen können über eine übersichtliche Oberfläche ausgewählt werden.

Sehr hilfreich im Entwickleralltag sind die Datenbanken für die Bauteilgruppen Bipolar-Transistoren, FETs, Triacs, Thyristoren, Dioden und ICs. Ein Bauteil kann anhand der Typenbezeichnung kinderleicht ausgewählt werden – eine Internetverbindung ist nicht notwendig. Insgesamt sind über 45.000 Bauteile in den Datenbanken verzeichnet. Hinzu kommt eine Spezialdatenbank, in der die Belegung einer Vielzahl von Steckverbindern aus den Bereichen Audio & Video, Computertechnik und Telefon nachgeschlagen werden kann. Nützlich sind auch die interaktiven Bauteilwert-Kalkulatoren.

Tools wie eine virtuelle Widerstandsuhr, ein Umrechner zwischen Maßeinheiten, eine Schaltsymboldatenbank und vieles mehr runden die Elektor-App ab.

Die neue „Elektor Electronic Toolbox“ (geeignet für iPhone, iPod und iPad) kann zum Preis von nur 4,99 Euro heruntergeladen werden.



— Anzeige

**IN LIGHT** **Elektronik Layout-Entwurf & Entwicklung von Mikroprozessor-Anwendungen**

Innovative Lichtsysteme

Als Nebentätigkeit (ggf. 400 € Basis) zu vergeben.

Kontakt: Inlight GmbH & Co KG, 46539 Dinslaken, Tel. 02064-456968-0  
E-Mail: info@inlight-gmbh.de

Wir sind Hersteller von physikalischen / elektronischen Meßgeräten und suchen einen erfahrenen

## Elektroniker (m/w)

(Techniker o. Meister)

Aufgabengebiet: Unterstützung unseres Prüffeldes, Mitarbeit in Entwicklung und Konstruktion.

Interessante, abwechslungsreiche, ausbaufähige Tätigkeit, der Position entsprechendes attraktives Gehalt.

**NAGY Messsysteme GmbH**, 71126 Gäufelden.

Bewerbung bitte per E-Mail an: bw22@nagy-instruments.de



Bild 7. ARM-Programmierung: Treiber-Installation.



Bild 8. ARM-Programmierung: Einstellen des COM-Ports und Auswahl des Zielsystems nach dem Start von SAM-BA.

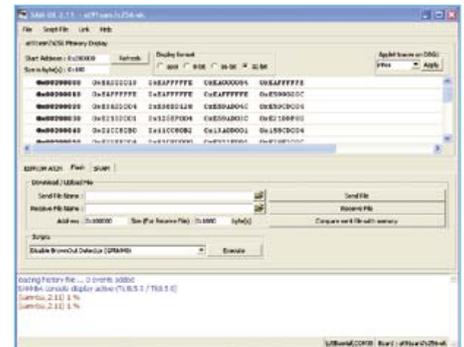


Bild 9. ARM-Programmierung: Nach erfolgreichem Ablauf zeigt SAM-BA dieses Fenster.

Anschlusses sowie das Zielsystem (Board) aus, so wie in **Bild 8** dargestellt.

Wenn bis hier alle Schritte erfolgreich waren, muss auf dem Bildschirm ein Fenster ähnlich **Bild 9** erscheinen. Anderenfalls prüfen Sie im Windows-Gerätmanager, ob die Treiber korrekt installiert wurden. Prüfen Sie auch, ob die Einstellungen im Tool SAM-BA mit Bild 8 übereinstimmen.

Wählen Sie nun im Menü *Download/Upload File* bei *Send File Name* die Datei *Main.bin*, die zum Download von der Projektseite [1] gehört. Klicken Sie auf die Schaltfläche *Send File*, um die Firmware in den Flash-Programmspeicher des Mikrocontrollers zu übertragen. Schließen Sie SAM-BA, entfernen Sie das USB-Kabel und schließen Sie es wieder an. Nun installiert Windows den Treiber des LED-Touchpanels (siehe **Bild 10**), er ist ebenfalls Bestandteil des Downloads von der Elektor-Projektseite.

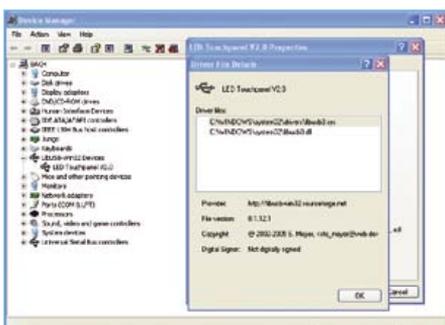


Bild 10. ARM-Programmierung: Windows installiert die Treiber für das LED-Touchpanel.

LED D2 leuchtet als Zeichen dafür auf, dass Windows das LED-Touchpanel als USB-Gerät enumeriert hat. Solange eine Kommunikation mit dem PC-Tool stattfindet, blinkt diese LED. Das LED-Touchpanel ist nun bereit, mit dem PC-Programm *Touchpanel* zusammen zu arbeiten.

Noch eine Anmerkung: Wenn Sie die Firmware modifizieren wollen, ist es praktisch, JP1 temporär durch einen Schalter zu ersetzen. Die gesamte Prozedur der Programmierung muss nach jeder Firmware-Änderung durchlaufen werden. Dagegen genügt für die Treiber eine einmalige Installation.

### PC-Programm

Das unter Windows laufende Programm verarbeitet die vom LED-Touchpanel kommenden Daten. Die 64 „Taster“ werden, wie **Bild 11** zeigt, auf dem Bildschirm in Grau dargestellt, das Feld der wahrscheinlichsten Berührposition wechselt nach Rot. Vor der Darstellung auf dem Bildschirm durchlaufen die Daten ein Gauss-FIR-Filter siebenter Ordnung, so dass Störungen drastisch reduziert werden. Die Berührposition wird auf Basis des Bild-Schwerpunkts bestimmt, ein bei der digitalen Mustererkennung häufig angewendetes Verfahren (vergleiche [3]). Der Quellcode des PC-Programms wurde unter *Visual Studio 2010 Express* geschrieben. Eine kostenfreie Version dieser Entwicklungsumgebung kann von Microsoft [4] heruntergeladen werden.

Das LED-Touchpanel ist zwar vergleichsweise klein, doch die Firmware und PC-Soft-

ware bieten zahlreiche Möglichkeiten des Experimentierens und der Weiterentwicklung. Nach dem ersten Kennenlernen und Ausprobieren steht einer Anwendung, beispielsweise für ein Spiel oder Codeschloss, nichts im Weg. Sogar eine verkleinerte Version von Yamahas *Tenori-On* liegt im Bereich des Möglichen.

(070558)gd

### Weblinks

- [1] [www.elektor.de/070558](http://www.elektor.de/070558)
- [2] [www.atmel.com/tools/ATMELSAM-BAIN-SYSTEMPROGRAMMER.aspx](http://www.atmel.com/tools/ATMELSAM-BAIN-SYSTEMPROGRAMMER.aspx)
- [3] [http://de.wikipedia.org/wiki/Moment\\_\(Bildverarbeitung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Moment_(Bildverarbeitung))
- [4] [www.microsoft.com/visualstudio/en-us/products/2010-editions/express](http://www.microsoft.com/visualstudio/en-us/products/2010-editions/express)

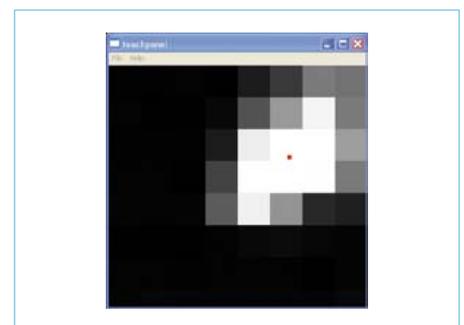


Bild 11. Das rote Feld ist der Punkt, an dem aktuell das LED-Touchpanel berührt wird.

RL78 GREEN ENERGY CHALLENGE

Competition starts  
March 26

# The RL78 Green Energy Challenge

\$20,000  
in cash  
prizes...

...and  
additional  
weekly drawings

Renesas has partnered with IAR Systems to deliver engineers a power-house combo of low-power devices and high-quality software. They're steering a great, green revolution and are challenging you to transform how the world experiences energy efficiency by developing a unique, low-power application using the RL78 MCU and IAR toolchain. Succeed and win a share of \$20,000 in cash prizes!

The competition starts March 26, 2012 and ends on August 31, 2012. Winners will be announced in October at Renesas' DevCon 2012.

Hundreds of free RL78/G13 development kits, loaded with IAR's Kickstart edition, are being distributed to those who qualify. Quantities are limited so don't delay! Be the green you see in the world and get ready for the RL78 Green Energy Challenge.

Official Contest Partners: Analog Devices, Inc., CMX Systems, Inc., Exosite, GainSpan Corporation, IAR Systems, Micrium, NDK Crystals (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), Okaya Electric Industries Co. Ltd., and Total Phase, Inc.



In association with *Elektor* and *Circuit Cellar*

For complete details, visit

[www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge](http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge)



Earn additional prizes like development tools, Pmods, Wi-Fi modules, embedded systems books, and more from contest partners through weekly prize drawings. **Follow Renesas on Twitter and Facebook for contest updates. @Renesas\_Europe**

# Bauelemente-Tipp

Von Raymond Vermeulen (Elektor-Labor)

## Galvanische Trennung

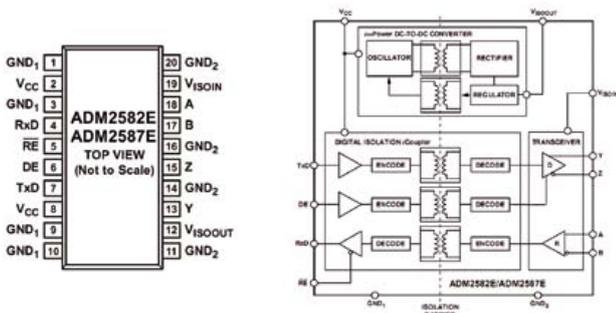
Bei meinen Arbeiten an aktuellen Elektor-Projekten war ich mit diesem Thema mehrfach konfrontiert. Eine der ersten Fragen, die sich hier stellt, lautet: Welche Stelle in einem System eignet sich am besten für eine galvanische Trennung? Versuchen Sie einmal, die Stelle in einer Schaltung zu finden, an der die galvanische Trennung den geringsten Einfluss hat. Schnell werden Sie auf die Eingänge und Ausgänge stoßen. Das sind auch die Stellen, an denen die nachfolgend vorgestellten ICs zum Einsatz kommen. Doch wozu sind galvanische Trennungen nötig? Dafür kann es verschiedene Gründe geben: Vorbeugen gegen Störungen, die durch Masseschleifen entstehen, Koppeln von Systemen mit unterschiedlichen Massepotentialen oder Schützen hoch empfindlicher Geräte vor fehlerhaft angeschlossenen Systemen. Die gefährlichste Situation tritt ein, wenn Netzspannung an der Masse eines Systems liegt. Wenn ich die Datenblätter der Bausteine ADM2587E und ADuM3160 richtig interpretiere, können sie auch in dieser Situation Schutz bieten.

(120224)gd

### ADM2587E

Während der Entwicklung der ElektorBus-Installationsplatine (an anderer Stelle in dieser Ausgabe) haben wir überlegt, die Busleitungen auf der Platine vom übrigen System galvanisch zu trennen. Dazu haben wir uns zwar nicht entschlossen, trotzdem fand dieses IC unser Interesse. Der Chip ist nicht nur für Busse nach RS485, sondern auch RS422 ausgelegt. Bemerkenswert ist, dass die Datenleitungen isoliert über winzige On-chip-Transformatoren anstelle von Optokopplern laufen. Die Geschwindigkeit beträgt bis 500 Kbit/s, so dass beispielsweise die Übertragung nach DMX-Standard möglich ist. Eine weitere Besonderheit ist die interne isolierte Stromversorgung, die allerdings ziemlich ineffizient ist. Wegen der begrenzten Chipfläche muss sie mit der ungewöhnlich hohen Frequenz 180 MHz (!) arbeiten, was bei ungünstigem Platinenlayout zu EMI-Problemen führen kann. Die Application Note AN-0971 des Herstellers behandelt vorrangig dieses Thema. Die wichtigsten Eigenschaften betreffen jedoch die Isolierung. Hohe DC-Offsets sind während kurzer Intervalle zulässig, 2500 VDC dürfen eine Minute anliegen, die höchste kontinuierliche Spannung beträgt 560 VDC. Gegen ESD sind die Datenleitungen bis ±15 kV geschützt, das ist sicher ein recht guter Wert.

Parameter	Condition	Value
Data Rate	Maximum	500 Kbps
Nodes	Maximum connected	256
Rated Dielectric insulation voltage	1 minute duration	2500 V
Maximum continuous working voltage (AC)	50 year minimum lifetime	424 Vpeak

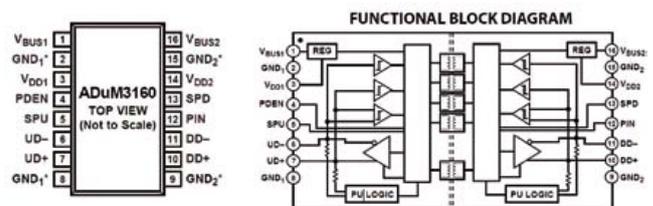


Weblink: [www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADM2582E\\_2587E.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADM2582E_2587E.pdf)

### ADuM3160

Für die galvanische Trennung von USB-Leitungen sind nur wenige Bausteine auf dem Markt. Dieses IC sowie der verwandte ADuM4160 waren die einzigen Typen, die ich finden konnte. Wahrscheinlich sind sie in allen im Handel erhältlichen USB-Isolatoren verbaut. Bei Neuentwicklungen oder Redesigns kann der Entwickler den ADuM3160 in die Schaltung einfügen. Anders als beim ADM2587E (siehe oben) ist im ADu3160 keine isolierte Stromversorgung integriert, sie muss hinzugefügt werden. Die Betriebsspannungen beider Seiten können 3,3 V oder 5 V betragen, auf beiden Seiten befinden sich integrierte LDOs. Ein Handicap dieses Bausteins besteht darin, dass er die USB-Spezifikationen nicht zu 100 % erfüllt. Generell sind die Geschwindigkeiten auf USB-Leitungen variabel, hier muss aber hardwareseitig ein fester Wert zwischen 1,5 Mbit/s und 12 Mbit/s eingestellt werden. Für die meisten Anwendungen dürfte dies jedoch kein Problem sein. Die Eigenschaften der Isolierung können überzeugen, Spannungen bis 565 VAC übersteht das IC für die Dauer von 50 Jahren! Höhere Spannungen werden etwas kürzer toleriert, 2500 V sind nur eine Minute lang zulässig.

Parameter	Condition	Value
Min. Data Rate	SPD, SPU = L	1,5 Mbps
Max. Data Rate	SPD, SPU = H	12 Mbps
Maximum continuous working voltage (AC)	50 year minimum lifetime	565 Vpeak
Rated Dielectric insulation voltage	1 minute duration	2500 V



Weblink: [www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADuM3160.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADuM3160.pdf)

● **Subscribe** to *audioXpress* magazine!

Do your **electronics speak** to you? Are the words **"audio"**, **"vacuum tubes"**, and **"speaker technology"** music to your ears?

Then you should be **reading *audioXpress!***

Recently acquired by The Elektor Group, *audioXpress* has been providing engineers with incredible audio insight, inspiration and design ideas for over a decade. If you're an audio enthusiast who enjoys speaker building and amp design, or if you're interested in learning about tubes, driver testing, and vintage audio, then *audioXpress* is the magazine for you!

### What will you find in *audioXpress*?

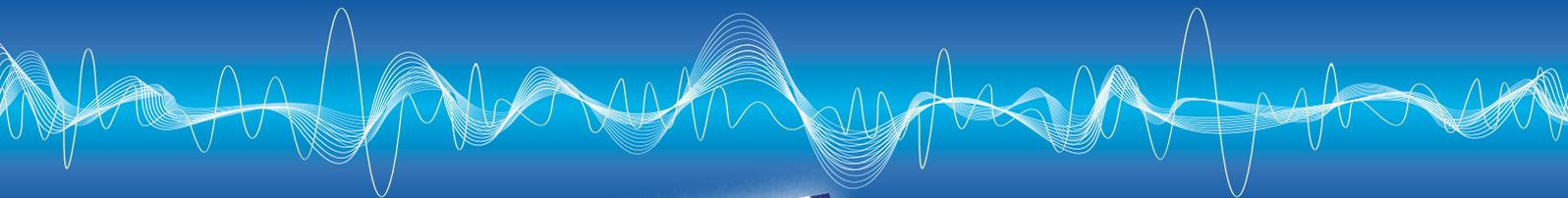
- In-depth interviews with audio industry luminaries
- Recurring columns by top experts on speaker building, driver testing, and amp construction
- Accessible engineering articles presenting inventive, real-world audio electronics applications and projects
- Thorough and honest reviews about products that will bring your audio experiences to new levels

Choose from print delivery, digital, or a combination of both for maximum accessibility.

Subscribe to *audioXpress* at [www.cc-webshop.com](http://www.cc-webshop.com) today!



**audioXpress**



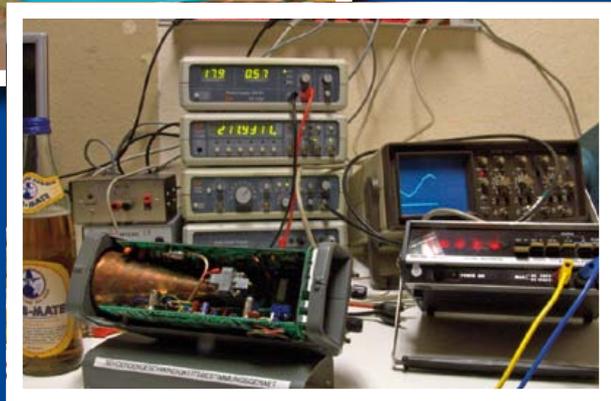
# Hackerspace:

Natürlich ist das Elektor-Labor nicht der einzige Ort, wo Ideen entstehen, Projekte entwickelt und Erfahrungen ausgetauscht werden. Es gibt wahrscheinlich Tausende



Hack42 im Internet:  
<http://hack42.nl>

Fotos:  
D. van Zuijlekom



Platz und Equipment im  
Überfluss.

# Hack42, Arnheim, Niederlande

anderer Communities überall auf der Welt, in denen sich Gleichgesinnte versammeln, um gemeinsam an Projekten zu arbeiten. Hier zeigen wir ein paar Impressionen aus dem „Hackerspace“ - die Elektronik- und Computerfans der Gruppe „Hack42“ haben ihre Basis im niederländischen Arnheim.



Umbrellabat  
is watching you!



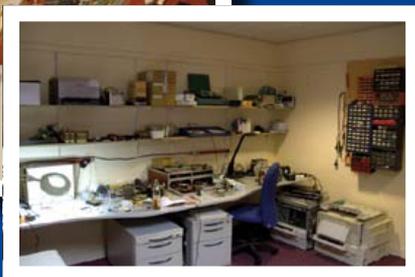
Der  
Laboraffe  
- jeder  
Hackerspace  
braucht  
einen!



Ein Platz für  
literarische  
Meisterwerke.



Das PC-Museum atmet  
Computer-Geschichte.



Haben Sie auch einen „Hackerspace“ gegründet  
und wollen das die Welt wissen lassen?  
Melden Sie sich bei [editor@elektor.com](mailto:editor@elektor.com)!



# LiPo-Akkuwächter mit ZigBee

## Drahtlos Spannungen, Temperaturen und Ströme bis 170 A messen!

Von Michel Kuenemann und Gilles Krebs (F)

Dieses Akku-Fernmesssystem wurde ursprünglich entwickelt, um über räumliche Distanzen hinweg Modellflugzeug-Akkus überwachen zu können. Gemessen werden die Gehäusetemperatur, die Klemmenspannung und der entnommene Strom. Die Messdaten gelangen über eine Funkstrecke zur Basisstation, für den PC sind sie über USB zugänglich. Das mit ZigBee sowie 1-Wire oder I<sup>2</sup>C arbeitende System ist auch in der Domotik und Robotik verwendbar.



Die im Modellbau gebräuchlichste Energiequelle ist der Lithium-Ionen-Polymer-Akku, kurz LiPo-Akku genannt. LiPo-Akkus haben in ihrer vergleichsweise kurzen Geschichte eine stürmische Entwicklung erfahren. Heute können bestimmte Typen Ströme bis 100 A oder mehr liefern, was in den Anfängen undenkbar schien. Ströme dieser Größenordnung müssen überwacht werden, denn trotz aller Vorsichtsmaßnahmen können Havarien auftreten, die hohe Schäden anrichten. Der Akku kann explodieren oder in Brand geraten, was weder dem Modell noch dem Modellfluggpiloten zuträglich ist, falls er das Modell zufällig in der Hand hält.

Für das Messen hoher Ströme gilt das Verfahren, das einen so genannten Shunt-Widerstand verwendet, immer noch als optimale Methode. Mit extrem niederohmigen Shunts bleiben die Energieverluste

in vertretbaren Grenzen. Das hier beschriebene Messsystem arbeitet mit einem Shunt  $500 \mu\Omega/8 \text{ W}$  in SMD-Bauform, bei 50 A werden 1,25 W in Verlustwärme umgesetzt. Die Theorie ist simpel: Wenn ein Strom durch einen Widerstand fließt, entsteht zwischen den Anschlüssen eine Potentialdifferenz. Dies gilt natürlich auch für sehr niedrige Widerstände wie beispielsweise Massebahnen auf einer Platine. Beim Shunt lässt sich das Problem der Potentialdifferenzen auf Masseleitungen umgehen, indem der Shunt nicht mit Masse, sondern mit der Plusleitung des Akkus verbunden wird. An einem Eingang des Messverstärkers liegt die positive Akkuspannung, am anderen Eingang liegt die Akkuspannung abzüglich der am Shunt abfallenden Spannung. Bezogen auf Masse (Minusleitung) sind beide Spannungen fast gleich, sie können abhängig vom Akku-Typ mehrere zehn Volt betragen.

Aus diesem Grund muss der Messverstärker hohen Gleichlaufspannungen gewachsen sein, beim hier gewählten Typ ist die obere Grenze gleich der Betriebsspannung. Die Verstärkung ist so eingestellt, dass Ströme bis 170 A gemessen werden können.

Die Akku-Spannung wird über einen Spannungsteiler gemessen, der so dimensioniert ist, dass die obere Bereichsgrenze knapp über 30 V liegt.

Die dritte Messgröße ist die Akku-Temperatur. Der analoge Temperatursensor in SMD-Bauform befindet sich auf der Platinenrückseite, damit er mit dem Akku in thermischen Kontakt gebracht werden kann.

Ein 2,4-GHz-Transceiver, Typ MRF24J40 von Microchip [1], überträgt die Messdaten zur Basisstation. Diesen Transceiver gibt es in zwei Versionen: Die erste Version hat die Sendeleistung 1 mW, die Reichweite beträgt etwa 100 m, während die zweite

## Wichtige Eigenschaften

- Einsatzfähig zusammen mit LiPo-Akkus, 2 Zellen (7,4 V) bis 6 Zellen (22,1 V)
- Strom: Dauerlast bis 80 A, Spitzenstrom (einige Sekunden) bis 170 A
- Strom-Messbereich: 0...170 A
- Shunt-Widerstand: 0,5 mΩ an Plus des Akkus (Messwert mit Kontakten/Leiterbahnen 1 mΩ)
- Integrierte Temperaturmessung, Sensor auf der Platine
- Anschluss des Akkus: Wahlweise Lötverbindung, PK- oder Deans-Steckverbinder
- Spannungs- und Strommessung, Berechnen der aktuellen Leistung
- Integrieren des Stroms über die Zeit
- Kompatibel mit der „2,4-GHz-Fernsteuerung für Modellflugzeuge“ aus Elektor 9/2011 [2]
- Offene Schnittstellen für die Kommunikation: USB, UART, I<sup>2</sup>C, 1-Wire
- 2-GHz-Funkstandard kompatibel mit ZigBee
- Reichweite im Freien ungefähr 100 m oder 1000 m, abhängig vom Transceiver-Typ

Version mit 100 mW einen Radius von mehr als 1000 m abdeckt. Die Anschlüsse sind nicht identisch, die Platine ist jedoch so ausgelegt, dass wahlweise die erste oder zweite Version montierbar ist. Der Transceiver wurde bereits in der „2,4-GHz-Fernsteuerung für Modellflugzeuge“ eingesetzt, die im September 2011 in Elektor erschien [2]. In diesem Akku-Fernmesssystem digitalisiert ein intern getakteter Mikrocontroller PIC18F26K20 die analogen Messwerte, bevor sie zum Transceiver-Eingang gelangen. Die USB-Verbindung stellt ein FT232RL von FTDI her.

Auf der Platine befindet sich eine Kontaktleiste für einen 1-Wire-Bus und einen analogen Eingang, an eine zweite Kontaktleiste kann ein I<sup>2</sup>C-Bus angeschlossen werden. Das I<sup>2</sup>C-Protokoll ist in der Software implementiert.

Die Platine wurde so konzipiert, dass für die Betriebsspannung vier Quellen wahlweise genutzt werden können:

- Die USB-Verbindung,
- der serielle Erweiterungsport (UART),
- der Pluspol des Akkus,
- ein Abgriff am zweiten Element des Akkus (7,4 V).

Falls mehrere Quellen gleichzeitig angeschlossen sind, verhindern Dioden das Auftreten von Ausgleichsströmen. In **Bild 1** ist skizziert, wie die unterschiedlichen Spannungsquellen mit der Platine verbunden werden müssen.

Die Betriebsspannung 3,3 V leitet ein Spannungsregler MCP1703 aus der hohen Betriebsspannung ab. Da die Eingangsspannung des MCP1703 nicht mehr als 16 V betragen darf, wird der Eingang durch eine 15-V-Zenerdiode geschützt. Die Spannungen der LiPo-Akkus mit drei oder mehr Zellen liegen meistens höher. In diesen Fällen muss eine niedrigere Spannung an der zweiten Zelle abgegriffen werden, sie wird an J11 gelegt. Nutzbar sind auch die Betriebsspannungen, die der USB-Port oder der serielle Erweiterungsport bereitstellen.

Die Betriebsspannungen der Peripherie steuert der Mikrocontroller über zwei Schalter. Für die Bedienung von Hand sind ein Drucktaster und eine LED vorhanden, was zwar minimalistisch ist, jedoch ausreicht.

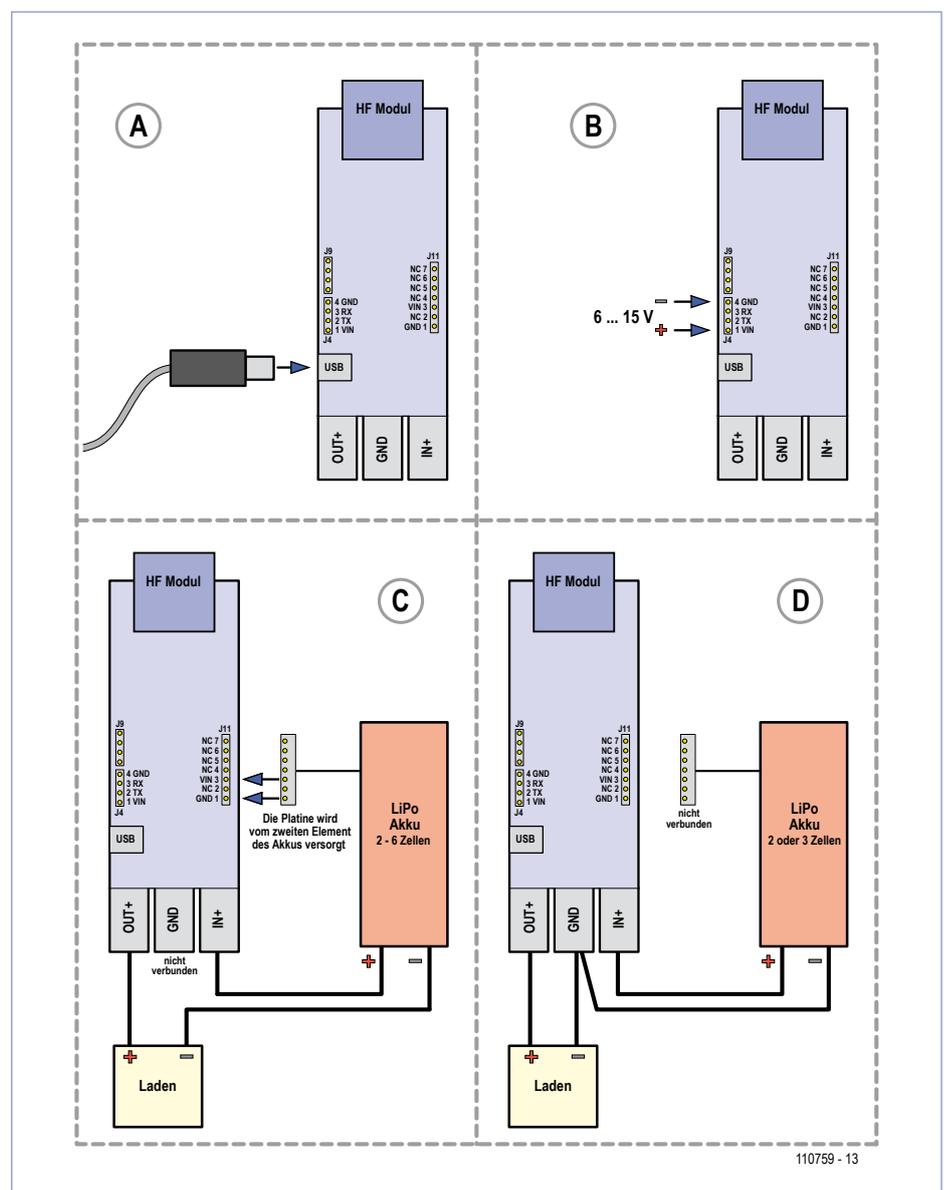


Bild 1. Optionen der Stromversorgung: USB-Port (A), UART-Anschluss (B), Abgriff am Akku (C), Pluspol des Akkus (D, nur bei LiPo-Akkus bis drei Zellen).

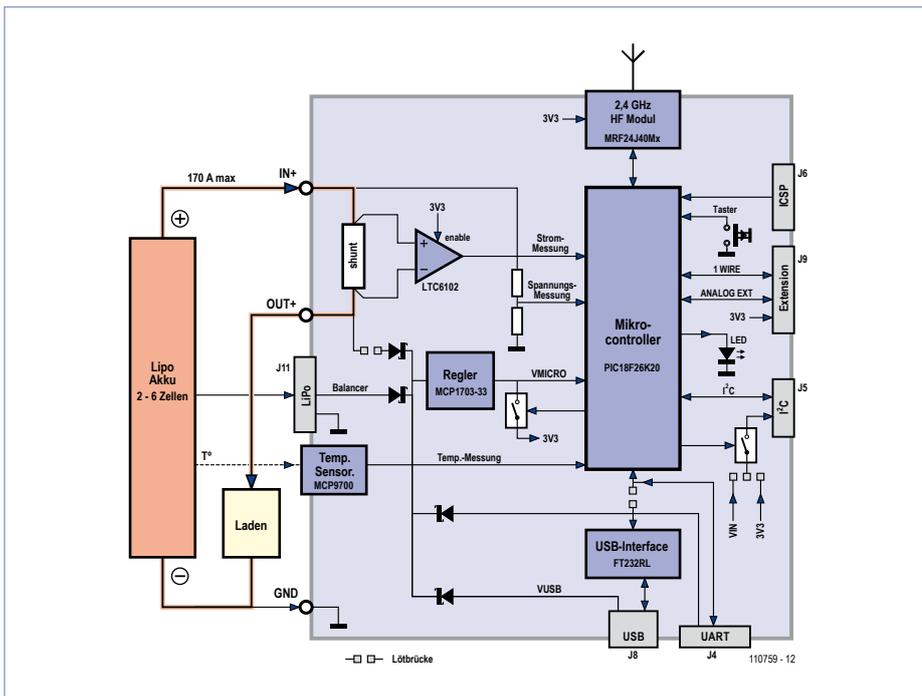


Bild 2. Das Blockschema macht die Funktionen des drahtlosen LiPo-Akkuwächters deutlich.

### Schaltung

Die Funktionen sind blockschematisch in **Bild 2** dargestellt, **Bild 3** zeigt die Schaltung im Detail. Hier spiegelt sich das Konzept unmittelbar wieder, so dass keine ausführlichen Erklärungen nötig sind. Die Schalter, mit denen der Mikrocontroller die Betriebsspannungen der Peripherie steuert, sind als P-Kanal-MOSFETs ausgeführt. Abgesehen von den Kontaktleisten ist die Schaltung vollständig in SMD-Technik aufgebaut. Die Platine konnte so gestaltet werden, dass die Abmessungen mit einem viel verwendeten LiPo-Akku-Typ der Kapazität 2200 mAh übereinstimmen (**Bild 4**).

Die Kontaktleisten, die für Erweiterungen vorgesehen sind, haben das Rastermaß 2,54 mm. Damit passen sie zu vielen gängigen Entwicklungsboards und Experimentierplatinen.

### Software

Die Software des LiPo-Akku-Fernmesssystems besteht aus drei Komponenten, sie kann von der Projektseite [3] heruntergeladen werden:

- Firmware für den Mikrocontroller (EP24.hex),
- PC-Programm, lauffähig unter Windows (EP24control.exe),
- Update für den 2,4-GHz-Transceiver [2] (RC-Transceiver-SW-Package.zip).

Die Mikrocontroller-Firmware misst im Sekundenabstand Spannung, Strom und Akku-Temperatur. Falls diese Messgrößen Anlass zur Besorgnis geben, wird Alarm ausgelöst. Die Messdaten werden parallel über das ZigBee-Funkmodul und den USB-Port ausgegeben. Wenn das Ausgabeintervall oder die Verstärkung geändert werden sollen, muss der Quellcode angepasst und neu compiliert werden. Danach wird die modifizierte Firmware in den Mikrocontroller geladen.

Die Firmware läuft wahlweise in drei Betriebsarten, abhängig davon, ob der 2,4-GHz-Transceiver (ZigBee-Funkmodul) vorhanden ist:

**Modus 1** ist die Betriebsart, wenn sich die Platine an Bord des Modellflugzeugs (oder

## Ausführungsvarianten

Ganz nach individuellen Wünschen und Erfordernissen kann der drahtlose Akkuwächter in unterschiedlichen Varianten aufgebaut werden. Dies sind nur einige Beispiele:



Ausgestattet mit dem 2,4-GHz-Transceiver MRF24J4MA von Microchip beträgt der Aktionsradius im Freien etwa 100 m. Der Akku-Anschluss ist hier noch nicht vorhanden.



Der Transceiver-Typ MRF24J4MB hat eine Reichweite von ungefähr 1000 m im Freien. Auf dieser Platine wurde bereits ein Deans-Steckverbinder für den Akku montiert.



Diese Variante ist mit dem Transceiver MRF24J4MB bestückt. Der Akku wird an vergoldete 5,5-mm-PK-Steckverbinder angeschlossen, die Strömen bis 170 A gewachsen sind.

# Offenes Projekt

Dieses Projekt wendet sich nicht nur an die Gemeinde der Modellbauer. Es inspiriert zum Einsatz in vielen Bereichen, in denen Messwerte fernübertragen werden sollen, beispielsweise in der Robotik und Domotik. Die Stichworte dieses Projekts heißen ZigBee, 1-Wire-Bus und I<sup>2</sup>C. Elektor ist gespannt auf Ihre Ideen!

-fahrzeugs) befindet. Falls das ZigBee-Funkmodul vorhanden ist, überträgt der Mikrocontroller die Messdaten nach Einschalten der Betriebsspannung parallel über das Funkmodul und den USB-Port.

**Modus 2** ist der Modus für das System auf der Seite des Piloten. Wenn ein ZigBee-Funkmodul existiert und der Taster bei bestehender USB-Verbindung gedrückt wird, empfängt der Mikrocontroller die Messdaten vom ZigBee-Funkmodul des Modells. Temperatur, Spannung und Strom

werden über den USB-Port ausgegeben. Die Messdaten werden vom Windows-Programm „EP24control“ auf dem PC grafisch dargestellt.

**Modus 3** ist für den Fall vorgesehen, dass das ZigBee-Funkmodul fehlt. Der Mikrocontroller gibt die Messdaten nur über den USB-Port aus, das Windows-Programm EP24control stellt sie auf dem PC grafisch dar. Alarme werden von zwei nachgebildeten Kontrollleuchten signalisiert. Die Messdaten können durch Anklicken von *Record*

im CSV-Format auf der Festplatte gespeichert werden. EP24control basiert auf Qt, eine Plattform, mit der Kommunikationssoftware für diverse Betriebssysteme entwickelt werden kann (siehe Textbox).

## Bauen und Testen

Die SMDs lassen sich auf der Platine von Hand montieren, was allerdings Sorgfalt und Geduld erfordert. Insbesondere die Montage des Shunt-Widerstands ist nicht ganz einfach, hierzu ist ein Heißluft-Lötgerät notwendig. Möglich ist die Montage

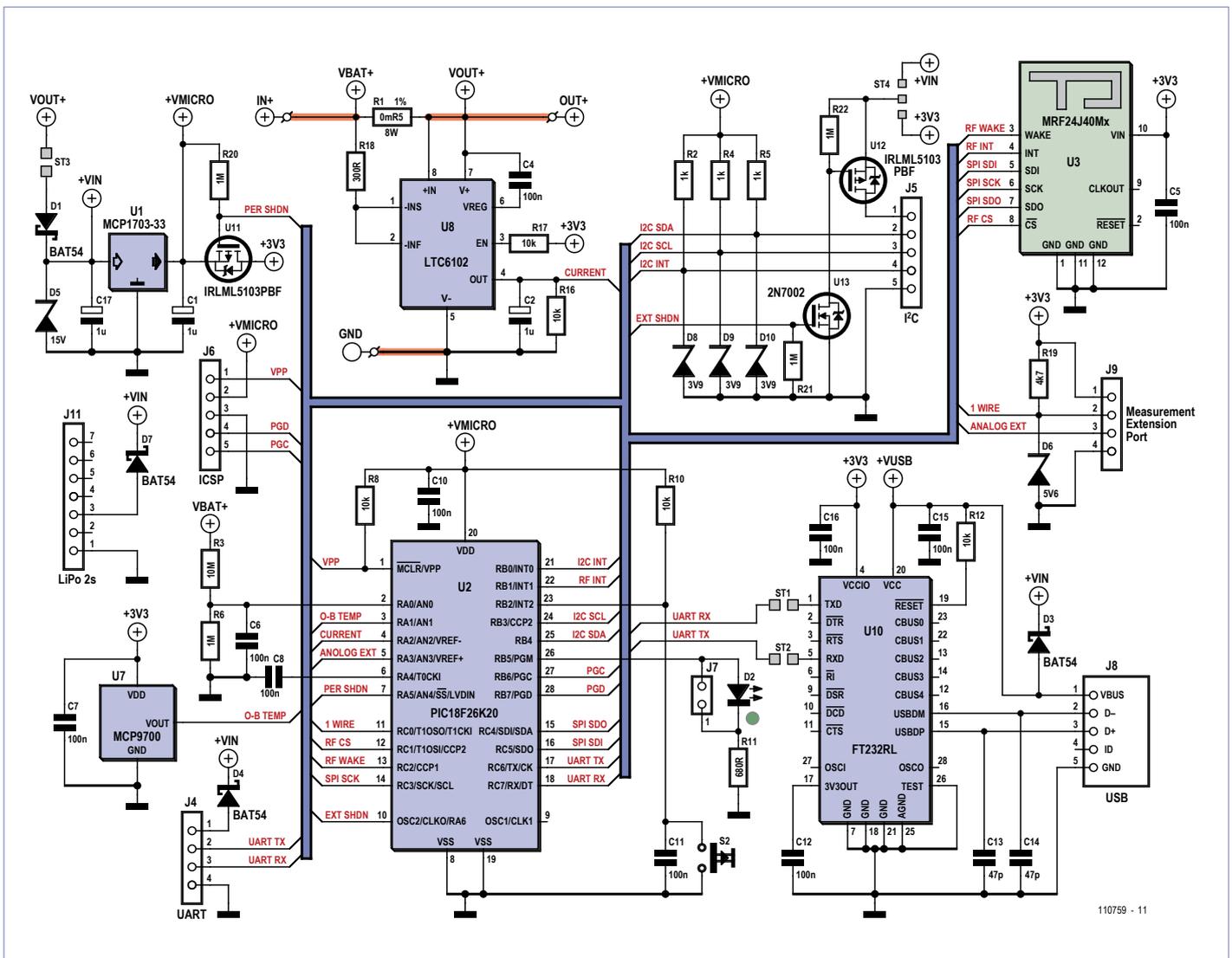
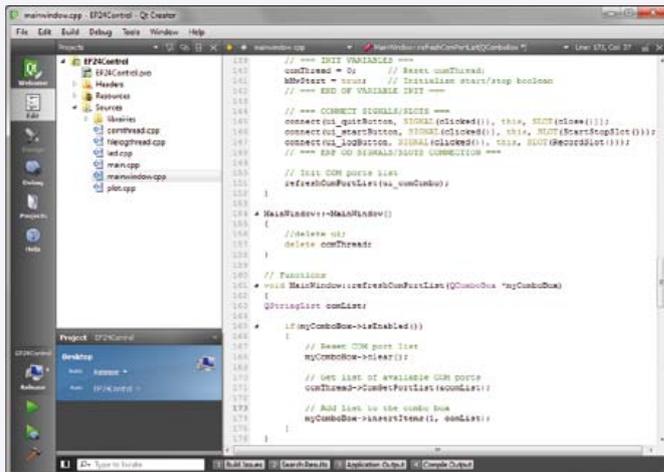


Bild 3. Die Schaltung im Detail. Über den Stromfühler LTC6102C (U8) kann der Mikrocontroller Ströme bis etwa 170 A messen.

Qt



Das PC-Programm EP24control wurde unter Qt entwickelt (Qt spricht *cutie*), eine aus C++-Klassen bestehende Bibliothek, die unter der GNU-Lizenz frei nutzbar ist.

Unter Qt ist das Entwickeln von Multi-Plattform-Applikationen möglich, dazu muss lediglich der Quellcode für das gewünschte Betriebssystem kompiliert werden. Unterstützt werden Windows, Mac OS X sowie Unix-Umgebungen unter X Window. Das Qt SDK (*Software Development Kit*) umfasst die Bibliotheken, den Qt-Compiler und eine Entwicklungsumgebung mit dem Namen Qt Creator. Das Arbeiten mit diesem SDK ist recht komfortabel. Über die Links zwischen den Bibliotheks-Funktionen und der Online-Dokumentation sind zahlreiche Beispiele zugänglich. Recht nützlich ist auch das integrierte Tool Qt Designer, mit dem grafische Oberflächen erstellt werden können. Dazu müssen lediglich Linien zwischen den grafischen Elementen und dem Quellcode gezogen werden.

Wenn Qt-Applikationen mit anderen Systemkomponenten kommunizieren sollen, die den RS232-Standard unterstützen, kann Qt die nötigen Funktionen durch Bibliotheken wie QextSerialPort zur Verfügung stellen. Für andere Anwendungen sind in der Bibliothek Qwt diverse Klassen für grafische Displays sowie Steuer- und Anzeigeelemente zusammengefasst.

## Weblinks

Qt: <http://qt.nokia.com/>

QextSerialPort: <http://code.google.com/p/qextserialport/>

Qwt: <http://qwt.sourceforge.net/>

natürlich auch mit einem Reflow-Lötofen. Zu diesem Zeitpunkt sollte das MRF24J40M-Modul noch nicht montiert werden. Nachdem die Polaritäten und Positionen der Bauelemente zur Sicherheit doppelt

kontrolliert wurden, können die Lötbrücken ST1 und ST2 geschlossen werden, sie verbinden den USB-Port mit dem FT232RL. Danach wird der USB-Port über ein Kabel an den PC angeschlossen. Normalerweise

erkennt Windows den FT232RL sofort, anschließend installiert Windows die Treiber. Wenn das nicht geschieht, müssen die Treiber von [www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com) heruntergeladen und separat installiert werden. Falls auch das nicht zum Erfolg führt, kann eine genaue Kontrolle des Kabels und der Verbindungen auf der Platine weiterhelfen. Wenn die Platine mit dem FT232RL von Windows erkannt wurde, ist der Zeitpunkt gekommen, den Mikrocontroller zu programmieren. Der PIC-Programmer muss mit dem ICSP-Port verbunden werden. Nach der Programmierung und einem Neustart blinkt die LED im 1-Hz-Rhythmus als Zeichen dafür, dass der Mikrocontroller erwartungsgemäß arbeitet.

Jetzt folgt die Installation des Programms EP24control auf dem PC (siehe Download-Links). Beim ersten Programmstart muss der COM-Port des PC eingestellt werden, an dem die Platine angeschlossen ist. Dann wird mit dem Button bei „Controls“ (**Bild 5**) die Datenübertragung gestartet.

Die für Spannung und Strom angezeigten Werte müssen nahe Null liegen, denn der Akku ist noch nicht angeschlossen. Die angezeigte Temperatur muss gleich der tatsächlichen Temperatur sein. Wenn die Werte stimmen, können die nächsten Schritte folgen.

Auf die Platine wird der passende Akku-Steckverbinder montiert (PK 5,5 mm oder Deans), dann wird der Akku zusammen mit einer variablen Last angeschlossen (beispielsweise das Modellflugzeug). Gegebenenfalls wird die Verbindung zum Abgriff der Betriebsspannung an der zweiten Akkuzelle gelegt. Das PC-Programm EP24control muss nun die tatsächliche Akkuspannung anzeigen. Die Belastung wird allmählich gesteigert, möglichst bis mindestens etwa 50 A, die angezeigten Werte müssen mit den tatsächlichen Werten übereinstimmen. Falls Abweichungen von mehr als 5 % auftreten, sind wahrscheinlich die Lötstellen des Shunt-Widerstands die Ursache.

**Bild 6** zeigt ein Beispiel für die aufgebaute Platine, aus diesem Bild geht auch die Lage der Lötbrücken hervor.

Wie schon erwähnt, gibt es für den 2,4-GHz-Transceiver und für die Akku-Anschlüsse

## Die Autoren

Aus der Feder von Michel Kuenemann stammen bereits mehrere Veröffentlichungen in Elektor, dazu gehört auch die „2,4-GHz-Fernsteuerung für Modellflugzeuge“ [2].

Gilles Krebs ist Ingenieur der Elektrotechnik, zurzeit ist er mit der Entwicklung von Testsystemen für die Luft- und Raumfahrt beschäftigt. Schwerpunkte seiner privaten Interessen sind die Astronomie und die Fotografie.

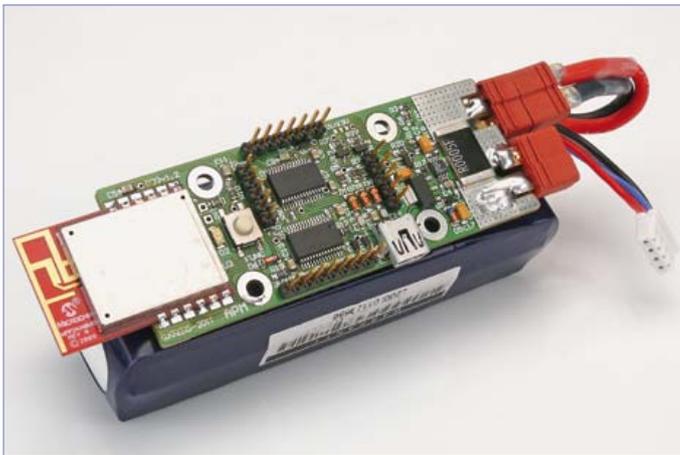


Bild 4. Ein gängiger LiPo-Akku mit drei Zellen (Kapazität 2200 mAh) und der aufgebaute drahtlose Akkuwächter.

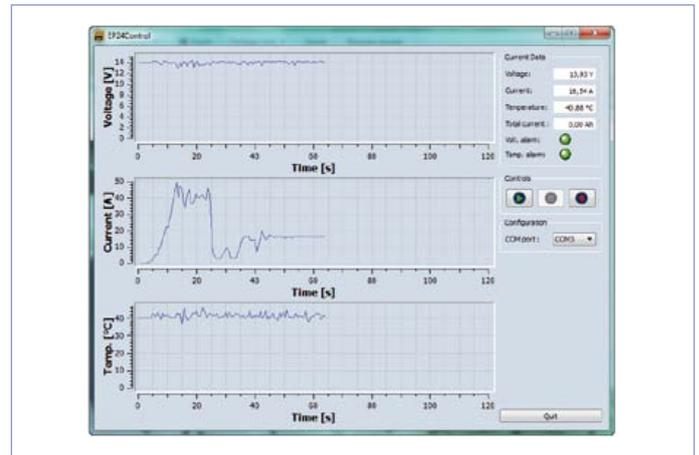


Bild 5. Das PC-Programm EP24Control stellt den Verlauf von Spannung, Strom und Temperatur grafisch dar, es wurde auf der Plattform Qt von Nokia entwickelt.

mehrere Optionen, sie sind unter „Ausführungsvarianten“ zusammengefasst. Wenn die Funkstrecke mit dem ZigBee-Transceiver [2] eingerichtet ist, erscheinen die Daten der Stromversorgung in der vierten Zeile des LC-Displays (siehe Bild 7). Diese und weitere Ergänzungen sind in einem Firmware-Update des ZigBee-Transceivers implementiert. Die Installation dieses Updates, das im Archiv „RC-transceiver-SW-Package.zip“ enthalten ist, wird ausdrücklich empfohlen.

### Worte zum Schluss

Das Transceiver-Modul MRF24J40MB von Microchip (100 mW) erfüllt alle europäischen Standards (ETSI), die Standards der USA (FCC) und Kanadas (IC). Da in Frankreich (dort lebt der Autor) die Kanäle 20...26 für Sendeleistungen bis 10 mW reserviert sind, werden diese Kanäle hier nicht verwendet.

*Das beschriebene System ist für den Betrieb an Lithium-Ionen-Polymer-Akkus bestimmt. Dieser Akku-Typ kann bei extremen Strömen oder Spannungen explodieren. Es ist unerlässlich, sowohl während des Baus als auch im Betrieb alle notwendigen Maßnahmen zu treffen, um Kurzschlüsse und Stromspitzen zu vermeiden.*

(110759)gd

### Weblinks

- [1] 2,4-GHz-Funkmodul von Microchip: [www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en027752](http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en027752)
- [2] 2,4-GHz-Fernsteuerung für Modellflugzeuge“: [www.elektor.de/110109](http://www.elektor.de/110109)
- [3] Software und Platinenlayout: [www.elektor.de/110759](http://www.elektor.de/110759)
- [4] ZENA, ein Tool von Microchip für die Analyse von ZigBee-Netzwerken: [www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodoid=1406&dDocName=en520682](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodoid=1406&dDocName=en520682)
- [5] Website von Gilles Krebs: [www.p67world.com](http://www.p67world.com)

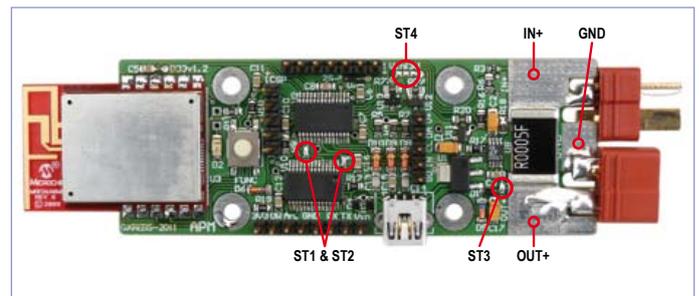


Bild 6. Ansicht der aufgebauten und getesteten Platine. Die Lötbrücken ST1 und ST2 sind die Verbindungen des USB-Ports, ST3 stellt die Verbindung zum Akku-Plusanschluss her und von ST4 hängt ab, ob die I<sup>2</sup>C-Erweiterung an 3,3 V oder der Platinen-Eingangsspannung betrieben wird.



Bild 7. Dieses Flugmodell ist voll ausgestattet: Achtekanal-2,4-GHz-Empfänger und Fernmesssystem für die Akku-Parameter.

# Zurück zu den Wurzeln (4)

## Strom-Stabilisierung

Elektronische Schaltungen entwerfen, das bedeutet meist zuerst einmal, die Datenblätter komplexer integrierter Bausteine zu studieren. Man sollte aber nicht vergessen, dass sich dahinter allgemeine Grundschaltungen verbergen, die man oft auch mit diskreten Transistoren aufbauen kann. Und das ist nicht nur lehrreich, es macht auch Spaß!

Von Burkhard Kainka (D)

In den bisherigen Folgen des Kurses haben wir ja schon untersucht, wie es sich mit der Stromverstärkung, der Eingangskennlinie und dem Sättigungsverhalten von bipolaren Transistoren verhält. Diesmal kommen auch Feldeffekttransistoren hinzu. Die verschiedenen Eigenschaften eines Transistors lassen sich in den unterschiedlichsten Schaltungen ausnutzen. Die spannende Frage ist jeweils, wie eine Schaltung ausgelegt werden muss, damit sie zuverlässig genau das tut, was sie soll. Außerdem muss man natürlich wissen, wo eine Schaltung an ihre Grenzen stößt.

### Die Konstantstromquelle

Manchmal benötigt man einen konstanten Strom, der möglichst unabhängig von Spannungsschwankungen ist. Eine LED würde dann mit gleicher Helligkeit leuchten, auch wenn die Batterie bereits eine kleinere Spannung abgibt. Im Prinzip löst ein einzelner Transistor in Emitterschaltung bereits das Problem. Gibt man nämlich einen konstanten Basisstrom vor, dann ist auch der Kollektor-

strom weitgehend konstant und unabhängig von der momentanen Kollektor-Emitter-Spannung. Dies zeigt die Ausgangskennlinie eines typischen NPN-Transistors (**Bild 1**).

**Bild 2** zeigt eine Konstantstromquelle mit nur einem Transistor. Man kann die Versorgungsspannung in weiten Grenzen ändern oder auch die Anzahl der in Reihe geschalteten LEDs variieren. Der Kollektorstrom ändert sich kaum. Man sagt, die Konstantstromquelle hat einen großen differentiellen Innenwiderstand  $R_i = dU/dI$ . Der konstante Basisstrom wird hier über eine separate Spannungsquelle aufgetrieben. Man könnte so auch eine Spannungs-Stabilisierung realisieren, die zum Beispiel stabile 3 V aus einer unstabilen Betriebsspannung macht. Aber richtig genau wird das nicht. Insbesondere sorgt die Streuung im Stromverstärkungsfaktor dafür, dass man den genauen Kollektorstrom nicht voraussagen kann.

### ... mit JFET BF245

Ähnlich ungenau, aber dafür noch einfacher kann eine Konstantstromquelle mit einem Sperrschicht-Feldeffekttransistor (JFET,

Junction FET) wie dem BF245 aufgebaut werden. Wie im Textkasten nachzulesen ist, wird bei einem solchen Transistor üblicherweise eine negative Gate-Spannung angelegt, um den gewünschten Strom zu erhalten. **Bild 3** zeigt die Ausgangskennlinien eines BF245B für unterschiedliche Gate-Vorspannungen  $V_{GS}$ . Der Drain-Strom  $I_D$  ist bei nicht zu kleiner Spannung  $V_{DS}$  recht konstant. Die Daten des BF245 schwanken in ähnlichem Ausmaß wie die eines BC547. Deshalb gibt es auch hier die drei Gruppen A, B und C, wobei der BF245B etwa 10 mA bei der Gate-Spannung Null bringt. Die einfache 10-mA-Stromquelle in **Bild 4** ist in der Praxis bereits gut brauchbar, wenn man damit leben kann, dass es auch mal 8 mA oder 12 mA werden können. Interessant ist jedenfalls, dass man mit einem einzelnen Bauteil auskommt. Allerdings ist auch die Änderung der Stromstärke in Abhängigkeit von der Drain-Source-Spannung noch zu bemerken, der Innenwiderstand ist bei kleiner Drain-Source-Restspannung nicht allzu hoch.

Was also gebraucht wird, ist eine Art Regelschaltung, die den Strom passend nachre-

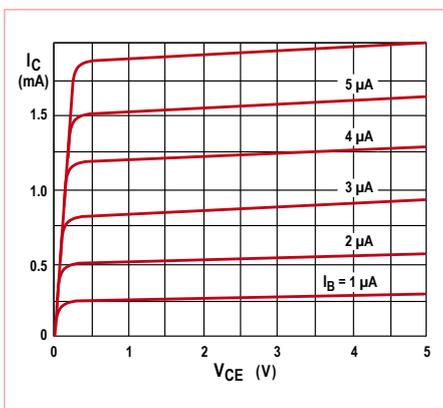


Bild 1. Die Ausgangskennlinie eines BC547B.

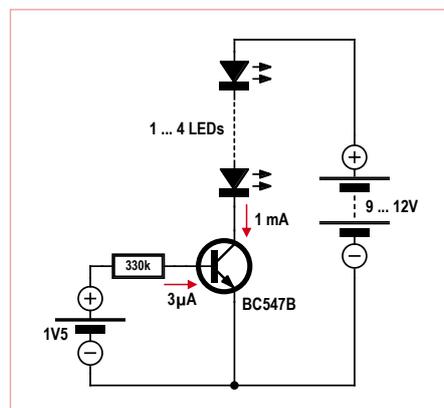


Bild 2. Konstanter Strom.

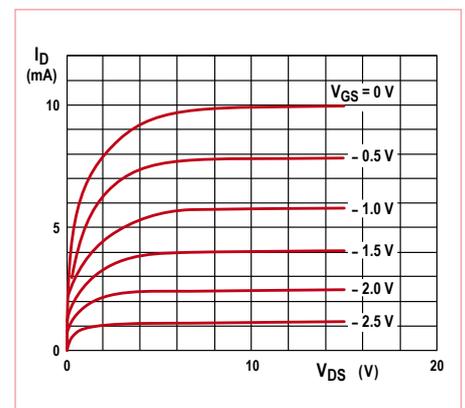
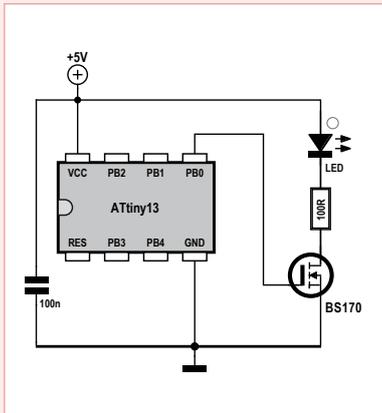


Bild 3. Ausgangskennlinie des BF245B (Quelle: Philips).

## Weicher LED-Blinker



Diese einfache Anwendung des ATtiny13 realisiert eine LED-Steuerung, bei der die Helligkeit langsam immer wieder an- und abschwilt. Man könnte dazu natürlich eine gesteuerte Stromquelle verwenden. In der Mikrocontroller-Technik hat sich aber gerade das Gegenteil durchgesetzt:

Alles immer ganz an oder ganz aus, also richtig schön digital. Damit man trotzdem eine Änderung der Helligkeit hinbekommt, wird die Pulsbreiten-Modulation (PWM) verwendet. Ein Ausgang wird in schneller Folge ein- und ausgeschaltet, so schnell, dass man es nicht sieht. Das Verhältnis der AN-Zeit zur AUS-Zeit bestimmt dann die Helligkeit. Der ATtiny13 verwendet seinen Timer1 für die PWM-Ausgabe. Das PWM-Signal erscheint am Ausgang PB0. Hier wurde diesmal ein VMOS-Transistor BS170 als Leistungstreiber eingesetzt. Wie man sieht, entfällt im Vergleich zu einem NPN-Transistor der Basiswiderstand.

```
$regfile = „attiny13.dat“
$crystal = 1200000
Dim I As Byte
Dim D As Integer

Config Portb = Output
Config Timer0 = Pwm , Prescale = 1 , Compare
A Pwm = Clear Down

Do
  For I = 40 To 215
    If I < 128 Then
      D = I
      D = D * D
    End If
    If I > 127 Then
      D = 255 - I
      D = D * D
    End If
    D = D / 64
    Pwm0a = D
    Waitms 60
  Next I
  Waitms 800
Loop
End
```

gelt. Dazu gibt es eine einfache Lösung mit einem Source-Widerstand (**Bild 5**). Diese Schaltung wird oft zur automatischen Erzeugung der Gate-Vorspannung verwendet. Zugleich wird der Ausgangsstrom noch weiter stabilisiert, der Innenwiderstand steigt. Wenn sich nämlich ein größerer Strom einstellen sollte, steigt der Spannungsabfall am Source-Widerstand und die Gate-Spannung wird gegenüber der Source negativer, was wiederum den Strom verringert. Die Schaltung realisiert also eine einfache Gegenkopplung. Außerdem kann man

durch die Wahl des Widerstands den Strom in weiten Grenzen einstellen. Darf es etwas mehr als 1 mA sein? Dann setzt man einfach einen kleineren Widerstand ein.

### ... oder bipolar

Die Schaltung nach **Bild 6** zeigt eine einfache Stabilisierungsschaltung mit einem NPN-Transistor, wobei eine konstante Spannung in einen konstanten Strom umgesetzt wird. Eine Zenerdiode am Eingang stabilisiert mit ihrer steilen Kennlinie die Basisspannung auf etwa 2,7 V. Da die

Basis-Emitter-Spannung immer rund 0,6 V beträgt, liegt am Emitterwiderstand eine Spannung von etwa 2,1 V. Der Widerstand bestimmt also den Emitterstrom. Der Kollektorstrom entspricht fast vollständig dem Emitterstrom, der nur um den sehr viel kleineren Basisstrom größer ist. Die Schaltung entspricht mit ihrer Gegenkopplung über den Emitterwiderstand fast genau der entsprechenden FET-Schaltung nach Bild 5. Der Unterschied ist eigentlich nur, dass man eine positive Hilfsspannung braucht. Das bedeutet etwas mehr Bau-

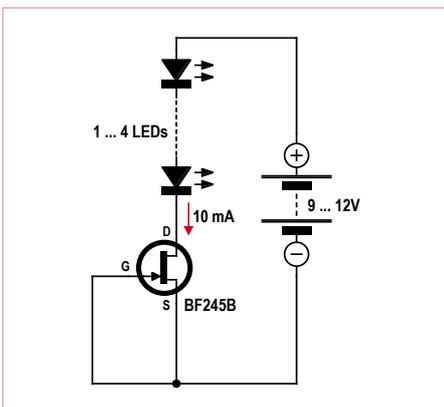


Bild 4. Einfache JFET-Stromquelle.

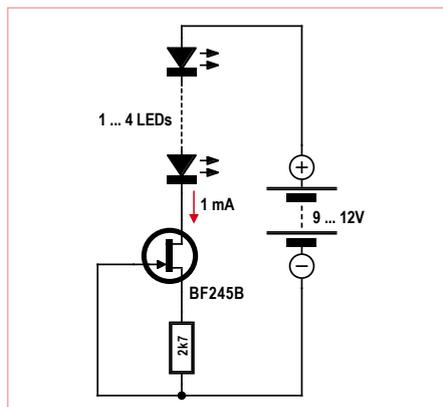


Bild 5. Einstellung des Konstantstroms mit einem Source-Widerstand.

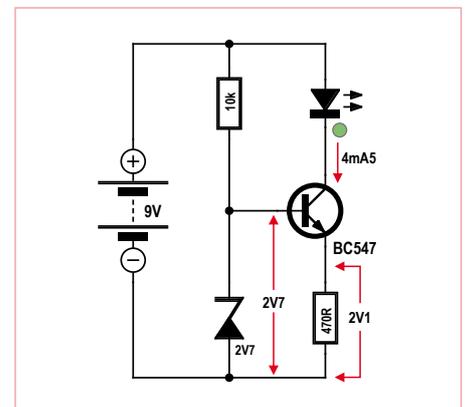


Bild 6. Stromquelle mit Z-Diode.

## Feldeffekttransistoren

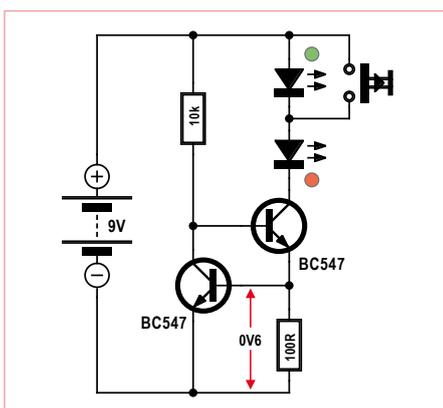
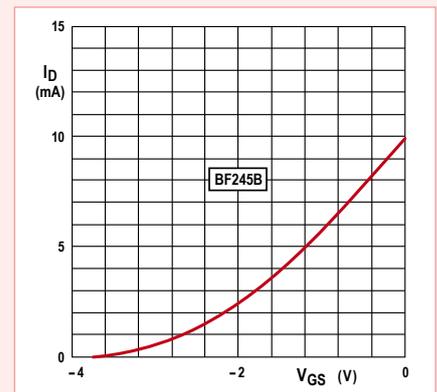
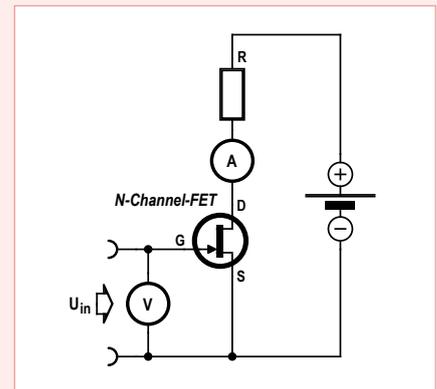
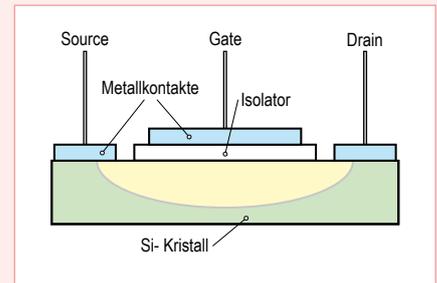
Die zweite große Gruppe von Transistoren neben den Bipolartransistoren sind die Feldeffekttransistoren (FETs). Feldeffekt-Transistoren bestehen aus einem Kristall mit einfacher n- oder p-Dotierung. Eine isoliert angebrachte Steuerelektrode (Gate) verändert beim Anlegen einer Spannung die Anzahl der Ladungsträger in der Zone zwischen Source und Drain. Damit verändert sich auch die Leitfähigkeit in diesem „Leitungs-Kanal“. Je nach Ladung des Gates werden Ladungsträger aus dem Kanal verdrängt oder im Kanal angereichert. Der Vorteil des Feldeffekt-Transistors besteht darin, dass zur Steuerung kein Strom, sondern nur eine Spannung benötigt wird.

Den Anschlüssen Basis, Emitter und Kollektor des Bipolartransistors entsprechen die Anschlüsse Gate (G), Source (S) und Drain (D) beim FET. Bei den Feldeffekttransistoren existieren zahlreiche Untergruppen. Neben Sperrschicht-FETs, bei denen die isolierende Schicht zwischen Gate und Kanal aus einer Dioden-Sperrschicht besteht, gibt es als andere große Gruppe die Metall-Oxid-Sperrschichttypen (MOSFETs). Wie bei bipolaren Transistoren unterscheidet man auch hier N-MOSFETs und P-MOSFETs (je nach der Polung von Source und Drain). MOSFETs sind wichtige Grundbausteine für zahlreiche integrierte Schaltungen, besonders in der Computertechnik. Oft findet man komplementäre N- und P-FETs in einem Baustein (CMOS-Technik). Leistungstransistoren werden meist als VMOSFETs (V für vertikale Struktur) gefertigt. Die folgende Tabelle zeigt eine vergleichende Übersicht einiger typischer VMOS-Transistoren:

Typ	N/P-Kanal	$I_{max}$	$U_{max}$	$P_{max}$	$R_{DS-ON}$	$C_{GS}$	$C_{DG}$
BS107	N	150 mA	200 V	0,8 W	28 $\Omega$	50 pF	4 pF
BS170	N	175 mA	60 V	0,8 W	5 $\Omega$	60 pF	5 pF
BS250	P	180 mA	45 V	0,8 W	14 $\Omega$	60 pF	5 pF

Der Sperrschicht-Feldeffekttransistor (engl. Junction-FET, J-FET) verwendet als Isolierschicht zwischen Kristall und Gateanschluss eine Sperrschicht. Die Gatespannung kann daher nur im negativen Bereich liegen, da sonst die GS-Diode in den leitenden Bereich übergehen würde. Der J-FET ist damit ein selbstleitender FET, d.h. es fließt schon bei der Eingangsspannung Null ein Drainstrom. Man spricht hier auch vom Verdrängungstyp, weil sich bereits ohne Gatespannung Ladungsträger im Leitungs Kanal befinden, die durch eine Steuerspannung verdrängt werden können. Erst mit dem Anlegen einer negativen Spannung wird der Source-Drain-Kanal zunehmend abgeschnürt, bis der Transistor sperrt. Dieses Verhalten entspricht im Übrigen genau dem einer Elektronenröhre.

Ein typischer Vertreter dieser Gruppe ist der BF245. Er wurde in erster Linie für Hochfrequenzanwendungen entwickelt. Die typische Steilheit beträgt 5 mA/V, d.h. eine Spannungsänderung von 1 V ändert den Drainstrom um 5 mA. Der Kennlinienverlauf des BF245B zeigt eine Sperrspannung (Cutoff-Spannung) von ca. -4 V und einen Drainstrom von ca. 10 mA bei der Eingangsspannung Null.



teile-Aufwand. Die gute Nachricht ist aber: Der BC547 ist billiger und bietet in dieser Schaltung trotzdem die bessere Stabilisierung. Die Gegenkopplung ist sogar so wirksam, dass man diesmal kaum einen Unterschied messen kann, wenn man einmal einen BC547A, dann einen BC547B und

Bild 7. Konstantstromquelle mit zwei Transistoren.

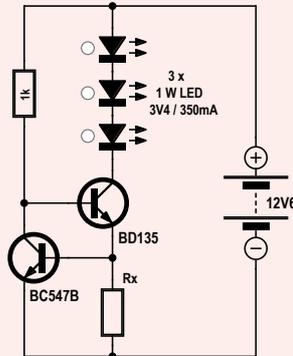
ein anderes Mal einen BC547C verwendet (man kann nehmen, was die Bastelkiste hergibt). Ach übrigens, falls die passende Zenerdiode gerade nicht vorhanden ist, kann man an dieser Stelle mit gutem Erfolg eine LED in Durchlassrichtung einsetzen.

Überprüfen Sie die Ergebnisse mit einer neuen und einer stark gebrauchten Batterie oder mit einem einstellbaren Netzteil. Solange eine gewisse Restspannung vor-

# Quiz

Drei weiße 1-W-Power-LEDs sollen an einem 12-V-Bleiakku betrieben werden. Die Daten der LEDs sind mit 3,4 V und 350 mA angegeben. Eine Konstantstromquelle soll den korrekten Strom garantieren. Die Schaltung verwendet einen Leistungstransistor BD135, den man bei Bedarf auf einen Kühlkörper schrauben kann.

Die Akkuspannung kann beim Laden bis zu 14 V erreichen und beim Entladen bis auf 11 V fallen. In diesem Bereich sollte die Schaltung gut funktionieren. Die Stromquelle sollte einen Strom nahe 350 mA liefern, aber auf keinen Fall mehr als 350 mA. Bei diesen relativ großen Strömen kann man davon ausgehen, dass die Basis-Emitter-Spannung etwa 0,7 V beträgt..



**1) Drei mögliche Widerstände  $R_x$  sind verfügbar. Welchen würden Sie verwenden?**

- A) 100 Ohm
- B) 47 Ohm
- C) 22 Ohm

**2) Die Batteriespannung sei nun genau 12,6 V, an jeder der drei LEDs liegen 3,4 V. Wie groß ist der Wirkungsgrad der Schaltung?**

- D) 81 %
- E) 52 %
- F) 99 %

**3) Die Batteriespannung sei nun gerade 14 V, an jeder der drei LEDs liegen 3,4 V. Der Strom sei 350 mA. Welche Verlustleistung muss der BD135 verkraften?**

- G) ca. 0,5 W
- H) ca. 1 W
- I) ca. 3 W

Wer uns die richtige Lösung zusendet, kann ein „Minty Geek Electronic 101 Kit“ gewinnen!

Senden Sie dazu den Lösungscode (ergibt sich durch Aneinanderreihung der Buchstaben der drei richtigen Antworten) per E-Mail an: [basics@elektor.com](mailto:basics@elektor.com).

Als Betreff der E-Mail bitte nur den Lösungscode angeben.

Einsendeschluss ist der 30. April 2012.

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

**Der richtige Lösungscode aus dem Februarheft lautet „CDH“.**

Hier die Erklärung:

- 1) Richtig war die Antwort C). Wenn man die Kontakte berührt, lädt sich der (kleine) Kondensator relativ schnell auf. Die beiden Transistoren leiten und schalten die LED ein. Wegen der großen Verstärkung der Darlingtonschaltung dürfte der Basiswiderstand sogar noch größer sein als 10 M $\Omega$ , aber so etwas kann man ja kaum bekommen. Der Kondensator entlädt sich nur langsam mit einer Zeitkonstante von 10 s. Die LED leuchtet aber noch sehr viel länger als 10 s nach.
- 2) Beide Transistoren gehören zur B-Klasse und haben eine ähnliche Stromverstärkung zwischen 200 und 450. Die Stromverstärkungen multiplizieren sich. Man bekommt also mindestens etwa 40.000 und maximal etwa 200.000. 100.000 liegt schön in der Mitte, deshalb ist Antwort D) korrekt.
- 3) Die Stromverstärkung läge mit zwei NPN-Transistoren im gleichen Bereich. Und auch die Kollektor-Emitter-Restspannung ist gleich, nämlich eine Basis-Emitter-Spannung (ca. 0,6 V) plus eine Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung (ca. 0,1 V). Aber am Eingang gibt es einen Unterschied: Mit zwei gleichen Transistoren braucht man zweimal die Basis-Emitter-Spannung, also ca. 1,2 V, damit ein Strom zu fließen beginnt. Bei der komplementären Schaltung reicht eine einfache Basisschwelle, also ca. 0,6 V. Damit ist H) die korrekte Antwort.

handen ist, bleibt die LED fast gleich hell. Ein Amperemeter zeigt einen konstanten Kollektorstrom.

Eine weitere gebräuchliche Variante der Konstantstromquelle verwendet einen zweiten Transistor an Stelle der LED. Die eigentliche Spannungsreferenz ist nun die Basis-Emitter-Spannung von etwa 0,6 V des linken Transistors in **Bild 7**. Wenn der Spannungsabfall am Emitterwiderstand zu groß

wird, regelt der linke Transistor dem rechten den Basisstrom herunter, bis alles wieder stimmt.

Die Konstantstromquelle regelt nicht nur Schwankungen in der Betriebsspannung aus, sondern auch unterschiedliche Spannungsabfälle am Verbraucher. Mit dem Schalter können Sie wahlweise eine oder zwei LEDs mit der Konstantstromquelle betreiben. In beiden Fällen fließt der gleiche

Strom. Diese Stromquelle ist schon richtig gut zu gebrauchen, es fließt hier ein Strom von ca. 6 mA.

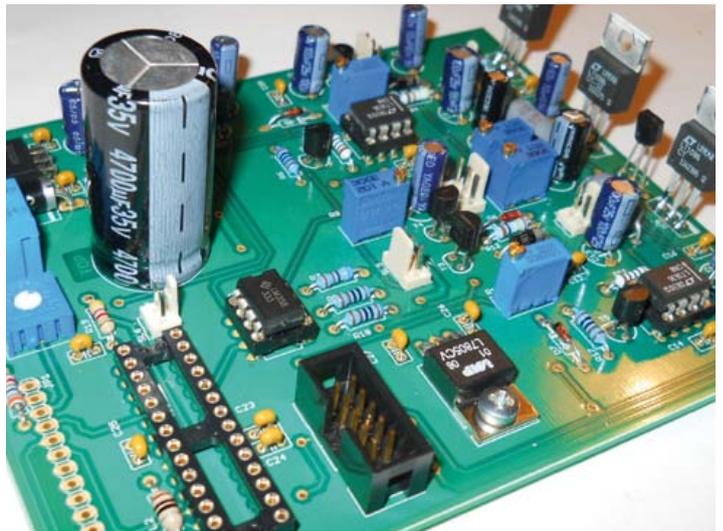
(120004)

# Labornetzteil für Embedded Entwickler

## Stromversorgung für Mikrocontroller-Schaltungen

Von Ingo Gerlach (DH1AAD, ingo.gerlach@onlinehome.de)

Wer Schaltungen mit Mikrocontrollern entwickelt, der kommt nicht immer mit einem Steckernetzteil aus. Doch ein richtiges Labornetzteil ist eigentlich zu groß und liefert meist nur eine einzige Spannung. Das hier beschriebene Netzteil ist klein und versorgt Controller mit den typischen 3,3 V oder 5 V. Für Peripherie steht eine zweite, zwischen 0 und 15 V einstellbare Spannung zur Verfügung.



### Eigenschaften

- Eingangsspannung 18...22 V  $\geq$  2 A
- Ausgangsspannung 1: 3,3 V und 5,0 V umschaltbar
- Ausgangsspannung 2: 0...15 V einstellbar
- Ausgangsstrom: 0...1 A einstellbar
- Anzeige von Spannung, Strom und Temperatur

Wenn man nur einen Mikrocontroller mit ein paar Logik-ICs oder eine kleine Evaluations-Platine vor sich hat, dann reicht zum Betrieb in der Regel ein einfaches Steckernetzteil aus. Ist die Peripherie aber etwas umfangreicher (oder „analog“ mit den da vorherrschenden höheren Spannungen), kommt man mit so einer einfachen Stromversorgung nicht mehr hin. Man könnte dann zwar immer noch ein 5-V- oder 3,3-V-Steckernetzteil mit einem einstellba-

ren Labornetzteil kombinieren. Doch kann man es auch gleich richtig machen und sich ein kleines, aber feines Netzteil bauen, das den Anforderungen bei der Entwicklung von Mikrocontroller-Elektronik genügt.

### Anforderungen

Genau dieser Gedanke hat Ingo Gerlach dazu animiert, ein Netzteil zu konstruieren, das nicht nur eine zwischen 5 V und 3,3 V umschaltbare Festspannung für die eigentliche Mikrocontroller-Elektronik, sondern auch eine von 0 bis 15 V stufenlos einstellbare Spannung für Peripherie bietet. Zudem verfügt es noch über eine stufenlos einstellbare Strombegrenzung.

Mikrocontroller und die Elektronik drumherum benötigen selten mehr als einige zig mA Strom. Das hier vorgestellte Netzteil liefert mit maximal 1 A daher immer genug Strom. Eine einstellbare Strombegrenzung von 0 bis 1 A ist hier ein sehr praktisches Extra. Auch für die periphere Elektronik reicht in aller Regel ein Maximalstrom von 1 A völlig aus.

Für größere Ströme benötigt man typischerweise sowieso spezielle Netzteile.

Wenn es schon um ein speziell für Mikrocontroller-Schaltungen gedachtes Netzteil geht, dann ist die digitale Anzeige von Strom und Spannung für beide Ausgänge eigentlich ein Muss. Folglich braucht man ein LCD und dieses einen kleinen Mikrocontroller zur Ansteuerung. Jener bringt den Vorteil mit sich, dass man so über einen Temperatursensor erfassen kann, ob es dem Netzteil zu warm wird. Als flankierende Maßnahme einen Lüfter anzusteuern ist für den eh vorhandenen Controller dann nur folgerichtig.

Wenn man es mit digitaler Elektronik zu tun hat, dann scheint der Einsatz eines „normalen“ schweren Trafos samt Gleichrichter und Sieb-Elkos schon fast etwas anachronistisch. Anstelle dessen verwendet der Autor ein handelsübliches Laptop-Netzteil. Solche externen Netzteile sind sehr kompakt und effizient. Man bekommt sie als Restposten mit Ausgangsspannungen zwischen 18

und 22 V oft sehr preiswert und muss dann beim Aufbau des „eigentlichen“ Netzteils nicht mit Netzspannung führenden Bauteilen hantieren.

### Schaltungsspezialitäten

Um die beschriebenen Anforderungen zu erfüllen, sind schon etwas mehr als zwei ICs notwendig – obwohl die Schaltung in Bild 1 gar nicht so komplex ist, wie sie auf den ersten Blick ausschaut. Beide Ausgangsspannungen werden von einstellbaren dreibeinigen Spannungsreglern vom Typ LT1086 erzeugt. Um Spannungen bis hinunter zu 0 V einstellen zu können und somit auch einen richtigen Kurzschlusschutz zu realisieren, muss deren Spannung am Fußpunkt um den Betrag der integrierten Referenzspannung von 1,25 V erniedrigt werden. In der Schaltung wird diese negative Hilfsspannung wie folgt erzeugt:

Ausgehend von der an X1 anliegenden Versorgung des externen Laptop-Netzteils (D1 dient als Verpolungsschutz) erzeugt IC11 eine Spannung von 12 V, die nicht nur die Opamps, sondern über den 5-V-Regler IC10 auch den Mikrocontroller IC8 und das LCD versorgt. Aus diesen 12 V erzeugt der DC/DC-Converter DC1 eine negative Spannung von -5 V, aus der wiederum IC7 die notwendigen -1,25 V generiert.

Diese -1,25 V liegen nun an einem Pol von P2 an, womit sich die Ausgangsspannung von IC1 zwischen 0 und 15 V einstellen lässt. Über den Schalter an SL5 gelangen die -1,25 V auch an einen der beiden Trimpmpotis R15 oder R16. Wenn diese entsprechend eingestellt sind, kann man zwischen 3,3 V und 5 V umschalten. Die Vorstabilisierung auf 12 V mit IC4 dient der Verteilung der Verlustleistung.

Zwecks Strombegrenzung muss der fließende Strom erfasst werden. Dessen Messung ist ziemlich trickreich – wie in der Application Note [1] von Linear Technology nachzulesen ist. Es handelt sich nämlich um eine zunächst nicht Masse-bezogene High-Side-Messung: Vor IC5 ist R10 geschaltet, an dem eine Spannung proportional zum Strom (0,1 V bei 1 A) abfällt. Dieser Spannungsabfall befindet sich allerdings auf 12-V-Niveau. IC6 leitet nun daraus mit Hilfe von R11 und T5 einen dazu proportionalen Strom von bis zu 1 mA ab, der auch durch R17 fließt. An R17 fällt demnach eine

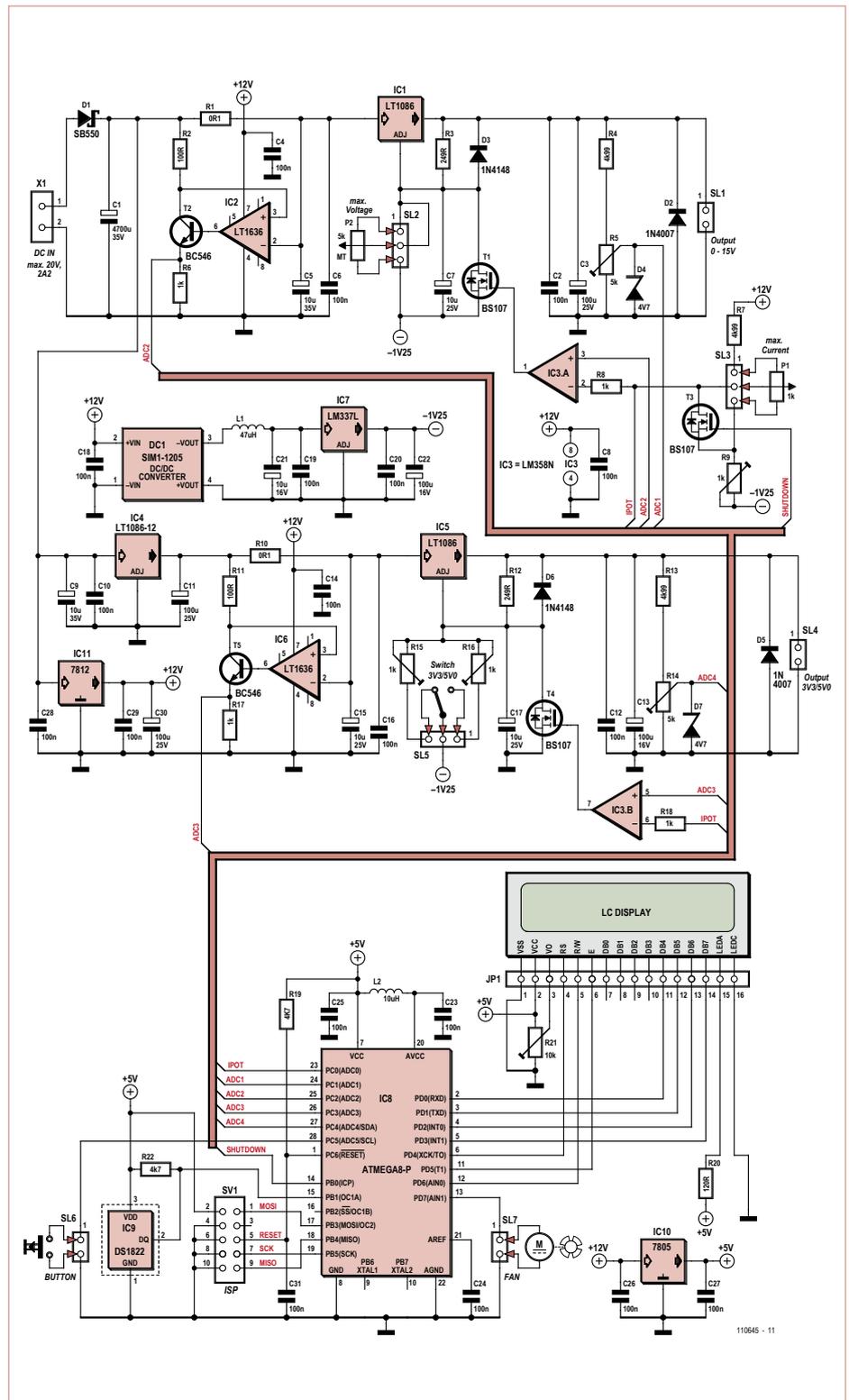


Bild 1. Die Schaltung des Labornetzteils für Mikrocontroller.



Bild 2. Die Platine des Autors, eingebaut in ein Gehäuse. Der Kühlkörper befindet sich (hier nicht sichtbar) auf der Rückseite der Aluplatte mit den Spannungsreglern.



Bild 3. So sieht der fertige Prototyp des Autors aus.

Bedienung und Software	
Trotz Mikrocontroller erfolgt die Einstellung von Spannung und Strom analog. Der Mikrocontroller dient primär dazu, die aktuellen Spannungen und Ströme anzuzeigen. Bei Übertemperatur werden die Ausgänge abgeschaltet.	
Nach dem Einschalten zeigt das Display kurz einen Versionshinweis.	
Danach werden die aktuelle Kühlkörpertemperatur und der eingestellte Maximalstrom angezeigt.	
Im Anschluss erfolgt die Standardanzeige der aktuellen Spannungen und Ströme.	
Bei angeschlossenem Verbraucher wird der fließende Strom angezeigt.	
Bei Änderung des Maximalstroms zeigt die zweite Zeile den gerade eingestellten Wert.	
Nach Betätigung des Tasters werden die Ausgänge abgeschaltet (und dann die aktuelle Kühlkörpertemperatur angezeigt).	
Diese Meldung erscheint bei Erreichen des eingestellten Warnwerts.	
Wenn die maximale Temperatur erreicht ist, erscheint diese Anzeige.	
Ist auch dieser Wert überschritten, erfolgt die Abschaltung der Ausgänge.	

dem Strom proportionale Spannung von bis zu 1 V ab - aber auf Masse bezogen! Diese Spannung kann der Mikrocontroller mit seinem Eingang ADC3 erfassen. Sie gelangt auch gleichzeitig an den nichtinvertierenden Eingang des Opamps IC3.B. An dessen invertierenden Eingang wird die mit P1 eingestellte Spannung (IPOT) gelegt. Will der fließende Strom größer als der eingestellte Maximalstrom werden, dann wird T4 weiter aufgesteuert. Die Ausgangsspannung sinkt dann so weit, bis die Eingangsspannungen von IC3.B wieder gleich sind. Ebenso wird bei der mit P2 einstellbaren Spannung rund um IC1 verfahren. Interessanterweise liegt hier der Pegel der High-Side-Strommessung mit R1 deutlich über der 12-V-Versorgungsspannung von IC2. So etwas geht nur mit Opamps wie dem LT1636, dessen Eingangs-Gleichtaktspannungsbereich mit maximal 44 V unabhängig von der Versorgung ist. Soweit der analoge Schaltungsteil. Die digitale Seite besteht aus dem Mikrocontroller IC8, der nicht nur Ausgangsspannungen und Ströme misst, sondern auch das LCD ansteuert. Außerdem erfasst er mit IC9 die Temperatur von IC1, IC4 und IC5 am Kühlkörper und steuert bei Bedarf noch einen Lüfter an. Die Firmware wird über den ISP-Stecker SV1 in den Controller geschickt. Ein Quarz ist nicht nötig, denn der auf 4 MHz eingestellte interne Takt genügt. Pin 1 von SL7 ist nicht zum direkten Betreiben eines Lüfters gedacht, denn dazu liefern die Pins von IC8 zu wenig Strom. Stattdessen kann man

damit geeignete Lüfter über ihren Steuereingang kontrollieren. Der Taster an SL6 dient als eine Art „Notaus“, denn damit kann man beide Ausgänge sofort auf 0 V schalten.

### Aufbau und Abgleich

Der Autor stellt die Layout-Dateien der von ihm entwickelten Platine im Eagle-Format zur Verfügung. Die Files lassen sich wie immer von der zu diesem Artikel gehörenden Webseite [2] downloaden. Dort ist auch die Firmware in C und als Hex-Code zusammen mit CAD-Dateien für eine Frontplatte zu finden.

Die Bestückung der Platine ist relativ einfach, da keine SMD-Bauteile zum Einsatz kommen. Zu beachten ist lediglich, dass für die Trimpotis stehende Spindeltrimmer vorgesehen sind. Für die Einstellung

der Ausgangsspannung empfiehlt der Autor ein Mehrgangpoti. Beim Einbau in das Gehäuse hat der Autor IC1, IC4 und IC5 auf einer Alu-Platte befestigt, die auf der Rückseite mit einem Aluprofil-Kühlkörper mit den Abmessungen 50x88x35mm versehen ist (siehe **Bild 2**). Wichtig ist, dass die drei Spannungsregler isoliert mit der Aluplatte verschraubt werden und dass IC9 thermischen Kontakt mit dem Kühlkörper bekommt. Hier hilft etwas Wärmeleitpaste. Vor dem Anlegen der Stromversorgung an X1 sollte P1 auf Mittelstellung stehen und IC8 bleibt noch unbestückt. Dann wird mit P1 bei IC1 eine Ausgangsspannung von genau 12 V eingestellt. Nun wird das Trimpoti R5 so eingestellt, dass an Pin 24 von IC8 exakt 1,20 V anliegen.

Jetzt kommt die umschaltbare Festspan-

nung an die Reihe: R15 wird auf 3,30 V und R16 auf 5,0 V am Ausgang von IC5 eingestellt. Wenn der Schalter auf 5,0 V steht, wird R14 so abgeglichen, dass an Pin 27 von IC8 exakt 0,50 V zu messen sind. Endlich kann IC8 in die Fassung gesteckt und – falls nicht schon geschehen – programmiert werden. Nach dem Einschalten sollten direkt die aktuellen Werte (Spannungen und Ströme) angezeigt werden, wie der fertige Prototyp des Autors in **Bild 3** zeigt.

(110645)

### Weblink

[1] <http://cde.linear.com/docs/Application%20Note/an105.pdf>

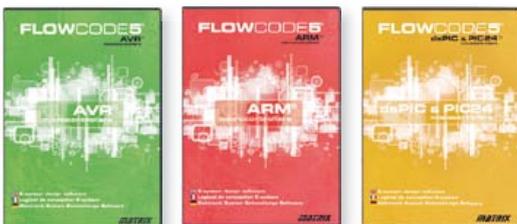
[2] [www.elektor.de/110645](http://www.elektor.de/110645)

— Anzeige

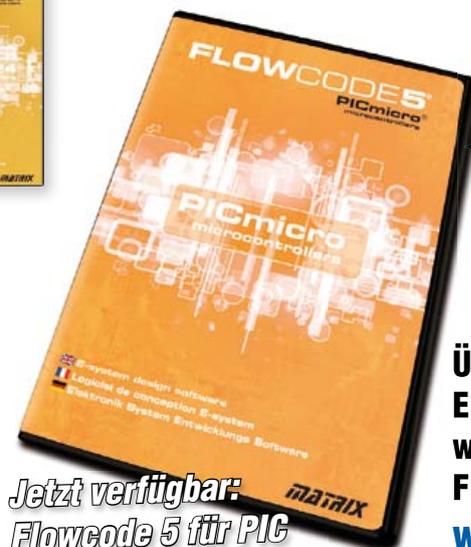
# Schnelle Entwicklung komplexer Elektronik-Systeme mit Flowcode 5

## FLOWCODE5

Entwurf → Simulation → Download



Die prämierte Software **Flowcode** gehört zu den modernsten grafischen Programmiersprachen für Mikrocontroller (PIC, AVR, ARM und dsPIC/PIC24). Anwender können mit Flowcode ohne große Erfahrung leicht und schnell komplexe Elektronik-Systeme entwickeln. Die Flowcode-typische grafische Art zu Programmieren ermöglicht es, komplette elektronische Systeme direkt auf dem Bildschirm auf der Basis von Flussdiagrammen zu entwickeln, zu programmieren, zu simulieren und schließlich den Hex-Code für PIC-, AVR- und ARM-Controller zu generieren.

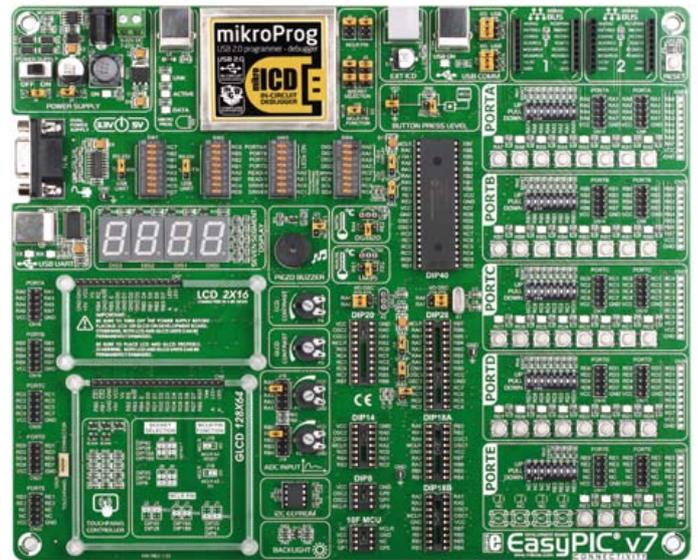


**Jetzt verfügbar:**  
*Flowcode 5 für PIC*

**Überzeugen Sie sich selbst!**  
**Eine Demoversion sowie weitere Informationen zu Flowcode 5 finden Sie unter**  
[www.elektor.de/flowcode](http://www.elektor.de/flowcode)

# EasyPIC v7

## Ein Entwicklungs-Board für PIC-Mikrocontroller mit viel „Connectivity“



In Sachen Mikrocontroller-Boards hat der serbische Hersteller MikroElektronika einen guten Ruf zu verteidigen. Er fertigt nicht nur eine breite Palette solcher Boards, sondern entwickelt sie ständig weiter. Kürzlich wurde die siebte (!) Generation des EasyPIC-Boards für Controller von Microchip vorgestellt. Wir haben es für Sie ausprobiert.

Von Clemens Valens (Elektor)

Beim EasyPIC-Board handelt es sich um ein Produkt aus der Easy-Reihe von Entwicklungs-Boards des Herstellers MikroElektronika (ME), aus der auch die Boards EasyAVR, EasydsPIC, EasyPSoc etc. stammen. EasyPIC ist selbstredend für die 8-bit-PIC-Mikrocontroller von Microchip gedacht. EasyPIC4 war das erste Board aus dieser Serie, mit der ich selbst gearbeitet habe. Ich hatte es reichhaltig ausgestattet und nützlich in Erinnerung. Von daher stellte sich mir die Frage, was man hier denn verbessern könnte, um auf eine Version 7 zu kommen.

Die beiden Boards unterscheiden sich schon optisch sehr: die 4er-Version ist deutlich kleiner als die 7er-Ausführung mit ihren 26,5 x 22 cm. Auch das Layout unterscheidet sich. Wenn man allerdings genauer hinschaut, dann zeigen sich die Ähnlichkeiten. Beide verfügen über acht Sockel für unterschiedliche PICs im acht- bis 40-poligen DIP-Gehäuse. Auch haben beide ein vierstelliges Siebenseg-

ment-LED-Display und bieten Platz für ein alphanumerisches LCD mit 2 x 16 Zeichen sowie ein grafisches LCD mit 128 x 64 Pixeln. Daneben finden sich Taster, LEDs, Pullup- und Pulldown-Widerstände für jeden I/O-Pin sowie ein Erweiterungs-Steckverbinder für jeden Port. Hinzu kommen ein integrierter Programmer & In-Circuit-Debugger, die Stromversorgung, RS232- und USB-Ports und andere Dinge, die man nicht auf einem Entwicklungs-Board vermuten würde.

Im Zuge der EasyPIC-Evolution kam in der Version 5 zunächst ein Touch-Panel-Controller hinzu. Version 6 unternahm einen großen Schritt Richtung SMD-Technik, konnte mit DIP-Schaltern für die Pullup/Pulldown-Auswahl aufwarten und das LED-Display wurde durch ein COG-LCD (Chip-On-Glass) ersetzt. Weiter kamen ein Port-Expander, eine Tastatur (Matrix 4 x 4), sechs Tasten für die Menüsteuerung und ein mit Microchips ICD-Programmer/Debugger kompatibler Anschluss hinzu. Version 7 hatte statt des COG-LCDs wieder ein LED-Display. Die größte Änderung ist in meinen Augen allerdings das viel klarere Board-Layout. Wo in den älteren Versionen die Kom-

### EasyPIC v7 (149 \$)

- unterstützt über 250 8-bit-PIC-Mikrocontroller
- integrierter mikroProg-Programmer/ICD
- doppelte Versorgungsspannung(5 V & 3,3 V)
- 3 externe Anschlüsse + Lochreihe pro Port
- Taster, LED, Pullup/Pulldown-Widerstand pro Port-Pin
- 2 mikroBus-Slots
- RS232 oder USB/Seriell-Konverter
- USB, ICD, Buzzer und I<sup>2</sup>C-EEPROM
- 4-stellige 7-Segment-Anzeige
- optionales LCD mit 2 x 16 Zeichen
- optionaler Touch-Screen mit 128 x 64 Pixel

[www.mikroe.com/eng/products/view/757/easypic-v7-development-system/](http://www.mikroe.com/eng/products/view/757/easypic-v7-development-system/)

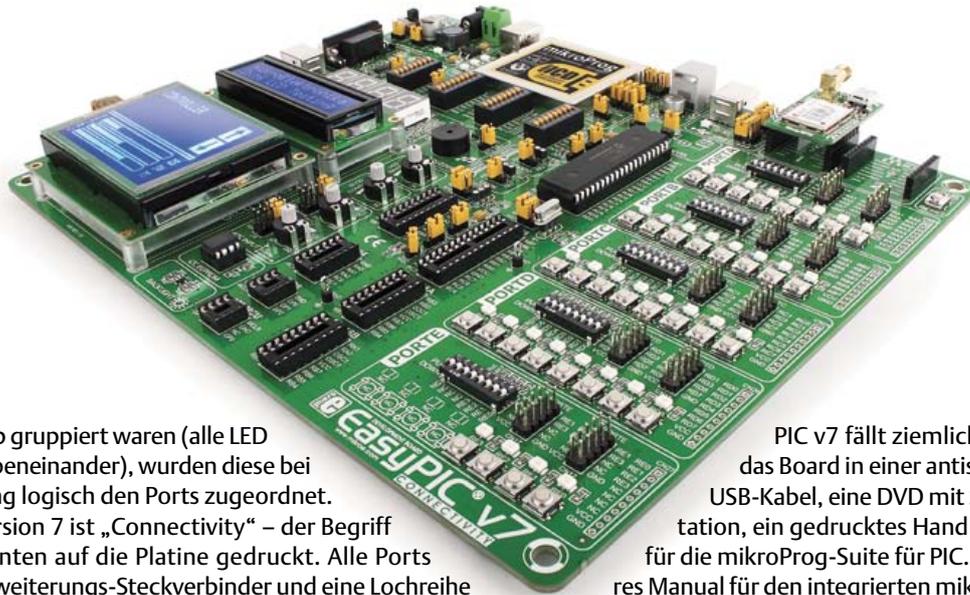


Bild 1.  
Das EasyGPS-Modul  
in Slot #1.

ponenten nach Typ gruppiert waren (alle LED und Taster etc. nebeneinander), wurden diese bei der 7er-Ausführung logisch den Ports zugeordnet. Das Motto der Version 7 ist „Connectivity“ – der Begriff ist sogar rechts unten auf die Platine gedruckt. Alle Ports haben nun drei Erweiterungs-Steckverbinder und eine Lochreihe (anstelle von ein bis zwei Steckverbindern rechts und einem links). Die „Connectivity“ beinhaltet Slots für zwei einsteckbare Add-on-Boards, die kompatibel zum mikroBus-Format des Herstellers sind (Bild 1). Zur Zeit existieren schon rund ein Dutzend Erweiterungsplatinen, mit denen man Ethernet, Bluetooth, GPS, MP3, SD-Karten etc. nachrüsten kann. Der ältere PS/2-Anschluss wurde durch einen FTDI-basierten USB/Seriell-Konverter ersetzt. Das neue Netzteil kann nun 5 V und 3,3 V liefern. Welche Spannung das Board versorgt, kann via Jumper bestimmt werden. Der integrierte mikroLCD-Programmer/ICD ist jetzt unter einer Metallhaube verborgen. Darunter zeigt sich eine komplett überarbeitete Schaltung (Bild 2, Achtung, selbst nachschauen könnte Einfluss auf die Garantie haben!). Aus der Schaltung wird nicht klar, wie die Versorgung der Controller von der Board-Spannung abgeleitet wird. Man kann einen zweiten Temperatursensor anschließen – neben dem bisherigen DS1820 auch einen LM35. Weiter gibt es einen Buzzer und ein 8-Kbit-I<sup>2</sup>C-EEPROM vom Typ 24C08. Eine simple aber praktische Verbesserung sind die vier 5-mm-Befestigungslöcher in den Platinenecken.

Die Qualität der Platine ist außergewöhnlich gut: Mit 2,7 mm ist sie so dick, dass sie sich praktisch nicht verbiegt. Der beidseitige Bestückungsdruck ist durchdacht. Auch für die Displays gibt es richtig gute mechanische Befestigungen. Die Potis sind so weit voneinander entfernt, dass es auch mit dicken Fingern keine Probleme gibt.

### Lieferumfang

An den Produkten von ME gefällt mir schon die Verpackung. Alle Boards kommen in stabilen Behältern, die sich sehr gut zur Aufbewahrung eignen. Die Box für Easy-

PIC v7 fällt ziemlich groß aus. Enthalten ist das Board in einer antistatischen Tüte, ein rotes USB-Kabel, eine DVD mit Software und Dokumentation, ein gedrucktes Handbuch und eine Anleitung für die mikroProg-Suite für PIC. Hinzu kommt ein weiteres Manual für den integrierten mikroLCD und das Schaltbild des Boards. Generell liegt mir die Art und Weise, wie der Hersteller Schaltbilder mit kleinen Fotos von Bauteilen ausstattet. Ihr zweiseitiger, gefalteter und vertikaler Druck macht die Sache aber unpraktisch und unhandlich.

Zum Lieferumfang gehört mit dem PIC18F45K22 ein Controller mit 16 MIPS, 32 KB Flash-Speicher und 1,5 KB RAM. Das Board unterstützt mehr als 250 PIC-Controller. Wenn ein PIC nicht passt, nimmt man eben eine andere Variante.

Die LCDs und Temperatursensoren müssen zusätzlich geordnet werden.

### Einschalten

Neben der typischen Niedervoltbuchse und Schraubklemmen kann das Board auch via USB versorgt werden. Allerdings gibt es gleich drei USB-Buchsen. Nur die mikroProg-Buchse kann das Board mit 5 V versorgen. Für eine USB-Versorgung muss man den Jumper J6 auf USB stecken und nach Verbindung mit dem PC noch den Einschalter betätigen. Das LED-Display zeigt eine einfache Animation mit dem Text „EP7“ und beginnt dann mit 20 Hz zu zählen. Zusätzlich wandert das Licht der LEDs von Port C von rechts nach links.

Das Board sollte direkt vom Betriebssystem des PCs erkannt werden, wenn schon der notwendige Treiber installiert ist. Es sind zertifizierte (!) Treiber für Windows XP, Vista und 7 verfügbar.

### Software

Wenn das Board prinzipiell läuft, kann es wieder ausgeschaltet werden, damit weitere Software installiert werden kann. Das Board funktioniert übrigens auch mit Nicht-

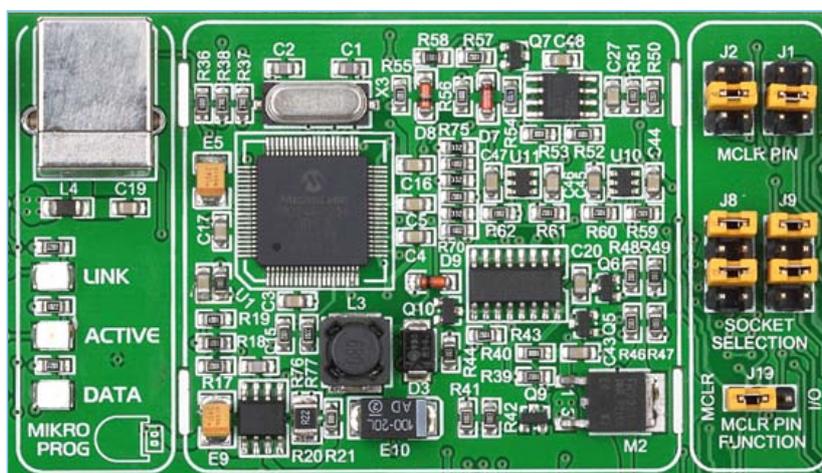


Bild 2. Unter der Haube: der integrierte mikroProg-Programmer/ICD. Besser nicht selbst nachschauen wegen des Garantie-Anspruchs!

ME-Compilern. Auch wenn eine DVD mitgeliefert wird, empfiehlt es sich doch, auf der Webseite des Herstellers nach der neuesten Version des Compilers zu suchen, da ein Update verfügbar sein könnte. Die Installation ist einfach und benötigt etwa 185 MB auf der Festplatte. Anschließend findet man zwei Icons auf dem Desktop – eines für den Compiler (mikroC Pro bei mir) und eines für die PIC-mikroProg-Suite.

Nach dem Start von mikroC kann man via Projekt-Menü zu den Beispielen gelangen und den entsprechenden Ordner öffnen. Dazu kann man das Verzeichnis „Development Systems“ auswählen, das den Ordner „EASYPIC7“ und ein Unterverzeichnis mit Beispielen enthält. Im Verzeichnis „LED Blinking“ kann man die Projekt-Datei „LedBlinking.mcppi“ laden, die dem bekannten „Hello World“ entspricht. Ein einziger Mausklick startet den Compiler-Lauf und dann das Programm im Controller. Sollte es jedenfalls. Das klappt aber erst, wenn man zuvor den mikroProg-Treiber installiert hat. Der Treiber wurde bei der Software-Installation auf die Platte kopiert, aber nicht automatisch installiert. Man muss das also noch manuell nachholen. Und wenn man (wie ich) das nach der Installation erscheinende Explorer-Fenster längst wieder geschlossen hat, weiß man zunächst nicht, wo dieser Treiber steckt. Er ist in Windows XP unter C:\Programm Files\Mikroelektronika\mikroC PRO for PIC\mikroProg Suite installer\Drivers abgelegt. Bei einem anderen Compiler ändert sich entsprechend die Bezeichnung „mikroC PRO for PIC“. Eine PDF-Datei erklärt, wie man solch einen Treiber manuell installiert.

Mit installiertem Treiber dauert das Compilieren und Programmieren von „LedBlinking“ keine 15 Sekunden. Alle LEDs von Port C und alle Segmente des LED-Displays sollten dann mit einer Frequenz von 0,5 Hz blinken.

Alles in allem erreicht EasyPIC v7 mit dem mikroC PRO for PIC im Elektor helloWorld-Benchmark [1] einen Score von 945 - ein ganz ordentlicher Wert.

An dieser Stelle empfiehlt sich das Ausprobieren weiterer Beispiele; dann kann man mit dem Programmieren eines eigenen Projekts beginnen (siehe Kasten „Mein erstes Programm“). Übrigens kann

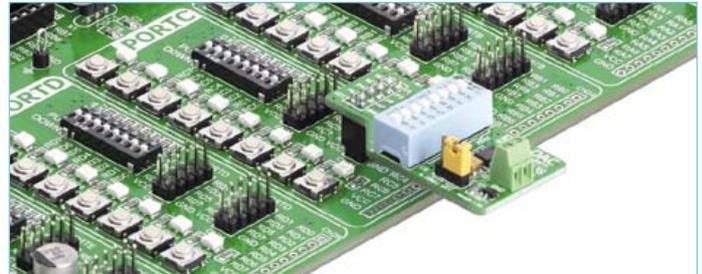


Bild 3. Ein DAC-Erweiterungs-Board an Port C.

man einige Beispiele nicht selbst compilieren, da sie die Code-Begrenzung der Compiler-Demo-Version sprengen (es sind aber immer auch ausführbare Dateien dabei).

### Fazit

EasyPIC v7 ist ein sehr attraktives Entwicklungs-Board für 8-bit-PIC-Mikrocontroller, das mit sehr viel wünschenswerter Peripherie ausgestattet ist. Viele Erweiterungs-Optionen machen den individuellen Ausbau recht einfach, wobei sich eigene Erweiterungen und die fertigen Module von MikroElektronika gleichermaßen anschließen lassen (**Bild 3**). An der Verarbeitungsqualität des Boards gibt es nichts zu mäkeln. Die 3,3-V-Option erlaubt die Verwendung von Low-Voltage-Elektronik, die heute immer mehr Standard ist. Vorteilhaft ist auch, dass man das Board gut mit Software von anderen Herstellern einsetzen kann, da ein Microchip-kompatibler ICD-Anschluss vorhanden ist. Wer wirklich ernsthaft mit PICs entwickelt, der kommt an diesem Board kaum vorbei.

(120093)

[1] Benchmark für Mikrocontroller-Entwicklungs-Kits, Elektor Februar 2012, [www.elektor.de/120096](http://www.elektor.de/120096)

## Mein erstes Programm

Das zu begutachtende Board kam mit einem EasyGPS-Modul (**Bild 1**), weshalb ich gleich ein kleines Programm schrieb, um es auszuprobieren. Von der Webseite von ME holte ich mir den EasyGPS-Demo-Code, doch es stellte sich heraus, dass dieser für das SmartGPS-Board gedacht war und einen PIC18F4520 auf einem EasyPIC6-Board erwartete (inzwischen ist das korrigiert!). Also hatte ich einen anderen Controller zu wählen (in den Projekt-Einstellungen via View-Menü), die Fuse PLL x 4 zu setzen (Project -> Edit Project) und die Definitionen des Interface für das grafische LCD anzupassen (kopiert von einem anderen Beispiel). Damit funktionierte das Programm mit dem EasyPIC v7 mit grafischem LCD (GLCD) – lediglich der serielle

Eingang nicht. Nach einiger Recherche entdeckte ich, dass man dazu die analogen Eingänge des PIC18F45K22 deaktivieren muss (füge ANSEL = 0 vor dem Ausdruck UART1\_Init(9600) hinzu).

Auch wenn das EasyGPS-Modul für 3,3 V gedacht ist, funktionierte das Programm auf dem PIC18F45K22 sowohl mit 5 V als auch mit 3,3 V. Für die Verwendung der Demoversion des Compilers oder dem Betrieb ohne GLCD habe ich noch Code für den Einsatz des LCDs mit 2 x 16 Zeichen hinzugefügt. Das Programm kann via [www.elektor.de/120093](http://www.elektor.de/120093) heruntergeladen werden. Dort finden sich zwei kompilierte Dateien für das GLCD und das „2 x 16“-LCD.

 <p>Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik 03303/212166 oder <a href="http://www.jasys.de">www.jasys.de</a></p>	<p>Gravuren / Schilder / Frontblenden <a href="http://www.webgrav.de">www.webgrav.de</a></p>	<p>LCDs und mehr <a href="http://www.lcd-store.de">www.lcd-store.de</a> <a href="http://www.LC-Design.de">www.LC-Design.de</a> <a href="http://www.crystalfontz.de">www.crystalfontz.de</a></p>	<p>Leiterplatten für Pragmatiker!</p>  <p><a href="http://www.pcb-joker.com">www.pcb-joker.com</a></p>	
<p><b>Alles Spule!</b> Wir liefern und fertigen: Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Spulenkörper, Isoliermaterial, Klebebänder, Tränklacke, Übertrager, RFID-Spulen, Sensor- und Aktorspulen, Prototypen, Kleinserien, Serien, Ersatzteile und vieles mehr. <b>MM Menting Mikroelektronik</b> <a href="http://www.spulen.com">www.spulen.com</a></p>	<p><b>Auch Ihr Unternehmen ist eine Anzeige wert!</b></p>	<p><b>LOETRONIC</b> Embedded MP3 Module <a href="http://www.loetronic.com">www.loetronic.com</a></p>	<p><a href="http://www.anttronic.de">www.anttronic.de</a> ab 1 Stck. <b>ANT TRONIC</b> Leiterplatten zu TOP-Preisen!!</p>	
<p><b>Elektor/Colinbus PCB Prototyper</b> Professionelle Platinen-Fräsmaschine 6 Monate alt, unbenutzt m. Herst.Garantie Mit 600€ Zubehör 3500€ VB 0170-7808845</p>	<p><b>Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!</b> Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis. Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten:  <b>Geist Electronic-Versand GmbH</b> Tel.: 07720/36673 Fax: 07720/36905 Mail: <a href="mailto:info@geist-electronic.de">info@geist-electronic.de</a> Shop: <a href="http://www.geist-electronic.de">www.geist-electronic.de</a></p>	<p><b>HEXWAX LTD</b> <a href="http://www.hexwax.com">www.hexwax.com</a> Treiberunabhängige USB-ICs von einem der Weltmarktführer • USB-UART/SPI/I2C-Konverter • TEAleaf-USB Authentifizierungs-Dongles • expandIO-USB I/O-USB-Expander • USB-FileSys Flash-Drive mit SPI-Interface • USB-DAQ Flash-basierter Datenlogger</p>	<p>Kleinrechner mit FPGA <a href="http://www.bomerezprojekt.de">www.bomerezprojekt.de</a></p>	
<p>Günstige Platinen clever bestellen!</p>  <p><a href="http://www.pcb-joker.com">www.pcb-joker.com</a></p>	<p> <b>NienTech</b> SCHNITTSTELLENWANDLER von WLAN LAN USB nach RS485 RS422 RS232 TTY über virtuellen COM-Port ansprechbar <a href="http://www.NienTech.de">www.NienTech.de</a></p>	<p><b>SCOPES und mehr</b> <b>HAMEG</b> Instruments A Rohde &amp; Schwarz Company <b>MESSTECHNIK</b> zum fairen Preis</p>	<p><b>Ausgabe:</b> Elektor Juni 2012 <b>Anzeigenschluss:</b> 17. April 2012 <b>Erscheinungstermin:</b> 16. Mai 2012</p>	
<p><b>Baugruppenbestückung vom Prototypen bis zur Serie</b> <b>FS-ELECTRONIC.de</b></p>				<p><b>Auch Ihr Unternehmen ist eine Anzeige wert!</b></p>

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

	<p><b>PCBs Muuuuch Cheaper...</b> <b>No-frills policy</b></p>	<p><b>17,22 EURO*</b> 5 pcs, 100 mm x 100 mm *per piece, incl. VAT (23%) + shipping costs e. g. Germany 10,89 EURO</p>	 <a href="http://www.jackaltac.com">www.jackaltac.com</a>
--	---	--	---

# Thermometer mit Gottlieb®-Display

Von Ludovic Mézière

**Kennen Sie Herrn Gottlieb? Am Swimming-Pool des Autors können Sie ihn kennenlernen. Sein Gottlieb-Thermometer ist eine gelungene Verbindung zwischen einer elektromechanischen Flipper-Anzeige aus dem letzten Jahrhundert und moderner Programmierung.**  
*It is more fun to compete!*

Die Idee zu dieser Schaltung kam mir in den Sinn, als ich ein Freiluft-Schwimmbad mit einer Anzeige für die Wassertemperatur ausrüsten wollte. Diese sollte auch bei praller Sonne aus mehr als 10 m ablesbar sein, die Energieaufnahme aber so nahe wie möglich bei Null liegen. Leuchtanzeigen wurden aus dem Labor verbannt, da kein Typ den vorgenannten Anforderungen genügt (besonders nicht der letzteren). Ich habe lange gesucht, um schließlich eine Lösung zu finden, welche mein Pflichtenheft erfüllten: Ein Display mit Ziffernrädern aus einem Flipperzähler. Wenn sich die Anzeige der Temperatur nicht ändert, fällt die Stromaufnahme meiner Schaltung gen Null. Es gibt keine Batterie, keinen Akku, keine Regelung, keine Wartung.

## Gottlieb® Flipper-Anzeige

Bei einem Flipper (Englisch *pinball*) werden die Punkte jedes Spielers durch große Räder, (gut zehn Zentimeter im Durchmesser) nebeneinander hinter einem Fenster angezeigt. Hierbei laufen die Ziffern von 0 bis 9 durch. Diese Räder werden einzeln durch einen Elektromagneten angesteuert; über Rasten läuft ein bemerkenswerter Vorgang ab (**Bild 1**). Je nach Modell und den anzuzeigenden Punkten finden wir drei, vier oder auch fünf Räder, die einen Zähler bilden. Die Fertigungsqualität und Zuverlässigkeit dieser Teile nötigt einem schon Respekt ab. Die Betriebsspannung beträgt 24 V~ und

ein kurzer Impuls genügt, um eine Raste und damit den entsprechenden Winkel weitzuschalten. Modellabhängig sind verschiedene Kontakte verfügbar, aber wir benötigen für unsere Anwendung nur den Kontakt, der sich öffnet, wenn das Rad „0“ anzeigt. Pro Rad brauchen wir also nur die beiden Anschlüsse zur Versorgung des Elektromagneten sowie als Referenz die Erkennung der „0“.

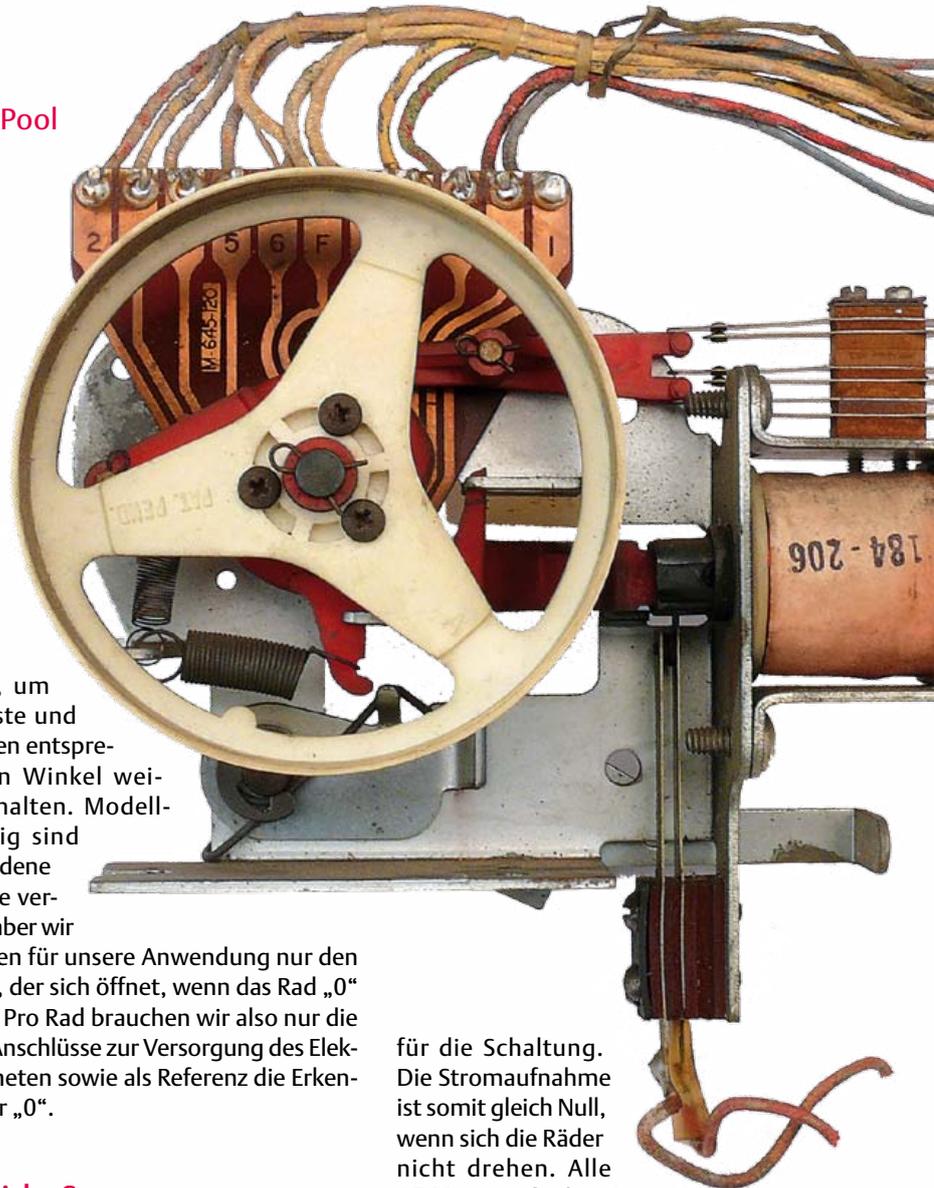
## Trickreiche Spannungsversorgung

Diese Schaltung (**Bild 2**) bietet eine zweite Besonderheit, weniger auffällig als die Anzeige, aber nicht weniger interessant: die Spannungsversorgung. Hier liefert ein Transformator die benötigte Wechselspannung von 24 V und über einen Regler die 5-V-Gleichspannung für den Rest der Elektronik. Anstatt Tag und Nacht unter Spannung zu stehen, wie man es bei einer solchen Schaltung erwarten könnte, wird nur Strom gezogen, wenn sich die Räder drehen sollen. Die restliche Zeit liefert ein 1-Farad-Kondensator die nötige Spannung

für die Schaltung. Die Stromaufnahme ist somit gleich Null, wenn sich die Räder nicht drehen. Alle 15 Minuten findet eine Temperaturmessung statt. Die Anzeige wird nur aktualisiert, wenn sich die Temperatur geändert hat.

Gesteuert wird das Thermometer natürlich durch einen Mikrocontroller, der drei Teilaufgaben hat:

- Kommunikation mit dem Temperatursensor (IC5) via I<sup>2</sup>C-Bus
- Ansteuerung der beiden Gottlieb®-Ziffernräder
- Einschalten der Spannungsversorgung zwischen den Anzeizeyklen



# Originell, autark und allzeit gut ablesbar!

Sie ahnen es schon: Auch der Schaltungsentwurf ist ungewöhnlich. Fangen wir jedoch mit dem Üblichen an. Der  $\mu\text{C}$  ATtiny2313 von Atmel (IC3) übernimmt die vom Sensor TMP100 (IC5) gelieferte Temperatur-Information. Um den mit 5 V versorgten Schaltungsteil komplett von der 24-V-Wechselspannung zu trennen, steuere ich die Elektromagnete über Opto-Triacs an (IC4 und IC6).

Danach übernimmt ein (gegebenenfalls leicht überdimensioniertes) Triac T1235 für jeden Magneten das Einschalten der Wicklungsspannung. Die 24-V-Wechselspannung wird durch zwei in Serie geschaltete 12-V-Wicklungen des Trafos bereitgestellt, wobei eine der beiden Sekundärwicklungen auch die gleichge-

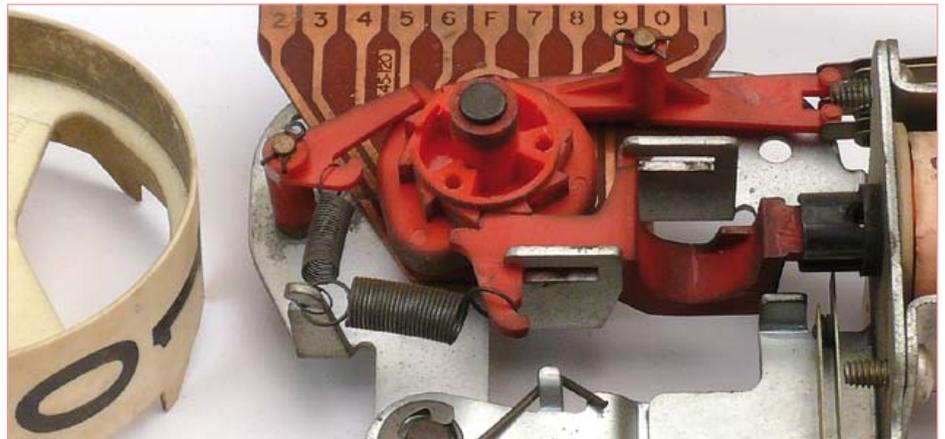


Bild 1. In zehn Jahren werden die elektronischen Bauteile der Schaltung vielleicht den Geist aufgeben, aber die Mechanik wird sicher weiter laufen.

richtete, gefilterte und von einem 78L05 (IC1) geregelte 5-V-Spannung liefert. Nicht alltäglich ist das Schalten der Pri-

märwicklung des Trafos über ein Triac (Tri1), welches selbst über ein Opto-Triac (IC2) vom Mikrocontroller gesteuert wird.

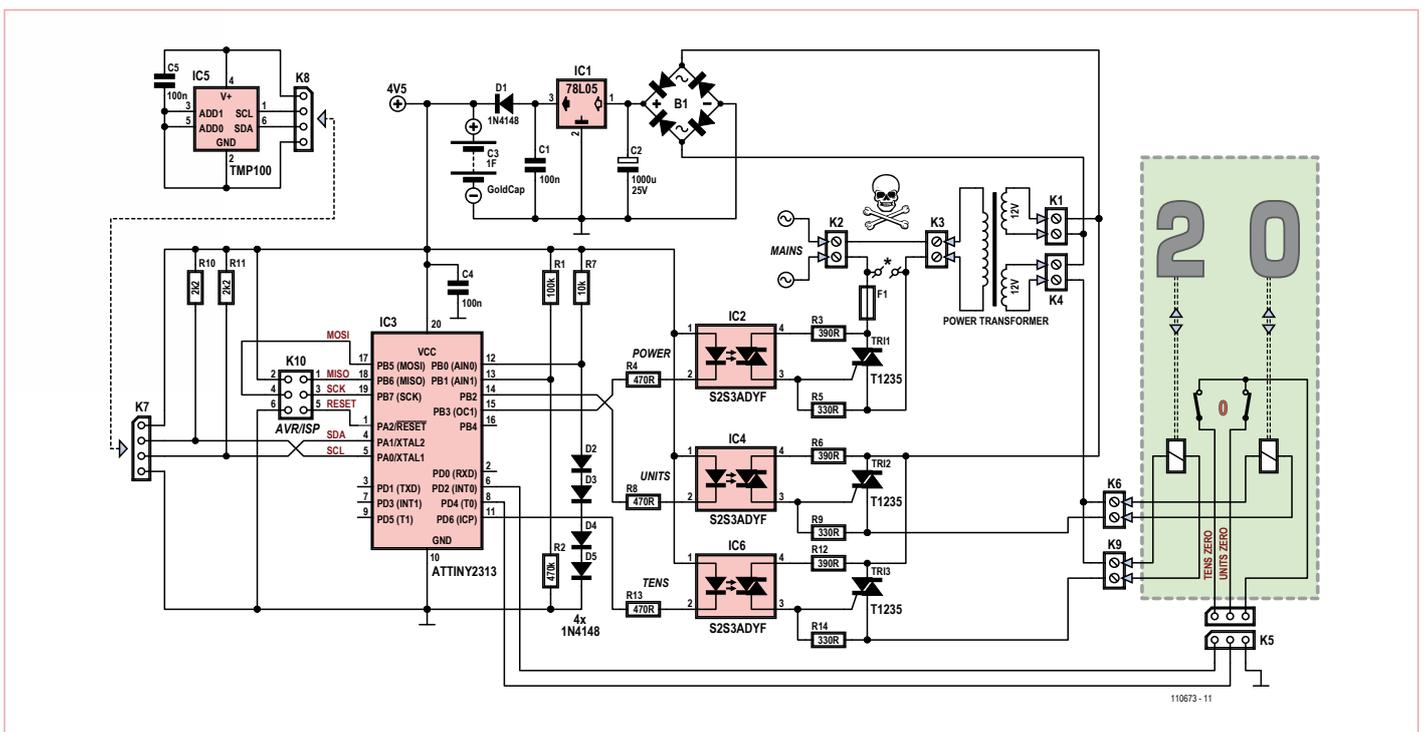


Bild 2. Das Schaltbild für ein Thermometer mit Gottlieb-Ziffernrädern enthält einige Besonderheiten.

## Stückliste

### Widerstände :

R1 = 100 k  
 R2 = 470 k  
 R3,R6,R12 = 390 Ω  
 R4,R8,R13 = 470 Ω  
 R5,R9,R14 = 330 Ω  
 R7 = 10k  
 R8 = 2k2

### Kondensatoren:

C1,C4 = 100 n (5 mm)  
 C2 = 1000 µ/35 V radial  
 C3 = 1 F 5V5  
 C5 = 100 n SMD 0805

### Halbleiter:

D1..D5 = 1N4148  
 B1 = Brückengleichrichter 100 V 1A5 rund  
 IC1 = 78L05  
 IC2,IC4,IC6 = S2S3ADYF (Optokoppler mit Triac)  
 IC3 = ATtiny2313-20PU (EPS 110763-41)  
 IC5 = TMP100  
 Tri1..Tri3 = T1235H-6G

### Verschiedenes:

Ringkerntrafo 40 VA, prim. 2 x 115 V, sec. 2 x 12 V (Block RK40/12)  
 F1 = 160 mA @240V, 315 mA @115 V  
 K1,K4,K6,K9 = Schraubklemmen (RM 5 mm)

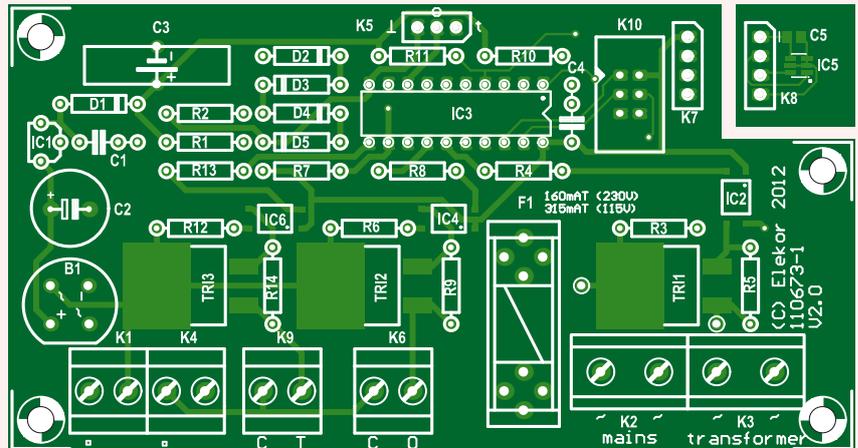


Bild 3. Trennen Sie den Sensorträger von der Platine ab, bevor Sie mit der Bestückung beginnen. Seien Sie sorgfältig bei der Verdrahtung gefährlicher Spannungen.

K2,K3 = Schraubklemmen (RM 7,5 mm)  
 K5 = 3x1-Stiftleiste  
 K7,K8 = 4x1-Stiftleiste

K10 = 2x3-Stiftleiste  
 \* Taster 230 V<sub>AC</sub>  
 Platine 110763-1

Hiermit kappt dieser die Stromversorgung über das Netz komplett, sobald er Messung und Ausgabe erledigt hat. Bald darauf wird die Spannung am Ausgang von IC1 zusammenbrechen, aber nicht an der Kathode von D1! Die Ladung des 1-Farad-Pufferkondensators reicht aus, den µC für eine gewisse Zeit zu versorgen, nachdem die Schaltung vom Netz genommen wurde. Während der folgenden 15 Minu-

ten widmet sich der ATtiny2313 abwechselnd zwei Aufgaben:

- Überwachen des 15-Minuten-Timers, wonach ein Interrupt ausgelöst und eine Temperaturmessung vorgenommen wird;
- Überwachen der eigenen Versorgungsspannung.

Die Diodenkaskade D2 bis D5 liefert am Eingang AIN0 (Analog-Komparator des ATtiny, Pin12) eine Referenzspannung von etwa 2,4 V, während der Spannungsteiler R1/R2 am Eingang AIN1 (Pin13) eine Spannung abgibt, die proportional zur Versorgungsspannung ist. Sobald diese unter die Schwelle von 2,4 V fällt, kippt der Ausgang des Komparators, ein Interrupt wird ausgelöst und den Triac

## Tilt !

Das Zeitalter der elektromechanischen Flipper mit Zählwerken beginnt im Jahre 1959 mit dem berühmten *Army Navy*, hergestellt von *Williams*, und endet 1979 mit *Space Walk* von *Gottlieb* [3]. Zusammen mit *Bally* sind diese beiden Hersteller mit Abstand die fruchtbarsten. Ihre Zählwerke wurden immer weiter entwickelt; aber bei allen Fabrikat-Unterschieden sind doch alle für dieses Thermometer einsetzbar.

Bei jedem empfangenen Impuls wird das Rad mechanisch um 36 ° gedreht, danach wird es in seiner neuen Lage blockiert. Durch die Rotation werden verschiedene Kontakte aktiviert: Die Lagekontrolle des Ankers im Magneten (*End Of Stroke*), die Erkennung der „9“ und des Übertrags (*carry*), sowie die hier eingesetzte Erkennung der „0“.

Bei verschiedenen Typen von Ziffernrädern erlauben es Codierstreifen mit Kontakten, die Rad-Position zu ermitteln.



für den Trafo für einige Sekunden aktiviert, um unseren 1-Farad-Kondensator aufzuladen.

### Regelungsmechanismus

Sobald das System einmal läuft, regelt sich die Spannungsversorgung selbst. Lediglich beim ersten Einschalten benötigt das System einen Startimpuls, ebenso nach längerem Stromausfall. Das erste Einschalten erfolgt über das Programmieren des Controllers auf der Platine. Der Programmierer legt über den ISP-Anschluss K10 die für die Übertragung der Hex-Datei nötigen 5 V an. Nebenbei lädt sich unser 1-Farad-Kondensator auf. Sobald Programm und Kondensator geladen sind, wird der Regelungsmechanismus gestartet - und dreht sich fortan wie ein Schwungrad.

Die Prozedur nach einem längeren Strom-

Befehl zum Hochzählen genau im Nulldurchgang gegeben. Die Impulsdauer, die das Rad eine Raste weiterbewegt, beträgt 100 ms. Die Mechanik erschien mir derart verlässlich, dass ich den zusätzlich verfügbaren Kontakt zur Überwachung der Bewegung nicht eingesetzt habe. Bei einer Impulsdauer von 100 ms wurde niemals auch nur der kleinste Fehler festgestellt.

Der Thermo-Sensor wird zusammen mit einem Stützkondensator auf einem kleinen abtrennbaren Stück der Platine montiert (Bild 3) und mit der Hauptplatine über ein dreidriges, geschirmtes Kabel verbunden (K7 und K8). Ich habe zufriedenstellende Versuche bis zu zehn Metern Kabellänge gemacht.



Bei einem mit internen Pull-Ups ausgestatteten Mikrocontroller muss in einen als Eingang geschalteten Port (Register

## Dieses ausgefallene Thermometer enthält einige Feinheiten!

ausfall ist vielleicht weniger elegant, aber ebenso effektiv: ein für Netzspannung geeigneter Taster schließt die Kontakte A1 und A2 von Triac Tri1 kurz und versorgt den Transformator. Ein Taster-Druck von einigen Sekunden setzt den Trafo lang genug unter Spannung, um den Kondensator aufzuladen: Der Regelungszyklus beginnt.

Beim ersten Einschalten sucht das Programm die „0“-Position jedes Gottlieb-Ziffernrades, indem es sie weiterdrehen lässt, bis die Öffner-Kontakte („0“ im Schaltbild) dem  $\mu\text{C}$  das Erreichen dieser Position über die Ports PD2 und PD4 mitteilen. Ist diese Position einmal erreicht, genügt es, wenn der Controller die entsprechende Anzahl von Impulsen sendet, um eine gemessene Temperatur anzuzeigen.

Ein Nachteil dieser Räder ist, dass sie keinen Rückwärtsgang kennen. Um herabzuzählen, muss eine fast komplette Umdrehung stattfinden. Dies ist aber kein wirklicher Makel, weil dieser Schnellgang kaum 2 Sekunden dauert und außerdem ein Augen- und Ohrenschauspiel ist [1].

Damit dieser Schaltvorgang im Netz keine Spannungsspitzen produziert, wird der

Den Sensor habe ich mit Silikon geschützt und im Pool versenkt.

### Das Programm

Die Wahl des Mikrocontrollers ist unkritisch, solange man von ihm keine Hexerei verlangt. Er steuert:

- einen I<sup>2</sup>C-Bus als Master,
- einen 15-Minuten-Timer,
- einen Analog-Komparator,
- zwei digitale Eingänge,
- drei Ausgänge zur Ansteuerung der Opto-Triacs.

Da keine dieser Funktionen eine hohe Präzision verlangt, reicht der interne RC-Oszillator aus und ein Quarz erübrigt sich.

Beim ersten Hochfahren initialisiert sich der  $\mu\text{C}$  wie folgt:

- Konfiguration der verschiedenen Ports als Ein-/Ausgang,
- Konfiguration der Pull-Ups an den Eingängen,
- Konfiguration der Zähler (Vorteiler, Interrupt-Freigabe),
- Erkennung der Position „0“ der Ziffernräder.

DDR2=0) eine 1 geschrieben werden (SBI PORTD,PD2 = Set Bit an Port D2) um einen internen Widerstand von 20 bis 50 k $\Omega$  zu aktivieren. Um diesen Pull-Up zu deaktivieren, muss man eine 0 in diesen Eingang schreiben (siehe doc2543 ATtiny 2313 auf [www.atmel.com](http://www.atmel.com)).

Nach der Initialisierung liest der Controller die Temperatur aus dem TMP100 über den I<sup>2</sup>C-Bus aus und konvertiert diesen hexadezimalen Wert in eine dezimale Darstellung (BCD). Die Genauigkeit des Sensors liegt bei 0,5° oder besser. Das ist mehr als genug, da keine Dezimalstellen angezeigt werden. Bei Frost beschränkt sich die Anzeige auf „00“. Bei jeder neuen Messung ergibt der Vergleich mit dem gespeicherten vorherigen Wert, ob die Ziffernräder herauf- oder herabgedreht werden müssen.

Sobald eine Messung und Aktualisierung der Anzeige erfolgt sind, startet der Mikrocontroller einen internen, auf 15 Minuten eingestellten Zähler und springt in eine Endlosschleife, aus der nur ein Interrupt herausführt. Dieser kann entweder vom Timer (nach Ablauf der 15 Minuten) herrühren

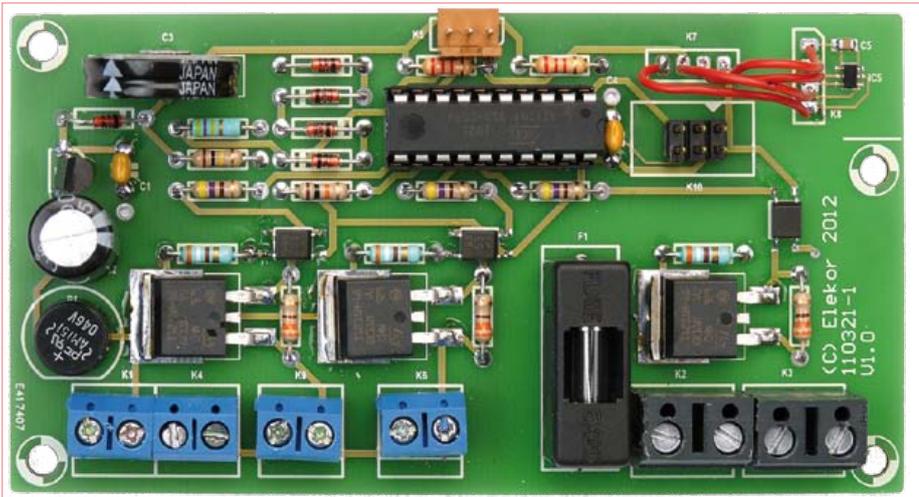


Bild 4. Dieser Prototyp funktioniert, entspricht aber nicht der letzten Version der gedruckten Schaltung.

oder vom Analog-Komparator, der eine Versorgungsspannung unterhalb des Schwellenwertes von 2,5 V feststellt. Seien Sie versichert, es gibt noch Spielraum, der Mikro-Controller arbeitet auch noch bei 1,8 V.

Falls die Schleife durch den Timer unterbrochen wurde, wird der Controller eine neue Temperatur-Messung vornehmen. Bei einer

Änderung wird über den Triac kurz der Trafo aktiviert, welcher die nötige Spannung für die Radbewegungen liefert. Während dieser Zeit lädt sich auch der 1-Farad-Kondensator wieder auf.

Bei sinkender Temperatur muss das jeweilige Ziffernrad die „0“-Position durchlau-

fen, bevor es die entsprechende Anzahl von Impulsen zur Anzeige der Ziffer erhält. Danach wird die Netzspannung abgeschaltet und es folgt eine Ruhepause.

Falls die Schleife durch den Analog-Komparator unterbrochen wurde, wird die Netzspannung für zwei Sekunden aktiviert und lädt den Kondensator auf. Danach beginnt das Spiel von neuem. Falls sich eines Tages der Kondensator (sei es wegen Alterung oder einem anderen Grund) in weniger als einer Viertelstunde entlädt, dann ist der Komparator auf der Hut. Dank ihm schläft das Thermometer niemals wirklich ein.

Die Programmierung des  $\mu C$  erfolgt über den Steckverbinder K10. Ich benutze den USBPROG [2] sowie das Programm AVR Studio von Atmel. Man muss nichts an den Fuses ändern, die Default-Parameter sind:  
 - RC intern, 8 MHz (CKSEL=0100 SUT=10)  
 - interner Takt-Vorteiler auf 8 (CKDIV8=0)  
 Der Quelltext und die Hex-Datei warten auf Abruf [1].

### Lebensgefahr

Der Aufbau dieses Thermometers sollte keine Probleme bereiten. Jedoch liegt eine tödliche Spannung von 230 V an, da die Platine direkt mit dem Stromnetz verbunden ist. Treffen Sie alle nötigen Vorsichtsmaßnahmen und machen Sie keinerlei Konzessionen an die Sicherheit, insbesondere beim Kaltstart-Taster (im Schaltplan mit \* gekennzeichnet) oder seiner Verdrahtung. Taster für das Stromnetz sind nicht sehr verbreitet, deshalb sollte man besser auf einen ganz einfachen Schalter zurückgreifen, der für den hier vorgesehenen Spannungsbereich leichter erhältlich ist. Denken Sie daran, dass das Thermometer für den Außeneinsatz gedacht ist, oder für andere Einsatzbereiche, in denen ein Isolationsfehler fatale Konsequenzen haben könnte. Folgen Sie bei der Verdrahtung den Angaben im Schaltbild (Bild 2) und verwenden Sie Lötkekmen hoher Qualität, besonders für K2 und K3, so wie beim Prototypen in Bild 4 gezeigt.

### Anschluss der Ziffernräder

Die beiden Magnetanschlüsse sind einfach zu finden. Prüfen Sie mit einem Ohmmeter

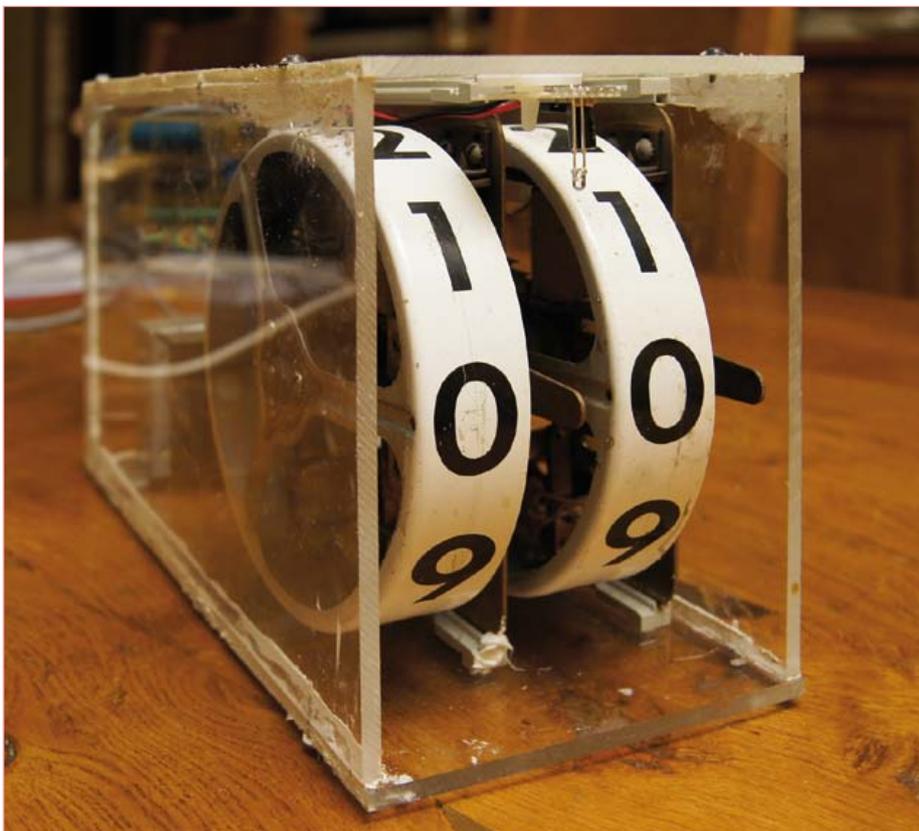


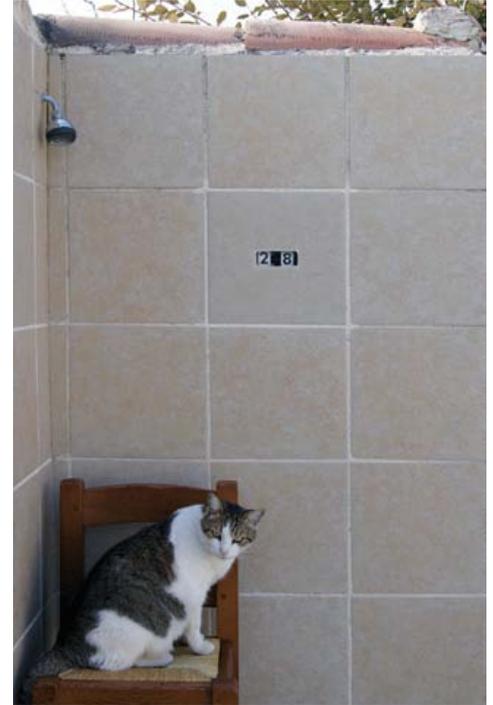
Bild 5. Das Gottlieb-Thermometer im Plexiglas-Gehäuse. Jedes Rad ist auf einem Platinenhalter montiert.

## Der Autor



Ludovic Mézière, 44 Jahre, benutzt den Lötkolben ohne Unterbrechung, seit sein Vater vergessen hatte, ihn wegzuräumen – damals im Alter von sieben Jahren. Er besitzt ein BTS (Fachhochschulabschluss) von 1988. Seit 20 Jahren ist er Industriekaufmann bei der SEMAP (semap.fr), und Fachhochschullehrer für Audiovisual Equipment Technology seit 12 Jahren. Gelegentlich entwickelt er für das französische

Forschungszentrum CNRS und ist außerdem Kameramann für Rémi Gaillard (nimportequi.com). Er sieht es als seine Berufung an, Elektronik wo immer möglich einzusetzen, selbst wenn das zu nichts dient!



Außenansicht: Das Gottlieb-Thermometer ist in die Rückwand der Dusche eingelassen. Katze und Duschkopf dienen als Größenvergleich.

den guten Zustand der Wicklung. Ist sie verbrannt, liegt der Widerstand bei Null bzw. unendlich. In gutem Zustand ist er niedrig: 7  $\Omega$  gemessen bei einer Williams-Spule, etwa 30  $\Omega$  bei Bally).

Benutzen Sie einen Durchgangsprüfer, um den Öffner zu finden, der die Position „0“ anzeigt. Je nach Fabrikat (Williams, Bally

oder Gottlieb) muss hier ein wenig herumprobiert werden.

Es wäre erfreulich, wenn meine Idee auch in anderen Anwendungen eingesetzt würde. Zögern Sie nicht, der Redaktion Ihre Ideen mitzuteilen!

(110673)

[1] [www.elektor.de/110673](http://www.elektor.de/110673)

- Licht und Sound des Thermometers bei Bewegung

- Software zum Download

[2] [www.elektor.de/060224](http://www.elektor.de/060224)

[3] [www.pinrepair.com/gtb/](http://www.pinrepair.com/gtb/)

## Wo findet man Ziffernräder?

Diese Schaltung reizt Sie, aber Sie befürchten, dass die Ziffernräder schwierig zu finden sein könnten? Das kann nur daran liegen, dass Sie die Möglichkeiten des Internets nicht kennen. Man findet neue und gebrauchte Teile einfach und in den verschiedensten Ländern. Das Ausschachten



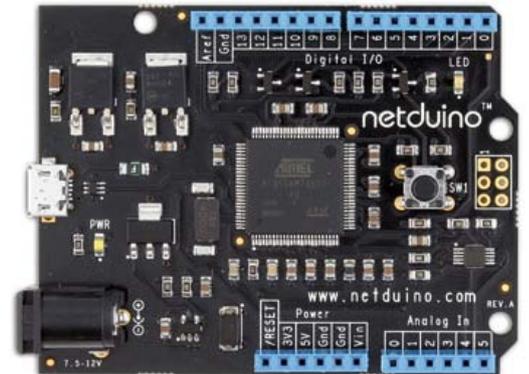
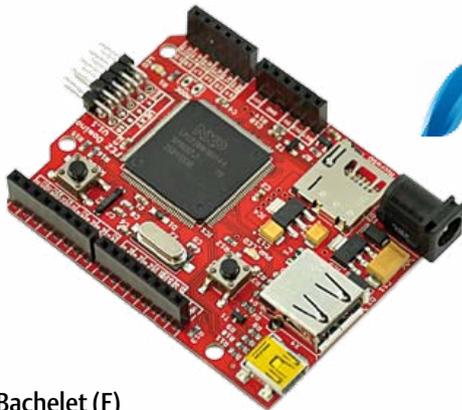
von veralteten Flippern liefert viele Teile (ein Flipper kann durchaus 20 oder mehr Räder enthalten). Jedenfalls findet man immer noch brauchbare Teile zu vernünftigen Preisen.

## Reinigen der Ziffernräder

Gehen Sie behutsam vor, falls die von Ihnen erstandenen Räder gereinigt werden müssen, denn die Ziffern sind fragil. Verwenden Sie auf keinen Fall ein Reinigungsmittel, nur milde Seife und lauwarmes Wasser. Falls die Ziffern auf Papier gedruckt sind, ist es besser, sie nicht anzurühren. Sollten Sie die Mechanik auseinandernehmen, um sie zu reinigen oder genauer zu untersuchen, dann achten Sie auf un-

erwartet hervorspringende Federchen! Ölen Sie nie! Falls der Zähler stottert, dann liegt das am Staub oder an falscher Montage. Es zeigt sich ab und an (z.B. nach übermäßiger Erwärmung im Flipper) eine Deformation des Magneten und Hülse für den Anker. Im Zweifelsfall ist es besser, direkt im Internet zu suchen; Eingaben wie „EM score reel repair“ oder „... cleaning“ führen zu hilfreichen Ratschlägen.

# .NET MF für Elektroniker



Von Claude Bachelet (F)

Wer Mikrocontroller-Applikationen entwickelt, braucht eine Entwicklungsumgebung, die unkompliziert und trotzdem leistungstark ist. Sie soll kostengünstig sein und sich ohne viel Zeitaufwand installieren lassen. Auch sollten praxisnahe Vorbilder als Basis für eigene Entwicklungen dazugehören. Die Programmiersprache soll modern und leicht erlernbar sein - so wie zum Beispiel C#!

Für viele Elektronik-Entwickler ist die Software der mühsamste und heikelste Teil eines Projekts. Wenn aber die Hardware nicht mehr entwickelt werden muss, weil sie als universelles Modul verfügbar ist, bleibt für die Software-Entwicklung mehr Zeit. Der Schwerpunkt liegt dann auf der applikationsbezogenen Programmierung. Dem kommt entgegen, dass Programmier-Plattformen im Trend liegen, die den Entwickler deutlich entlasten. Das Signal, das Arduino für 8-bit-Mikrocontroller gesetzt hat, wurde an anderen Orten nicht überhört.

In diesem Beitrag wollen wir eine Programmierplattform für 16-, 32- und zukünftig auch 64-bit-Hardware betrachten, die sich „.NET

Micro Framework“ nennt. Das ist der Name eines Open-Source-Projekts von Microsoft (kurz *.NET MF*, gesprochen *dot net mf*), es steht unter der Lizenz Apache 2.0. Da Microsoft an der Verbreitung gelegen ist, wird *.NET MF* von einer unkomplizierten, ja fast spielerisch gestalteten Entwicklungsumgebung namens *Gadgeteer* [1] begleitet.

Eine unbestreitbare Stärke von *.NET* ist die Eigenschaft, dass der Quellcode der Applikation nicht vom Mikrocontroller-Typ oder seiner Familie abhängt. Meistens kann die Software ohne Überwinden schwieriger Hürden auf andere Hardware-Plattformen übertragen werden. Es kommt nicht darauf an, ob der Mikrocontroller von NXP, Renesas oder Atmel stammt, die entwickelte Software ist prinzipiell überall lauffähig. Die Universalität gilt auch für die Entwicklungsumgebung: Als Open-Source- und Multi-Plattform-Projekt läuft *.NET* unter Windows, auf dem Mac oder unter Linux zusammen mit Mono [2]. Ferner existiert ein Portierungsmodul [3], mit dem sich *.NET MF* an fast beliebige Plattformen anpassen lässt.

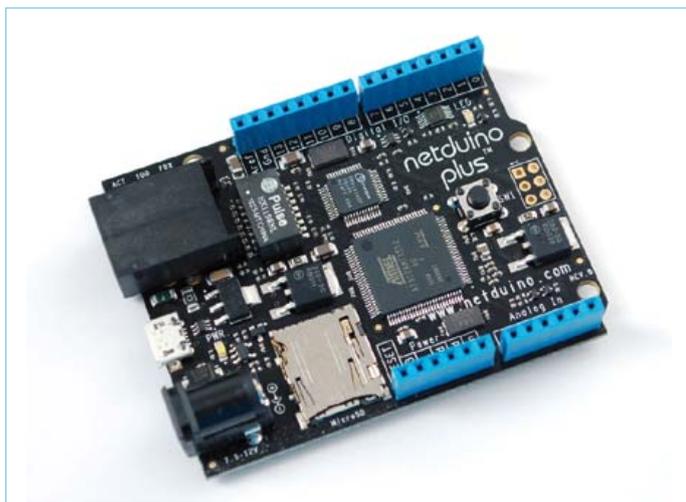


Bild 1. Netduino Plus ist *Open Hardware*, kompatibel mit *.NET MF*. Dieses Modul ist mit einem Ethernet-Port ausgestattet.

## **.NET Hardware**

Typische *.NET-MF*-Systeme sind mit 32-bit-Mikrocontrollern und mindestens 64 KB RAM ausgestattet. Hardware-Module, die diesem Modell entsprechen, werden von diversen Herstellern angeboten, wobei immer sowohl die Software als auch die Hardware quelloffen (Open-Source) ist. Als Beispiel sei das Netduino-Board genannt, das von Arduino inspiriert wurde, jedoch mit dem ARM7-Mikrocontroller AT91SAM7X512 von Atmel arbeitet. Die Version Netduino Plus, die **Bild 1** zeigt, hat zusätzlich eine Ethernet-Schnittstelle an Bord. GHI Electronics [5] brachte die Modul-Familie FEZ heraus, die Typ-Initialen stehen für *Fast and Easy*, deren Name spricht für sich. Die Familienmitglieder haben in der Reihenfolge ihres Funktionalitätsumfangs so klingende Namen wie *Mini*, *Panda II*, *Rhino*, *Spider* oder

# Schnellstart in zehn Minuten

## (...und etwas Download-Zeit!)

**Cobra.** Die Arbeitspferde Cobra und Spider basieren auf dem EMX-Modul aus gleichem Haus (LPC2478 mit 4,5 MB Flash und 16 MB RAM), mit ihren grafischen Fähigkeiten und ihrem großzügig bemessenen Speicher sind sie auch anspruchsvollen Applikationen gewachsen. Die übrigen Mitglieder der FEZ-Reihe arbeiten ebenfalls

mit ARM7-Mikrocontrollern von NXP. Beim Mini und Panda II ist dies ein LPC2387, er ist mit dem .NET-MF-Kern von GHI vorprogrammiert (Eigenentwicklung, Typbezeichnung ISBizi100). Die Unterschiede der Mikrocontroller liegen hauptsächlich in der Anzahl der I/O-Kanäle und in den USB-Funktionen.

**Tabelle 1. Eigenschaften einiger FEZ-Module**

Modul	FEZ Rhino	FEZ Domino	FEZ Mini	FEZ Panda II
Format	Proprietär	Arduino	Parallax BasicStamp2	Arduino
Abmessungen	7,6 · 7,1 cm	6,8 · 5,3 cm	4,8 · 2,8 cm	6,8 · 5,3 cm
Mikrocontroller	LPC2388		LPC2387	
User Flash	ca. 148 KB			
User RAM	ca. 62 KB			
Ethernet, TCP/IP	WIZnet W5100, TCP Client/Server, UDP, DNS, DHCP, maximal vier Sockets			
I/O-Kanäle	60	30	36	60
PWM-Kanäle	6			
Analoge Eingänge	8	6	6	6
Analoger Ausgang	Ja			
UARTs	5 TTL	3 TTL	3 · TTL und 1 · RS232	4 TTL
SPI-Ports	2			
I <sup>2</sup> C	Ja			
CAN-Ports	2	1	1	2
One-Wire	Ja			
USB-Host	Hub, Joystick, Tastatur, Maus, Drucker, CDC, Emulieren serieller Ports sowie frei programmierbare Schnittstelle		No	
USB-Peripherie	Debugging, Emulieren von Tastatur, Maus oder CDC			
SD/MMC-Karten	4-bit-SD-Bus, SDHC möglich, Buchsenleiste separat erhältlich			
Real-Time Clock (RTC)	Ja		Nein	
Akkugestütztes RAM	2 KB			
Watchdog	Ja			
Sicherung der User-Applikation	Ja			
Debugging-Interface	USB, Seriell			
JTAG-Anschluss	Nein	Nein	Nein	Ja
Leistungsbedarf im Betrieb	550 mW		520 mW	
Leistungsbedarf in Ruhe	330 mW		330 mW	
Leistungsbedarf im Sleep-Modus	60 mW		30 mW	

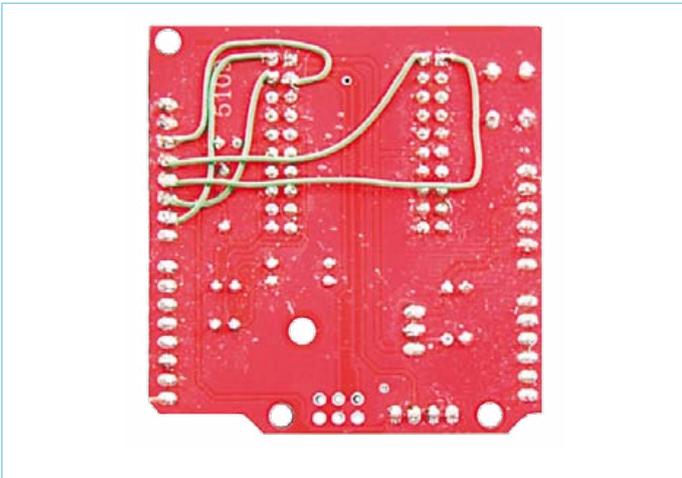


Bild 2. Das Anschließen des WIZ812J-Moduls und des Boards von NKC Electronics als Ethernet-Shield macht diese Modifikation notwendig.

Der Panda II und der Domino sind in der Anordnung und Belegung der Steckverbinder mit dem Arduino *Standard* (nicht *Mega!*) voll kompatibel. Dadurch steht dem Anwender eine breite Auswahl an Hardware-Erweiterungen offen, in der Arduino-Welt werden sie häufig *Shield* genannt. Die Internet-Konnektivität auf den Modulen der FEZ-Reihe stützt sich auf den Chip WIZ5100 von WIZnet. Dieser Chip ist zwar schon relativ betagt, für die meisten Anwendungen dürfte seine Geschwindigkeit und die Anzahl der Sockets (maximal vier) jedoch voll ausreichen. Als kostengünstige Ethernet-Erweiterung für Arduino ist beispielsweise der Webserver WIZ812M] aus Elektor 11/2009 einsetzbar, zusammen mit dem Adapter von NKC-Electronics [6]. Beim FEZ Domino ist die in **Bild 2** dargestellte Modi-

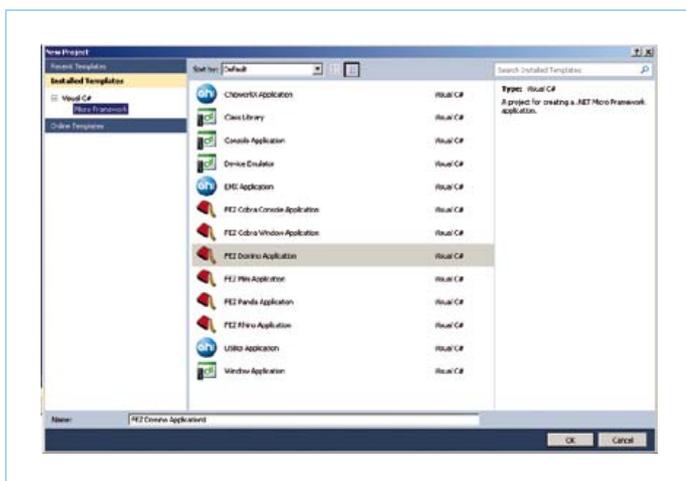


Bild 3. Neue .NET-MF-Projekte für den FEZ Domino starten in diesem Fenster.

fikation notwendig, doch das dürfte kein Problem sein. Der beschriebene Weg bietet sich stets an, wenn es um das Realisieren von Hardware-Erweiterungen geht. Immer lohnt sich auch die Mühe, sich vor einer Neuentwicklung im Internet umzuschauen. Das Angebot ist außerordentlich vielfältig: Displays und Motorsteuerungen, Infrarot- und Funkmodule, GPS-Empfänger und Zubehör, sofort einsatzfähig mit Treibern in C# [7], sind nur eine Handvoll willkürlich herausgegriffener Komponenten.

## .NET Software

Das Titelfoto dieses Beitrags zeigt ein Board mit roter Fläche, es ist das Board FEZ Domino. Nachfolgend beziehen wir uns auf dieses Board, die genannten Schritte gelten sinngemäß auch für andere Module: Zuerst laden Sie die .NET-Bibliotheken herunter, die zu Ihrem Board oder Modul gehören. Passen Sie, falls nötig, die Syntax für den Zugang zu Ihrer Peripherie an. Dann verfahren Sie wie folgt:

- Laden Sie Visual C# Express herunter und installieren Sie es auf Ihrem Computer:  
[www.microsoft.com/express/downloads/#2010-Visual-CS](http://www.microsoft.com/express/downloads/#2010-Visual-CS)
- Laden Sie .NET Micro Framework 4.1 SDK herunter und installieren Sie es:  
[www.microsoft.com/downloads/details.aspx?displaylang=en&FamilyID=cff5a7b7-c21c-4127-ac65-5516384da3a0](http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?displaylang=en&FamilyID=cff5a7b7-c21c-4127-ac65-5516384da3a0)
- Laden und installieren Sie die .NET-Bibliotheken, zum Beispiel für die FEZ-Familie:  
[www.ghielectronics.com/downloads/NETMF/GHI%20NETMF%20v4.1%20SDK.zip](http://www.ghielectronics.com/downloads/NETMF/GHI%20NETMF%20v4.1%20SDK.zip)
- Mit einem kostenlosen Terminal-Programm können Sie die Firmware laden, zum Beispiel mit Tera Term:  
<http://ttssh2.sourceforge.jp/>
- Falls notwendig, installieren Sie die USB-Treiber für die Kommunikation mit dem Modul, die FEZ-Familie wird hier unterstützt:  
[www.ghielectronics.com/downloads/NETMF/GHI%20NETMF%20USB%20Drivers%2032-Bit.zip](http://www.ghielectronics.com/downloads/NETMF/GHI%20NETMF%20USB%20Drivers%2032-Bit.zip)

Starten Sie Visual C# Express, klicken Sie auf *Files* und *New Projects* (**Bild 3**). Wählen Sie Ihren Board-Typ, geben Sie Ihrer Applikation einen Namen, und schon ist Ihre Entwicklungsumgebung einsatzbereit (**Bild 4**). Schließen Sie Ihr FEZ-Domino-Modul über ein USB-Kabel an und setzen Sie unter *Project/Properties* das Feld bei *Transport* auf *USB* (**Bild 5**). Im Feld unter *Device* muss *USBZi* erscheinen, falls nicht, müssen Sie die Treiber installieren oder möglicherweise das USB-Kabel tauschen. Schließen Sie das Menü *Properties* und drücken Sie F5, um Ihr Programm zu compilieren und in das Modul zu laden. Danach startet das Modul, zum Zeichen dafür blinkt die LED. Mit Mausklicks in die linke Spalte können Sie Breakpoints im Programm setzen. Das schrittweise Ausführen eines Programms ab

einem Breakpoint ist durch Drücken von F11 möglich. In diesem Modus können Sie im Fenster *Locals* die aktuellen Werte der Variablen betrachten, Sie können sie sogar während der Programmausführung ändern!

## Zum Schluss

Mit .NET MF gestaltet sich das Schreiben und Debuggen von Mikrocontroller-Applikationen überraschend unkompliziert, Voraussetzung sind natürlich Kenntnisse der Sprache C#. Nebenbei bemerkt: Dieser Name klingt im Englischen wie *see sharp*, was so viel wie *sieh scharf* bedeutet, es ist eine Wortspielerei von Microsoft. Bevor Sie zur Tat schreiten, denken Sie daran, dass Sie meistens das Rad nicht neu erfinden müssen. Das Internet hält Unmengen an Software bereit, der Weg kann über [7] oder eine der bekannten Suchmaschinen führen.

(120033)gd



Wenn an einen Objektnamen ein Punkt (ein *Dot*) angehängt wird, erscheinen die Methoden (Funktionen) und Eigenschaften des Objekts.



Beim Überfahren des Textes mit dem Cursor werden die erlaubten Ausdrücke oder Parameter sichtbar, hier zusammen mit *OutputPort*.

Die nachfolgenden Links sind auch auf der Elektor-Website [8] vermerkt, so dass die Links nicht abgetippt werden müssen.

## Weblinks

- [1] Gadgeteer: [www.netmf.com/gadgeteer/](http://www.netmf.com/gadgeteer/)
- [2] Mono: [www.mono-project.com](http://www.mono-project.com)
- [3] Porting Kit: [www.microsoft.com/downloads/en/details.aspx?FamilyID=CCDD5EAC-04B1-4ECB-BAD9-3AC78FB0452B&displaylang=en](http://www.microsoft.com/downloads/en/details.aspx?FamilyID=CCDD5EAC-04B1-4ECB-BAD9-3AC78FB0452B&displaylang=en)

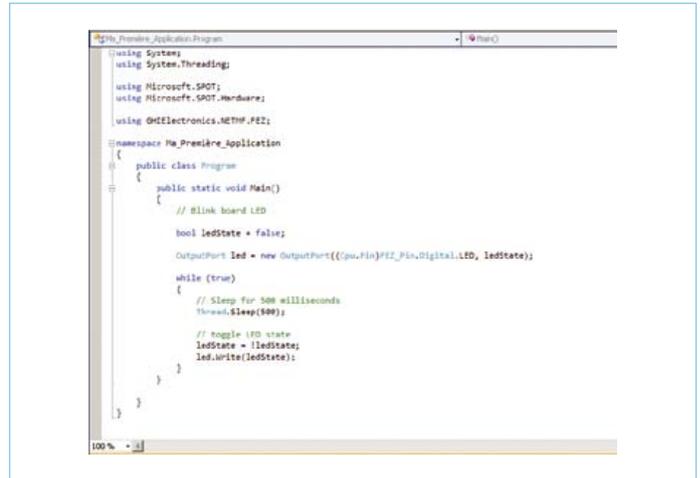


Bild 4. Kein C oder C++, sondern C#. Das Kommando *Thread* ist das Indiz für Multitasking. LEDs werden als Objekte des Typs *OutputPort* deklariert.

- [4] Netduino: [www.netduino.com](http://www.netduino.com)
- [5] GHI Electronics: [www.ghielectronics.com](http://www.ghielectronics.com)
- [6] NKC Electronics: <http://store.nkcelectronics.com/nkc-ethernet-shield-diy-kit-without-wiz812mj-mod812.html>
- [7] TinyCLR: <http://tinyclr.com/>
- [8] Die Links zu diesem Beitrag: [www.elektor.de/120033](http://www.elektor.de/120033)

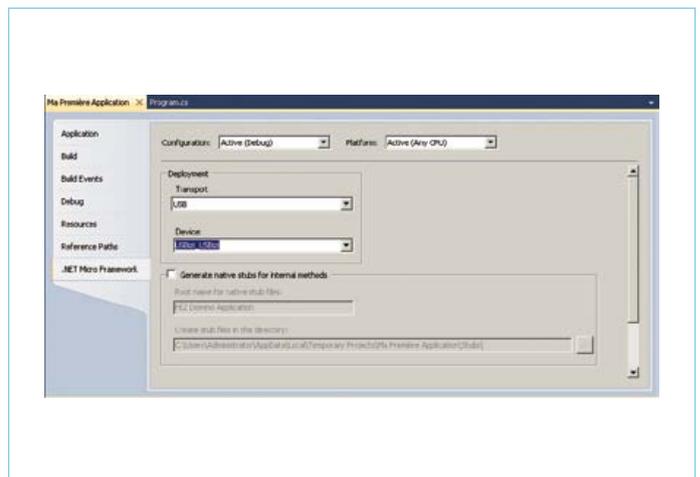


Bild 5. In diesem Fenster werden die Parameter für die Kommunikation mit dem Modul eingestellt.

# Zweiadriges Interface für Taster mit LED

## Einfachere Verdrahtung = höhere Zuverlässigkeit

Von Klaus Jürgen Thiesler (D)

Wenn man ein paar Leitungen einsparen kann, dann erhöht das die Zuverlässigkeit, da es weniger Möglichkeiten für Kontaktprobleme und ähnliche Hindernisse für den korrekten Elektronentransport gibt. Diese Schaltung zeigt, dass statt drei Adern für den Anschluss eines Tasters mit LED-Rückmeldung nur zwei erforderlich sind. Elektroniker mögen keinen Drahtverhau. Viele Leitungen machen elektronische Geräte unnötig unübersichtlich und erhöhen die Fehleranfälligkeit. Aus diesem Grund werden digitale Daten lieber seriell als parallel übertragen, auch wenn das gelegentlich mehr Rechenaufwand bedeutet. Ganz ähnlich ist die Sache, wenn man eine Mikrocontroller-Platine mit Bedienelementen verbinden muss. Auch hier gilt: Je weniger Leitungen desto besser. Daher dachte der Autor darüber nach, wie man beim Anschluss eines Tasters plus LED – ein sehr typischer Fall – eine der drei Leitungen einsparen könnte. Und seine Lösung des Problems funktioniert sehr gut.

### Reduktionsmethode

Normalerweise braucht man zum Anschluss eines Tasters an einen Mikrocontroller zwei Leitungen und für eine LED dann nochmals zwei. Die Masseleitung kann man für beide Bauelemente üblicherweise gemeinsam führen, doch bleiben immer noch drei Leitungen. Die Reduktion auf zwei Leitungen setzt voraus, dass man Taster und LED parallelschaltet, wie auf der linken Seite der Schaltung von **Bild 1** zu sehen. Eine Serienschaltung wäre prinzipiell zwar auch möglich, allerdings wäre dann ein Schließler oder der Schließerkontakt eines umschaltenden Tasters notwendig, da sonst die LED ohne Betätigung nicht leuchten könnte. Die parallele ist daher die allgemeinere Variante.

Der Trick der Schaltung ist, dass die LED immer von Strom durchflossen ist – auch wenn die LED nicht leuchtet (und der Taster nicht betätigt ist). Dann ist der Strom mit einigen zehn  $\mu\text{A}$  lediglich so klein, dass an der LED zwar eine nennenswerte Flussspannung abfällt, aber kein wahrnehmbares Licht erkennbar ist. Fließen hingegen einige mA, leuchtet die LED, doch die Flussspannung ist nur etwas höher. Folglich liegt an der LED immer eine Spannung zwischen etwa 1,2 V und 1,9 V an, die bei Betätigung des Tasters kurzgeschlossen wird. Und diesen Spannungshub kann man auswerten. Außerdem gibt eine beim Tastendruck erlöschende LED eine optische Rückmeldung.

### Schaltung

R1 sorgt für den Ruhestrom durch die LED (etwa  $20 \mu\text{A}$  bei  $V_{CC} = 3,3 \text{ V}$ ). Soll die LED leuchten, so muss der Mikrocontroller-Ausgang Port.1 „low“ sein. In diesem Fall operiert T1 als einfache Konstantstromquelle: an R3 fällt etwa 1 V ab. Subtrahiert man die BE-Spannung von T1, so liegen an R2 etwa 0,33 V, was zu einem (kurzschlussfesten) Strom von rund 10 mA durch die LED führt. Ist Port.1 „high“, bleibt die LED dunkel.

Nun zum Taster: Der Spannungsteiler ist so dimensioniert, dass T2 bei Spannungen  $>0,85 \text{ V}$  an K2.1 durchschaltet. In Ruhe liegt am Controller-Eingang Port.0 daher „low“ an. Schließt S1 die Spannung

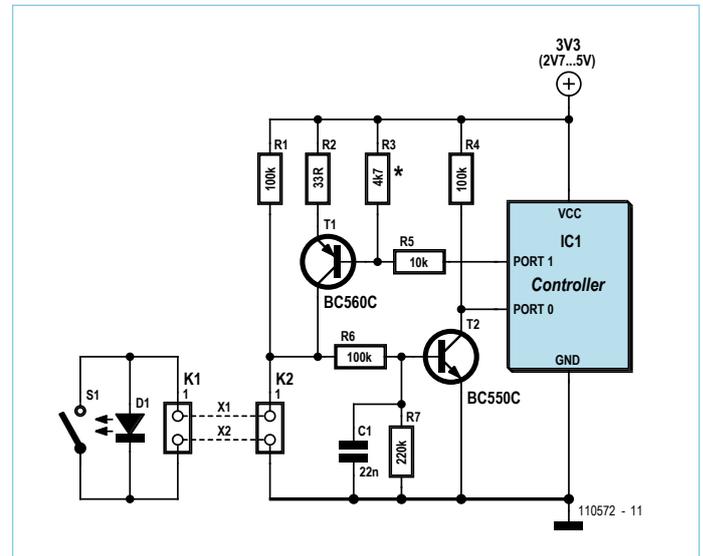


Bild 1. Schaltung des zweiadrigen Interfaces.

an der LED kurz, dann zieht Pull-up-Widerstand R4 den Pegel an Port.0 auf „high“.

Der Tiefpass aus R6 und C1 unterdrückt Störpegel auf der Leitung X1. Der Ruhestrom der Interface-Schaltung ist die Summe der Ströme durch R1 und R4 und liegt bei etwa  $50 \mu\text{A}$ .

### Modifikationen

Viele moderne Mikrocontroller arbeiten bei 3,3 V und weniger. Für etliche ältere und immer noch gerne eingesetzte Exemplare gilt allerdings die Gleichung  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ . Glücklicherweise lässt sich die Schaltung mit der Änderung eines einzigen Widerstands an verschiedene Spannungen anpassen: Bei 2,7 V gilt  $R3 = 8\text{k}2$  und bei 5 V dann  $R3 = 2\text{k}7$ . Für die besonders niedrige Spannung von 2,2 V ist  $R3 = 10\text{k}$  und zudem ist für T1 ein PNP-Transistor mit besonders niedriger  $U_{CEsat}$  notwendig, wie zum Beispiel der Typ FM718.

Wer generell andere Transistortypen einsetzen möchte, sollte auf hohe Stromverstärkung achten. Manche Mikrocontroller können ihre Ausgänge unterschiedlich konfigurieren. Bei Port.1 funktionieren ein Open-Collector- und der Totem-Pole-Typ. Falls sich bei Port.0 ein integrierter Pull-up-Widerstand schalten lässt, kann R4 entfallen.

Der Einspareffekt steigt mit der Anzahl der Taster: Für fünf Taster mit LED sind ja nur sechs Leitungen notwendig (einmal X2 und fünf Mal X1). Die Reduktion von 10 auf 6 Adern spart demnach 40 % an Verkabelungsaufwand. Ein Teil des Platzbedarfs auf der Platine für die zusätzlichen Bauteile wird übrigens von kleineren Steckverbindern mit weniger Polen kompensiert.

Die Schaltung funktioniert mit roten, grünen und gelben LEDs. Blaue und weiße LEDs leuchten nur richtig bei  $V_{CC} \geq 4 \text{ V}$ .

(110572)

# Abonnieren Sie jetzt die führende US-amerikanische Fachzeitschrift für Mikrocontroller-Anwendungen und Embedded Systems!



Wählen Sie unter [www.elektor.de/cc-abo](http://www.elektor.de/cc-abo)  
Ihr gewünschtes  
Abonnement aus!

**12 Original-Ausgaben jährlich für nur**

Digital: 50 US-Dollar  
Print: 75 US-Dollar  
Digital + Print: 110 US-Dollar

**CIRCUIT  
CELLAR®**

# Philips EL3581 Diktaphon (ca. 1960)

## „Haben Sie das, Fräulein Ilse?“



Von Jan Buiting (Elektor UK/US)

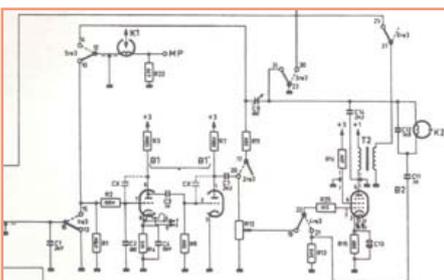
Mitte der 1950er Jahre tauchten sie auf, die ersten Diktiergeräte als Speerspitze der Büro-Automation. Laut Marketing-Sprech jener Tage tragen sie „substantiell zur allgemeinen Effektivität im Büro bei, indem die kostbare Zeit von Doktoren, Rechtsanwälten, Chefredakteuren und anderen Führungspersonlichkeiten in Industrie und Regierung bei der Produktion schriftlicher Kommunikation gespart wird.“

Mit solch einem Diktiergerät konnte der damalige Chef seine Briefe ganz alleine in seinem Büro aufzeichnen und dabei Korrekturen anbringen, löschen, zurück spulen und anschließend das Band oder die Platte elegant an seine Sekretärin übergeben, damit sie das Gesprochene abtippen konnte. Deren Qualitäten wurden fortan nicht mehr in Steno-Silben pro Minute gemessen. Die ersten Geräte dieser Art wie der Gray AudioGraph [1] zeichneten sogar auf flexiblen Platten auf. Der protestantischen Arbeitsethik in den Niederlanden ist Zeitverschwendung ein Graus und daher war es erstaunlich, dass Philips erst spät ein Diktiergerät entwickelte. Aber als Philips endlich auf den Zug aufsprang, wurde daraus ein wichtiger Zweig des Unternehmens (er blieb das bis in die 1990er Jahre). Dabei gab es reichlich Evolution. Eine Stufe darin nannte sich „Memocorder“. Heute haben

wir Smartphones und das Sekretariat ist ausgestorben. Zigarren und Schreibmaschinen sind ja auch aus der Mode gekommen.

Neben der eigentlichen Verwendung wurden Diktiergeräte auch für viele andere Zwecke angepriesen; etwa zur „Aufzeichnung von Telefonanrufen, Aufzeichnung und Vorbereitung von Ansprachen und Interviews, für Sprechübungen (im Fremdsprachenunterricht) sowie zur Aufzeichnung von Wetternachrichten oder Aktienkursen“. Das hier gezeigte Modell Philips EL3581/22 wurde um 1960 eingeführt, obwohl es sehr nach 1950 aussah: zweifarbig und oxsenblutrot die Bedienelemente. In Philips-Tradition gab es einen einprägsamen Namen: *Dictaphone*. Der Typ EL3581 arbeitete mit einer speziellen Bandkassette aus durchsichtigem Kunststoff und verfügte über eine leicht vergrößernde durchsichtige Glocke mit Drehknopf zum Rücksetzen des Zählers. Spätere Versionen wie das EL3581R waren mit einem mondänen daumenbedienten Zähler ausgestattet und hatten einen extra Eingang für ein Telefon sowie weniger poppige Farben.

Meine Maschine ist ein Kleinod und zieht die Aufmerksamkeit von Jung und Alt auf sich: Makelloser Zustand und eine umfangreiche Sammlung an Zubehör wie Fußschalter, Stethoskop-Ohrhörer, schicke Transporttasche, Schreibmaschinenuntersatz, unbenutztes Notizbuch, Tisch-Mikrofon/Lautsprecher und zwei Kassetten



~~Tag der Sekretärin~~ Administrative Professionals Day  
 25. April ~~1952~~ 2012  
 Dran denken: Blumen, Karten, Gutscheine, Abendessen, Pralinen, Geschenkkorb

**Diktiergeräte modernisierten die folgenden drei Szenarien, die vor 1950 im Chefsekretariat noch üblich waren:**

- Chef schreitet Zigarre paffend langsam auf und ab und diktiert dabei seiner geduldigen Sekretärin direkt in den Steno-Block auf ihrem Schoß. Effektivität: 50 Worte plus 2 Zigarren pro Stunde waren nicht ungewöhnlich.
- Chef kritzelt Notizen auf Papier, durchsucht den Papierkorb nach zu früh Zerissenem und Weggeworfenem, puzzelt daran bis genau 17:58 Uhr und nimmt seinen Mantel. Eine extrem geduldige Sekretärin macht Überstunden, bringt die Schnipsel in eine vernünftige Ordnung, beseitigt üble Fehler, beschwichtigt zu heftigen Tonfall und konstruiert daraus einen professionellen, freundlichen Brief, den sie nachts auf ihrem Nachhauseweg in den Briefkasten steckt.
- Chef hinter seinem Schreibtisch, komplett aufgeschmissen, da seine Sekretärin einen Tag freigenommen hat. Den ganzen Tag keinen wichtigen Brief zustande gebracht. Umsatz, Gewinn und Aktienkurs fallen und sogar der Zigarrenverbrauch!



**Wer den Unterschied zwischen Sekretärin und Stenotypistin nicht kennt: der tolle Coronet-Lehrfilm von 1947 [3] zeigt das (ab etwa 09:20).**

in ihren originalen Schachteln. Das Luxus-Zubehör wie der Fußschalter, der Schreibmaschinenuntersatz und die Ohrhörer sehen auch nach 50 Jahren aus wie neu. Ungewöhnlicherweise fand sich ein Umschlag voller Unterlagen inklusive eines Reparaturberichts samt Rechnung, wonach vom Philips-Service-Zentrum 1966 (recht teuer) ein Gummi-Riemen ersetzt wurde. Dabei war auch ein Handbuch für das Modell EL3581R, das von Philips freundlich aber irrtümlich geschickt wurde, denn die damals Angestellten waren „nicht in der Lage, die genaue Version Ihres Geräts zu bestimmen.“ Ich sollte eigentlich um die Lieferung des richtigen Handbuchs bitten! Anhand der Unterlagen fand ich heraus, dass das Gerät auf den Medizinischen Schuldienst in Holland registriert war, damit wohl die Ausfertigung von Arztbriefen und Ähnlichem für die vielen damals untersuchten Schulkinder beschleunigt wurde. Vielleicht wurde ja auch der Bericht Ihrer Schuluntersuchung auf so ein Gerät diktiert (wenn Sie das passende Alter haben). Auf jeden Fall scheinen weder Ärzte noch Krankenschwestern viel mit diesem Apparat gemacht zu haben, abgesehen von der einmaligen Einsendung zwecks Reparatur. Als ich das Dictaphone zum ersten Mal einschaltete, hoffte ich insgeheim auf alte medizinische Aufzeichnungen auf den beigelegten Bändern. Die Antiquität war mit zwei Röhren bestückt, weswegen ich das gute Stück so sanft wie möglich in Betrieb nahm, indem ich

die Spannung mit meinem Regeltrafo langsam über einen Tag hochfuhr, damit sich die Elkos neu formieren konnten und die Auslauf- oder gar Explosionsgefahr minimiert wurde. Es zeigte sich, dass die Maschine gut funktionierte – bis auf den Antrieb zum Rückspulen. Ich konnte also Bänder abspielen, neue aufnehmen und schnell vorspulen. Rückspulen ging, indem ich die Kassette einfach umdrehte. Es scheinen sich zwei grüne Knöpfe an der Front zu befinden. Tatsächlich aber ist einer von beiden lediglich eine Fingerablage.

Aufgezeichnet wurde auf Bändern mit 3,5“-Spulen (8 cm), die in transparenten Kunststoff-Kassetten stecken. Die Kassetten lassen sich leicht öffnen, indem eine einzelne Metallklammer abgezogen wird. Man kann die Bänder also leicht auswechseln. Das Standard-Tonband mit 6,35 mm Breite wurde mit 4,75 cm/s bespielt. Anhand der Bandlänge schätze ich die maximale Spieldauer auf etwa 20 Minuten. Philips bewarb die Kassetten in ihren Schachteln selbstbewusst als effizientes Verfahren des Transports wichtiger Informationen per Post (inklusive Luftpost) zu entfernten Zielen. Mein erster Eindruck beim Einlegen eines Bandes war, dass die Röhre vom Typ EL95 (6DL5) wohl gerade heftig mit Selbsterregung beschäftigt war und vor sich hin oszillierte. Bei genauem Hinhören war aber so etwas wie eine sehr schräg gespielte Flöte zu erkennen. Gerade als meine Katze sich wieder ins Zimmer traute, hörte ich die Stimme





eines Vaters: „Das war Wendy auf ihrer Flöte. Nun macht der kleine Anton mit seinem Alt-Saxophon weiter.“ Für die nächsten fünf Minuten folgte dann eine nicht identifizierbare kindliche Musikdarbietung. In der Zeit um 1965 war keiner der Eltern meiner Klassenkameraden oder Freunde in der Lage, dem Nachwuchs Musikunterricht oder gar ein teures Instrument zu bezahlen. Folglich wird hier ein Herr Doktor das Arbeitsgerät mal mit nach Hause genommen haben, um die musikalischen Fähigkeiten seiner Kinder zu untersuchen...

Laut Handbuch sollte das Gerät von einer begabten Sekretärin leicht zu bedienen sein. Das mag stimmen, denn seinerzeit waren das Abtippen immer weiblich und das Draufsprechen eher männlich. Das starke Geschlecht dürfte allerdings wohl so seine Schwierigkeiten mit der Bedienung der Köpfe und dem gleichzeitigen Formulieren kohärenter Sätze gehabt haben.

Ich werde mein Dictaphone wohl wieder voll funktionsfähig machen und den gerissenen linken Riemen ersetzen. Die mechanische Konstruktion ist sehr robust und der Riemen sollte einfach auswechselbar sein, wenn ich erst die äußerst klebrigen Rückstände des alten Riemens von den Rollen runter bekommen habe.

Bezüglich Elektronik ist das EL3581 nicht besonders aufregend. Ein einfaches Tonbandgerät mit den beiden MiniWatt-Audio-Röhren ECC83 und EL95. Im Hochspannungsnetzteil steckt ein Selengleichrichter statt der erwarteten Röhre EZ80. Man sollte Selengleichrichter niemals grillen – sie stinken ganz speziell und die Dämpfe sind giftig.

Auf YouTube demonstriert der User „CasetteMaster“ ein Norelco (so hieß Philips in den USA) EL3581 aus seiner Sammlung an Diktiergeräten [2]. Wenn man den im Video sichtbaren Kram und seine Stimme berücksichtigt, vermutet man CasetteMaster älter als sein Demonstrationsobjekt – doch kurz darauf kommen er und seine Turnschuhe ins Bild und es wird klar, dass der Eindruck täuschte.

Liebe Retronik-Leser! Falls Sie auf einem der Bilder im EL3581-Handbuch ihre Mutter oder Großmutter erkennen: Rufen Sie mich an! Ob mit oder ohne Dictaphone – die Dame sieht nach einer wirklich effizienten Sekretärin aus.

(120083)

[1] [www.youtube.com/watch?v=wyMOH11-rjs](http://www.youtube.com/watch?v=wyMOH11-rjs)

[2] [www.youtube.com/watch?v=DpTaZF8EBcE](http://www.youtube.com/watch?v=DpTaZF8EBcE)

[3] [www.archive.org/details/Sekretar1947](http://www.archive.org/details/Sekretar1947)

Retronik ist eine monatliche Rubrik, die antiker Elektronik und legendärer ELEKTOR-Schaltungen ihre Referenz erweist.

Beiträge, Vorschläge und Anfragen schicken Sie bitte an: [editor@elektor.com](mailto:editor@elektor.com)

# Event-Kalender

Workshops • Seminare • Weiterbildungen

➔ Top-Fachleute aus der Branche referieren über ein faszinierendes Thema!



## CAN und AVR

München	20.03.2012
Hanau	26.04.2012
Zürich (CH)	30.05.2012
Villingen-Schwenningen	31.05.2012

[www.elektor.de/can-workshop](http://www.elektor.de/can-workshop)

## LabVIEW meets µC

München	21.03. + 22.03.2012
---------	---------------------

[www.elektor.de/lv-seminar](http://www.elektor.de/lv-seminar)

## Embedded Linux

Hanau	03.04. bis 05.04.2012
Zürich (CH)	20.11. bis 22.11.2012

[www.elektor.de/linux-seminar](http://www.elektor.de/linux-seminar)

## Digitale Signalverarbeitung mit Signalprozessoren **NEU!**

Villingen-Schwenningen	17.04. + 18.04.2012
------------------------	---------------------

[www.elektor.de/dsp-workshop](http://www.elektor.de/dsp-workshop)

## PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C **NEU!**

Hanau	08.05. bis 10.05.2012
Dortmund	25.09. bis 27.09.2012
München	16.10. bis 18.10.2012
Zürich (CH)	20.11. bis 22.11.2012

[www.elektor.de/pic-prog](http://www.elektor.de/pic-prog)

## Eagle PCB und Design

München	30.05. + 31.05.2012
Dortmund	12.09. + 13.09.2012
Hanau	07.11. + 08.11.2012

[www.elektor.de/eagle-seminar](http://www.elektor.de/eagle-seminar)



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

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

**e**lektor

# Elektor Print

Gewohnter Lesespaß auf Papier



# Elektor Digital

Neuer Lesespaß auf PC, Notebook  
oder Tablet



# Elektor PLUS

Ultimativer Lesespaß zu Hause oder unterwegs

**Lesen Sie Elektor im vorteilhaften  
PLUS-Abonnement!**

Jetzt abonnieren oder upgraden: [www.elektor.de/abo](http://www.elektor.de/abo)

# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Hier kommt wieder unsere monatliche Gehirngymnastik, mit dem Sie die grauen Zellen fit halten können. Denn so ein Hexadoku-Rätsel bietet einen richtigen Parcours aus Nachdenken, Reduzieren, Ableiten und Kombinieren. Machen Sie sich gleich ans Werk und füllen Sie überall die richtigen Zahlen ein. Denn hier warten vier Gutscheine auf die Gewinner!

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 wie jeden Monat einen Hauptpreis oder einen von drei Trostpreisen gewinnen!

### Mitmachen und gewinnen!

Unter allen internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir einen **ELEKTOR-Gutschein** im Wert von 100 € und drei **ELEKTOR-Gutscheine** im Wert von je 50 €.

### 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. April 2012!

### Die Gewinner des Hexadokus aus dem Februarheft stehen fest!

Die richtige Lösung ist: BEF8D.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: Hans Berglund aus Tromso (Norwegen).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Abdullah Saeed Bin Ali Jaber, Raúl Elguezabal Martínez und Brian Unitt.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

# FIRST STEP

**NEU!**

## Erste Schritte mit dem Mikrocontroller

Sie interessieren sich als Auszubildender, Schüler, Student – oder einfach nur so – für Mikrocontroller-Technik? Mit dem neuen „First Step“-Paket haben Sie den Schlüssel und alle nötigen Werkzeuge für diese faszinierende Welt in der Hand! Das fertig bestückte und getestete „First Step“-Board und drei exakt darauf abgestimmte Arbeitshefte (plus Software-CD) machen die ersten Experimente mit einem Mikrocontroller zum Kinderspiel.

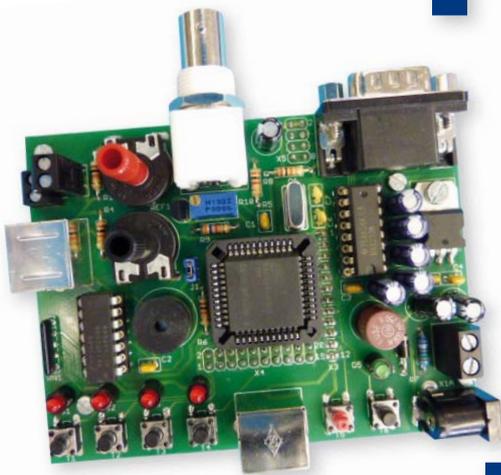
### Bestandteile des „First Step“-Pakets:



#### → 3 Arbeitshefte

(inkl. passendes DIN A4-Ringbuch)

- Beschreibung der Hardware
- Beschreibung der integrierten Entwicklungsumgebung IDE
- Einführung in die Programmiersprache „C“
- Zahlensysteme, Arithmetik, Variable
- Logische Operationen
- Digitale I/O-Ports
- A/D-Wandler, Timer/Counter



#### → 1 „First Step“-Mikrocontroller-Board

- 8051er-Mikrocontroller: AT89C51CC03
- 2,5-V-Referenzspannungsgeber für A/D-Wandler: LT1009
- TTL/RS-232-Pegelwandler MAX232
- Treiber für LEDs und Piezo-Summer: 74HC04
- 4 Taster (Eingabe von binären Signalen)
- 4 LEDs (Ausgabe von binären Signalen)
- Piezo-Summer (Ausgabe von akustischen Signalen)
- BNC-Buchse (Ein-/Ausgabe von externen binären Signalen)
- 2 Potentiometer (Eingabe von analogen Signalen)
- 2 Mini-DIN-Buchsen und eine Doppelstock-Schraubklemme
- Karten-Format: 98 x 75 mm
- Spannungsversorgung: 9 V DC, max. 100 mA, Verpolungsschutzdiode und Miniatorsicherung

#### → 1 CD-ROM mit Zusatzinfos

- Datenblätter
- Systemdokumentation
- Entwicklungsumgebung
- Beispielprogramme

Das gesamte „First Step“-Paket kostet nur 199,00 Euro.

Weitere Infos und Bestellung unter  
[www.elektor.de/first-step](http://www.elektor.de/first-step)

# Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik in einem Shop!



Theorie und Praxis mit WinFACT und Multisim

## Regelungstechnik

Die heutige Regelungstechnik hat Verknüpfungspunkte mit fast jedem technischen Gebiet. Ihre Anwendungen reichen von der Elektrotechnik über die Antriebstechnik und den Maschinenbau bis hin zur Verfahrenstechnik. Will man nun die Regelungstechnik anhand der fachlichen Regeln dieser einzelnen Gebiete erklären, so müsste man von einem Regelungstechniker verlangen, jedes Fachgebiet, in dem er Regelungen vornehmen will, fundiert zu beherrschen. Dies ist aber bei dem heutigen Stand der Technik nicht möglich.

Bei der Regelung einer Antriebsaufgabe, einer Druck- oder einer Temperaturregelung tauchen Gemeinsamkeiten auf, die man mit einer einheitlichen Vorgehensweise beschreiben kann. Die Grundgesetze der Regelungstechnik gelten in gleicher Weise für alle Regelkreise, ganz unabhängig davon, wie verschieden sie im Einzelnen auch apparativ aufgebaut sein mögen.

Dieses Buch richtet sich an den Praktiker, der gründlicher in die Regelungstechnik eindringen möchte, auf ausschweifende theoretische Exkursionen in die Mathematik aber gerne verzichten kann.

365 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-240-6 • € 49,00 • CHF 60,80

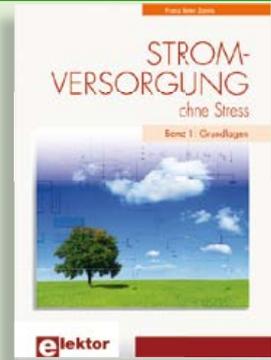


Von 0 und 1 zum FPGA

## Digitale Logik selbst entwickeln

Dieses Buch nimmt Sie mit auf eine Entdeckungsreise in die Welt der digitalen Elektronik. Nach dem Aufbau einer soliden Wissensbasis hierüber verlagert sich der Schwerpunkt zur programmierbaren Logik. Wie lassen sich mit vorhandenen Bausteinen logische Systeme aufbauen und wie koppelt man sie sicher und störungsfrei an die analoge Außenwelt? Das sind Fragen, die das Buch beantwortet.

603 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-254-3  
€ 49,00 • CHF 60,80

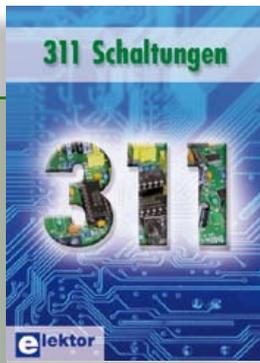


Band 1: Grundlagen

## Stromversorgung ohne Stress

Die Funktion aller elektronischen Schaltungen und Geräte steht und fällt mit der Stromversorgung. Schon deshalb muss man dieser Baugruppe besondere Aufmerksamkeit widmen. Dieses Buch beinhaltet Grundlagen und Schaltungen der Stromversorgungstechnik für elektronische Geräte aus der Praxis. Dem aktuellen Trend folgend hat der Autor der mobilen Stromversorgungstechnik und der Schaltteiltechnik besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

294 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-248-2  
€ 38,00 • CHF 47,20



Kreative Lösungen aus allen Bereichen der Elektronik

## 311 Schaltungen

Das mittlerweile zwölfte Buch aus Elektors erfolgreicher „Dreihunderter“-Schaltungsreihe bietet ein weiteres Mal neue Konzepte sowie einen (fast) unerschöpflichen Fundus zu allen Bereichen der Elektronik: Audio & Video, Spiel & Hobby, Haus & Hof, Prozessor & Controller, Messen & Testen, PC & Peripherie, Stromversorgung & Ladetechnik sowie zu Themen, die sich nicht katalogisieren lassen.

544 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-255-0  
€ 36,80 • CHF 45,70

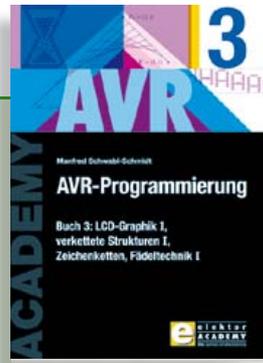


„Die Spannung steigt!“

## Stromversorgungen in der Praxis

Die Elektronik bestimmt unser tägliches Leben mehr denn je – Tendenz steigend. Dabei benötigen alle elektronischen Geräte und Systeme eine gut funktionierende Stromversorgung mit spezieller Anpassung an die Betriebsbedingungen. Dieses neue Buch beschreibt die entsprechenden Möglichkeiten vom Transformator bis zum passenden Kühlkörper. Behandelt werden die wichtigsten Merkmale, Einsatzmöglichkeiten und das Betriebsverhalten von vielen unterschiedlichen Stromversorgungsgeräten.

366 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-239-0  
€ 46,00 • CHF 57,10

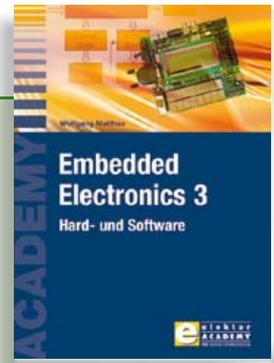


LCD-Graphik I, verkettete Strukturen I, Zeichenketten, Fädelttechnik I

## AVR-Programmierung 3

Dieser dritte Band der Buchreihe zur Assembler-Programmierung von AVR-Mikrocontrollern richtet sich nicht nur an Einsteiger. Auch die C-Programmierer von AVR-Prozessoren profitieren von der Erläuterung der Besonderheiten, die es bei der Assembler-Programmierung zu beachten gilt. Nach der Erläuterung der statischen Datenstrukturen in Buch 2 folgt in diesem Buch der Einstieg in die dynamischen Strukturen. Er beginnt nach einer allgemeinen Einführung mit der einfachsten Struktur, der verketteten Liste. Der letzte Teil führt in den Selbstbau von Fädelsprachen ein, die ein äußerst personalisiertes und projektorientiertes Programmieren erlauben.

319 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-231-4  
€ 46,00 • CHF 57,10



Der 3. Band der neuen Buchreihe

## Embedded Electronics 3

Die Bände Reihe wenden sich an jene, die sich – als Auszubildende, Studierende oder Berufseinsteiger – von A bis Z in die professionelle Schaltungs- und Systementwicklung einarbeiten wollen. Sie bieten, was Praktiker und Lernende brauchen: Eine Auffrischung und Vertiefung der Grundlagen, Anregungen zu eigenen Gedanken und Zugänge zu Einzelheiten, Querverbindungen und Spitzfindigkeiten.

412 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-185-0  
€ 49,00 • CHF 60,80



Visual Studio

## C# 2010 Programmierung und PC-Anbindung

Ziel dieses Buches ist, auf einfache Weise zu zeigen, wie mit der populären Hochsprache C# ein PC programmiert werden kann. Am Anfang beschreibt das Buch Datentypen und Programmsteuerungen, die dann um fortschrittliche Konzepte wie die objektorientierte Programmierung, Threads, die Internetkommunikation und Datenbanken erweitert werden. Alle verwendeten Code-Beispiele können kostenlos von der Elektor-Webseite heruntergeladen werden.

349 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-244-4  
44,00 • CHF 54,60

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

[www.elektor.de](http://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](mailto:bestellung@elektor.de)

**elektor**



**NEU!**

**Kompletter Elektor-Jahrgang 2011 auf DVD**

**Elektor-DVD 2011**

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2011. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2011 können Sie: Platinenlayouts in perfekter Qualität drucken; diese Layouts mit einem Zeichenprogramm verändern; die Schnellsuchfunktion benutzen, mit der Sie in den einzelnen Artikeln oder im ganzen Jahrgang nach Wörtern, Bauteilen oder Titeln suchen können; Schaltbilder, Platinenlayouts, Illustrationen, Fotos und Texte exportieren.

ISBN 978-90-5381-276-1 • € 27,50 • CHF 34,10



**Der Logikbaukasten für Jederman Workshop-DVD „FPGA“**

In diesem Workshop werden Sie in die Lage versetzt, auf die neuen Möglichkeiten einzugehen. Sie lernen den Aufbau und die Funktionsweise von FPGAs (*Field Programmable Gate Arrays*) kennen und sind danach in der Lage, den für Sie geeigneten Hersteller und Baustejntyp auszuwählen. Sie werden mit einem Schaltplan-Eingabewerkzeug arbeiten und erfahren, welchen „Logikbaukasten“ der FPGA-Hersteller für Sie in seinen Bibliotheken bereithält.

ISBN 978-3-89576-259-8 • € 29,80 • CHF 37,00



**NEU!**

**AndroPod**

(Elektor Februar 2012)

Android-Smartphones und -Tablets sind aufgrund ihrer Ausstattung (hochauflösender Touchscreen, Rechenleistung satt, WLAN und Telefoniefunktionen) geradezu prädestiniert, als Schaltzentrale in eigenen Projekten eingesetzt zu werden. Bisher war es allerdings nicht ganz einfach, die Geräte an externe Elektronik anzuschließen. Mit der Interface-Platine „AndroPod“, die einen Seriell-TTL- und einen RS485-Ausgang mitbringt, ist dies nun möglich.

*Bestückte und getestete Platine mit RS485-Erweiterung*

Art.-Nr. 110405-91 • € 59,95 • CHF 74,40



**Verbesserter Strahlungsmesser**

(Elektor November 2011)

Für die Messung radioaktiver Strahlung braucht man nicht viel mehr als eine PIN-Fotodiode und den passenden Sensorverstärker. Bei diesem Projekt handelt es sich um einen optimierten Vorverstärker mit einem Mikrocontroller-Zähler. Der Controller übernimmt auch gleich die Zeitmessung und zeigt die Impulsrate in „counts per minute“ an. Das Gerät kann mit unterschiedlichen Sensoren für Gamma- und Alphastrahlung verwendet werden. Es eignet sich gut für Langzeitmessungen und für Untersuchungen an schwach strahlenden Proben.

*Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine, Display und progr. Controller*

Art.-Nr. 110538-71 • € 39,95 • CHF 49,60



**USB-FT232R Breakout-Board**

(Elektor September 2011)

Dieser USB-nach-TTL-Wandler ist nicht viel größer als der angelegene Stecker eines USB-Kabels. Seine nützlichen Dienste kann die Mini-Platine unter Windows, Linux und anderen Betriebssystemen entfalten. Mit dem praktischen Konverterboard lassen sich eigene Schaltungen einfach um einen USB-Anschluss erweitern und leicht USB/RS232- oder RS485-Wandler realisieren. Die Platine ist überall dort praktisch, wo TTL erwünscht, aber nur USB vorhanden ist.

*Bestückte und getestete Platine*

Art.-Nr. 110553-91 • € 15,00 • CHF 18,60



**USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher**

(Elektor September 2011)

Dieser autonome Datenlogger zeichnet die von I<sup>2</sup>C-Sensoren gelieferten Daten für Luftdruck, Temperatur und Feuchte auf und zeigt sie auf einem LC-Display an. Die Ergebnisse lassen sich über USB auslesen und mit GNUplot auf einem PC grafisch darstellen. Dank der digitalen Sensormodule ist der Hardwareaufwand gering und ein Abgleich nicht erforderlich. Die Betriebsdauer mit drei Mignonzellen beträgt sechs bis acht Wochen.

*Kit bestehend aus Platine, prog. Controller, Feuchte- und Luftdrucksensor*

Art.-Nr. 100888-73 • € 34,95 • CHF 43,40

**April 2012 (Nr. 496)** €

+++ Das Lieferprogramm zu dieser Ausgabe finden Sie auf [www.elektor.de](http://www.elektor.de) +++

**März 2012 (Nr. 495)**

**SDR mit AVR (1)**

- 100180-71 ..... Bausatz (Signalgenerator)  
mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... 29,95
- 100181-71 ..... Bausatz (Universalreceiver)  
mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... 74,95
- 100182-71 ..... Bausatz (aktive Antenne)  
mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... 29,95
- 100182-72 ..... 3 Bausätze im Paket  
(Signalgenerator + Universalreceiver + aktive Antenne) 119,95
- 080083-71 ..... Bausatz (USB-AVR-Programmer)  
mit allen Bauteilen inkl. SMD-bestückter Platine ..... 32,00
- 110553-91 ..... USB/TTL-Konverter BOB (bestückt und getestet) ..... 15,00

**Sensible PC-Lüfter-Regelung**

- 100160-41 ..... Progr. Controller ATmega168PA-PU ..... 12,50

**Februar 2012 (Nr. 494)**

**AndroPod (1)**

- 110405-91 ..... Bestückte und getestete Platine  
mit RS485-Erweiterung ..... 59,95
- 110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95
- 110553-91 ..... USB/TTL-Konverter BOB (bestückt und getestet) ..... 15,00
- 120103-92 ..... USB-Kabel Micro-B auf USB-A (1,8 m) ..... 3,95
- 120103-94 ..... Netzadapter mit Micro-B-USB-Stecker 5V / 1A (5W) ..... 8,95

**Pico C-Plus und Pico C-Super**

- 110687-41 ..... Progr. Controller ATtiny2313-20PU (Pico C-Plus) ..... 4,95
- 110687-42 ..... Progr. Controller ATtiny2313-20PU (Pico C-Super) ..... 4,95

**Zurück zu den Wurzeln (2)**

- ELEX-1 ..... Experimentier-Platine Elex-1 Größe 1 ..... 5,50
- ELEX-2 ..... Experimentier-Platine Elex-2 Größe 2 ..... 9,95

**Januar 2012 (Nr. 493)**

**Interface für Breitband-Lambdasonde**

- 110363-41 ..... Progr. Controller ATmega8-16AU ..... 9,95

**Netzlupe**

- 110461-41 ..... Progr. Controller AT89C2051-24PU, 50 Hz (Europa) ..... 9,95

**Hier kommt der Bus (11)**

- 110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95
- 110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95
- 110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**Audio-DSP-Kurs**

- 110002-71 ..... Teilbestückte Platine mit allen SMD-Bauteilen  
inkl. Steckverbindern und LED-Balkenanzeige ..... 49,95

**Dezember 2011 (Nr. 492)**

**USB-Stick am Mikrocontroller**

- 110409-1 ..... Platine ..... 10,95
- 110409-41 ..... Progr. PIC24FJ64GB002-I/sp dil-28s ..... 14,95

**Hier kommt der Bus (10)**

- 110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95
- 110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95
- 110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**November 2011 (Nr. 491)**

**Verbesserter Strahlungsmesser**

- 110538-41 ..... Progr. Controller ATmega88PA-PU ..... 10,50
- 110538-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine, Display  
und progr. Controller ..... 39,95

**Hier kommt der Bus (9)**

- 110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95
- 110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95
- 110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**Fledermaus-Sonar**

- 110550-1 ..... Platine ..... 9,95

**OnCE/JTAG-Interface**

- 110534-91 ..... Programmer-Platine (bestückt und getestet) ..... 39,95

# Bestseller

<b>Bücher</b>	1 <b>Regelungstechnik</b> ISBN 978-3-89576-240-6 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80
	2 <b>Digitale Logik selbst entwickeln</b> ISBN 978-3-89576-254-3 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80
	3 <b>311 Schaltungen</b> ISBN 978-3-89576-255-0 ..... € 36,80 ..... CHF 45,70
	4 <b>Embedded Electronics 3</b> ISBN 978-3-89576-185-0 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80
	5 <b>AVR-Programmierung 3</b> ISBN 978-3-89576-231-4 ..... € 46,00 ..... CHF 57,10
<b>CD- &amp; DVD-ROMs</b>	1 <b>Elektor-DVD 2011</b> ISBN 978-90-5381-276-1 ..... € 27,50 ..... CHF 34,10
	2 <b>Workshop-DVD 'FPGA'</b> ISBN 978-3-89576-259-8 ..... € 29,80 ..... CHF 37,00
	3 <b>ECD 6</b> ISBN 978-90-5381-258-7 ..... € 29,50 ..... CHF 36,60
	4 <b>Elektor-DVD 2010</b> ISBN 978-90-5381-267-9 ..... € 27,50 ..... CHF 34,10
	5 <b>The Audio Collection 3</b> ISBN 978-90-5381-263-1 ..... € 21,50 ..... CHF 26,70
<b>Bausätze &amp; Module</b>	1 <b>USB-FT232R Breakout-Board</b> Art.-Nr. 110553-91 ..... € 15,00 ..... CHF 18,60
	2 <b>Verbesserter Strahlungsmesser</b> Art.-Nr. 110538-71 ..... € 39,95 ..... CHF 49,60
	3 <b>USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher</b> Art.-Nr. 100888-73 ..... € 34,95 ..... CHF 43,40
	4 <b>USB/RS485-Konverter</b> Art.-Nr. 110258-91 ..... € 24,95 ..... CHF 31,00
	5 <b>Pico C</b> Art.-Nr. 100823-71 ..... € 82,50 ..... CHF 102,30

Bestellen Sie jetzt einfach und bequem  
online unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop)  
oder mit der portofreien Bestellkarte  
am Heftende!

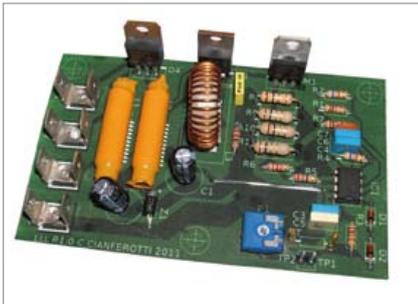


Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstr. 25, 52072 Aachen  
Tel. +49 (0)241 88 909-0  
Fax +49 (0)241 88 909-77  
E-Mail: [bestellung@elektor.de](mailto:bestellung@elektor.de)



### Schrittmotor-Treiber

Im Elektor-Labor wurde eine kompakte Platine entwickelt, mit der sich ein Schrittmotor über den Parallelport eines PCs ansteuern lässt. In der Schaltung steckt das IC A3979 der Firma Allegro. Dieses Spezial-IC ist für die Ansteuerung bipolarer Schrittmotoren in den Schritt-Modi voll, halb, Viertel und 1/16 prädestiniert. Die Platine ist außerdem mit Optokopplern bestückt, die eine galvanische Trennung von PC und Steuerelektronik sicherstellen. Mit einer Versorgungsspannung von 35 V und einem Maximalstrom von 1,5 A kann man damit kleine Nema17-Motoren auf einfache Weise ansteuern.



### Verlustlose LED-Zusatzlast

Es werden immer mehr LED-Lampen als Ersatz für die kurzlebigen Glühbirnen im Auto verwendet. Um zu verhindern, dass dann der Fehlerdetektor des Bordcomputers zuschlägt, wird häufig einfach ein Widerstand parallel zur LED-Lampe geschaltet, durch den dann ein ausreichend hoher Strom fließt. Das ist natürlich sinnlos verschwendete Energie! Unsere Schaltung simuliert eine Last auf ganz spezielle Weise - mit einem cleveren Trick. (Bild: Prototyp des Autors; an der Elektor-Version wird im Moment noch gearbeitet.)



### Embedded Linux leicht gemacht

Linux läuft heutzutage auf vielen verschiedenen Geräten, von der Kaffeemaschine bis hin zur Industriesteuerung. Es gibt viele Interessierte, die den Einstieg in Linux als Basis für eigene Embedded-Entwicklungen gerne wagen würden, jedoch auf Grund der scheinbar hohen Komplexität davor zurückschrecken. Auch die hohen Kosten für viele Evaluation-Boards mögen eine Hürde sein. Im nächsten Heft beginnt eine „Embedded-Linux“-Serie, die beide Hindernisse aus dem Weg räumt. Basis des Kurses ist ein kleines und kostengünstiges Board, das mit 2 x USB, SD-Karteninterface, Relais und vielerlei Anschlüssen dennoch alles mitbringt, was man für eine moderne Mikrocontroller-Applikation benötigt.

Elektor Mai 2012 erscheint am 18. April 2012.

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Sie können Elektor auch direkt bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de) bestellen.

Änderungen vorbehalten!

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

## Elektor im Netz

Alle Magazin-Artikel ab 1996 können einzeln im PDF-Format heruntergeladen werden (gegen Elektor-Credits). Zu jedem Artikel findet man eine kurze Zusammenfassung, technische Daten und eine Stückliste (sofern vorhanden), was bei der Projektauswahl hilft. Dazu kommen eventuelle Updates/Berichtigungen und die Downloads zum Artikel (z.B. Software und Zusatzinfos). Auch die zum Projekt gehörenden Produkte wie Platinen, programmierte Controller und mehr lassen sich hier bestellen.

Im Elektor-Shop findet man alle anderen Angebote von Elektor, wie CD-ROMs, DVDs, Kits, Module, Software und Bücher. Mit der Suchfunktion können Sie die ganze Site nach Stichwörtern durchforsten.

### Ebenfalls unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de):

- News aus der Elektronikwelt
- Leserforum
- Download des E-Magazins
- Spezialangebote (zeitlich begrenzt)
- FAQs, Inhaltsverzeichnisse und Kontaktformular



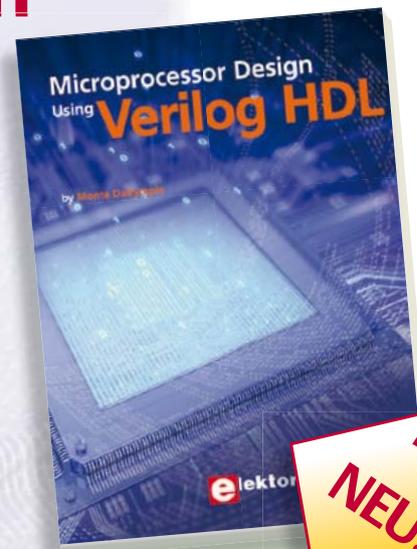
# Microprocessor Design using Verilog HDL

➔ Neues Fachbuch in englischer Originalsprache

Mit den richtigen Tools sollte die Entwicklung eines Mikroprozessors heute nicht mehr allzu kompliziert sein. HDL – die *Verilog Hardware Description Language* – ist ein solches Tool. Man kann damit eine elektronische Schaltung beschreiben, simulieren und synthetisieren. Dies wiederum steigert die Produktivität, da so der notwendige Aufwand bei einem Projekt geringer ausfällt.

Dieses neue englischsprachige Fachbuch ist eine konkrete und praxisorientierte Anleitung zur Entwicklung von Prozessoren. Es präsentiert Verilog HDL auf leicht verdauliche Art und Weise. Außerdem führt es gründlich durch die Reduktion einer Computer-Architektur samt Befehlsatz bis hin zur Praxistauglichkeit.

Man wird vom Anfang bis zum Ende eines Mikroprozessor-Entwicklungsprozesses geleitet, wobei alle essenziellen Schritte vom Schreiben in Verilog bis hin zum Debuggen und Testen dargelegt werden.



NEU!

337 Seiten (kart.)  
Format 17 x 23,5 cm  
ISBN 978-0-9630133-5-4  
€ 34,50 • CHF 42,80

Weitere Infos & Bestellung unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop)

# Controller Area Network Projects

➔ Neues Fachbuch in englischer Originalsprache

Das unter „CAN“ bekannte „Controller Area Network“ wurde ursprünglich als Bus-System für PKWs entwickelt. Heute gibt es CAN-Controller von über zwanzig Herstellern, und CAN wird zunehmend auch in anderen Gebieten wie der Medizintechnik, der Luftfahrt und bei industriellen Steuerungen eingesetzt.

Dieses Buch behandelt Mikrocontroller-basierte CAN-Bus-Knoten, den Aufbau eines CAN-Bus-Systems, die Entwicklung von Software in Hochsprachen und den Datenaustausch in Echtzeit über den CAN-Bus. Auch auf den Bau von Mikrocontroller-Hardware und den Anschluss von LEDs, LCDs, und A/D-Wandlern wird eingegangen. Die dem Buch beiliegende CD-ROM enthält eine spezielle Version des mikroC-Compilers enthält, der die wichtigen Mikrocontroller-Klassen PIC, dsPIC, PIC24, PIC32 und AVR unterstützt.

Das Buch wurde für Studenten und praktisch tätige Ingenieure sowie ganz allgemein für alle interessierten Elektroniker konzipiert, die mehr über den CAN-Bus und seine Anwendungen wissen wollen.



NEU!

259 Seiten (kart.), inkl. CD  
Format 17 x 23,5 cm  
ISBN 978-1-907920-04-2  
€ 34,50 • CHF 42,80

Weitere Infos & Bestellung unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop)

## Leistungsstarke Schaltregler

### TSR-1 Serie, 1A

Ersetzen Sie ineffektive 78xx Linearregler durch 1 Step-down Schaltregler der TSR-1 Serie!

- Weiter Eingangsbereich
- Dauerkurzschlussfest
- Pinkompatibel mit LM78xx Linearregler
- Arbeitstemperaturbereich: -40°C bis +85°C



TSR 1-2433

**9,16**

Bestellnummer:		Eingangsspannung	Ausgangsspannung	Ausgangsstrom	Wirkungsgrad typ. bei Uein
TSR 1-2433	<b>9,16</b>	4,75-36 VDC	3,3 VDC	1000 mA	min: 91%   max: 78%
TSR 1-2450	<b>9,16</b>	6,5-36 VDC	5,0 VDC	1000 mA	min: 94%   max: 84%
TSR 1-2465	<b>9,16</b>	9,0-36 VDC	6,5 VDC	1000 mA	min: 93%   max: 87%
TSR 1-2490	<b>9,16</b>	12-36 VDC	9,0 VDC	1000 mA	min: 95%   max: 90%
TSR 1-24120	<b>9,16</b>	15-36 VDC	12 VDC	1000 mA	min: 95%   max: 92%
TSR 1-24150	<b>9,16</b>	18-36 VDC	15 VDC	1000 mA	min: 96%   max: 94%

## DC/DC-Konverter, TMR-2 Serie, 2W

- Miniatur SIL-Gehäuse
- Dauerkurzschlussfest
- Arbeitstemperaturbereich: -40°C bis +85°C



		Eingangsspannung	Ausgangsspannung	Ausgangsstrom	Wirkungsgrad typ.
TMR 0510	<b>13,92</b>	4,5-9 VDC	3,3 VDC	500 mA	64%
TMR 0511	<b>13,92</b>	4,5-9 VDC	5 VDC	400 mA	66%
TMR 0521	<b>14,99</b>	4,5-9 VDC	±5 VDC	±200 mA	64%
TMR 1211	<b>13,92</b>	9-18 VDC	5 VDC	400 mA	73%
TMR 1212	<b>13,92</b>	9-18 VDC	12 VDC	165 mA	80%
TMR 1222	<b>14,99</b>	9-18 VDC	±12 VDC	±85 mA	78%
TMR 1223	<b>14,99</b>	9-18 VDC	±15 VDC	±65 mA	78%
TMR 2412	<b>13,92</b>	18-36 VDC	12 VDC	165 mA	81%
TMR 2421	<b>14,99</b>	18-36 VDC	±5 VDC	±200 mA	74%

Markenqualität • Top-Service • günstige Preise  
 www.reichelt.de

3 Jahre  
 Gewährleistung

**TRACO POWER**

## DC/DC-Konverter, TEN-8 Serie, 8W

- Industriestandard-Pinning
- Eingangsfiler nach EN 55022
- Dauerkurzschlussfest
- Abgeschirmtes Metallgehäuse mit isolierter Bodenplatte
- Arbeitstemperaturbereich: -40°C bis +85°C
- Sicherheitsstandards/-Zulassungen: UI/cUL 60950-1, IEC/EN 60950-1



		Eingangsspannung	Ausgangsspannung	Ausgangsstrom	Wirkungsgrad typ.
TEN 8-1211	<b>26,66</b>	9-18 VDC	5 VDC	1500 mA	83%
TEN 8-1212	<b>26,66</b>	9-18 VDC	12 VDC	665 mA	88%
TEN 8-1213	<b>26,66</b>	9-18 VDC	15 VDC	535 mA	87%
TEN 8-1221	<b>27,97</b>	9-18 VDC	±5 VDC	±800 mA	83%
TEN 8-1223	<b>27,97</b>	9-18 VDC	±15 VDC	±265 mA	85%
TEN 8-2411	<b>26,66</b>	18-36 VDC	5 VDC	1500 mA	83%
TEN 8-2421	<b>27,97</b>	18-36 VDC	±5 VDC	±800 mA	82%

## Schaltnetzteil, Modul, TMPM-Serie

- Universal-Netzzeigang 85-264 VAC, 47-440 Hz
- Schutzklasse II
- Kurzschluss- und Überlastschutz
- Sicherheitsstandards/-Zulassungen: cUL/UL 60950-1, IEC/EN 60950-1, CB-Report
- Arbeitstemperaturbereich: -25°C bis +60°C,



Abmessungen:	Ausgangsleistung	Ausgang	Wirkungsgrad
36,5 x 27,0 x 17,1 mm			
TMPM 10105	<b>33,08</b>	10 W 5 VDC / 2000 mA	72%
TMPM 10112	<b>33,08</b>	10 W 12 VDC / 833 mA	76%
TMPM 10124	<b>33,08</b>	10 W 24 VDC / 417 mA	72%
Abmessungen:	Ausgangsleistung	Ausgang	Wirkungsgrad
52,4 x 27,2 x 23,5 mm			
TMPM 04105	<b>16,42</b>	4 W 5 VDC / 800 mA	72%
TMPM 04112	<b>16,42</b>	4 W 12 VDC / 333 mA	76%
TMPM 04124	<b>16,42</b>	4 W 24 VDC / 167 mA	77%

Surfen Sie gleich los und entdecken Sie das gesamte TRACO Sortiment!

Einfach Kurzlink eingeben oder QR-Code per Smartphone scannen:

<http://rch.lt/2u>



## TIW Serie, 4 bis 12W

- Zur einfachen Installation in Unterputzdosen
- Schutz- und wassergeschützt nach IP 67
- Universal-Netzzeigang 93-264 VAC, 47-63 Hz
- Sicherheitszulassungen nach IEC/EN 60950-1, EN 60335-1 & EN 50178
- Kurzschluss- und Überlastschutz



		Ausgangsleistung	Ausgangsspannung	Ausgangsstrom, max.
TIW 06-103	<b>27,85</b>	4 W	3,3 VDC	1200 mA
TIW 06-105	<b>27,85</b>	5 W	5 VDC	1000 mA
TIW 06-106	<b>27,85</b>	6 W	6 VDC	1000 mA
TIW 12-112	<b>30,94</b>	12 W	12 VDC	1000 mA
TIW 12-115	<b>30,94</b>	12 W	15 VDC	800 mA
TIW 12-124	<b>30,94</b>	12 W	24 VDC	500 mA

## DC/DC-Konverter, TEN-20WIN Serie, 20W

- 51 x 25 x 10 mm Metallgehäuse mit isolierter Bodenplatte
- Ultraweiter 4:1 Eingangsbereich
- Hoher Wirkungsgrad
- Dauerkurzschlussfest
- Extern Ein/Aus



		Eingangsspannung	Ausgangsspannung	Ausgangsstrom	W.G.-typ.
TEN 20-2411WIN	<b>50,69</b>	9-36 VDC	5 VDC	4,000 mA	88%
TEN 20-2412WIN	<b>50,69</b>	9-36 VDC	12 VDC	1,670 mA	86%
TEN 20-2423WIN	<b>55,57</b>	9-36 VDC	±15 VDC	±665 mA	87%
TEN 20-4811WIN	<b>50,69</b>	18-75 VDC	5 VDC	4,000 mA	88%
TEN 20-2410WIN	<b>50,69</b>	9-36 VDC	3,3 VDC	5,500 mA	85%
TEN 20-4812WIN	<b>50,69</b>	18-75 VDC	12 VDC	1,670 mA	87%

## Industrie-Netzteil, DIN-Schiene, TSPC-Serie Ausgangsspannung 24 (24-28) VDC

Schock- und vibrationsgeschützt - Industrielles Sicherheitszulassungspaket - Robustes und ultrakompaktes Metallgehäuse für raue Industrieumgebungen.

- Power Boost bis 120%
- Industrielles Sicherheitszulassungspaket
- DC-OK Signal
- Überlast- und Übertemperaturschutz

TSPC 080-124  
**65,45**



Bestellnummer:		Ausgangsleistung	Ausgangsstrom	Abmessungen
TSPC 080-124	<b>65,45</b>	80 W	3,3 A	40 x 110 x 110mm
TSPC 120-124	<b>94,01</b>	120 W	5,0 A	46 x 110 x 110mm
TSPC 240-124	<b>119,71</b>	240 W	10,0 A	60 x 110 x 110mm
TSPC 480-124	<b>184,21</b>	480 W	20,0 A	150 x 110 x 115mm

Katalog kostenlos!  
 Tagesaktuelle Preise:  
 www.reichelt.de

