

40 Jahre Elektor

G3078 E Mai 2010

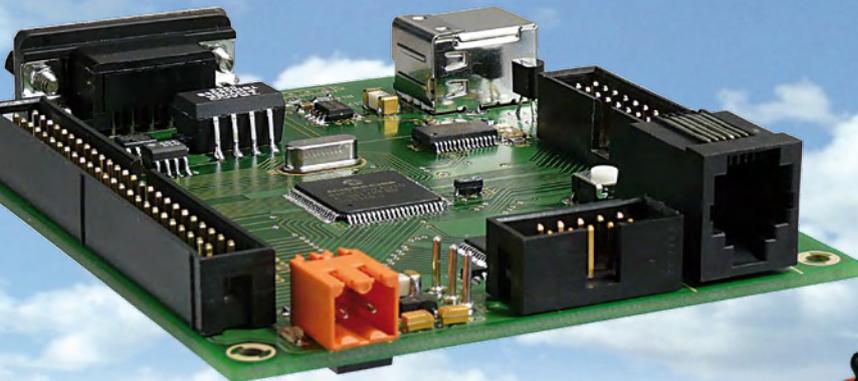
(D) €7,20 • CHF13,90 • (A, B, L) €7,95

www.elektor.de

# Elektor

## dsPIC-Board

Rechenknecht für Steuerungen



+ Solar-Regler

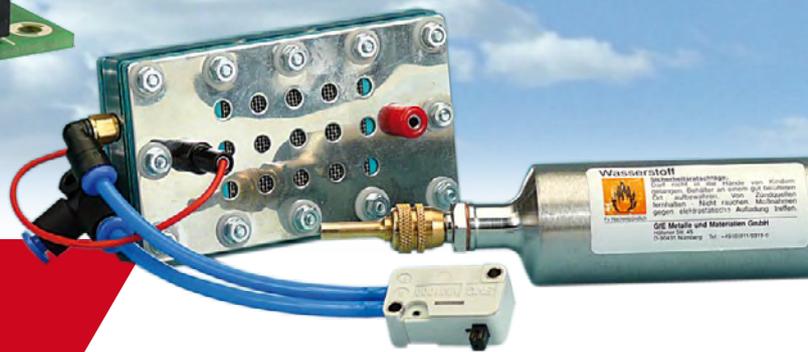
+ CO<sub>2</sub>-Messer

+ LiPo-Balancer

+ Linux & ATmega

## Saubere Energie

Brennstoffzellen in der Praxis



## Bohren ohne Sorgen

Großer Praxistest Leitungssucher



SPEED.  
FLEXIBILITY.  
PERFORMANCE.

## Vinculum VNC2

Programmierbarer dualer  
USB 2.0 Host-/ Slave-Controller  
(System-on-Chip Architektur)

- Unterstützt USB Host Schnittstellen und USB-Datenübertragungsfunktionen durch den erweiterten 16 Bit-Mikrocontroller, mit integriertem 256 KByte Flash-Speicher und 16 KByte RAM.
- Die flexible, lizenzfreie 'C-basierende' Entwicklungsumgebung, mit Compiler, Treiber, Bibliotheken und einem RTO Systemkern, bietet dem Entwickler die Möglichkeit, die eigene Firmware individuell anzupassen.
- Bibliotheken für die Unterstützung von verschiedene USB FAT File-Systemen.
- Schnittstellen für UART, FIFO, SPI Slave, SPI Master und PWM.
- Verschiedene Gehäuse varianten, einschließlich einer quasi kompatiblen VNC1L-Lösungsoption (Vinculum I), für kosteneffektive Lösungen in verschiedenen Applikationsbereichen.
- Mit Hilfe der verschiedenen, angebotenen Entwicklungsmodulen, kann die Entwicklungs- und somit die Produkteinführungszeit verkürzt werden.



USB MADE EASY

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



# WE MAKE IT SIMPLE

MIKROELEKTRONIKA ist ein bekannter Hersteller einer breiten Palette von Entwicklungstools und Compilern für diverse Mikrocontrollerfamilien. Auch Elektronikbücher bieten wir an. Zuverlässige und kosteneffiziente Produkte sowie ein erstklassiger Service das ist unser Ziel.

## SO EINFACH KANN ES SEIN, EIN EIGENES GERÄT ZU ENTWICKELN

### DEVELOPMENT-TOOLS VON MIKROELEKTRONIKA

Von Mikroelektronika kommen Entwicklungssysteme, die sich für die verschiedensten Mikrocontrollerfamilien wie PIC®, dsPIC®30F, dsPIC®33/PIC®24, PIC32®, AVR®, PSoC®, 8051 und ARM® eignen. Auf den Boards finden sich bereits eine Fülle von Funktionen wo das nicht reicht, stehen Erweiterungsmodule zur Verfügung.



## ENTWERFEN SIE GENIALEN CODE MIT COMPILERN VON MIKROELEKTRONIKA



Mikroelektronika entwickelt Compiler und Entwicklungsumgebungen für viele beliebte Mikrocontrollerfamilien. Wir bieten C, BASIC und Pascal Compiler für PIC®, dsPIC®30/33-PIC®24, AVR® und 8051 Mikrocontroller an.

- **KOSTENLOSE TECHNISCHER SUPPORT**
- **KOSTENLOSE UPDATES AUF NEUE COMPILER-VERSIONEN**
- **UNTERSTÜTZUNG FÜR EINE FÜLLE VON CONTROLLERN**
- **VIELE EINFACH ANZUWENDENDE BEISPIELE**

## LERNEN SIE MEHR ÜBER MIKROCONTROLLER MIT BÜCHERN VON MIKROELEKTRONIKA



Was ist überhaupt ein Mikrocontroller? Ein einzelner Chip, der ein kleines U-Boot, einen Kran oder einen Aufzug steuert? Das liegt ganz an Ihnen! Laden Sie Ihr Programm in den Chip und los geht's!

## ERWEITERN SIE DIE FÄHIGKEITEN DES CONTROLLERS MIT UNSEREN MODULEN

ADC, DAC, CAN, Ethernet, IrDA, MP3, RS485 und vieles mehr mit unseren Erweiterungsboards wird Ihr Controller noch vielseitiger. Ob Student, Ingenieur oder Hobbyist hier lässt sich für jeden Bedarf etwas finden!

## 40 Jahre Elektor

Vier Jahrzehnte nach dem Erscheinen der ersten Elektor-Ausgabe im Mai 1970 ist dies das vierhundertdreiundsiebzigste Heft, und demnächst erscheint das einundvierzigste Halbleiterheft. Alleine in den Halbleiterheften hat Elektor schon an die 4000 Schaltungen veröffentlicht. Insgesamt waren es bis heute etwa 10.000 Schaltungen und Projekte.

Dies ist nur eines der Phänomene dieser seit 40 Jahren einzigartigen Zeitschrift. Sie entstand in einer Zeit des großen Umbruchs und des Wandels – in der Gesellschaft und in der Elektronik. Die Silizium-Halbleitertechnik auf Basis des Planarprozesses hatte sich gerade durchgesetzt und sorgte in kurzer Zeit für die Innovationen, die bis heute die Entwicklung bestimmen: Integrierte Schaltkreise, digitale Logikbausteine und vor allem Mikroprozessoren. Das alles war 1970 schon vorhanden oder gerade dabei, zu entstehen – gerade mal 20 Jahre nach der Erfindung des Transistors und noch keine 12 Jahre nach der Realisierung des ersten integrierten Schaltkreises bei Texas Instruments.

Die Smartphones von heute sind genauso Ergebnis der kontinuierlichen Weiterentwicklung dieser Technologien, wie es die ersten Taschenrechner im Jahr 1970 waren, die uns als rechenschiebergeplagte Ingenieurstudenten damals fast noch mehr faszinierten wie die erste Mondlandung.

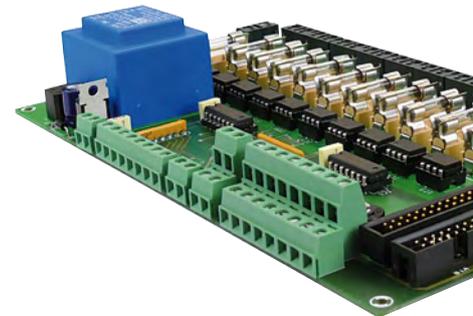
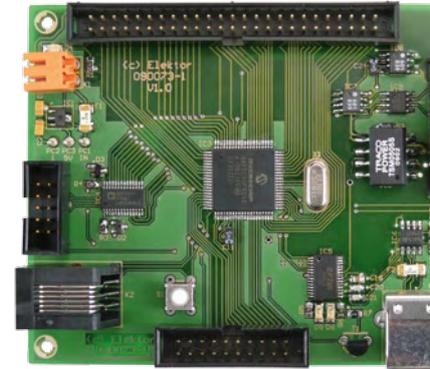
Auch Elektor ist heute das Ergebnis einer 40-jährigen kontinuierlichen Entwicklung. Wir sind uns treu geblieben und haben Elektor nicht neu erfunden (auch wenn so mancher Verlagsleiter das wollte). Was den Erfolg von Elektor bis heute ausmacht, war 1970 in Grundzügen schon angelegt:

Die Entwicklung von Schaltungen als Inhaltsschwerpunkt, der pragmatische und manchmal unkonventionelle Praxisbezug sowie der Ehrgeiz, neue Entwicklungen so bald wie möglich in praktische Projekte umzusetzen. Und nicht zuletzt die internationale Verbreitung, deren erster Schritt im Mai 1970 der Start von Elektor in Deutschland war.

Ernst Krempelsauer

# elektor

- 6 Impressum**  
Who is who bei Elektor
- 8 News-Special**  
Mini-Stromerzeuger
- 10 News**  
Neuheiten, Nachrichten und Termine
- 13 40 Jahre Elektor**  
Wir geben einen chronologischen Überblick, lassen Leser zu Wort kommen, die „alten Hasen“ ihre Geschichten erzählen und vergleichen den 20-W-Verstärker aus dem ersten Heft von 1970 mit dem 20-W-Verstärker aus dem Märzheft 2010.
- 24 Energie aus Internet, Sand, Wasser und Chips**  
Nachhaltige Energie & Elektor
- 26 dsPIC-Controller-Board**  
Rechenknecht für industrielle Umgebungen.
- 32 Regelung für Solar-Warmwasseranlagen**  
Vielseitiges System für Anlagen mit mehreren Kollektoren.
- 38 Auto-Balancer**  
Automatisches Balancing von Mehrzellen-LiPo-Akkus  
Lithium-Akkus sind leicht und bieten viel Leistung, sie sind aber auch empfindlich und können thermisch überreagieren. Dieses Projekt zeigt, wie man sie beim Laden unter Kontrolle hält.
- 43 Labcenter**  
Making of „...dsPIC-Board“ (2)  
Embedded World 2010  
Fluke und die LED-Lampe
- 48 Bohren ohne Risiko**  
Praxistest Leitungssucher



# INHALT

**41. Jahrgang**  
**Mai 2010**  
**Nr. 473**



## 26 dsPIC-Controller-Board

### Ideal für Steuerungen

Mit diesem speziellen Mikrocontroller-Board kann der Anwender Erfahrungen in typischen industriellen Einsatzbereichen sammeln. Zu dieser Kategorie zählen Motorsteuerungen ebenso wie die Regelungen statischer Buck- oder Boost-Umformer. Es verwendet einen dsPIC30 und bietet 8 PWM-Ausgänge, einen galvanisch getrennter CAN-Bus, eine RS232 /USB-Schnittstelle, I<sup>2</sup>C und 14 analoge Eingänge.



## 32 Regelung für Solar-Warmwasseranlagen

### Energiegewinnung auf hohem Niveau

Wir stellen ein Regelungssystem für Solar-Warmwasseranlagen vor, das für den Betrieb mehrerer, auch räumlich verteilter Solarkollektoren konzipiert wurde. Ferner kann das Warmwasser in zwei oder mehr Vorratsbehältern erwärmt und bereit gehalten werden, was das Steuern diverser Ventile und Pumpen notwendig macht.



## 48 Bohren ohne Sorgen

### Praxistest Leitungssucher

Beim Bohren von Löchern in eine Wand passiert es nicht selten, dass man auf eine elektrische Leitung oder auf eine Wasserleitung trifft. Ein Leitungssucher ist ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, um verborgene Risiken in Wänden und Mauern aufzuspüren. Wir haben im Elektor-Labor 13 verschiedenen Exemplare zu Preisen zwischen 20 und 90 € untersucht und festgestellt, bis zu welcher Tiefe sie einen Balken oder eine Leitung aufspüren können.



## 56 Dicke Luft im Auto

### Mobiles CO<sub>2</sub>-Messgerät

CO<sub>2</sub> ist normalerweise nicht direkt gefährlich, doch problematisch wird es bei höheren Konzentrationen. Das kann dann in bestimmten Fällen durchaus zu gefährlichen Situationen führen, vor allem beim Autofahren. Um kritische Situationen aufzuspüren, haben wir ein mobiles CO<sub>2</sub>-Messgerät entwickelt. Es verwendet einen elektrooptischen CO<sub>2</sub>-Sensor, der im Gegensatz zu elektrochemischen Sensoren schon 20 Sekunden nach dem Einschalten messbereit ist.

## 56 Dicke Luft im Auto

Mobiles CO<sub>2</sub>-Messgerät mit neuartigem Sensor.

## 60 Saubere Energie mit Wasserstoff

### Brennstoffzellen in der Praxis

In größeren Stückzahlen verbreitet sind bis jetzt nur die kleinsten dieser Zellen, die wir uns näher angesehen haben. Dabei wurden nicht nur die Brennstoffzellen getestet, sondern auch die größtenteils mitgelieferten Elektrolyseeinheiten zur Erzeugung des Wasserstoffs. Besonders interessant ist dabei die Messung des Gesamtwirkungsgrads bei der Verwendung von Wasserstoff als Energiespeicher und der Brennstoffzelle zur Rückwandlung in elektrische Energie.

## 66 Tux und ATmega

### ATM18 unter Linux – einer Debian-Distribution - programmieren

Viele Elektroniker arbeiten mit dem Open-Source-Betriebssystem Linux, denn das erprobte und in ständiger Entwicklung befindliche OS ist auf einem hohen technologischen Stand. Auch mit dem ATM18-Testboard - und dem Minimod18 - kann Linux zusammenarbeiten.

## 72 Leserprojekt: Einfache Ladestation für Elektroautos

### Münztankstelle für kWh

Die Verbreitung von Elektrofahrzeugen steht und fällt mit dem Netz an „elektrischen Tankstellen“. Deshalb hier das Konzept eines Stromverkaufsautomaten auf Münzbasis. Er ist PIC-basiert und seine Software wurde mit Flowcode erstellt.

## 78 Hexadoku

Das Sudoku für Elektroniker

## 80 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

## 84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

Eine multimediale und interaktive Plattform für jeden Elektroniker - das bietet Elektor International Media. Ob Anfänger oder Fortgeschrittener, ob Student oder Professor, ob engagierter Profi oder leidenschaftlicher Hobbyist: Hier finden Sie wertvolle Informationen, Inspiration für die eigenen Entwicklungen, Unterstützung bei der Ausbildung und nicht zuletzt eine gute Portion Unterhaltung. Gedruckt und im Web. Analog und digital. In Theorie und Praxis.



**IMPRESSUM**

41. Jahrgang, Nr. 473 Mai 2010  
 Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

Elektor möchte Menschen anregen, sich die Elektronik zu Eigen zu machen – durch die Präsentation von Projekten und das Aufzeigen von Entwicklungen in der Elektronik und technischen Informatik.

Elektor erscheint auch in Englisch, Französisch, Niederländisch, Spanisch und weiteren Sprachen. ELEKTOR ist in über 50 Ländern erhältlich.

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](mailto:redaktion@elektor.de) zu richten.

Internationale Chefredaktion **Wisse Hettinga**

Redaktion Elektor Deutschland  
**Ernst Krempelsauer (Chefredakteur, v.i.S.d.P.)**  
 Jens Nickel  
 (E-Mail: [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de))

Internationale Redaktion  
**Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Eduardo Corral, Clemens Valens**

Redaktionssekretariat **Hedwig Hennekens**

Labor/Technische Redaktion  
**Antoine Authier (Ltg.), Ton Giesberts, Luc Lemmens, Daniel Rodrigues, Jan Visser, Christian Vossen**

Grafische Gestaltung und Layout  
**Giel Dols, Mart Schroyen**

# Stencil-Maschine und Pick-&-Place-Tool

NEU

## Tools für die SMD-Bestückung

Ist es überhaupt möglich, SMD-Bauteile selber auf eine Platine zu löten? Der Elektor-SMD-Ofen war ein erster Schritt zur SMD-Bestückung von eigenen Platinen. Außerdem wurde im Mai 2009 der Elektor-PCB-Service gestartet, mit dessen Hilfe man anspruchsvolle eigene Platinen bis hin zu Kleinserien herstellen lassen kann. Jetzt kommen noch zwei weitere Tools hinzu: Eine Stencil-Maschine, mit der man Schablonen so ausrichten kann, dass die Lötpaste präzise platziert wird und eine spezielle Bestückungshilfe (Pick-&-Place), mit der man die SMDs aufnehmen und genau auf die passenden Löt-Pads setzen kann.

### Pick-&-Place-Tool

Für das manuelle Aufbringen von SMD-Teilen auf eine Platine

- Ideal für Labore, Werkstätten, Schulen, Universitäten, Kleinbetriebe und Privatanwender
- Antistatische Armstütze für stabile Platzierung der Bauteile
- Antistatische Bauteil-Schale
- Magnetische Leiterplattenhalter
- Geeignet für Links- und Rechtshänder
- Vakuum-Pipette mit austauschbaren Nadeln in mehreren Größen
- Wartungsfreie Vakuumpumpe

Max. Größe der Platine: 430 x 280 mm  
Preis: 645,00 €\*

**100,- € Ersparnis im Spar-Bundle**  
Wenn Sie jetzt die Stencil-Maschine  
zusammen mit dem Pick-&-Place-Tool bestellen,  
zahlen Sie nur 990,00 €\* (statt 1090,00 €\*)!

\*inkl. MwSt., zzgl. Porto-/Versandkosten

### Stencil-Maschine

Für das präzise Aufbringen von Lötpaste auf Platinen mittels einer Schablone (Stencil)

- Ideal für Labore, Werkstätten, Schulen, Universitäten, Kleinbetriebe und Privatanwender
- Genaue X- und Y-Ausrichtung des Bestückungsrahmens
- Verwendbar für ein- und doppelseitige Platinen und für einseitig bestückte Platinen
- Magnetische Platinenhalter
- Schnelle und stabile Fixierung der Löt-pastenschablone (Stencil)
- Schablonen benötigen keine Befestigungs-löcher
- Wartungsfreier und robuster Aluminium-Rahmen

Max. Größe der Platine: 180 x 240 mm  
Preis: 445,00 €\*

Weitere Infos & Bestellung unter

[www.elektor.de/smd-tools](http://www.elektor.de/smd-tools)

Geschäftsführer/Herausgeber: Paul Snackers

Marketing/Vertrieb (Leitung): Carlo van Nistelrooy

Anzeigen (verantwortlich): Irmgard Ditzgen  
ID Medienservice

Tel. 05 11/61 65 95-0 - Fax 05 11/61 65 95-55  
E-Mail: [service@id-medienservice.de](mailto:service@id-medienservice.de)

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 40 ab 01.01.2010

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](mailto:elektor@ips-pressevertrieb.de)  
Internet: [www.ips-pressevertrieb.de](http://www.ips-pressevertrieb.de)

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

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.

© 2010 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)



ISSN 0932-5468

# Tragbare Energie

## Für Handys, iPod und Co.

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Was schleppen wir nicht alles an tragbaren Geräten mit uns herum, die noch dazu ständig geladen werden müssen - und nicht immer ist eine Steckdose für all die iPods und MP3-Player in der Nähe.

Zum Glück gibt es noch andere Lösungen!

### Wie am Schnürchen

Der Mobile-device Charger von Yogen nutzt die menschliche Hand zur Energieerzeugung. Dabei zieht der Anwender an einer Schnur, die ein kleines Schwungrad im Gehäuse zum Rotieren bringt, das wiederum mit einem Generator gekoppelt ist. Mit ein wenig Elektronik zur Spannungstabilisierung und einem Anschlusskabel mit mehreren Steckern wird ein praktisches Ladegerät daraus. Leider gibt der Hersteller nicht an, wie oft man an der Schnur ziehen muss, bis der Handy-Akku komplett geladen



den ist. Das Gerät ist im schwarzen und im durchsichtigen Kunststoffgehäuse lieferbar und kostet ca. 50 Dollar.

[www.yogenstore.com/index.html](http://www.yogenstore.com/index.html)

### Viel Wind um 1200 mAh

Energie beim Radfahren oder Joggen liefert der HYmini Windgenerator. Das kleine, am Oberarm befestigte Gerät lädt per Gegenwind einen eingebauten Lithium-Ionen-Akku von 1200 mAh wieder auf, wenn er durch ausgiebige iPod- oder Handy-Benutzung leer geworden ist. Da die Ladezeit von

der Geschwindigkeit abhängt, ist der durchtrainierte Anwender hier klar im Vorteil. Der mitgelieferte Adapter sorgt dafür, dass der



Akku bei Windstille auch über eine Steckdose geladen werden kann. Das Gerät ist in drei Farbtönen erhältlich und kostet ungefähr 50 Dollar. Weiteres Montagematerial ist optional erhältlich.

[www.hymini.com/html/HYmini.html#detail\\_1](http://www.hymini.com/html/HYmini.html#detail_1)

### Angekurbelt

Akku-Radios mit Ladekurbel sind nicht neu, aber der Empfänger SOLARLink FR600 von



Etón hat es buchstäblich in sich: Wer keine Kurbelhand mehr frei hat, kann ihn auch über die eingebauten Solarzellen aufladen. Wenn die Sonne nicht scheint, ermöglichen normale Batterien oder ein Netzadapter den Hörgenuss. Doch damit nicht genug: Campingfreunde werden es zu schätzen wissen, dass das Radio auch als Taschenlampe genutzt werden kann. Zum Speichern von Muskel- oder Sonnenkraft dient ein NiMH-Akkupack, mit dem sich dazu noch ein Handy oder ein anderes Mobilgerät laden lässt. Das Radio besitzt einen digitalen AM/FM-Tuner mit RDS-Display und kostet, alles inbegriffen, ungefähr 80 Dollar.

[www.shopetoncorp.com/detail/ETO+NFR600B+BLK](http://www.shopetoncorp.com/detail/ETO+NFR600B+BLK)

### Wasserstoff-Kick per Hydrostick

Die Hydrogen Power Station von Horizon Fuel Cell Technologies ist die erste zum erschwinglichen Preis erhältliche Mini-„Wasserstoffzentrale“ für den privaten



Gebrauch. Der per Sonnenenergie erzeugte Wasserstoff wird in Tanks („Hydrosticks“) gespeichert, die nicht größer sind als eine Batterie. Die gefüllten Tanks lassen sich in einen kleinen Generator mit Namen Mini-PAK stecken und bringen es dort zu einer Leistung von immerhin 2,5 W. Der in einem



Hydrostick enthaltene Wasserstoff genügt, um den Akku eines Handys mehrmals zu laden. Klingt gut, wenn der hohe Anschaffungspreis von rund 700 bis 800 Dollar nicht wäre.

[www.horizonfuelcell.com/electronics.htm](http://www.horizonfuelcell.com/electronics.htm)

### Mit viel Licht und wasserdicht

Wer kennt nicht die alte Dynamotaschenlampe, bei welcher der Strom durch stetes Drücken auf einen ins Innere ragenden Hebel erzeugt wurde! In einer neuen Hochleistungsversion ist sie wieder zum Leben erwacht: Die Taucher-Taschenlampe von Shark ist wasserdicht und besitzt einen Generator, der wie bei der Dynamolampe angetrieben wird. Ein interner Akku speist die in der Lampe enthaltenen LEDs und kann dazu noch zum Laden eines Handys verwendet werden. Durch die beiden in der Lampe enthaltenen LED-Typen (Standard LEDs / kräftige 1-W-LED) lässt sich das Licht an unterschiedliche Erfordernisse anpassen. Laut Hersteller lädt eine Minute Hebeldrücken den Akku bereits so weit, dass er in der Lage ist, die 1-W-LED für zwanzig Minuten zum Leuchten zu bringen. Eine lange Zeit –



und das bei einem Preis von 35 Euro.

[http://shop.ecogadgets.com/index.php?cat=Eco\\_Torches\\_Lanterns&ActinicSID=df7232c6bab7b44952aef49dca635420](http://shop.ecogadgets.com/index.php?cat=Eco_Torches_Lanterns&ActinicSID=df7232c6bab7b44952aef49dca635420)

### Das Wandern ist des Akkus Lust!

Mit dem nPower PEG lässt sich jedes Mobiltelefon und jedes andere mobile Gerät während des Wanderns aufladen. Der röhrenförmige Apparat verwandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie. Einmal am Körper befestigt, wird durch die beim Gehen erzeugten Bewegungen laut Hersteller eine Leistung von rund 4 Watt zur Verfügung gestellt. Ein normaler Handy-Akku soll dabei in einer Stunde angeblich auf 80 Prozent seiner Nennkapazität aufgeladen sein. Auf der Webseite des Herstellers kann man



sich bereits in eine Bestellliste einschreiben, aber wann das Gerät erhältlich sein wird, ist noch nicht bekannt. Preis: ca. 150 Dollar.

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

### Akku „auf Pump“

Die beiden Firmen Gotwind und Orange stellten im vergangenen Jahr eine Alternative zum Laden eines Handy-Akkus oder iPods vor: die „Power Pump“, ein kleiner



Windgenerator, dessen Luftstrom vom Anwender durch eine Fußpumpe erzeugt wird. Da die Pumpe gut in einen Rucksack passt, ist sie auch für Campingzwecke brauchbar. Orange bot im letzten Jahr den Besuchern des britischen Glastonbury-Festivals die Möglichkeit, das Gerät selbst auszuprobieren. Soweit bekannt, ist es noch nicht im Handel erhältlich.

[www.gotwind.org/orange\\_power\\_pump.htm](http://www.gotwind.org/orange_power_pump.htm)

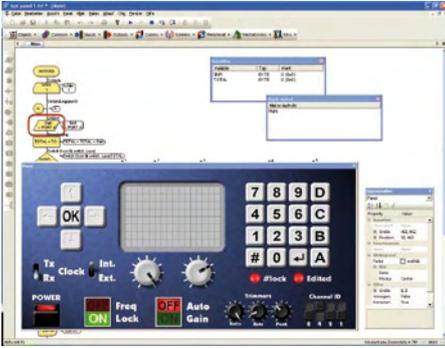
### Mehr Saft

Der japanische Hersteller APS (Aqua Power System) bietet schon seit einigen Jahren AA- und AAA-Batterien an, die mit Wasser, Kaffee, Saft und anderen Flüssigkeiten funktionieren. Vor dem Gebrauch mit ein paar Tropfen gefüllt, ist die Batterie sofort einsatzbereit. Laut Hersteller kann eine Batterie etwa zehn Mal nachgefüllt werden. Zurzeit wird die zweite Generation dieser sogenannten NoPoPo-Batterien hergestellt, und in Kürze werden auch D-Zellen im Angebot sein. Nicht gerade wirtschaftlich, aber durchaus eine Alternative, die vielleicht auch bald bei uns erhältlich sein wird.

[www.aps-j.jp/english/index.html](http://www.aps-j.jp/english/index.html)



## Flowcode für AVR-Controller



Mit Flowcode für AVR 4 ist eine neue Version der grafischen Entwicklungsumgebung für AVR-Mikrocontroller erschienen. Ohne tief in den Programmcode einsteigen zu müssen, lassen sich mit Flowcode komplexe Elektronik- und Robotiksysteme entwickeln. Makros erleichtern dabei die Steuerung von Bausteinen wie 7-Segment-Anzeigen, LC-Displays und mehr. Schüler, Auszubildende und Studenten können sich mit Flowcode relativ einfach in die Programmierung einarbeiten. Flowcode wird aber auch in der Industrie eingesetzt, um schnellstmöglich einen funktionierenden Prototyp zu entwickeln. Zu den Neuheiten der Version 4 gehört das In-Circuit-Debugging von AVR-Controllern. Programmierer können auf Fließkomma-Arithmetik und erweiterte String-Funktionen zurückgreifen. Die Oberfläche wurde verbessert, dazu gibt es neue Komponenten wie Schalter-Icons. Die sehr nützlichen Watchdog-Timer der AVR-Controller werden jetzt ebenfalls unterstützt. Wie ihre Vorgänger erscheint die Software in einer Professional-, Home/Studenten-, 10-User- und Netzwerk-Version. Wer Flowcode für AVR 3 besitzt, kann kostengünstig auf Version 4 upgraden.

[www.elektor.de/FC4-AVR](http://www.elektor.de/FC4-AVR)

## PIC-basierte SPS-Entwicklungskits

Mikroelektronika hat neue Versionen seiner PIC-basierten SPS-Plattformen PICPLC4 und PICPLC16 vorgestellt. Mit den Boards lassen sich auf einfache Weise Steuerungen für den Domotik-, Office oder Industriebereich entwickeln. Integriert sind Features wie RS232, Ethernet, eine Echtzeituhr und vieles mehr, ein GSM/GPRS-Modul ist optional erhältlich.

Die Plattformen unterscheiden sich vor allem in der Ausstattung. So bringt die PICPLC4-Platine 4 Relaisausgänge mit, während das PICPLC16-Board gleich 16 Ausgänge besitzt. Die größere Plattform verfügt außerdem über einen integrierten USB-Programmer. Weitere Details sind auf den unten angegebenen Websites nachzulesen.

Zu jeder Funktion der Boards werden reichlich Softwarebeispiele in C, Basic und Pascal mitgeliefert, die sich mit den herstellereigenen Compilern mikroC PRO, mikroPascal PRO und mikroBasic PRO für PIC nutzen lassen. Eine gedruckte Dokumentation rundet das Ganze ab. Die Kits sind direkt auf der Herstellerwebsite für 99 beziehungsweise 159 US-Dollar erhältlich. In Deutschland und Österreich kann man die neue Version des PICPLC16 auch über den Distributor Tigal kaufen, dort steht das Kit für 129 Euro in der Liste.

[www.mikroe.com/en/tools/picplc4-v6](http://www.mikroe.com/en/tools/picplc4-v6)

[www.mikroe.com/en/tools/picplc16-v6](http://www.mikroe.com/en/tools/picplc16-v6)

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

## Neuer Katalog von Reichelt

Der bekannte Elektronikversender Reichelt hat einen neuen Katalog herausgebracht, der inzwischen 1028 Seiten umfasst. Wie immer sind dort viele Neuheiten zu finden. Ein Highlight sind LED-Module mit einer Lichtleistung von bis zu 3.735 Lumen. Vom Hersteller Microchip wurden die XLP-PIC-Controller (Extreme-Low-Power) und entsprechende Entwicklungstools mitaufgenommen.

Ganz neu sind auch viele USB-3.0-Produkte, hier reicht die Palette von Kabeln über Controllerkarten bis hin zu Festplattengehäusen und Dockingstationen. Der superschnelle USB-Standard sieht Datenübertragungsraten von bis zu 5 Gbit/s vor. Für Elektronik-Profis könnte das Infrarotlötssystem interessant sein, welches das Löten von SMD-Komponenten bis hin zu den (gefürchteten) BGAs beträchtlich erleichtert beziehungsweise überhaupt erst möglich macht.

Der Katalog ist kostenlos erhältlich und kann auf der Website von Reichelt bestellt werden. Dort ist auch ein sogenannter „Blätter-



katalog“ mit direkter Verlinkung zum Internetshop zu finden.

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

## Individuelle Frontplatten

Der Platinendienstleister und Produktionstool-Hersteller Beta Layout hat einen neuen Online-Shop eröffnet. Unter der Internetadresse „[www.panel-pool.com](http://www.panel-pool.com)“ können Anwender Frontplatten individuell gestalten und in Auftrag geben. Neben einer kostenlosen Design-Software zum Download stehen zahlreiche Musterlösungen und Bestelloptionen bezüglich mechanischer Bearbeitung, Material etc. zur Verfügung.

Mit der intuitiv bedienbaren Design-Software ist die Gestaltung und Bestellung der Frontplatten schnell und einfach. Viele standardisierte Bauteile sind in einer Bibliothek bereits hinterlegt und müssen nur ausgewählt werden. Ist das Layout fertig, kann die Datei über die Software direkt an Beta Layout gesendet werden. Der Preis der fertigen Frontplatten wird ebenfalls über die Software berechnet. Alternativ können gegen einen geringen Aufpreis auch DXF-Daten aus jedem beliebigen CAD-Programm konvertiert und verarbeitet werden. Die Druckdaten werden in diesem Fall als separate Datei benötigt.

Als Frontplattenmaterial kann man zwischen natur oder farbig eloxiertem Aluminium und Kunststoff (Acryl) in 1,5 bis 3 mm Dicke und Breiten von 30 bis 300 mm sowie Höhen von 30 bis 460 mm wählen. Eine mechanische Bearbeitung (Bohrungen mit und ohne Gewinde, Flachfräsungen oder Ausbrüche für bestimmte Lüfter oder Stecker) ist möglich. Die Beschriftung der Frontplatten erfolgt durch einfache Gravur oder per hochauflösendem Digitaldruck. Neben farbigen Schriften und Skalierungen können so auch Logos oder komplexe Grafiken und Fotos auf die Frontplatten aufgebracht werden.

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



## MAI

### 4. Stuttgart

#### LabVIEW Hands-On

Kostenloses Praxisseminar, in dem man erste Schritte mit der grafischen Entwicklungsumgebung LabVIEW unternehmen kann. Plus viele weitere Termine, siehe Website!

[www.ni.com/seminars/europe.htm](http://www.ni.com/seminars/europe.htm)

### 4. - 6. Nürnberg

#### PCIM Europe

Leistungselektronik, intelligente Antriebstechnik und Stromversorgung sind die Schwerpunkte dieser Fachmesse und Konferenz.

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

### 4. - 6. Köln

#### Anga Cable

Messe rund ums Kabelnetz und den Satellitenempfang. Leitthemen diesmal: Breitbandverbindungen, HDTV, IPTV und mehr.

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

### 4. - 7. München

#### Digitale Signalverarbeitung für programmierbare Logik

Intensivkurs der qaquadu event GmbH: Grundlagen der Implementierung von DSP-Funktionen in FPGA-Fabrikaten, Theorie und Algorithmen von DSPs für vielerlei Anwendungen.

[www.hightech-events.com/event/1/DSP-for-FPGAs](http://www.hightech-events.com/event/1/DSP-for-FPGAs)

### 6. Ismaning (bei München)

#### Entwicklung eines Embedded Webservers mit PICs

Vom Hersteller Microchip mit folgenden Themen: Grundlagen von Ethernet und TCP/IP, Übersicht über den TCP/IP Software Stack von Microchip, Grundlagen zum Design von Webseiten, HTTP2, Praxisübungen.

Weitere Termine siehe Website. <http://secure.microchip.com/RTCv2/ViewSeminarDetail.aspx?SeminarDetailID=2125>

### 6. - 9. München

#### High End 2010

Egal ob auf zwei, vier oder sechs Kanälen - hier kann man einen nahezu perfekten Ton genießen. Und auch das hochauflösende Bild kommt nicht zu kurz.

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

## Um fünfmal zum Produkt des Jahres \*



gewählt zu werden, braucht es mehr als ein tolles Programm

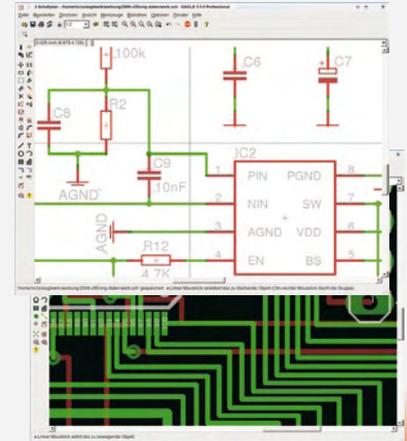


## EAGLE

### Version 5

Schaltplan - Layout - Autorouter

für Windows® Linux® Mac®



- Zum Beispiel vernünftige Preise ohne versteckte Kosten.
- Eine faire Update-Politik, ohne Wartungsverträge und ähnliche Knebelpraktiken.
- Eine kompetente Hotline, die jedem Kunden kostenlos zur Verfügung steht.
- Eine offene Diskussion mit den Anwendern als wesentliche Grundlage der Programm-Weiterentwicklung.
- Innovative Funktionen: Zum Beispiel der neue Followme-Router, der beim Manuellen Routen viel Zeit spart.

Anders ausgedrückt: EAGLE ist deshalb Deutschlands beliebteste Schaltplan- und Layout-Software, weil wir unsere Kunden seit über zwanzig Jahren so behandeln, wie wir selbst gerne behandelt werden möchten.

Preise	Light	Standard	Professional
Layout oder Schaltplan		249,90	499,80
Layout+ Schaltplan		499,80	999,60
Layout+ Autorouter		499,80	999,60
Layout+ Schaltplan+ Autorouter	49,00	749,70	1499,40

### EAGLE Light ist Freeware!

Zum Testen und für nicht-kommerzielle Anwendungen dürfen Sie EAGLE Light kostenlos verwenden. Diese Version ist auf Platinen im halben Europaformat mit maximal zwei Signallayern und ein Schaltplanblatt beschränkt. Alle anderen Features entsprechen denen der Professional-Version. Sie steht zum Download im Internet bereit.

Unsere Standard-Version eignet sich für Platinen im Europaformat mit bis zu vier Signallayern bzw. für Schaltpläne mit max. 99 Seiten. In der Professional-Version entfallen diese Einschränkungen.



Alle Preise in € inkl. 19% MwSt. Upgrades zum Differenzpreis

Jedem EAGLE-Paket in der Professional- bzw. Standard-Ausführung liegt ein Gutschein über eine professionell gefertigte doppelseitige Europakarte bei.

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

08635 6989-10

CadSoft Computer GmbH, Pleidolfweg 15, 84568 Pleiskirchen  
Tel. 08635 6989-10, Fax -40 E-Mail: [info@cadsoft.de](mailto:info@cadsoft.de)



element14

Windows / Linux / Mac sind eingetragene Warenzeichen von Microsoft Corporation / Linus Torvalds / Apple Computer, Inc.

\* Dieser Preis der Zeitschrift Elektronik wird in elf Kategorien an die Produkte vergeben, die die meisten Leserstimmen erhalten

Anzeige

### 7. - 8. Leipzig

#### Eurobot National Cup Deutschland

Deutsche Vorentscheidung zum Eurobot-Finale, das vom 27. bis 30. Mai in der Schweiz stattfindet. Die Roboter müssen diesmal möglichst viel Obst und Gemüse sammeln!

[www.eurobot.org/eng/nationalcups.php](http://www.eurobot.org/eng/nationalcups.php)

### 11. Ludwigsburg

#### 2. Elektronik automotive Congress

Veranstaltet von der Zeitschrift Elektronik automotive. Themenbereiche:

Software-Standard AUTOSAR, Infotainment-Systeme, Bussysteme und Energieeffizienz.

[www.automotive-congress.de](http://www.automotive-congress.de)

### 12. - 16. Friedrichshafen

#### Car + Sound

Hier gibt's ordentlich was auf die Ohren. Neben Car-Hifi sind auch mobile Multimediageräte, Navigationssysteme und Alarmanlagen ein Thema.

[www.carsound-messe.de](http://www.carsound-messe.de)

### 18. - 20. Nürnberg

#### Sensor + Test

Sensoren sowie Stand-Alone- und PC-basierte Mess- und Prüftechnik

für alle denkbaren Anwendungen sind auf diesem Messe-Klassiker zu sehen.

[www.sensor-test.de](http://www.sensor-test.de)

### 20. - 21. Frankfurt am Main

#### Batterien im Fahrzeug

Funktionsprinzipien elektrochemischer Speichersysteme, Entwicklungstrends, Batteriemangement, Messverfahren und Sicherheit sind nur einige der Themen dieses VDI-Seminars.

[www.vdi-wissensforum.de/fileadmin/pdf/01SE009002.pdf](http://www.vdi-wissensforum.de/fileadmin/pdf/01SE009002.pdf)



Interaktiv berechnen, simulieren und überprüfen:

# Virtuelles Elektronik-Labor

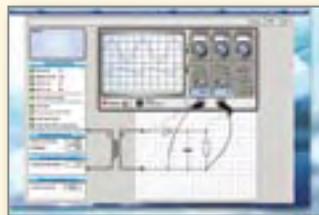


Im „**Virtuellen Elektronik-Labor**“ arbeiten Schüler, Studierende und Lehrer online unter laborähnlichen Bedingungen. Die Darstellung der Messgeräte und deren Bedienung entsprechen dem Standard. Der Anwender kann elektrotechnische Grundschaltungen am Rechner zur Simulation aufrufen. Zusätzliche Arbeitsbücher vertiefen dabei das Gelernte. Durch den Online-Zugang können Schüler ortsunabhängig die Versuche und Aufgaben durchführen. Schulen ohne eingerichtetes Elektronik-Labor haben hierdurch die Möglichkeit, praxisnahen Unterricht anzubieten.

## Arbeitsbuch 1

### Widerstandsnetzwerke

Dieses Labormodul beschreibt die Reihen- und Parallelschaltung angeschlossener Verbraucher. Die Berechnungen folgen dem Ohmschen Gesetz sowie den beiden Kirchhoffschen Gesetzen.



### Elektrisches & Magnetisches Feld

Die Grundlagen der elektrischen und magnetischen Felder bei Kapazitäten (Kondensatoren) und Induktivitäten (Spulen) werden in diesem Modul erarbeitet.

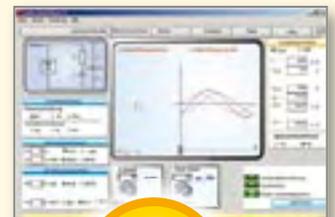
### Wechselstromlehre & Gleichrichterschaltungen

Dieses Modul beschreibt den Einphasen- und Dreiphasenwechselstrom, stellt Trafos mit unterschiedlichen Sekundärwicklungen vor und erklärt abschließend die unterschiedlichsten Gleichrichterschaltungen.

## Arbeitsbuch 2

### RL-, RC- und RCL-Netzwerke

Dieses Modul umfasst die Reihen- und Parallelschaltungen von Widerstand, Kondensator und Spule. Besondere Merkmale des Moduls:



**NEU!**

- Der Oszilloskop-Modus zeigt die normale Spannungsdarstellung.
- Im Modus „Leistungsberechnung“ werden aus didaktischen Gründen auch der Strom- und der Funktionsverlauf der Leistungen grafisch dargestellt.
- Der Modus „Zeiger-/Liniendiagramme“ generiert für eine Periodendauer das Zeigerdiagramm und den Signalverlauf der gewählten Schaltung.

Mehr Infos zum „Virtuellen Elektronik-Labor“ mit Leseproben, Screenshots und Live-Demo finden Sie unter [www.elektor.de/VL](http://www.elektor.de/VL)



## 1970

Die erste Elektor-Ausgabe (Mai/Juni) erscheint in einer Auflage von 25.500 Exemplaren zum Preis von DM 3,50 (dafür konnte man auch sechs Liter Benzin tanken).

Highlights: Edwinverstärker, Gyrtator, HF-Verstärker mit LM703 (Titelbild), Selbstbau-Opamp und ein elektronischer Würfel mit 20 Transistoren und sechs Lämpchen.



## 1971

Elektor erscheint jetzt monatlich und kostet DM 2,40. Das Jahr beginnt mit dem „Kursus Entwurfstechnik für Halbleiterschaltungen“ und steht mit einer ersten Nixie-Digitaluhr und einem digitalen Frequenzmesser schon deutlich im Zeichen der Digitaltechnik (mit TTL-ICs).

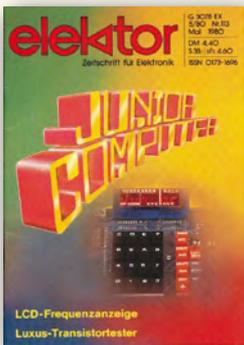
## 1972

Transistorzündungen, MOS-ICs, 7-Segment-LED-Displays, Sensor-Schalter, Aktivlautsprecher und Berichte über Bildplattenspieler und Quadrophoniesysteme markieren die technologische Entwicklung.



## 1973-1975

CMOS statt TTL, integrierte Spannungsregler, Funktionsgenerator-ICs und (an der Schwelle zur Ära der Mikroprozessoren) mit dem Computer 74 der erste Anlauf zu einem Selbstbau-Computer. Erfolgreicher ist das erste Bildschirm-Spiel („TV-Tennis“) von Elektor. Start der englischen Elektor-Ausgabe. Mit der ELO erscheint 1975 der erste Mitbewerber auf dem deutschen Markt.



## 1976-1980

Elektor Frankreich und Lizenzausgaben kommen hinzu. Mit ersten Digitalrekordern wird auch Audio digital. CCD-Bildwandler ermöglichen erstmals röhrenlose Kameras. Der (analoge) Musiksynthesizer FORMANT wird zum größten Elektor-Projekt der 70er-Jahre und ein Riesen-Erfolg. 1978 erscheinen die ersten Computerzeitschriften (Elcomp und Chip), und der Mikroprozessor hält in Elektor Einzug (SC/MP-System, TV-Spielcomputer mit 2650-CPU, Junior-Computer und Frequenzzähler mit 6502).



## 1981-1985

Das Interesse an Elektronik als Hobby erreicht einen Höhepunkt und mit dem Aufkommen der Heimcomputer (Sinclair-ZX, Commodore 64) auch einen Wendepunkt.

Elektor bleibt der Elektronik treu. Für den

Computer-Selbstbau erscheint die Sonderheft-Reihe „Elektor-Computing“ und im März 1983 speziell für Hobbyelektronik-Einsteiger die neue Zeitschrift „Elex“. Heise (Elrad) startet im gleichen Jahr die c't...

## 1986-1990

Alles wird kleiner (dank SMDs) und digital: Audio (CD, DAT, DSP), Musik (MIDI), Messtechnik (DSO), Telefon (ISDN), Modellbau (PCM) und auch die Modellbahn (Märklin). Privatfernsehen, SAT-TV und VCRs (VHS) verändern die Medienwelt und IBM-PCs die Heimcomputer- und Arbeitswelt. Elektor ist dabei – mit immer professionelleren Projekten wie EDITS, Mondrian, EPROM-Simulatoren und PC-Messkarten. Die ELO wird 1989 eingestellt.

## 1991-2000

Elektor entwickelt sich zur Zeitschrift für Entwickler - besonders im Bereich digitale Messtechnik, Bussysteme und Grundlagen. CAN, I2C und schließlich USB und das Internet sind Themen der Zeit, ebenso SPS, DDS, DSP, TFT und DAB. PIC- und AVR-Mikrocontroller mit Flash werden schnell populär, und analoge (MPA) wie digitale (DAC) High-End-Audioprojekte setzen neue Maßstäbe. Ein Kapitel für sich sind Anti-Kopierschutz- und Chipkarten-Schreib/Leseschaltungen...

## 2001-2005

Das Gameboy-Oszilloskop (GBDSO) ist das erste Elektor-Projekt mit fertig bestückt lieferbarer Platine – und wird ein Megaseller. Neu sind auch Mini-Webserver, Handy-Fernsteuerungen, GPS-Applikationen, PSoCs, 32-bit- und ARM-Controller, Messgeräte-Tests und im November 2005 die erste Heft-DVD mit CAD-Software.

## 2006-2010

Im Januar 2006 folgt die Sensation für Elektroniker: Das Heft wird mit R8C-16-bit-Mikrocontrollerboard plus CD geliefert! Weitere Partner ermöglichen eine RFID-Karte (09/2006) und eine LED-Treiber-Platine (09/2007) als „Zugabe“. Die „Erfolgssträhne“ hält mit Themen wie OBD, FPGA, Reflowlöten, Platinenfräsen, SDR und CC2-ATM18 an. Und am Ende des Jahrzehnts fährt Elektor mit dem ElektorWheeleie in die Zukunft...

Ernst Krempelsauer



# Elektronische Inspiration



Ich wohnte während meines Studiums in Aachen in einem wunderbaren Haus in Belgien – mitten im Wald. Wir hatten einen kleinen Elektronik-Campus geschaffen und waren recht weit mit der praktischen Digitaltechnik vorangekommen. 1970

brachte mir

eine holländische Freundin eine Zeitschrift namens „Elektuur“ mit, die sie ihrem Bruder entwendet hatte. Dort konnte man lesen: „Wir suchen Mitarbeiter, die Deutsch können und gerne elektronische Projekte entwickeln“. Es sollte eine Fachzeitschrift in Deutschland auf den Markt kommen – eben Elektor.

Das war für mich das Signal, meine Bewerbung zu formulieren. Da ich schon früh mit dem Journalismus begonnen hatte, konnte ich auf einige Arbeitsproben zurückgreifen. Den Blätter-Stapel fixierte ich zum Abschluss mit einem umgeknickten Widerstand, nicht etwa mit einer normalen Büroklammer.

Wie ich später erfuhr, war diese besondere Form der Archivierung ausschlaggebend für meine Beschäftigung. Ich bekam eine Menge Manuskripte ausgehändigt, um diese aus dem Niederländischen in die deutsche Sprache umzusetzen. Holländische Wörter waren für mich am Anfang Böhmisches Dörfer; doch wenn man in der Fachsprache blieb, dann konnte man sich mit etwas Phantasie schnell zurechtfinden.

Die Übersetzungstätigkeit wurde gut bezahlt. Eine Manuskript-Seite brachte immerhin 25 Mark, was sich pro Heft auf 2500 DM summieren konnte!

Elektor konnte sich im deutschen Zeitschriften-Gewirr schnell behaupten. Ich kann mich entsinnen, dass wir innerhalb von ein-einhalb Jahren einen Stamm von 90.000 Abonnenten bedienen konnten.

Nach wie vor trägt Elektor dazu bei, technisches Wissen zu transportieren. Leider treffen nicht alle Bauvorschläge die „deutsche Seele“, die wohl eine spezielle Sensitivität aufweist.

Rückblickend gesehen war Elektor eine wichtige Stufe für meine Orientierung zur Technik hin. Zu wissen, dass meine Artikel bei Elektor erfolgreich waren, machte mir Mut.

Nach wie vor kann ich es immer noch nicht glauben, dass da 40 Jahre Ewigkeit dazwischen liegen!

**Wolfgang Back**  
(TV-Journalist)

## „Elektor bis heute treu geblieben“

Es war irgendwann am Ende des Jahres 1971, das World Trade Center war im Bau, und die Ingenieurschulen wurden zu FHs, da bekam ich im Alter von 12 Jahren die deutsche Elektor Erstaussgabe geschenkt. Vorher hatte ich schon vereinzelt die Schaltungen der Zeitschrift „hobby“ nachgebaut, aber endlich gab es ein Magazin voller Elektronik. Ab Januar 1972 hatte ich Elektor abonniert, und wartete jeden Monat voller Spannung auf das neue Heft.

Ein beträchtlicher Teil meiner praktischen Basteleien sind sicherlich von Elektor inspiriert worden. Zutiefst beeindruckt haben mich die diversen Gyrator-Schaltungen - mit Gyratoren aus Transistoren. Legendär war auch das Bildschirmtennis aus TTL-ICs, anno 1974. Und wer erinnert sich noch an die Schaltungen in der Banderole? Irgendwann einmal hat mein Vater auf den Umschlag eines April-Hefts geschrieben: „Letztes Heft, Erscheinen wird eingestellt“. An dem Aprilscherz hatte ich schwer zu knapsen...



Der 1974 veröffentlichte Computer-74 inspirierte mich 1977 zum Eigenbau eines TTL-Computers. Das Photo zeigt mich mit dem Rechner (256 Byte RAM) und einem Fernseher als Datensichtgerät.

Während des Studiums musste ich meine Basteltätigkeit stark zurückfahren, doch 1989 kehrte ich zu Elektor zurück – als Autor. Inzwischen habe ich zahlreiche Artikel geschrieben, und so vielleicht einiges Wissen zurückgeben können.

Der Elektor bin ich damit von Anfang an bis heute treu geblieben.

**Martin Oßmann**  
(Professor an der Fachhochschule Aachen)

## Elektor – oder wie ich zum Autor wurde

Das muss so um 1972 gewesen sein, da kam ein Freund mit einer Zeitschrift an. Elektor? Hatte ich bis dahin nie gesehen. Zu dieser Zeit wurde gerade ein Wettbewerb ausgeschrieben, „Aktion für Aktion“. Man

# Jubiläums-Gedanken 40 Jahre Elektor – eine Ewigkeit?

sollte eine Schaltung mit möglichst wenigen und preiswerten Bauteilen entwickeln. Es gab eine Art Budget, und was davon übrig blieb, ging als Spende an die Aktion Sorgenkind. Ob ich da vielleicht mitmachen sollte? Jedenfalls hatte ich gerade ein Projekt in der Mache. Ich wollte unbedingt ein Oszilloskop bauen, und eine richtige Oszillographenröhre war für einen armen Studenten zu teuer.

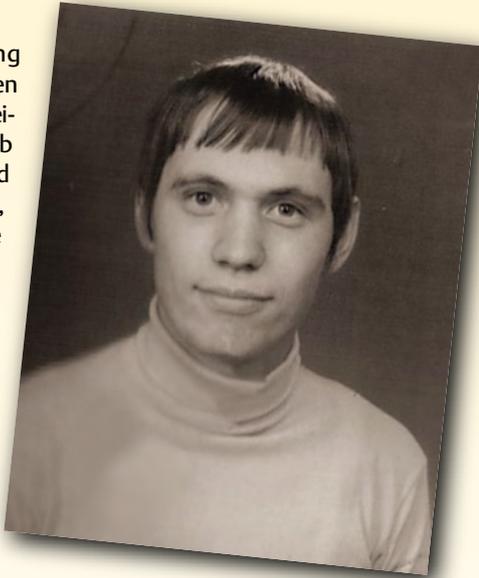
Deshalb habe ich ein Fernsehgerät verwendet, die Ablenkspulen abgeklemmt und selbst angesteuert. Das war sogar potenzialfrei, weil die Ablenkspulen isoliert auf dem Hals der Bildröhre saßen. Am Ende kam dabei ein Gerätchen mit X-Ablenkschaltung und Y-Verstärker in einer Zigarrenkiste heraus. Es sah ziemlich wüst aus, aber das musste ja keiner sehen, das Schaltbild reichte. Auf dem riesigen Bildschirm wurde nur ein etwa 5 cm großes Oszillogramm angezeigt, doch dafür konnte man den Fernseher mit einer kleinen Änderung wieder als solchen einsetzen. Ich kann mich noch erinnern, dass es Probleme mit der Bandbreite gab. Wenn ich mit einer hohen Frequenz auf die Spulen ging, war die Induktionsspannung bei gegebenem Strom so groß, dass die Spannung im Ablenkverstärker nicht mehr reichte. Im Endeffekt wurde dann für jede beliebige Kurvenform ein Dreieck angezeigt. Aber im NF-Bereich konnte man richtig damit messen!

Das Oszilloskop habe ich damals bei Elektor eingesandt und den vierten Platz gewonnen. Es war das erste Mal, dass ich etwas Eigenes in gedruckter Form sehen konnte - das hat mir Mut gemacht. Ich bin Elektor sehr dankbar, dass ich dort meine erste Chance als Autor bekam, denn inzwischen ist das Schreiben meine Hauptbeschäftigung geworden.

**Burkhard Kainka**  
(Entwickler und Buch-Autor)

## Kaum zu glauben...

... dass schon 40 Jahre vorbei sind! Ich kann mich noch gut an das erste Heft erinnern – mein Vater, sein ganzes Arbeitsleben als Ingenieur bei Siemens beschäftigt, war Abonnent der ersten Stunde. Beim Anblick des allerersten Covers kommen ganz nostalgische Gefühle auf...

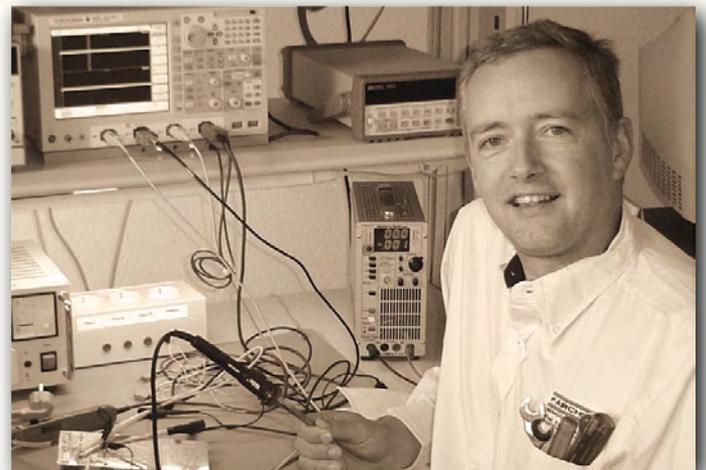


Obwohl ich als damals 5-jähriger Bub noch nichts verstanden habe, haben mich diese Bilder und Symbole immer fasziniert, und waren (neben dem Kosmos-Experimentier-Kasten) sicherlich prägend für meinen späteren Berufswunsch: Ich wollte auch Elektro-Ingenieur werden! Jetzt, 40 Jahre später, blicke ich zurück auf meine bisherige Karriere: Elektronik war in vielerlei Hinsicht eine gute Entscheidung. Ein wichtiger Faktor war dabei sicherlich eine gewisse Leidenschaft für das Thema, die durch Elektor über die ganzen Jahre hinweg immer wieder angestoßen und verstärkt wurde – was man vom Elektrotechnik-Studium nicht immer behaupten konnte. Bei Elektor wurde über den Tellerrand geschaut; man hat auch mal schräge Ideen realisiert und viele wesentliche Impulse und Ideen gegeben. Und jedes Jahr aufs Neue habe ich auf das Halbleiterheft gewartet!

In gewisser Weise hat Elektor mir durch das Studium geholfen, und dabei eine wichtige Rolle erfüllt. Denn es wird immer schwieriger zu wissen, was man im Berufsleben wirklich machen möchte. Gerade in der Elektrotechnik begegne ich oft Studenten und jungen Absolventen, die sich ohne klare Perspektiven und Ziele auch mit der beruflichen Karriere schwer tun. Hier spielt Elektor eine wichtige Rolle für die deutsche und europäische Elektronik-Industrie, indem Grundlagen und eine Faszination für das Fach gleichermaßen vermittelt werden. Wohl mit ein Grund dafür, dass ich neben anderen Zeitschriften auch immer wieder Elektor auf den Schreibtischen unserer Kunden sehe. Und gleichzeitig gab es in der Zeitschrift oft auch den augenzwinkernden Hinweis, sich selbst nicht so ernst zu nehmen!

Die Elektronik-Branche und auch die Publikationen haben sich gewaltig verändert in diesen 40 Jahren. Aber die Bedeutung der Elektronik-Industrie als „Enabler“ des Fortschritts, und damit einhergehend der Bedarf an gut ausgebildeten Ingenieuren, die mit Spaß an die Arbeit gehen, ist nach wie vor groß. Und deswegen wünsche ich mir noch viele Jahre mehr mit Elektor!

**Alfred Hesener**  
(Marketing Direktor Europa bei Fairchild Semiconductor)





**Online berechnen  
Online bestellen  
Online kommunizieren  
Online 24/7**

**Ihr zuverlässiger Leiterplatten-Spezialist für Prototypen & Kleinserien**

**Wir gratulieren Elektor zum 40. Geburtstag!**

**PCB proto**

- 2 Muster in 2, 3 oder 5 Arbeitstagen
- Preisgünstig: 2 Stück 100x160mm
  - 2 lagen 49€ pro Stück
  - 4 lagen 99€ pro Stück

**STANDARD pool**

- 1-8 Lagen, Leiterplatten in 150µm-Technologie
- Ab 1 Stück und ab 2 Arbeitstagen
- Der Pooling Service mit zahlreichen Optionen
- Der Referenz-Service in Europa

**TECH pool**

- 2-8 Lagen, Leiterplatten in 100µm-Technologie
- Ab 1 Stück und ab 5 Arbeitstagen
- Der einzige High-Tech Pooling Service in Europa

**IMS pool**

- Einseitige Aluminiumkern-Leiterplatten
- Weißer LSL, schwarzer BSD
- 1.5mm ALU, 75µm Isolator und 35µm Cu
- Der einzige LED-Leiterplatten Pooling Service

**On demand**

- 1-16 Lagen, bis 90µm Technologie
- Ab 1 Stück und ab 2 Arbeitstagen
- Größte Auswahl an Fertigungs-Optionen

**Alle Services**

- Keine Einmalkosten (Filme, Werkzeuge, usw...)
- Kein Mindestbestellwert
- Keine zwingende Online-Vorkasse  
(Zahlung nach Rechnungsstellung)

**[www.eurocircuits.de](http://www.eurocircuits.de)**

# Herzliche Glückwünsche zu 40 Jahren Elektor!

# 40

Ultra-Low Power MSP430™ MCU



[www.ti.com/msp430-40](http://www.ti.com/msp430-40)

# Elektor Geschichte(n)

## Ein Interview mit „alten Hasen“

Wenn sich vier Redakteure und Entwickler treffen, die zusammengenommen rund 140 Jahre bei Elektor gearbeitet haben, dann gibt es was zu erzählen ...

**Pierre Kersemakers**, Jahrgang 1953, begann 1972 bei Elektor. Der sehr gut deutsch sprechende Niederländer war Redakteur der deutschen und der niederländischen Ausgabe (bei Letzterer mehrere Jahre als Chefredakteur). Heute ist er Mitherausgeber von Elektor-Büchern, aber auch Chefredakteur von Spezialausgaben (unter anderem des deutschsprachigen LED-Specials).

**Ernst Krempelsauer**, Jahrgang 1950, kam 1974 als junger (technischer) Redakteur von Telefunken-Computer zu Elektor. Der Ingenieur wurde 1985 für den redaktionellen Inhalt der deutschen Ausgabe verantwortlich. Heute ist er der dienstälteste Chefredakteur im Gesamtverlag.

**Raimund Krings**, Jahrgang 1946, begann 1973 als einer der ersten deutschen Elektor-Redakteure, zuerst bei der Zeitschrift, später im Buch-Bereich. Heute ist er Mitherausgeber der deutschen Bücher und Chefredakteur der meisten deutschen Elektor-Specials, kann aber schon die Tage bis zum verdienten Ruhestand zählen.

**Karel Walraven**, Jahrgang 1948, fing 1974 als technischer Redakteur und Entwickler bei Elektor an. Von 1982 bis 2005 leitete er das Elektor-Labor - und war auch sechs Jahre verantwortlich für die Planung der Projekte. Bei den deutschen Lesern ist er durch viele eigene Schaltungen bekannt geworden. Seit 2006 kann der Ingenieur den Ruhestand genießen - und sich der Elektronik wieder ganz als Hobby widmen!

Elektor-Redakteur Jens Nickel hat die Fragen gestellt und das Interview zusammengefasst.

Jens: Pierre, du hast von uns allen als Erster beim Verlag angefangen, und zwar bei der niederländischen Original-Ausgabe, der „Elektuur“ ...

Pierre: Ja, die Zeitschrift hieß zuerst „Electronica Wereld“ und wurde von Bob van der Horst 1961 gegründet. Bob hat davor bei einer anderen Elektronikzeitschrift namens „Radio Electronica“ gearbeitet, bei der sein Vater Chefredakteur war. Irgendwann hat er es da nicht mehr ausgehalten...

Jens: Warum das?

Pierre: Die Elektronikzeitschriften waren damals sehr theoretisch, es gab kaum mal eine Schaltung für den Nachbau zu sehen. Bob van der Horst war aber selbst begeisterter Bastler. Außerdem hat er den Aufstieg der Transistoren vorausgesehen. Sein Vater hielt aber gar nichts von diesem neumodischen Kram.

Karel: Die Dinger waren damals auch noch richtig teuer, gingen schnell kaputt und rauschten wie verrückt.

Jens: Offenbar hatte van der Horst Erfolg ...

Karel: ... nachdem seine erste Zeitschrift, die sich mit mechanischen Basteleien beschäftigt hatte, geflopt war.

Jens: Wie kam es zu der Idee, nach Deutschland zu expandieren?

Pierre: Wer genau die Idee hatte, weiß ich nicht mehr. Fest steht, dass Bob van der Horst den deutschen Markt kannte. Wir Niederländer sind damals auch oft auf deutsche Messen gefahren.

Jens: Hier in der ersten deutschen Elektor-Ausgabe vom Mai 1970 stehen noch gar keine deutschen Redakteure drin.

Ernst: Offenbar hat man erst einmal „nur“ übersetzt. Einer der ersten Übersetzer war Wolfgang Back, der später mit dem „WDR-

Computerclub“ bekannt geworden ist.

Raimund: Ja, Wolfgang hat auch den Elektronikbereich der „Hobbytheke“ mit Jean Pütz betreut. Und dabei ab und zu eine Elektor in die Kamera gehalten.

Jens: Als bald gab es aber einen Redakteur, der für die deutsche Ausgabe verantwortlich war?

Raimund: Ja, Manfred Kalsbach, der heute in der Karibik wohnt. Für die deutsche Niederlassung wurde ein Haus im Dorf Buscherheide angemietet, nahe der niederländischen Grenze bei Aachen.

Pierre: Und wir Niederländer sind extra von Amsterdam nach Limburg gezogen, damit wir auch in Grenznähe sind. Die van der

Horsts haben eine alte Villa angemietet, in der sie auch gewohnt haben.

Jens: Habt ihr denn in den ersten Jahren viel miteinander gemacht?

Ernst: Synchron wie heute lief es nicht. Die jeweiligen Redakteure haben sich selbst überlegt, was sie übersetzen und in der nächsten Ausgabe bringen

wollen.

Karel: Und das erst kurz vor Schluss. Monatlang im Voraus geplant wurde da nicht.

Jens: Aber ihr habt doch sicher eine Deadline gehabt, wann ein Projekt fertig sein muss?

Karel: Überhaupt nicht. Die meisten Ideen hatten wir selbst, und dann haben wir einfach damit angefangen. Ab und zu lief Bob van der Horst durch das Labor und hat sich etwas vorführen lassen.

Raimund: Und wenn etwas fertig war, hat man darüber einen Artikel geschrieben und dem Chef in die Ablage gelegt.

Jens: Die Redakteure haben auch entwickelt?

Karel: Jeder hat alles gemacht! Ernst hat sogar einmal im niederländischen Labor gearbeitet.

Jens: Wie kam das?

## Heiße Ohren bei den Lesersprechstunden



Karel: Bob van der Horst hatte sich in den Kopf gesetzt, ein Oszilloskop für den Nachbau zu entwickeln – damals eine Mammutaufgabe. Ein freier Mitarbeiter kam aus Hamburg mit Schaltplänen angereist, und Mann und Maus wurden auf das Projekt angesetzt. Ernst war nach der ersten Woche der einzige, der etwas vorweisen konnte, nämlich eine Stromversorgung.

Ernst: Noch nicht ganz fertig ...

Karel: Und alles war geklaut! Wie wir erst hinterher herausfanden, hatte der Externe die Schaltungen von einem RIM-Oszilloskop übernommen, und damit es nicht auffiel, hat er alle NPN- durch PNP-Transistoren ersetzt – und umgekehrt.

Jens: Beim Synthesizer „Formant“ war Ernst erfolgreicher...

Ernst: Und das hat Elektor damals ein schönes Sümmchen eingebracht.

Karel: Geld, das zum großen Teil wieder reinvestiert wurde, denn die van der Horsts waren recht bescheidene Leute. Wir waren für die damalige Zeit prima ausgestattet, mit einem Speicheroszilloskop und einem Logikanalyser, der einen fünfstelligen Betrag gekostet hat.

Jens: Wie habt ihr euch damals auf dem Laufenden gehalten? Seid ihr auch auf Messen gefahren?

Ernst: Meist sogar mit einem eigenen Stand. Wir waren nicht nur auf der „Electronica“ und der „Hobby-Elektronik“, sondern auch auf der Hannover Messe und der Funkausstellung.

Jens: Dort habt ihr ja dann auch viele Leser getroffen. Was für Leute waren das?

Ernst: Oft junge Ingenieure und Studenten, die von den vielen Schaltungen begeistert waren. So war es mir selbst ja auch gegangen: Ich kann mich noch gut erinnern, dass wir bei Telefunken die ersten Elektor-Hefte wie die Wilden kopiert haben.

Pierre: Die Leute hatten manchmal eine erstaunliche Fachkenntnis. Zwei Mal in der Woche haben wir für die deutsche Ausgabe eine

telefonische Lesersprechstunde gemacht...

Raimund: ... da gab es heiße Ohren!

Pierre: Man musste das Projekt selbst entwickelt haben, um mit-halten zu können.

Jens: Diese Elektronik-Enthusiasten habt ihr aber auch reichlich beglückt. Unter anderem mit dem ersten Selbstbau-Computer, anno 1974.

Karel: Wahnsinn! Ein Ungetüm aus mehreren unterarmlangen Platinen. Addierer und Multiplizierer, Schieberegister und Programm-zähler, alles „in TTL“! Das Ding hat satte 5 A Strom verbraucht. Aber nur TTL-ICs waren damals für Normalsterbliche bezahlbar.

Jens: Später kamen dann die ersten Prozessoren ins Spiel?

Karel: Ein Mitarbeiter von Motorola hat uns mit einem der ersten Evaluation-boards besucht, die es damals gab, mit einem 6800er. Bob van der Horst hat die ganze Zeit gefragt, was man denn eigentlich damit machen kann.

Ernst: Außer ein paar blinkenden LEDs hatte der gute Mann auch nichts zu

bieten.

Karel: Ich muss gestehen, dass ich auch erst später zum Fan geworden bin, als ich mit einem HP-Chip einen Taschenrechner entwickelt habe. Ab da hatte ich auch verstanden, wie so ein Prozessor en detail funktioniert.

Jens: Habt ihr den 6800 dann in einem Projekt verwendet?

Karel: Wir hatten schon damit angefangen, aber dann hat Bob van der Horst irgendwo gelesen, dass der SC/MP von National billiger ist. Dann wurde alles umgeschmissen!

Ernst: Das war wohl ein Fehler, der „Scamp“ hat sich niemals richtig durchsetzen können.

Karel: Ja, und eine recht komische Architektur hatte er auch. Doch immerhin ist '77 der erste richtige Elektor-Computer draus geworden.

## Platinen geätzt im Badezimmer



Auch bei den deutschen Lesern gut bekannt: Karel Walraven und Pierre Kersemakers (rechts).



1987: Der technische Zeichner Peter Verhoosel beim Platinenendesign. CAD war damals erst im Versuchsstadium.



Drei Redakteure: Raimund Krings, Ernst Krempelsauer und Jens Nickel (v.l.n.r.).

Jens: Habt ihr denn auch Schaltungen von externen Autoren veröffentlicht?

Karel: Ja, aber auch sehr viele eigene Projekte.

Ernst: Ich wundere mich heute noch, wie wir das alles geschafft haben! Und trotzdem kam es mir früher gemütlicher vor.

Jens: Habt ihr da auch alle Platinen neu gezeichnet, so wie heute?

Ernst: Ja, immer. Die Schaltpläne hat man bei den Platinenzeichnern abgegeben ...

Karel: Die haben Transparentpapier kunstvoll mit schwarzem Klebeband beklebt, im Maßstab 2:1 oder sogar 4:1. Das war die Maske für die Belichtung. Übrigens wurde damals alles invers gemacht, damit nicht so viele Ätzabfälle anfallen. So schlecht war das gar nicht, man hatte eine schöne Massefläche. Nur unser Hochfrequenz-Spezi hat sich meist gar nicht gefreut ...

Jens: Und die Prototypen habt ihr selbst geätzt?

Karel: Klar! Das war eine ganz schöne Schweinerei manchmal – deshalb haben wir das in einem Badezimmer der van der Horst'schen Villa gemacht!

Jens: Und ihr habt ja auch schon Platinen verkauft.

Karel: Ja, die berühmten blauen. Als wir einmal zu einem neuen Platinservice gewechselt sind, hat er extra blaues Material aus Amerika kommen lassen!

Jens: Mit CAD war natürlich noch nichts...

Karel: Aber der erste Schneider-PC wurde 1985 angeschafft, und dann ging es Schlag auf Schlag.

Ernst: Da lief schon Ultiboard drauf!

Jens: Den Computer habt ihr nur zum Platinenzeichnen gekauft?

Karel: Nein, nein, auch für die Artikel. Vorher hat man noch alles mit der „Olympia“ geschrieben.

Ernst: Auf kariertem Papier mit drei Durchschlägen. Das ging dann zur Setzerin, die eine spezielle Schreibmaschine mit auswechselbarem Kugelpfopf hatte. Für die verschiedenen Schriftarten.

Jens: Und dann wurden lange Spalten ausgedruckt?

Ernst: Ja, und anschließend geschnitten und geklebt.

Jens: Die Computer haben für Elektor aber auch eine „Schattenseite“ gehabt...

Ernst: In den Achtzigern waren wir mal sieben deutsche Elektor-Redakteure – es war die Blütezeit der Elektronik! Als die Computerära richtig begonnen hat, haben sich leider weniger Leute in ihrer Freizeit mit Elektronik beschäftigt.

Jens: Und dann wurden es auch weniger Redakteure?

Ernst: Ja, wobei viele den Job sowieso als Durchgangsstation betrachtet haben. Manche sind zu anderen Zeitschriften gegangen, es gab aber auch welche, die Surflehrer oder Psychologe geworden sind!

Karel: Schade, dass der Elektor-Verlag damals das Potential der Computer nicht erkannt hat.

Raimund: Aber dann wären wir jetzt vielleicht eine Computerzeitschrift ...

Pierre: ...und könnten uns nicht über Elektronik unterhalten!

Jens: Karel, Raimund, Ernst und Pierre, vielen Dank für das Gespräch!

(100184)

# GRATULIERE!

HUIJZER GRATULIERT ELEKTOR ZUM 40-JÄHRIGEN FIRMENJUBILÄUM!

VIKAY • SEIKO • SHARP  
DISPLAY-ELEKTRONIK  
ELECTRONIC-ASSEMBLY



TFT-LCD  
GRAPHIC-LCD  
LCD/LED



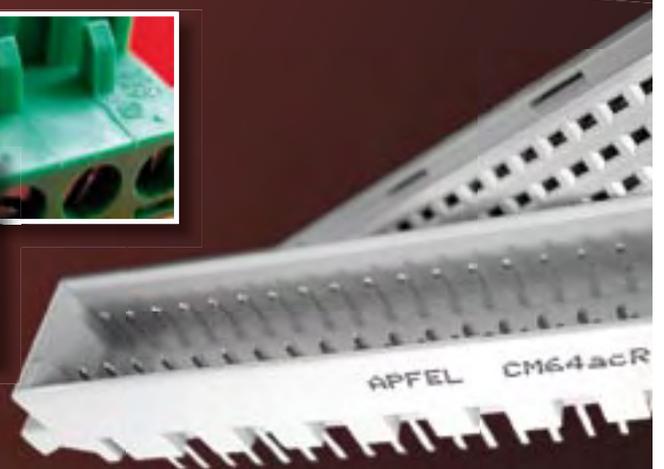
HIGH AIR FLOW  
LOW NOISE - LONG LIFE



HIGH-POWER

## ALL IN HUIJZER

FÜR KOMponentEN UND MEHR  
BAUTEILE PLATINEN FERTIGUNG



**HUIJZER** COMPONENTS  
Your source for Electronic Components

HUIJZER COMPONENTS  
HAVINGHASTRAAT 15  
1817 DA ALKMAAR  
THE NETHERLANDS

T: 072 - 561 14 46  
F: 072 - 562 40 44  
E: INFO@HUIJZER.COM  
W: WWW.HUIJZER.COM

# 40 Jahre Audioverstärker

Von Dr. Thomas Scherer

1970 lieferte „Edwin“, Elektors Verstärker Nr. 1, immerhin 20 W. Ein halbes Jahr später gab es dann schon einen Entwurf mit 54 W. Es folgten immer bessere Schaltungen mit immer mehr Leistung, bis hin zu den unglaublichen 1 kW des „Gigant“ im Jahre 1986. Und selbst dieses Monster wurde 1999 mit dem „Gigant 2000“ und 2 kW noch übertroffen! So konnte das nicht weitergehen. Der neueste Elektor-Entwurf „Modulo D“ aus dem Jahr 2010 liefert wieder 20 W, ist dafür aber digital gesteuert und wohl der kleinste Vollverstärker der Welt.

Wie alles anfing, habe ich gar nicht mitbekommen, denn damals war ich erst 14 Jahre alt und hatte gerade das Buch mit dem heute fast sexistisch klingenden Titel „Radiobasteln für Jungen“ von Heinz Richter durch. Meine Erfahrungen als Elektroniker beruhten auf dem erfolgreichen Ausschachten der damals massenhaft aus-rangierten Röhrenradios (Typ magisches Auge im Holzgehäuse) und dem nicht ganz so erfolgreichen Zusammenlöten (oder kaputtschweißen?) einer Lichtorgel mit Hilfe eines 150-W-Lötkolbens. Ein Glück, dass der örtliche Radio- & Fernseh-techniker so nett war und mich samt Elektronik rettete...

Mein nächstes größeres Projekt war später ein „Edwin“ genannter Verstärker, gekauft als Bausatz eines Elektronik-Versenders. Überzeugt hatte mich, dass man nichts abgleichen musste. Erst danach kaufte ich in einem Elektronikladen meine erste Elektor - eine Offenbarung für mich. Ich merkte dann, dass Edwin eine Elektor-Entwicklung [1] war, und verstand, warum dieser Verstärker so genial einfach war und keinen Abgleich benötigte:

Ein Edwin braucht keine Einstellung eines Ruhestroms, da die beiden Treiber T9 und der Komplementärdarlington aus T8 und T10 in Klasse-A-Einstellung betrieben werden (Bild 1). Erst bei größeren Ausgangsleistungen übernehmen T11 und T12 als zusätzliche Endstufe in Klasse-B-Einstellung den Löwenanteil des Stroms.

So ergeben sich fast so geringere Verzerrungen wie bei einer Klasse-

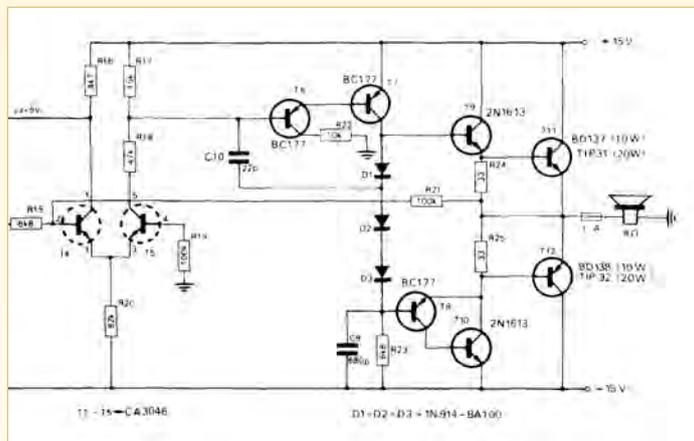


Bild 1. Die Edwin-Endstufe aus der ersten Elektor-Ausgabe. Der komplette 20-W-Vollverstärker bestand aus 7 T, 1 IC, 3 D, 9 C, 19 R und 3 P.

AB-Schaltung. Außerdem handelt es sich beim Edwin um einen Vollverstärker mit im wahrsten Sinne des Wortes „integrierter“ Klangeinstellung: T1...T5 steckten in einem 14-poligen IC-Gehäuse. Die ganze Elektronik passte auf die kleine Platine von Bild 2. Den Edwin-Artikel kann man ebenso wie das komplette erste Elektor-Heft von der Elektor-Webseite [www.elektor.de/40](http://www.elektor.de/40) herunterladen.

Während Edwin immerhin einen Differenz-

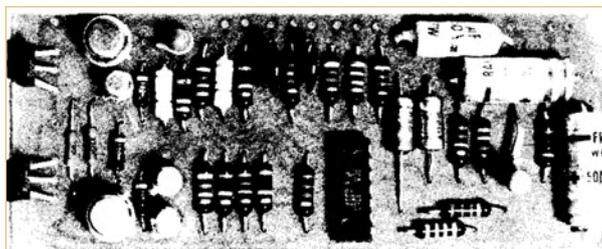


Bild 2. Die Edwin-Platine ist recht kompakt ausgefallen für damalige Verhältnisse.

verstärker enthielt und so auf eine ausreichende Gegenkopplung = relativ geringe Verzerrungen kam, zeichnete sich der erste Power-Amp [2] in Elektor durch äußersten Minimalismus aus. Schaltung samt Beschreibung passten auf eine halbe Heftseite. Fünf Transistoren waren genug. Selbst ein Name war Luxus: Da stand nur: „54 Volt - 54 Watt“ (Bild 3). Der Klirrfaktor dürfte nicht so ganz niedrig gewesen sein - ich habe nie ausprobiert, wie dieser Verstärker klang.

Damals hätte ich es mir nicht träumen lassen, doch ein paar Jahre später war es passiert: Ich arbeitete bei Elektor! Und

von den Schaltungen, die ich in meiner Elektor-Zeit entwickelt habe, war sicherlich der „Gigant“ [3] von 1986 am interessantesten. Eine Audio-Endstufe mit 1 kW Ausgangsleistung für den Selbstbau gab es bis dahin wohl noch nicht auf diesem Planeten. Selbst andere Zeitschriften berichteten darüber [4]. Und das war noch nicht alles: 13 Jahre später verdoppelte das Elektor-Labor mit dem „Gigant 2000“ [5] diesen Leistungsrekord. Damit war das Zeitalter der Gigantomanie bei Audio-Verstärkern abgeschlossen. Die Zukunft konnte nur noch anders werden.

Die neueste Verstärkerschaltung von Elektor mit dem bezeichnenden Namen „Modulo D“ zeigt, was heute möglich ist. Ein komplett digital gesteuerter Stereoverstärker mit 2 x 20 W Leistung inklusive Klangeinsteller und Eingangswahlschalter mit einem Wirkungsgrad der Schaltendstufen von unglaublichen 93 %, der nicht viel mehr Raum einnimmt als

# klein → groß → klein

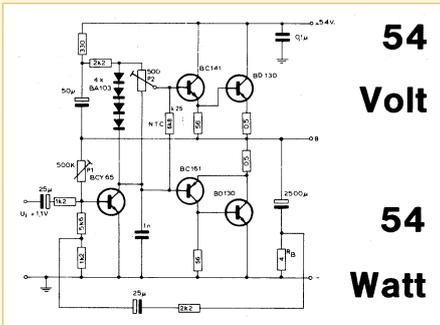


Bild 3. Ganz ohne Namen. Dafür reichten 5 Transistoren für damals hammermäßige 54 W!

zwei aufeinander gestapelte Streichholzschachteln. Hier schließt sich der Kreis zum Edwin von 1970!

Nur einen Haken hat die moderne Technik: Dank konsequenter SMD-Bestückung gäbe es heute mit einem alten 150-W-Lötcolben keine Rettung mehr ;-)

(100185-1)

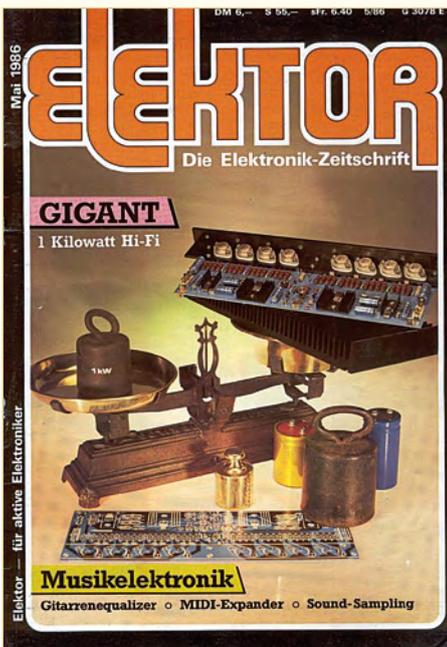


Bild 4. Der Gigant erforderte mehr Aufwand: Für 1 kW Audio waren immerhin zwei mal 20 T, 2 IC, 18 D, 33 C und 56 R notwendig.

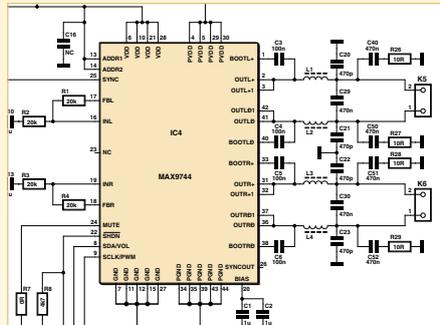


Bild 5. Die Endstufe von Modulo D besteht aus nur einem IC. An den Spulen am Ausgang erkennt man den Klasse-D-Verstärker.

### Literatur:

- [1] Edwin-Verstärker. Elektor Mai 1970, S. 12...19 ([www.elektor.de/40](http://www.elektor.de/40))
- [2] 54 Volt - 54 Watt. Elektor November 1970, S. 122
- [3] Gigant. Elektor Mai 1986, S. 32...37
- [4] Ein Kilowatt HiFi. Elektronik 11/1986, S.213
- [5] Gigant 2000. Februar 1999, S. 16
- [6] Modulo D. Elektor März 2010, S. 52...58

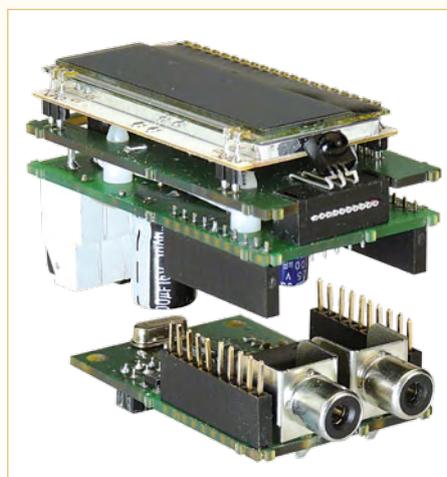


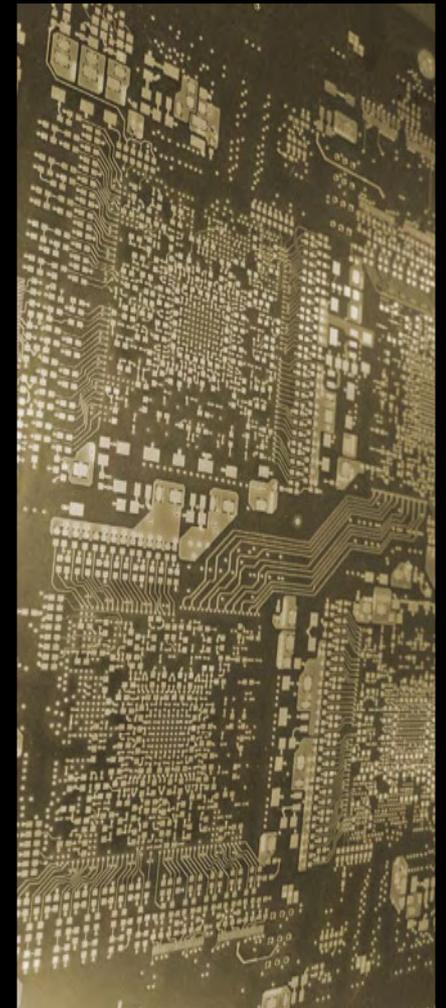
Bild 6. So winzig ist Modulo D: Der recht komplexe Vollverstärker ist ein Sandwich aus drei Platinen plus Display.

# V-PS

gratuiert Elektor zum  
40-jährigen Firmenjubiläum!

Für die Herstellung  
von PCB Prototypen  
und Folgeserien

V-PS.DE



• Zuverlässig  
• Blitzschnell

Lieferung ab  
8 Stunden  
aus Eigener Herstellung

[sales@v-ps.de](mailto:sales@v-ps.de)

V-PS.COM

# Energie aus Internet, Sand, Wasser und Chips

## Nachhaltige Energie & Elektor

Von Wisse Hettinga (Elektor-Redaktion)

Um es klar zu sagen: Zum Thema „nachhaltige Energieversorgung“ hat Elektor nicht unbedingt viel beigetragen. Vielleicht sogar im Gegenteil: Der von uns inspirierte Elektronik-Selbstbau hat durch massiven Lötkolbeneinsatz eher den CO<sub>2</sub>-Ausstoss erhöht. Kann Elektor das je wieder gut machen?

Trotz der eher bescheidenen Beiträge in Sachen Energie und Ökologie heißt das noch lange nicht, dass uns diese Themen egal wären. Schließlich ist man als Teil des Problems auch oft Teil einer Lösung. Und zu Letzterem gehört eine kleine Übersicht über Dinge, die typisch für Elektor sind.

### Bloom Box – Fakt oder Fiktion?

Da hat nicht viel gefehlt und diese Entwicklung wäre glatt an uns vorbei gegangen. Doch haben sich eine Reihe prominenter Zeitgenossen schlau gemacht und dann ordentlich für Publicity gesorgt. Sogar Colin Powell, seines Zeichens Ex-Außenminister der USA, sitzt im Aufsichtsrat dieser Firma und ist mit verantwortlich für eine Produktankündigung, die schon fast Apple-Qualitäten aufweist. Nichts Anderes treibt Gouvernator Arnold Schwarzenegger um, indem er sich für dieses Produkt einsetzt.



Und ganz sicher ist den Leuten von Bloom Energy [1] klar, dass selbst Kritik weitere Aufmerksamkeit für ihre Entwicklungen bringt. Die Bloom Box ist eine Brennstoffzellen-Entwicklung auf der Basis von „Sand“. Und Sand gibt es bekanntlich wie Sand am Meer. Und damit soll man Energie erzeugen können. Korrekterweise ist die Box als „solid oxide fuel cell“ zu bezeichnen. Der „Sand“ wird zu Keramik gebacken, beschichtet, mit Elektroden an den Seiten versehen und fertig ist die kompakte Brennstoffzelle. Kollege Ernst Krempelsauer steckt tiefer drin in dieser Materie und schickte mir daher diese Notiz:

#### Anmerkungen zur Bloom Box:

Die Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) erreicht bisher nur in der Theorie einen Wirkungsgrad von 60 %, den moderne Erdgaskraftwerke mit Turbinen bereits in der Realität erzielen. Beim Betrieb mit Erdgas ergibt sich daher in der CO<sub>2</sub>-Bilanz kein Fortschritt gegenüber konventioneller Technik. Einziger Vorteil: Dezentrale Versorgung und dadurch geringere Leitungsverluste (macht ein paar Prozent aus). Für den Betrieb mit Biogas gilt

im Prinzip das Gleiche, allerdings könnte der Wirkungsgrad der SOFC-Bloombox hier etwas höher sein als der eines konventionellen Biogaskraftwerks **gleicher** Größe.

Ich finde Lösungen mit vielen kleinen Block-Heizkraftwerken (wie zum Beispiel von LichtBlick/VW und Vaillant/Honda) wesentlich intelligenter und effizienter, weil:

- Bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz durch Nutzung der Abwärme mit einem Gesamtwirkungsgrad von über 90 % (eine Abwärmennutzung hat die Bloombox offenbar noch nicht).
- Noch kleinere dezentrale Einheiten (flexibler, versorgungssicherer, kostengünstiger, existierendes Finanzierungsmodell).
- Ausgereifte und langlebige Technik.

Danke für den Hinweis, Ernst. Warten wir es ab...

### Die Schubladen-Batterie

In jedem Elektroniker-Haushalt und oft auch bei Normalbürgern gibt es eine Schublade voller Kram und Gerümpel, in der sich eine ganz besondere Energieform befindet. Daher die Neuschöpfung SB wie Schubladen-Batterie. Diese typischerweise in Küchen angesiedelte unbekannte Energiereserve war nicht von Anfang an da, sondern baute sich langsam auf und wuchs mit der Zeit. SBs sind die vielen alten, vermeintlich leeren Batterien, die man irgendwann einmal zur Entsorgung wegbringen will und die man „bis dahin“ in der Schublade sammelt. Und da Elektor alles interessiert, was mit Strom zu tun hat, tat sich eine Frage auf, die der Erforschung harret: Wie viele und welche Batterien sind wohl in einer typischen Schublade?

Der Besitzer der Schublade bleibt hier anonym. Seine Sammlung nicht: Es fanden sich 25 x AA-, 14 x AAA-, 2 x 9-

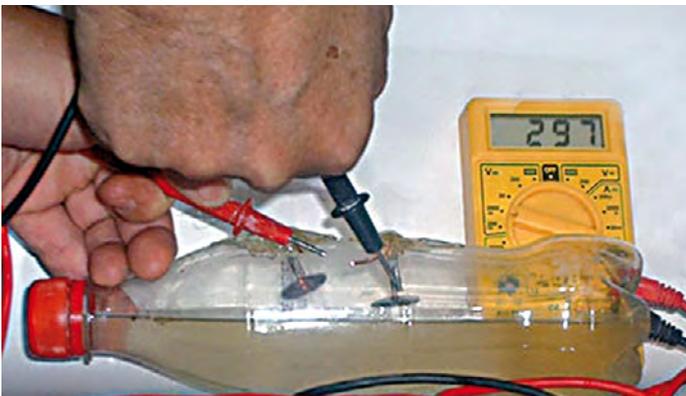


V-, 3 x C- und 14 Knopfzellen beziehungsweise Batterien. Außerdem noch 27 bereits leckende Einheiten, die disqualifiziert wurden. Der Anteil korrodierter Batterien ist ein klares Indiz dafür, dass ihr Herr und Meister schon länger nicht mehr an einer Batteriensammelstelle gesichtet wurde. Deutlich interessanter aber ist die große Quote an Zellen, die dingend auf eine Zweitverwertung warten: In stromsparenden LED-Lämpchen, Uhren oder kleinen selbstgebauten Schaltungen könnten diese SBs durchaus noch ein paar nützliche Elektronen durch Leiter treiben.

### Instant-Strom - nur Wasser zugeben

Die unendliche Keshe-Story [2]. Dieser Mann hat sich die letzten 30 Jahre mit einer großen Vision beschäftigt: Der Erzeugung von Energie aus Nichts! Er heißt Mehran Keshe und seiner Ansicht nach steht der Durchbruch kurz bevor. In den letzten Jahren hatte Elektor mehrfach Kontakt mit Herrn Keshe.

Am einfachsten wäre es, zu schmunzeln und diese Dinge in das Reich der Fabeln und Mythen zu verweisen. Doch dieses Mal bleiben wir rein deskriptiv und überlassen es unseren Lesern, sich ein eigenes Urteil zu bilden:



Die erste Demonstration fand vor drei Jahren in einem Hotel in Antwerpen statt. In einer Colaflasche steckte, was seiner Ansicht nach hinein gehört. Heraus kam eine kleine Spannung. Mittlerweile ist die Technologie natürlich weiterentwickelt. Doch wann ist ein Beweis ein Beweis? Bei seinem letzten Besuch im November 2009 schlugen wir vor, eine LED anzuschließen. Und die LED leuchtete. Sie leuchtete sogar noch einige Wochen danach. Wir hätten eigentlich nur einige Minuten erwartet. Was steckt da dahinter? Wir baten also Herrn Keshe um einen weiteren Besuch. Wir wollten sehen, ob man die „Energiequellen“ in Serie und parallelschalten kann. Man kann. Wir kratzten uns am Kopf.

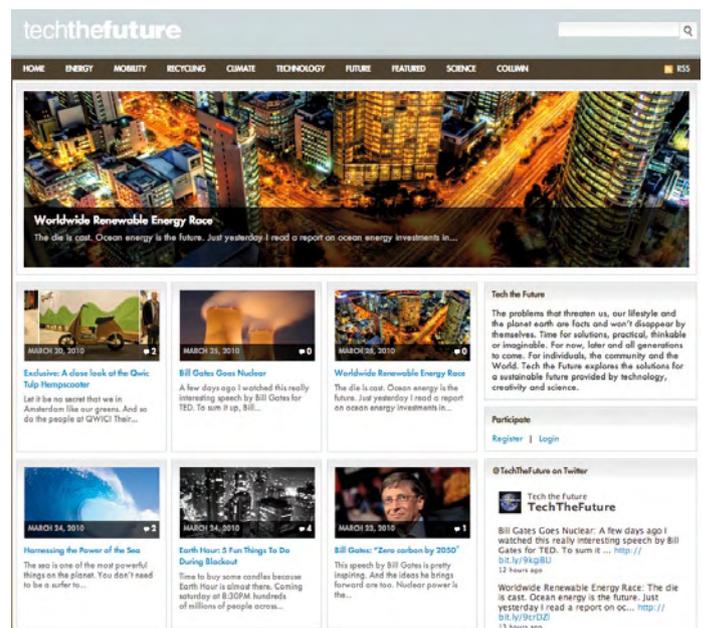
Was sahen wir da eigentlich? Bei den Demonstrationen von Herrn Keshe geht es recht hemdsärmelig zu. Sein Demomodell besteht aus einer Plastikschale, wie man sie für Schrauben oder Bauteile verwendet. Darin finden sich zwei metallische Leiter, wie man sie von Elektrolyseversuchen her kennt. Der Unterschied ist, dass eines der beiden Metalle „speziell bearbeitet“ war. Es braucht nur noch ordinäres Leitungswasser und das Wunder geschieht: Spannung entsteht und

Strom fließt. Immerhin genug, um einen handelsüblichen PC-Ventilator anzutreiben. Nach rund zwei Stunden war die Sache dann zu Ende und der Ventilator blieb stehen. Rund um die Metalle hat sich ein Belag abgesetzt, der dem weiteren Stromfluss wohl nicht gut tat. Laut Herrn Keshe handelt es sich dabei um CO<sub>2</sub>.

Strom aus dem Wasserhahn! In Gedanken konnte man schon sehen, wie man eine Taschenlampe einfach am Wasserhahn „auflädt“. Immerwährende Energie. Zu schön um wahr zu sein, oder? Ein paar Wochen später erhielten wir eine Mail von Herrn Keshe mit einem Foto. Zu sehen: Eine wasserbetriebene Taschenlampe!

### Zukunftstechnologie

Welche Rolle spielt eigentlich Technologie beim großen Thema nachhaltige Energie? Wie fast immer eine Doppelrolle - als Problemursache und Hilfsmittel zur Problemlösung. Techniker wissen, dass beispielsweise die automobilen Fortbewegung mit Hilfe elektrischer Energie gar nicht so einfach ist – man denke nur an die dazu nötige und nicht vorhandene Infrastruktur.



Wie kann Technologie bei solchen Fragen helfen?

Wir haben auch nicht „die Lösung“. Wir denken, dass Information wichtig ist. Wir wollen informieren und Menschen dazu anregen, Fragen zu stellen und gelegentlich um die Ecke zu denken. Und um davon noch etwas mehr zu tun, sind wir eine Kooperation mit der Webseite „Techthefuture.com“ eingegangen...

(100122)

### Links:

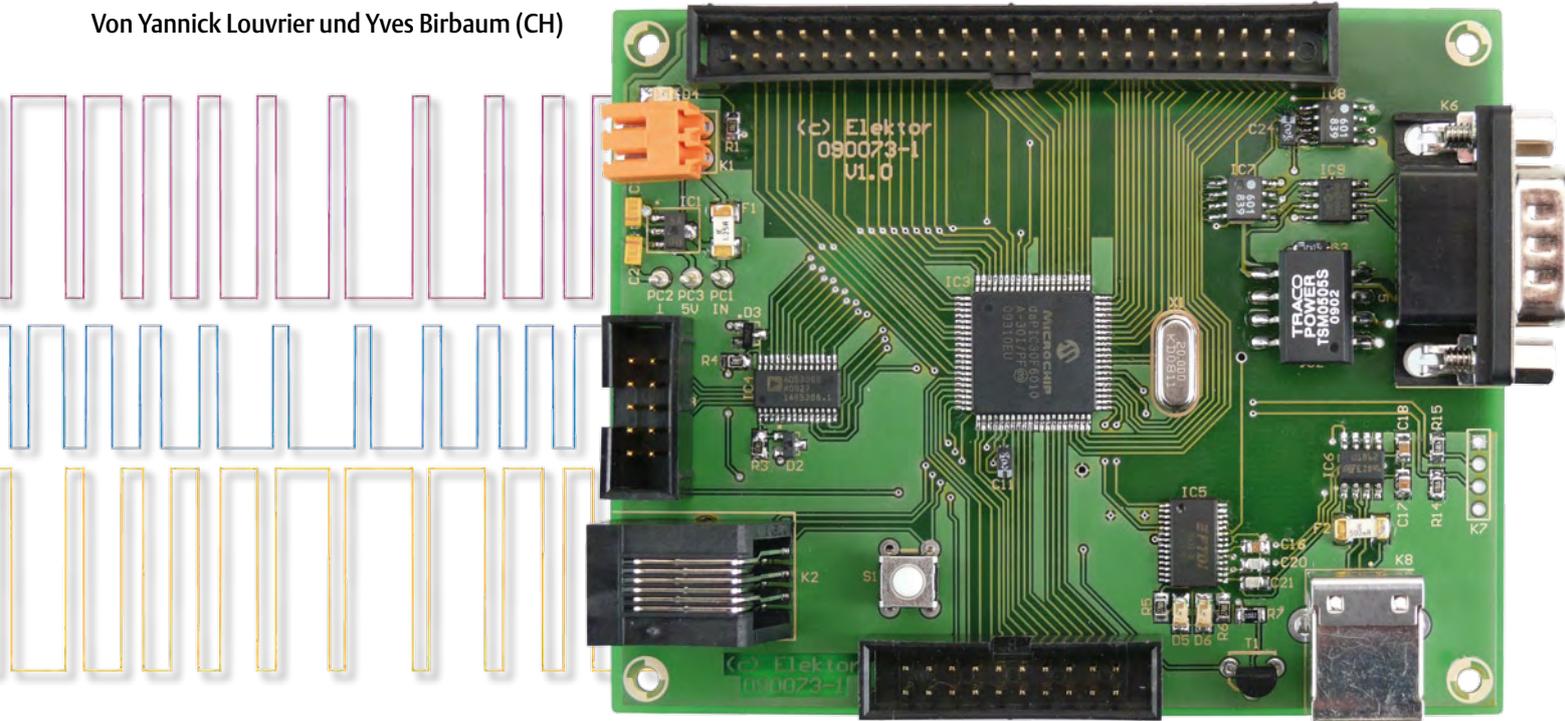
[1] [www.bloomenergy.com](http://www.bloomenergy.com)

[2] <http://keshetechnologies.com>

# dsPIC-Controller-Board

## Für den Einsatz in der Industrie

Von Yannick Louvrier und Yves Birbaum (CH)



Mit dem hier vorgestellten Mikrocontroller-Board kann der Anwender Erfahrungen in typischen Einsatzbereichen der Industrie sammeln. Zu dieser Kategorie zählen industriespezifische Motorsteuerungen ebenso wie die Regelungen statischer Buck- oder Boost-Umformer.

### Eigenschaften

- Universelles Mikrocontroller-Board mit dsPIC30
- Galvanisch getrennter CAN-Bus
- Serielle RS232-Schnittstelle über USB
- 14 analoge Eingänge
- 8 PWM-Ausgänge
- I<sup>2</sup>C-Bus

Ziel war die Entwicklung eines Boards, das möglichst viele Pulsweitenmodulatoren (PWM) bereit stellt, so dass eine größere Anzahl Motoren und statische Umformer gleichzeitig gesteuert werden können. Auf der Wunschliste standen ferner minimale Kosten sowie eine mit dem Lötcolben mögliche Bestückung, also ohne Reflow-Ofen. Mit diesen Vorgaben haben wir das Sortiment von Microchip nach einem Mikrocontroller durchsucht, der sich für unseren Zweck eignet. Die

Typenreihe dsPIC30F ist eine Familie hybrider DSP-Mikrocontroller, die bis zu 30 MIPS verarbeiten. Mit dem 40 bit breiten Arbeitsregister können sowohl Overflow-Operationen als auch Multiplikationen (16 · 16 bit) und Divisionen (32 : 16 bit oder 16 : 16 bit) durchgeführt werden. Diese Eigenschaften favorisieren die Mikrocontroller-Familie dsPIC30F für Anwendungen in der Steuer- und Regelungstechnik. Der schließlich ausgewählte dsPIC30F6010A [2] gewährleistet eine hohe Flexibilität unseres Boards. Dieser Mikrocontroller ist mit 68 Eingangs- und Ausgangsleitungen ausgestattet, er kann acht PWM-Signale gleichzeitig erzeugen. Ferner sind 144 KB Flash-Speicher an Bord, so dass auch komplexe Steuerungen und Regelungen realisiert werden können. Zur Flexibilität tragen ein 16-bit-ADC, acht

Output-compare-Ausgänge, acht Input-capture-Eingänge, zwei UARTs, zwei SPI-Ports, zwei I<sup>2</sup>C-Ports, zwei CAN-Controller und fünf Zähler maßgeblich bei.

Die zugehörige Dokumentation ist umfangreich, sie enthält viele ausgewählte Beispiele für den Einsatz in der Praxis. Ein weiterer Pluspunkt ist die Entwicklungsumgebung MPLAB, die frei von der Microchip-Website [3] heruntergeladen werden kann. Leider ist MPLAB nur für Windows verfügbar. Da die Anwendungen in der Regel komplex und anspruchsvoll sind, bedarf auch MPLAB einer kurzen Phase der Einarbeitung. Andererseits bietet MPLAB viele intelligente Funktionen, zum Beispiel können Befehlsfolgen simuliert werden, und auch die Zeit für die Ausführung von Programmsegmenten wird kalkuliert. Möglicherweise sind solche Tools für erfahrene Entwickler entbehrlich, doch dem weniger Geübten geben sie beim Ein-

stieg in die Mikrocontroller-Programmierung wertvolle Hilfestellung.

Das Funktionsschema des dsPIC-Controllerboard ist in **Bild 1** skizziert. Über einen 50-poligen Steckverbinder sind 43 konfigurierbare Mikrocontroller-Anschlüsse zugänglich, unter ihnen die Leitungen der PWM-Module, die Output-compare-Ausgänge und die Input-capture-Eingänge. Ferner gehören die Anschlüsse der inkrementellen Sensoren dazu, so dass sie unmittelbar mit einem Zähler an Bord des Mikrocontrollers verbunden werden können. Der 50-polige Steckverbinder ist gleichzeitig die Schnittstelle für optionale Hardware-Erweiterungen. Für den Anschluss von 14 analogen Signalen (Bereich 0...5 V), zum Beispiel in Regelsystemen, ist ein zweiter, 20-poliger Steckverbinder vorhanden. Das Board ist ferner mit diversen Kommunikationsschnittstellen wie CAN-Feldbus, UART und I<sup>2</sup>C ausgestattet. Die doppelseitige Platine (Abmessungen 80 mm · 100 mm) ist mit von Hand lötbaren SMD-Bauelementen bestückt.

### Hardware-Details

Nach dieser allgemeinen Beschreibung sollen Schaltung und Funktionen näher betrachtet werden. Wir empfehlen, bei dieser Gelegenheit auch einen Blick in die Dokumentation des dsPIC30F6010A zu werfen, die auf der Website von Microchip [2] verfügbar ist. Die Schaltung des dsPIC-Controller-Board ist in **Bild 2** wiedergegeben. Die meisten Mikrocontroller-Schnittstellen und -Funktionen sind über den breiten Steckverbinder K5 zugänglich und nachfolgend aufgelistet:

- Port A besteht aus digitalen Eingängen und Ausgängen, außerdem können über diesen Port die analogen Spannungspegel der A/D-Wandler eingestellt werden. Zu Port A gehören ferner zwei Eingänge für externe Interrupts (INT).
- Die Leitungen RC13 und RC14 des Port C, über die der zweite Kanal des In-situ-Debuggers (ISD) konfiguriert werden kann. Hier ist auch eine externe Zeitbasis anschließbar, falls eine Real Time Clock (Echtzeituhr) implementiert werden soll.
- Port D, er stellt die Verbindungen zu den acht Input-capture-Modulen und acht Output-compare-Modulen her. Über

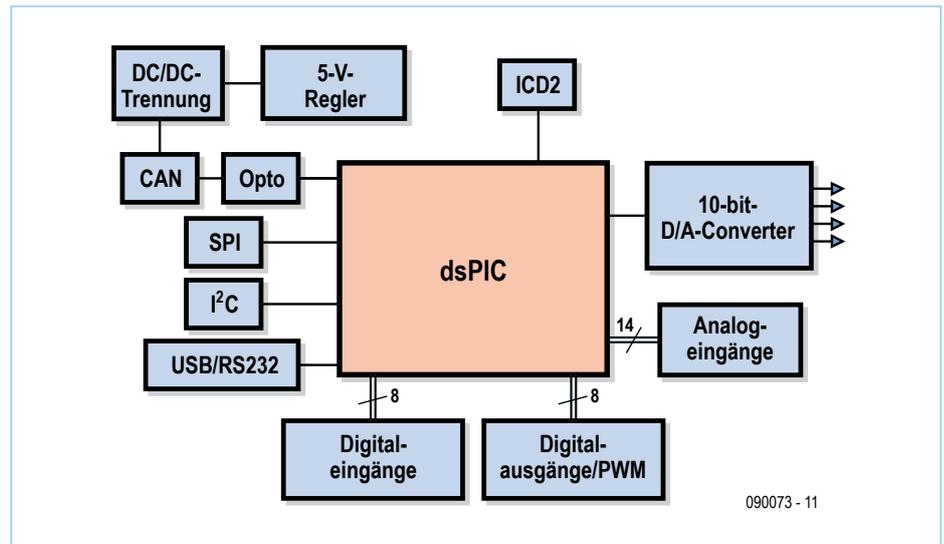


Bild 1. Blockschaltbild des dsPIC-Controllerboards.

das Register können sechs Interrupts programmiert werden, ferner ist hier der dritte Kanal des ISD zugänglich.

- Port E, über den acht PWM-Signale erzeugt werden können. Außerdem sind zwei externe Interruptquellen anschließbar.
- Die Portleitungen RF4...RF8, die in Verbindung mit SPI1, UART2 und ICD-Kanal 4 stehen und zwei weiteren Interruptquellen Zugang verschaffen.
- Die Portleitungen RG0, RG1, RG6...RG8 mit dem CAN-Controller, mit Ausgang SPI2 sowie mit drei Interruptquellen-Anschlüssen.
- Die Leitung MCLR, über diese Leitung kann der Reset des Mikrocontrollers herbeigeführt werden.

Analoge Eingangssignale werden dem Mikrocontroller über Steckverbinder K4 zugeführt, der mit RB2...RB15 verbunden ist. Der Mikrocontroller kann bis zu 14 analoge Signale verarbeiten. Umgesetzt werden die analogen Signale von einem vierkanaligen 10-bit-A/D-Wandler des Typs AD5336. Zu konvertierende digitale Signale gibt der Mikrocontroller über die Leitungen RE0...RE9 aus. Über Leitung RF4 wird das Konvertieren gestartet. Die vier analogen Ausgänge selektiert der Mikrocontroller über die Leitungen RC1...RC3.

Für die Kommunikation über CAN-Busse sind im dsPIC30F6010A zwei CAN-Controller integriert. Gegen Beschädigungen durch Spannungsspitzen auf dem CAN-Bus schützen hier zwei Optokoppler zusammen mit der separaten Betriebsspannung des CAN-Transceivers (IC9). Für den I<sup>2</sup>C-Bus werden lediglich zwei Pullup-Widerstände benötigt,

ihre Werte hängen mit der Übertragungsgeschwindigkeit zusammen. Beim einem Wert von 4,7 kΩ, der für die Widerstände auf dem Board vorgesehen ist, lassen sich theoretisch Geschwindigkeiten bis 100 kbit/s erreichen. Die universellen Einsatzmöglichkeiten werden durch eine USB-Schnittstelle ausgeweitet, die mit dem bekannten FT232RL (IC5) von FTDI realisiert ist. Dort kann beispielsweise ein PC oder Notebook angeschlossen werden. Mit dem notwendigen Treiber, frei herunterladbar von [4], richtet das PC-Betriebssystem einen virtuellen seriellen RS232-Port ein. Die Kommunikation zwischen einem PC-Programm und dem Board findet in gleicher Weise wie über eine RS232-Schnittstelle statt.

Als Betriebsspannung benötigt das Board eine stabilisierte Gleichspannung im Bereich 5...5,5 V. Im Elektor-Labor kam ein Steckernteil von Nokia zum Einsatz, das 890 mA bei 5 V liefert.

### Inbetriebnahme und Programmierung

Das dsPIC-Controller-Board ist unter der Entwicklungsumgebung MPLAB [3] programmierbar. Programme für Mikrocontroller der 16-bit-Familie können mit dem Assembler ASM30 geschrieben werden, der Bestandteil von MPLAB ist. Für das Programmieren in C bietet Microchip den C-Compiler C30 an, auf der Website von Microchip steht er ebenfalls zum freien Download bereit. Die erste Programmierung des dsPIC30F6010A ist nur mit einem geeigneten Programmer möglich, denn mit ihm muss zunächst der Bootloader in den Mikrocontroller geladen werden. Wir haben zusammen mit MPLAB vom Program-

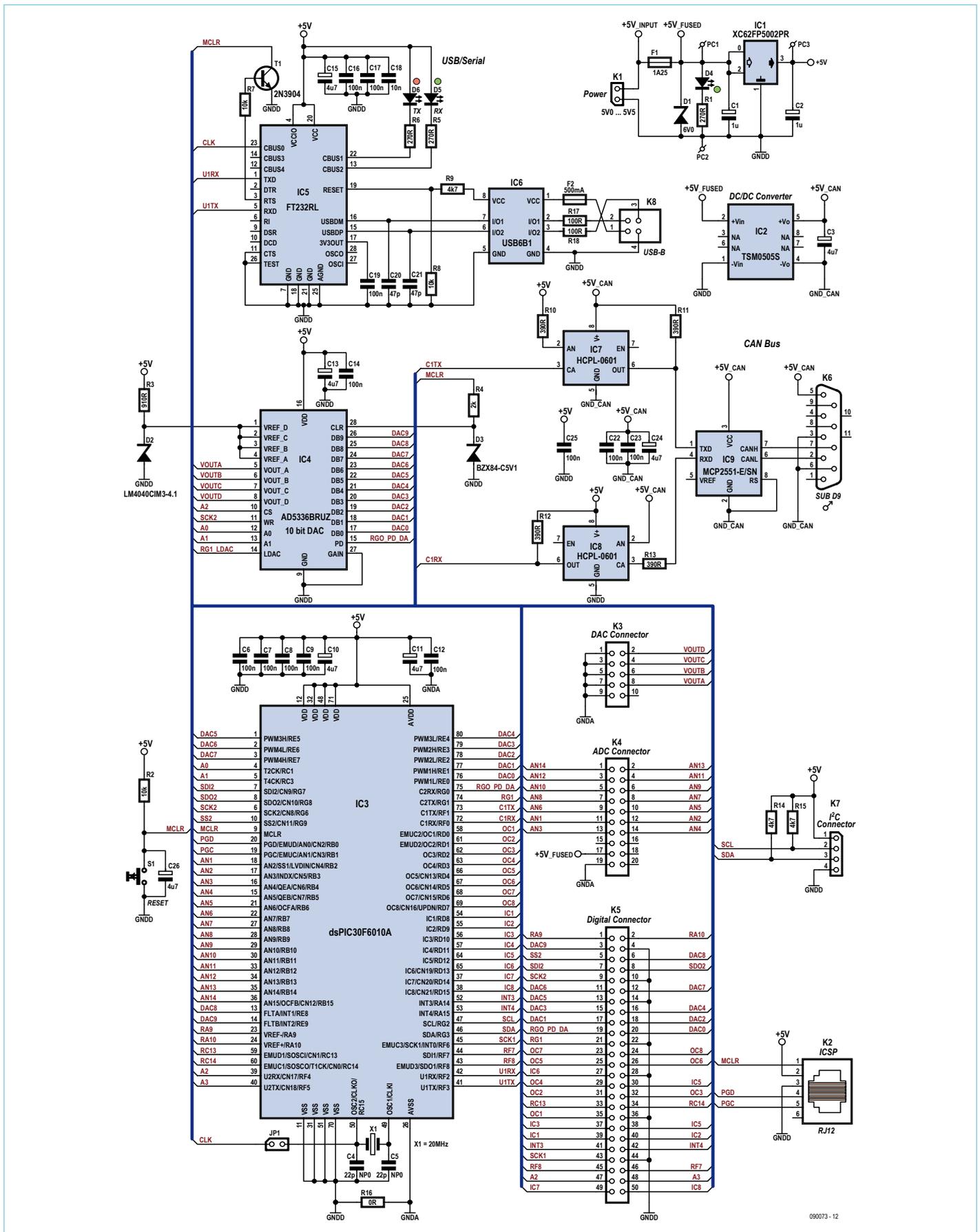


Bild 2. Schaltung des Boards.

## Stückliste

**Widerstände (1%/250 mW, SMD 0805, sofern nicht anders angegeben):**

R1,R5,R6 = 270  $\Omega$   
 R2,R7,R8 = 10 k  
 R3 = 910  $\Omega$   
 R4 = 2k0  
 R9,R14,R15 = 4k7  
 R10...R13 = 390  $\Omega$   
 R16 = 0  $\Omega$ , 1%/125 mW, SMD 0805  
 R17,R18 = 100  $\Omega$

**Kondensatoren:**

C1,C2 = 1  $\mu$ /16 V Tantal, Gehäuse Typ A  
 C3,C10, C11,C13,C15,C24,C26 = 4 $\mu$ /16 V Tantal, Gehäuse Typ A  
 C4,C5 = 22 p, NP0, SMD 0805  
 C6,C7,C8,C9,C12,C14,C16...19,C22,C23,C25 = 100 n, X7R, SMD 0805  
 C20,C21 = 47 p, NP0, SMD 0805

**Halbleiter:**

IC1 = XC62FP5002PR, SOT-89-3 (Torex)  
 IC2 = TSM 0505S DC/DC-Converter, 5 V/1 W (Traco)  
 IC3 = dsPIC30F6010A-30I/PF (Microchip)  
 IC4 = AD5336BRUZ (Analog Devices)  
 IC5 = FT232RL (FTDI)  
 IC6 = USB6B1 (ST Microelectronics)  
 IC7,IC8 = HCPL-0601 (Avago)  
 IC9 = MCP2551-E/SN CAN (Microchip)  
 D1 = SMCJ6V0A (Diode, Fairchild Semiconductor)  
 D2 = LM4040CIM3-4.1/NOPB (National Semiconductor)  
 D3 = BZX84-C5V1 (Z-Diode 5,1 V/250 mW, SOT23, NXP)  
 D4,D5 = LED grün, SMD 1206 (z.B. Farnell)

1226371)

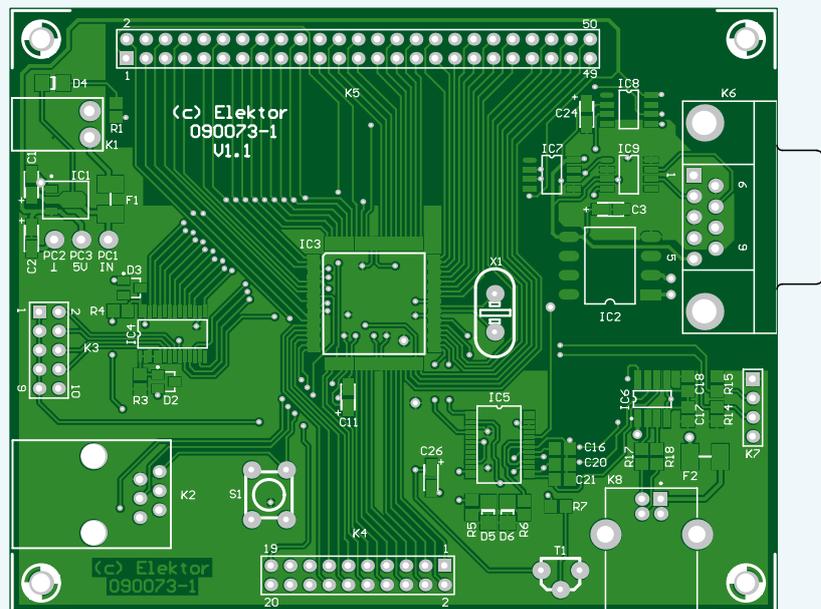
D6 = LED rot, SMD 1206 (z.B. Farnell 1318261)  
 T1 = 2N3904BU (Fairchild Semiconductor)

**Außerdem:**

K1 = Kontaktleiste 2-polig, Raster 3,5 mm, SL 3.5/2/90G (Weidmüller)  
 mit Steckverbinder 2-polig, BL 3.5/2 (Weidmüller)  
 K2 = Buchse RJ12 für Platinenmontage (z.B. Farnell 3938359)  
 K3 = Stiftkontaktleiste 2 - 5-polig  
 K4 = Kontaktleiste 2 · 10-polig, N2520-6002-RB (3M)  
 K5 = Kontaktleiste 2 · 25-polig, N2550-6002-

RB (3M)

K6 = 9-poliger Sub-D-Stecker, abgewinkelt, für Platinenmontage (z.B. Farnell 1097063)  
 K7 = Stiftkontaktleiste 4-polig, Raster 2,54 mm  
 K8 = USB-Buchse Typ B, für Platinenmontage (z.B. Farnell 1308876)  
 F1 = SMD-Sicherung flink, 1,25 A/125 V (z.B. Farnell 1596473)  
 F2 = SMD-Sicherung flink, 500 mA (z.B. Farnell 9922156)  
 S1 = Drucktaster mit Arbeitskontakt (z.B. Farnell 1555982)  
 X1 = Quarz 20.000 MHz, HC-49US Platine 090073-1, siehe [1]



mer ICD2 [5] Gebrauch gemacht, andere geeignete Programmer erfüllen natürlich den gleichen Zweck. Sobald der Bootloader im Speicher des Mikrocontrollers steht, wird der Programmer nicht mehr benötigt. Der Bootloader Tiny PIC, für den wir uns entschieden haben, ist auf der Website von Claudiu Chiculita [6] frei erhältlich. Wir mussten den Quellcode von Tiny PIC an einigen Stellen ändern, um ihn an den dsPIC30F6010A anzupassen. Der modifizierte Bootloader, der den Namen tinybld\_ds6010.s erhielt, gehört zu unserer unter [1] herunterladbaren Projekt-Software. Wichtig ist, dass die Konfigurationsparameter des Mikrocontrollers gemäß den in dieser Datei enthaltenen Informationen eingestellt werden. Im Mikrocontroller hat der Bootloader seinen Platz am Ende des Programmspeichers. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass der Bootloader nicht durch zu lange Anwenderprogramme überschrieben wird. Das Arbeiten mit dem Bootloader setzt den virtuellen RS232-Port auf dem PC vor-

aus, der über eine USB-Verbindung emuliert wird. Nach Installieren des Treibers auf dem PC muss der auf dem Board befindliche FT232RL (IC5) über das Programm MPROG3.0 konfiguriert werden, es wird ebenfalls von FTDI bereitgestellt. Starten Sie das Programm und öffnen Sie die Datei EEPROM-FTDI.ept, die ebenfalls zu unserer Projekt-Software [1] gehört. Sie sehen anschließend die Einstellungen, die für den FT232RL vorgenommen werden müssen (**Bild 3**).

Nachdem der Bootloader in den Mikrocontroller geladen ist und der FT232RL konfiguriert wurde, sind sowohl der Programmer als auch die Entwicklungsumgebung MPLAB entbehrlich. Von nun an wird der Mikrocontroller unter dem Programm tinybldwin programmiert (siehe **Bild 4** sowie [6]). Bevor der Mikrocontroller in den Bootloader-Modus gesetzt werden kann, ist ein Reset auszuführen. Dazu wird Eingang MCLR mit dem Signal RTS des FT232RL über Transistor T1 nach Masse gezogen. Das kann jedoch nur geschehen, wenn die

Option „RTS“ im Programm tinybldwin aktiviert ist. Die Übertragungsgeschwindigkeit muss auf 19200 Baud eingestellt werden, und außerdem muss die virtuelle serielle RS232-Schnittstelle (COM x) selektiert sein. Mit einem Klick auf die Schaltfläche „Check PIC“ kann überprüft werden, ob eine Kommunikation zwischen Mikrocontroller und PC stattfindet.

Ein Programm wird in den Speicher des Mikrocontrollers übertragen, nachdem die zugehörige Hex-Datei geladen ist und die Schaltfläche „Write Flash“ angeklickt wurde. Nach jedem Mikrocontroller-Reset startet zuerst der Bootloader, er wartet 500 ms auf Aktivitäten der seriellen Schnittstelle. Eine Schnittstellenaktivität startet den Programmiermodus, ohne Schnittstellenaktivität wird das Anwenderprogramm abgearbeitet, das aktuell im Speicher des Mikrocontrollers steht.

Das Testprogramm, das zur Projekt-Software [1] gehört, sendet zuerst das ASCII-Zeichen „E“ über den seriellen Port (Einstellungen 19200, n, 8, 1) und erzeugt anschlie-

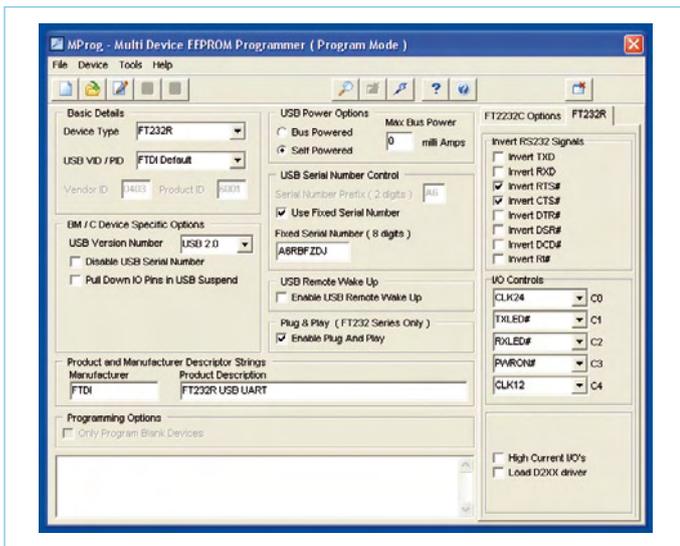


Bild 3. Einstellungen in MPROG zum Programmieren des FT232RL.

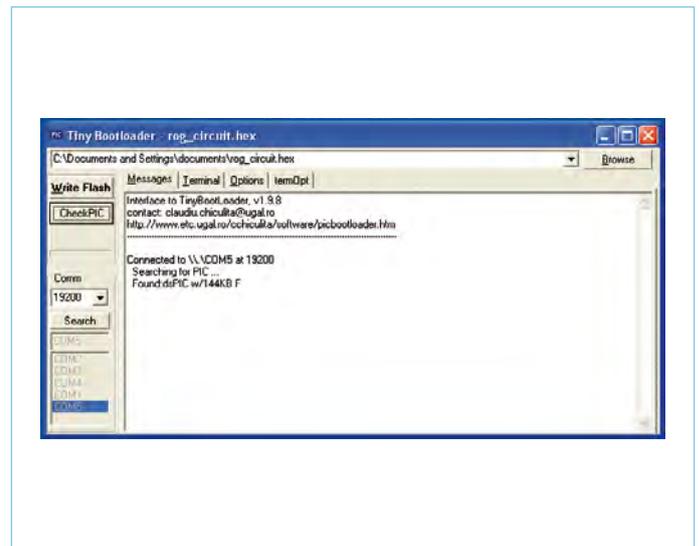
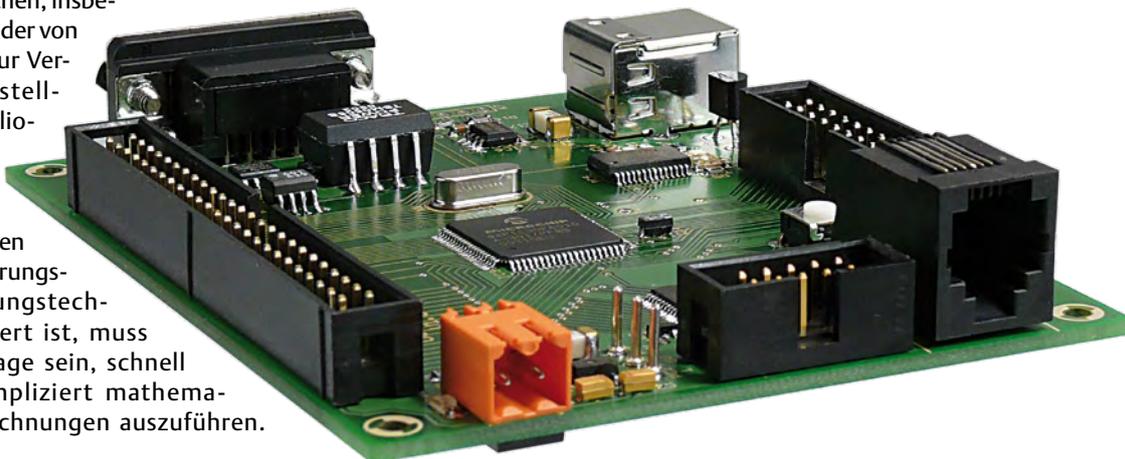


Bild 4. Mit diesem Programm und dem internen Bootloader „Tiny PIC“ können Anwendungen in den Mikrocontroller geladen werden.

ßend Signale für ein „Knightrider“-Lauflicht an den Mikrocontroller-Anschlüssen RD0... RD7. Das Lauflicht wird sichtbar, wenn acht LEDs über 1-k $\Omega$ -Widerstände mit den zugehörigen Pins des Steckverbinders K5 verbunden werden. Die LED-Anoden müssen an +5 V liegen.

Wenn die Inbetriebnahme erfolgreich verlaufen ist, besteht der nächste Schritt darin, sich mit den gebotenen Möglichkeiten vertraut zu machen, insbesondere mit der von Microchip zur Verfügung gestellten DSP-Bibliothek. Da das Board primär für Anwendungen in der Steuerungs- und Regelungstechnik konzipiert ist, muss es in der Lage sein, schnell und unkompliziert mathematische Berechnungen auszuführen.



Die DSP-Funktionen können genutzt werden, nachdem die Bibliothek libdsp-coff.a zu den übrigen Projekt-Bibliotheken (library files) hinzugefügt wurde. Diese Bibliothek ist normalerweise im Pfad C:\Program Files\Microchip\MPLAB C30\lib\ zu finden. Abhängig von der Installation kann der Pfad auch anders lauten.

(090073)gd

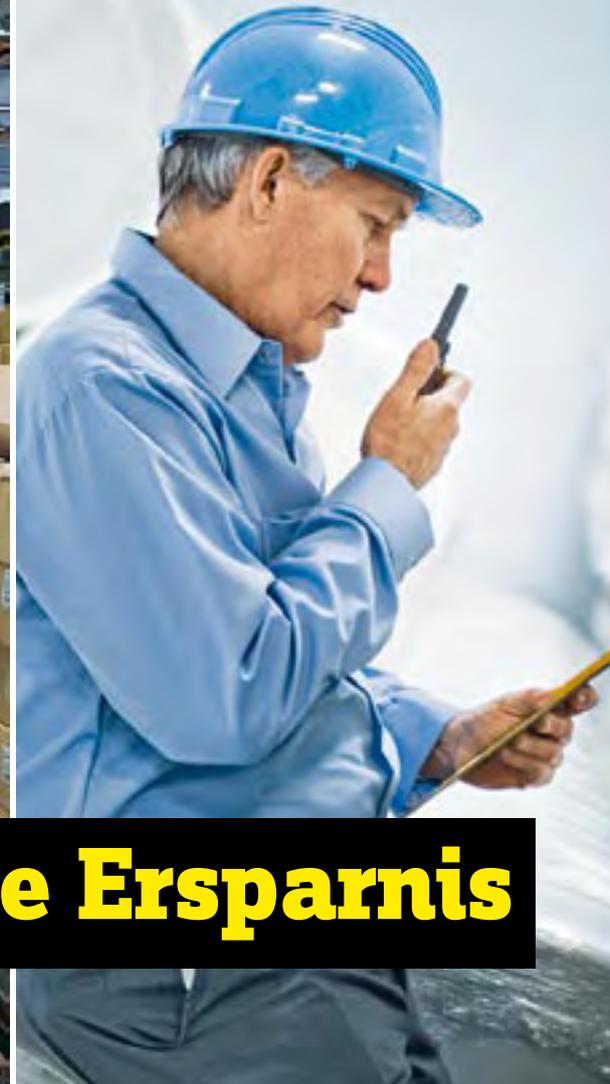
## Weblinks

- [1] [www.elektor.de/090073](http://www.elektor.de/090073)
- [2] [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70150D.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70150D.pdf)
- [3] [www.microchip.com/mplab](http://www.microchip.com/mplab)
- [4] [www.ftdichip.com/FTDrivers.htm](http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm)
- [5] [www.microchip.com/icd2](http://www.microchip.com/icd2)
- [6] [www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm](http://www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm)

## Festkomma-Zahlen

Innerhalb der Bibliothek und beim Durchführen schneller Berechnungen mit 16-bit-Registern wendet Microchip Festkomma-Zahlen in der „1.15“-Notation an. Mit ihr können Werte zwischen -1 und  $1-2^{-15}$  (0,999969482) dargestellt werden. Beispielweise ist -1 gleich bedeutend mit 0xFFFF,  $1-2^{-15}$  wird als 0x7FFF dargestellt und der Wert 0x0001 bedeutet  $2^{-15} = 1/32768$ . Der Vorteil dieses Zahlenformats liegt darin, dass bei Multiplikationen kein Overflow auftritt. Die Multiplikation von zwei Zahlen, deren Werte zwischen -1 und  $1-2^{-15}$  liegen, ergibt ebenfalls eine Zahl zwischen -1 und  $1-2^{-15}$  (mit Ausnahme von  $-1 \cdot -1$ ). Multiplikationen dezimaler Zahlen können schnell und einfach mit der Funktion „mpy“ der DSP-Bibliothek durchgeführt werden.

# Unser großes Lager,



# Ihre große Ersparnis

Conrad hat über 150.000 Artikel für Sie auf Lager, damit Sie keines mehr brauchen. Denn weniger Lagerraum bedeutet weniger Prozesskosten. Darum bieten wir Ihnen mehr Raum für neue Ideen im Business. Bei uns finden Sie alles für jede Branche - jederzeit verfügbar in unserem Business-Onlineshop unter: [www.conrad.biz](http://www.conrad.biz) - alles, einfach, schnell.



Katalog  
**jetzt**  
anfordern!

**CONRAD**  
Voller Ideen

# Regelung für Solar-Warmwasseranlagen

## Energiegewinnung auf hohem Niveau



Von Yves Birbaum (CH)

Wir stellen ein Regelungssystem für Solar-Warmwasseranlagen vor, das für den Betrieb mehrerer, auch räumlich verteilter Solarkollektoren konzipiert wurde. Ferner kann das Warmwasser in zwei oder mehr Vorratsbehältern erwärmt und bereit gehalten werden, was das Steuern diverser Ventile und Pumpen notwendig macht.

## Die Hardware ist für Steuer- und Regelungsaufgaben universell einsetzbar.

Die in Fachmärkten angebotenen Regelungssysteme für Solar-Warmwasseranlagen wurden in der Regel für den Einsatz mit einem oder zwei Solarkollektoren entwickelt (**Bild 1**). Für den Betrieb in anders konfigurierten Anlagen sind sie normalerweise nicht geeignet. Das können zum Beispiel Anlagen mit drei Solarkollektoren sein, und auch zwei durch Ausgleichsleitungen verbundene Vorratsbehälter sind denkbar.

Das hier beschriebene Regelungssystem ist für den Einsatz in komplexen Anlagen ausgelegt, es lässt sich auch in vorhandene Heizungs- oder Warmwasserinstallationen integrieren. Die aufgefangene Solarenergie wird hoch effizient genutzt. Das Regelungssystem blockiert den Einsatz konventioneller Energien (Strom oder Gas), solange die von der Sonne gelieferte Energie ausreicht. Regelungssysteme in Solar-Warmwasseran-

lagen schalten ihre Umlaufpumpen abhängig von den Temperaturdifferenzen, die zwischen den Solarkollektoren und dem Vorratsbehälter gemessen werden. Die thermische Energie, die von den Solarkollektoren zum Vorratsbehälter transportiert wird, ist gleich der aufgefangenen Solarenergie abzüglich der Verluste infolge Konvektion und Strahlung sowie der Verluste des Wärmetauschers und des Vorratsbehäl-

## Eigenschaften

- Universelle Steuerplatine
- 10 Ausgänge 230 V/1,2 A
- 10 digitale Ein- und Ausgänge (5 V)
- LC-Display (Standard-Typ)
- 5 Drucktaster
- Digitales Potentiometer

ters. Das hier vorgestellte Regelungssystem sorgt dafür, dass stets die maximale Energiemenge von den Solarkollektoren zum aufzuheizenden Wasser im Vorratsbehälter transportiert wird. Das Konzept ist auch unter der Bezeichnung „Maximum Power Point Tracking“ (MPPT) bekannt. Die Temperatur an den Anschlüssen des Wär-



metauschers wird über den Durchfluss so gesteuert, dass der Wärmetauscher die maximale Energiemenge an das Brauchwasser überträgt. Die Größen, die in die Regelung eingehen, sind die Temperatur an den Solarkollektoren, die Temperatur des Brauchwassers, die Temperaturdifferenz der Wärmetauscher-Flüssigkeit am Eingang und Ausgang des Vorratsbehälters sowie der Durchfluss der Wärmetauscher-Flüssigkeit. Die zum Vorratsbehälter transportierte Energie ist gleich dem Produkt aus dem Durchfluss in kg/s, der äquivalenten Wärmemenge und der Temperaturdifferenz zwischen der erwärmten einströmenden und abgekühlten ausströmenden Wärmetauscher-Flüssigkeit. Das Regelungssystem steuert den Arbeitspunkt des Systems in der Weise nach, dass zum Vorratsbehälter die maximale Energiemenge übertragen wird. Der Durchfluss der Wärmetauscher-Flüssigkeit wird angepasst, indem man eine variable Menge über ein Dreiwegventil vom Pumpenausgang zum Pumpeneingang zurückführt.

### Hardware

Zentraler Baustein des Regelungssystems ist das dsPIC-Controller-Board mit dem Mikrocontroller dsPIC30F6010A, das an anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe beschrieben wird. Auch weniger leistungsstarke Mikrocontroller wären den hier gestellten Aufgaben

gewachsen, denn es müssen keine mathematischen Operationen durchgeführt werden, für die ein DSP erforderlich wäre. Das dsPIC-Controller-Board bot sich an, weil es vergleichsweise kostengünstig ist und die Basis vieler anderer zukünftiger Projekte bilden kann. Die Platine der Regelung wurde so entworfen, dass sie als universell einsetzbares Regelungssystem verwendbar ist. Vorhanden sind zehn digitale Ein- und Ausgänge (0 V/5 V), ein vierzeiliges LC-Display (4 · 20 Zeichen), fünf Taster für die Auswahl von Menü und Funktionen sowie zehn Ausgänge, an denen die geschaltete Netzspannung 230 V liegt. Aus Bild 2 sind die Schaltdetails ersichtlich. Die 230-V-Ausgänge werden von Halbleiter-

Relais geschaltet, in denen Optokoppler und Triacs integriert sind. Der Mikrocontroller steuert die LEDs der Optokoppler über TTL-Inverter mit offenen Kollektor-Ausgängen. Die Leitungen, die zu den zu schaltenden Aggregaten führen, sind durch 1-A-Sicherungen geschützt. Der Durchflussmesser stammt aus dem Programm des Techniksportimenters Conrad [2] (Bestellnummer 150175). Die Durchflussmenge kann 0,5...50 l/min betragen, die Anzahl der Impulse beträgt 80/l. Die Impulse steuern den digitalen Eingang RC14/T1CK des Mikrocontrollers, der intern unmittelbar mit einem Zähler gekoppelt werden kann. Für die Temperatursensoren wurde der Typ DS18B21 von Maxim/Dallas gewählt, der Temperaturen im Bereich -55...+125

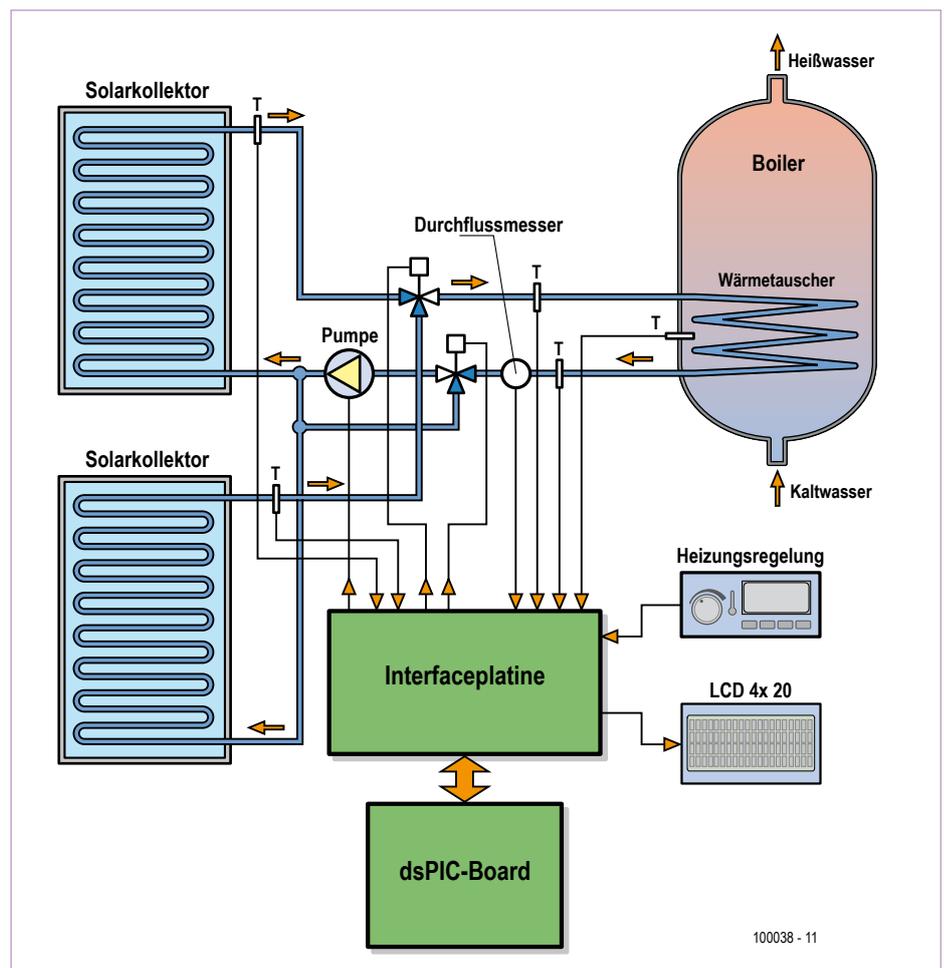


Bild 1. Solar-Warmwasseranlage mit zwei Solarkollektoren. Die Regelung kann auch komplexere Systeme steuern.

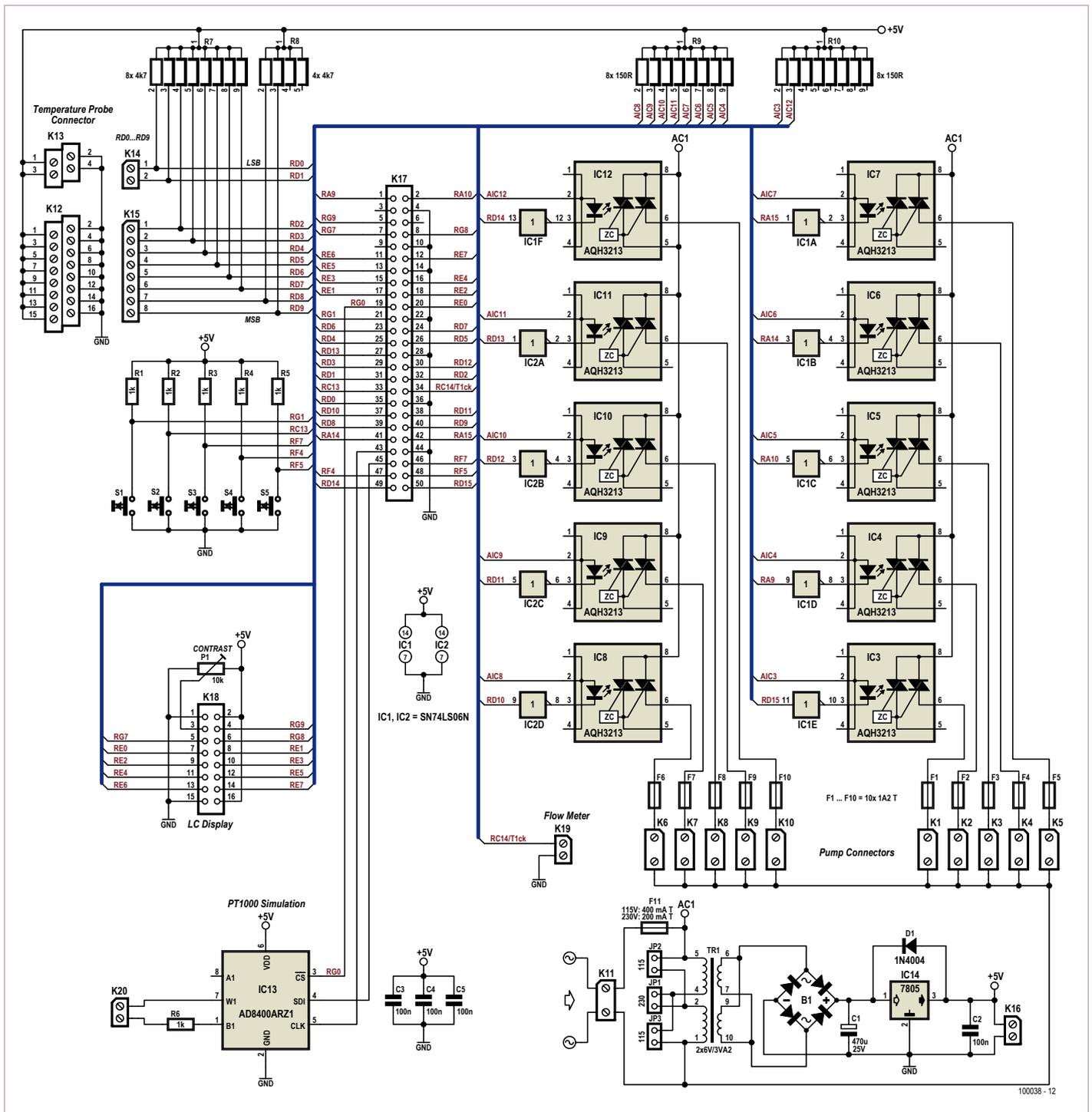


Bild 2. Schaltung der Regelung (ohne dsPIC-Controller-Board). Die Hardware ist überall dort universell einsetzbar, wo 230-V-Aggregate geschaltet werden müssen. Die Regelung der Solar-Warmwasseranlage ist lediglich ein Beispiel.

°C misst und die Ergebnisse als 8-bit-Zahl über seinen Eindraht-Bus ausgibt. Auf den ersten Blick mag es Zweifel an der Eignung von Halbleiter-Tempersensoren für Solar-Warmwasseranlagen geben. Die Temperaturen können bis auf über 200 °C ansteigen, falls bei starker Sonneneinstrahlung

der Flüssigkeitskreislauf zum Stillstand kommt. Für Systeme, bei denen die Umlaufpumpe bei Sonneneinstrahlung immer eingeschaltet ist, ergibt sich dieses Problem nicht. In solchen Systemen können gefährlich hohe Wassertemperaturen nicht auftreten, weil die überschüssige Wärme von

Radiatoren abgeführt oder der Gebäude- oder Schwimmbadheizung zugeführt wird. Eindraht-Tempersensoren mit digitaler Ausgabe haben den Vorteil, dass sie unmittelbar mit beliebigen Mikrocontroller-Portleitungen verbunden werden können. Im Übertragungsprotokoll des Eindrahtbus

## Stückliste

### Widerstände:

- R1...R5 = 1 k, 1 %/250 mW, SMD 0805
- R6 = 1 k, 5 %/250 mW
- R8 = SIL-Array 4 · 4k7
- R7 = SIL-Array 8 · 4k7
- R9,R10 = SIL-Array 8 · 150 Ω

### Kondensatoren:

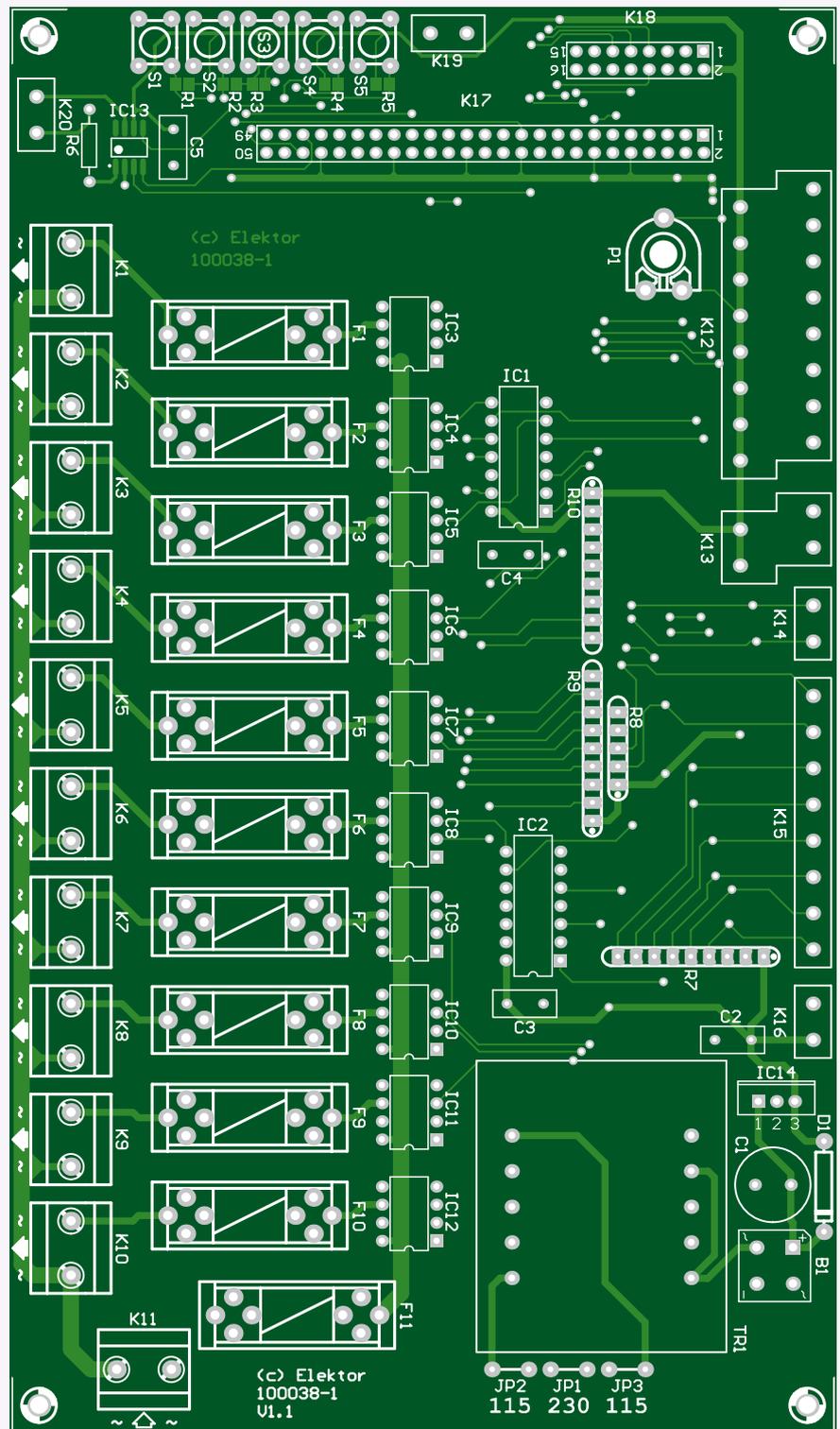
- C1 = 470 μ/25 V stehend, Ø 10 mm
- C2...C5 = 100 n, Raster 5 mm

### Halbleiter:

- IC1,IC2 = SN74LS06N (Texas Instruments oder Äquivalent)
- IC3...IC12 = Halbleiter-Relais AQH3213 (Panasonic)
- IC13 = AD8400ARZ1 (Analog Devices)
- IC14 = 7805
- B1 = Brückengleichrichter 1,2 A/100 V, 1KA-B10EPBF (Vishay)
- D1 = 1N4004

### Außerdem:

- F11 = Sicherung 200 mA/250 V träge, 5 · 20 mm
- F1...F10 = Sicherung 1,2 A/250 V träge, 5 · 20 mm
- K1...K11 = Schraubklemmverbinder 2-polig, Raster 7,5 mm
- K12 = Schraubklemmverbinder 8-polig, zwei Ebenen, MKKDSN 1,5/8-5,08 (Phoenix Contact)
- K13 = Schraubklemmverbinder 2-polig, zwei Ebenen, MKKDSN 1,5/2-5,08 (Phoenix Contact)
- K14,K16,K19,K20 = Schraubklemmverbinder 2-polig, Raster 5,08 mm (z.B. Farnell 3041440)
- K15 = Schraubklemmverbinder 8-polig, Raster 5,08 mm (z.B. Farnell 3041517)
- K17 = Steckverbinder 2 · 25 Kontakte, N2550-6002-RB (3M)
- LCD1 = LC-Display alphanumerisch vierzeilig, 4 · 20 Zeichen (EPS 050176-73)
- P1 = Trimpoti 10 kΩ, liegend
- S1...S5 = Drucktaster mit Arbeitskontakt
- TR1 = Netztrafo, sekundär 2 · 6 V, 3,2 VA (z.B. Farnell 1131487)
- 11 Sicherungshalter 5 · 20 mm (z.B. Farnell 146123)
- 10 IC-Fassungen DIL-8
- 2 IC-Fassungen DIL-14
- Platine 100038-1, siehe [1]



ist fest gelegt, dass das sendende System die Eindrahtleitung für bestimmte kurze oder lange Zeit nach Masse ziehen muss, damit das empfangende System eine 0 oder 1 erkennt. Die Kommunikation wird vom Master, dem Mikrocontroller initiiert. Im Anschluss an das Kommando, den

Temperaturmesswert auszugeben, sendet der DS18B21 den Wert bitweise zum Mikrocontroller. Nach jedem Bit zieht der Mikrocontroller die Busleitung kurz auf Null und signalisiert damit, dass das nächste Bit ausgegeben werden kann. Der Eindraht-Bus wurde hauptsächlich entwickelt, um

Sensoren kostensparend über eine einzige Daten-Leitung (Data) in Verbindung mit zwei weiteren Leitungen (Masse und +5 V) anschließen zu können. Die Pullup-Widerstände der Data-Leitungen haben in der Schaltung den empfohlenen Wert von 4,7 kΩ. Bei Kabeln über 15 m Länge muss

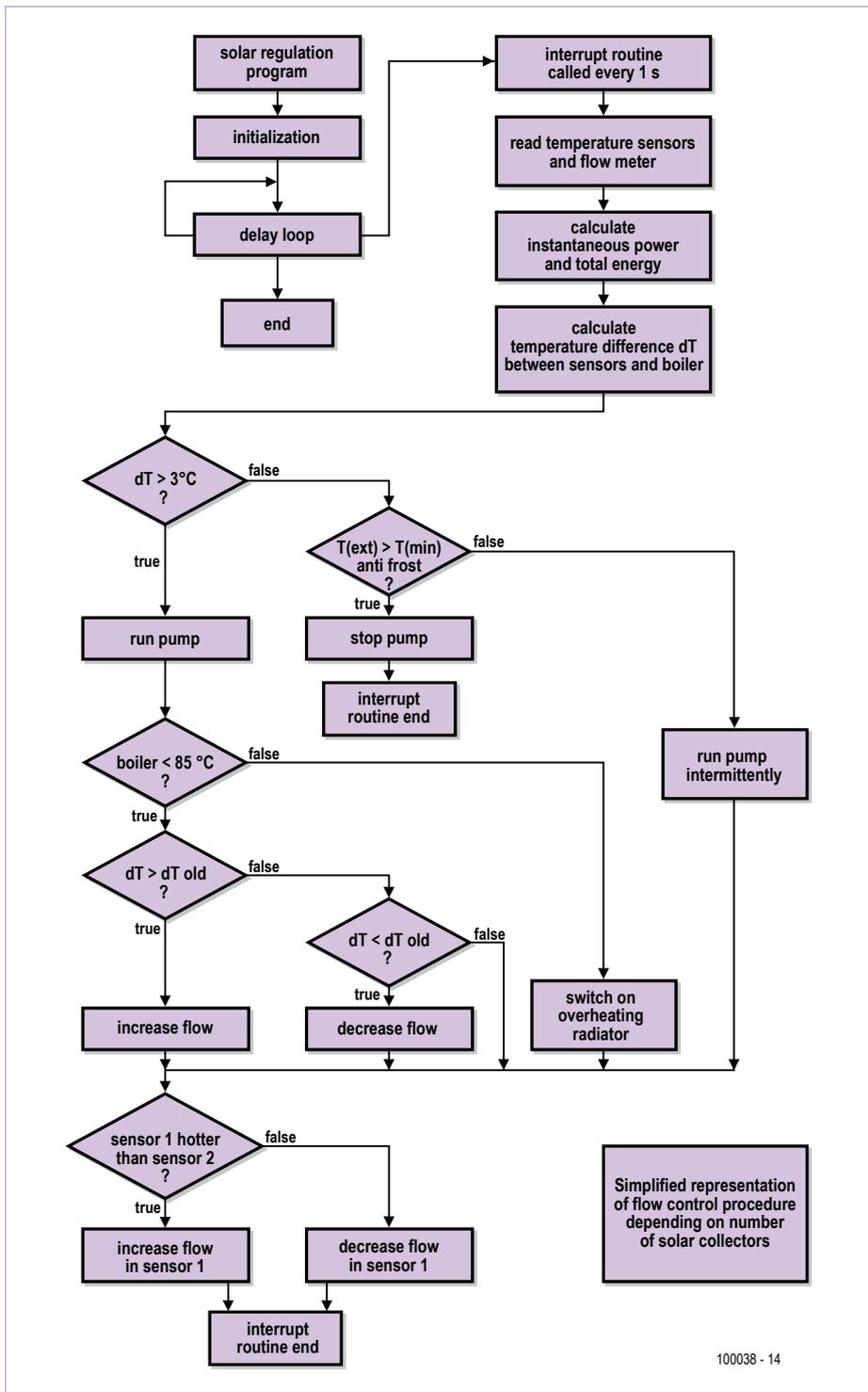


Bild 3. Flussdiagramm des Mikrocontroller-Programms, das die Regelung der Solar-Warmwasseranlage steuert.

der Wert wegen der Kabelkapazität auf etwa 2 kΩ verringert werden. Das digitale Potentiometer AD8400 von Analog Devices (IC13) dient dazu, einen PT1000-Temperatursensor zu simulieren. Die Regelungen vieler Heizungsanlagen können zwar mit einfachen Solar-Warmwas-

seranlagen gekoppelt werden, zum Steuern eines komplexen Solar-Warmwassersystems ist jedoch eine eigene Regelung notwendig. In solchen Fällen wird der AD8400 anstelle des üblichen PT1000 mit der Regelung der Heizungsanlage verbunden. Das simulierte Signal verhindert das Einschalten der Hei-

zung, solange die Solarkollektoren ausreichende Wärmemengen liefern.

Auf dem dsPIC-Controller-Board befindet sich ein 20-poliger Steckverbinder, dessen Kontakte mit den analogen Eingängen des Mikrocontrollers verbunden sind. Bei Bedarf können an diese Eingänge standardisierte analoge Temperatursensoren angeschlossen werden. Dadurch ist das System in der Lage, sowohl mit digitalen als auch mit analogen Temperatursensoren zu arbeiten.

In der hier beschriebenen Ausbaustufe misst das System die Temperaturen von drei Solarkollektoren, die Temperaturen am Brauchwasser-Zufluss und -Abfluss des Vorratsbehälters, die Temperaturen der zu- und abfließenden Wärmetransport-Flüssigkeit im Solarkollektor-Kreislauf sowie die Umgebungstemperatur.

Das Auswerten der Umgebungstemperatur verhindert, dass die Wärmetransport-Flüssigkeit bei winterlichen Kältegraden einfriert. Wenn die Umgebungstemperatur unter den vom Frostschutzmittel bestimmten Wert sinkt, geht die Umlaufpumpe in den intermittierenden Betrieb über (10 s ein, 30 s aus). Dadurch wird dem Einfrieren der Leitungen vorgebeugt, die Anlage ist winterfest.

Das vierzeilige LC-Display gibt Auskunft über die Temperaturen der Solarkollektoren, des Brauchwassers im Vorratsbehälter, der Wärmetauscher-Flüssigkeit und der Umgebungsluft. Angezeigt werden auch der Durchfluss im Wärmetauscher-Kreis und die von den Solarkollektoren abgegebene Leistung. Die Summe der Energie, die bisher von den Solarkollektoren zum Wärmetauscher im Vorratsbehälter transportiert wurde, ist ebenfalls abrufbar.

Mit den fünf Tastern können die Betriebsarten des Regelungssystems gewählt werden:

- Die Betriebsart „Automatik“,
- die Betriebsart „Überschussradiator/Schwimmbadheizung“, hier öffnet das Ventil, das diesen Teil der Anlage in Betrieb setzt,
- die Betriebsart „Umlaufpumpen-Test“, zur Funktionskontrolle werden die Umlaufpumpen für 30 Sekunden eingeschaltet.

Wenn die Brauchwasser-Temperatur in der Betriebsart „Automatik“ über 85 °C steigt, schaltet die Regelung in die Betriebsart

„Überschussradiator/Schwimmbadheizung“. Die Wärmetauscher-Flüssigkeit wird dann über das Dreiwegventil zum Wärmetauscher des Schwimmbads oder zum Überschussradiator umgeleitet. Diese Betriebsart wird beibehalten, bis das Brauchwasser im Vorratsbehälter der Warmwasser-Versorgung die Temperatur 85 °C unterschreitet. Die Regelung, die im Wesentlichen aus dem dsPIC-Board, den Temperatursensoren, den 230-V-Opto-Relais und dem LC-Display besteht, bezieht ihre Betriebsspannung von einem Netztrafo 2 · 6 V/3,5 VA, gefolgt von einem Brückengleichrichter, einem Glättungselko und einem 5-V-Spannungsregler.

### Software

Das Mikrocontroller-Programm wurde für die Regelung einer Solar-Warmwasseranlage mit drei Solarkollektoren geschrieben. Zwei Kollektoren haben ihren Platz

wird durch Interrupts unterbrochen, die Interrupts werden von Timer 2 generiert. Die Initialisierungsroutine ist so gestaltet, dass das Programm mit wenig Mühe an andere Systemkonfigurationen angepasst werden kann. Änderbar sind beispielsweise die Parameter der Eingänge und Ausgänge, die Eigenschaften der Zähler, die Interrupts und die Arbeitsweise der A/D-Wandler. Zur Interruptroutine, in der die Funktionen der Regelung stehen, verzweigt das Programm einmal in der Sekunde. Da sich die Sonneneinstrahlung naturgemäß nur langsam ändert, ist keine schnelle Regelung notwendig. Einmal in der Sekunde werden die Temperaturen gemessen und die wichtigen Kontrollen durchgeführt. Der Wärmetauscher-Durchfluss und die Ventile werden nur einmal in 30 Sekunden angepasst. Die Verzögerung gibt dem System Gelegenheit, das Gleichgewicht wieder herzustellen, bevor die nächste Anpassung vorgenommen wer-

Bei hohem Durchfluss sinken die Temperaturen der Solarkollektoren. Die niedrigsten Verluste treten auf, wenn die Temperaturdifferenzen zwischen den Solarkollektoren und dem Brauchwasser 5...10 °C betragen. Die optimale Einstellung des Arbeitspunkts ist insbesondere bei diffusem Sonnenlicht von Bedeutung. Wenn der Durchfluss hoch ist, sinken die Temperaturen der Kollektoren schnell unter den Wert, bei dem die Pumpe eingeschaltet wird. Die erwärmte Wärmetauscher-Flüssigkeit kühlt dann im Rohrnetz ab. Der Durchfluss muss so eingestellt werden, dass möglichst wenige Unterbrechungen im Wärmetauscher-Kreislauf auftreten. Bei starker Sonneneinstrahlung nähert sich der Durchfluss seinem Maximum.

Die Regelung überwacht auch die Temperatur des Brauchwassers. Sobald der maximale Wert erreicht ist, wird das Ventil eingeschaltet, das die Wärmetauscher-Flüssigkeit zur

## Die transportierte Wärmemenge wird über den Durchfluss der Wärmetauscher-Flüssigkeit gesteuert

auf dem flachen Dach eines Carports an der Südseite des Hauses, der dritte Kollektor befindet sich auf dem Hausdach an der Westseite. Die Sonne scheint vormittags auf den Carport, ungefähr ab Mittag liegt der Carport im Hausschatten. Im Sommer kehrt die Sonne im Lauf des Tages zum Carport zurück, da sie dann höher steht. Der Kollektor auf dem Hausdach wird vom späten Vormittag bis zum Sonnenuntergang von der Sonne beschienen. Die beiden Kollektoren auf dem Carport sind in Reihe geschaltet, ihre Temperaturen werden von zwei Sensoren gemessen. Damit wird verhindert, dass die Temperatur eines Kollektors unzulässig ansteigt, während der andere Kollektor bereits im Schatten liegt. Ein weiterer Sensor misst die Temperatur des Kollektors, der auf dem Hausdach an der Westseite angebracht ist.

Wie aus dem Flussdiagramm in **Bild 3** hervorgeht, startet das Programm mit der Initialisierung des Mikrocontrollers und der Variablen. Die Hauptprogramm-Schleife

den kann. Die Interruptroutine ermittelt die Temperaturen der Solarkollektoren und den Durchfluss im Wärmetauscher-Kreis. Ferner wird die aktuell von der Sonne an die Anlage abgegebene Leistung berechnet, und die Gesamtsumme der aus der Sonne gewonnenen Energie wird auf den aktuellen Stand gebracht.

Die Temperaturdifferenzen zwischen den Solarkollektoren und dem Brauchwasser im Vorratsbehälter bestimmen, wann die Umlaufpumpe im Wärmetauscher-Kreislauf eingeschaltet wird. Das geschieht, wenn eine Differenz mehr als 3 °C beträgt. Das Dreiwegventil, das die Wärmetauscher-Flüssigkeit auf die Carport-Kollektorgruppe und den Kollektor auf dem westlichen Hausdach verteilt, wird über die Temperaturdifferenzen der Kollektoren gesteuert. Die Regelung ist bestrebt, die drei Kollektoren auf gleichen Temperaturen zu halten.

Der Transport der maximalen Energiemenge wird durch Steuern des Durchflusses im Wärmetauscher-Kreis erreicht.

Schwimmbadanlage oder zum Überschussradiator umleitet. Wenn die Sonne nicht scheint, ist das Ventil ebenfalls aktiviert. Auf diese Weise wird die Strömung unterbunden, die zum Beispiel nachts zwischen der Warmwasserversorgung und den Solarkollektoren infolge der Thermosiphon-Wirkung auftreten kann.

Falls die Umgebungstemperatur unter die vom Frostschutzmittel im Wärmetauscher-Kreislauf vorgegebene Temperatur sinkt, schaltet die Regelung die Umlaufpumpe intermittierend ein, so dass die Wärmetauscher-Flüssigkeit nicht einfriert. Die Flüssigkeit zirkuliert dann zwischen dem Wärmetauscher des Schwimmbads oder dem Überschussradiator. Auf diese Weise wird verhindert, dass das durch andere Energien erwärmte Brauchwasser abkühlt.

(100038)gd

### Weblinks

[1] [www.elektor.de/100038](http://www.elektor.de/100038)

[2] [www.conrad.de](http://www.conrad.de)

# Auto-Balancer

## Automatisches Balancing von Mehrzellen-LiPo-Akkus

Von Dr. Thomas Scherer (D)



Von Lithium-Akkus hat jeder Elektroniker schon gehört. Dass sie leicht sind und viel Leistung bieten, hat sich herumgesprochen. Dass sie empfindlich sind und gelegentlich thermisch überreagieren und sogar abfackeln, ist auch noch in Erinnerung. Doch was ist 2s, 3s, 4s – und was muss man da „balancieren“? Dieses Projekt zeigt, worum – und wie – es geht.

Akkus auf der Basis des Alkalimetalls Lithium glänzen mit hoher Leistungsdichte, hoher Energiedichte, niedriger Selbstentladung und in der Regel auch Schnellladefähigkeit. Leider ist das Laden und vor allem der sichere Betrieb solcher Akkus fast eine Wissenschaft für sich.

In Consumer-Geräten mit „Lithium-Antrieb“ stecken daher immer spezielle Lade- und Überwachungsschaltungen, die böse Dinge wie Tiefentladung und noch bössere Dinge wie Überladung oder gar Kurzschluss verhindern sollen. Besonders Letzteres ist zwingend, denn das Leichtmetall Lithium ist hoch reaktiv.

Wenn ein Lithium-Akku hochgeht, kann das böseste Folgen haben.

### LiPo-Akkus

Gerade LiPos (Lithium-Polymer-Akkus) erfreuen sich im Modellbau großer Belieb-

heit, da sie bei relativ geringem Gewicht viel Leistung und hohe Entnahmeströme bieten. Außerdem wird dieser Akku-Typ immer preiswerter. Während man für Markenware von Kokam oder Ansmann aktuell

bis zu 35 € pro 4.000 mAh-Zelle veranschlagen muss, sind es bei günstigen Angeboten aus China mittlerweile weniger als 5 €/Zelle. Wer das nicht glaubt, der möge einmal mit „lipo 5s“ in eBay suchen.

## Balanciert Lithium-Akkus von 2s bis 5s einstellbar

Damit sind wir auch schon bei der LiPo-Terminologie: 5s steht für fünf Zellen in Reihenschaltung. Dazu kommt dann noch die Kapazitätsangabe in mAh. Ein 4-Ah-Akku mit 5 Zellen firmiert demnach als LiPo 5s 4000. Bleibt noch eine dritte wichtige Akku-Eigenschaft: Der maximal zulässige Entladestrom. Der massive Preisunterschied zwischen Markenware und China-Akku liegt

nicht (nur) an den Gewinnspannen der Firmen, sondern eben im zulässigen Entladestrom begründet. Und auch hier hat sich ein Kürzel eingebürgert: Während ein Marken-LiPo dieser Klasse mit „30C“ beworben wird, hat das Produkt aus Hongkong nur 15C zu bieten. Der Buchstabe „C“ meint hier den Strom, den man erhält, wenn man den Akku in einer Stunde entlädt. Bei 4.000 mAh und 30 C kommt man also auf beeindruckende 120 A!

Doch auch die 15 C = 60 A der billigen China-Ware sind nicht schlecht. Der Autor jedenfalls hat mit zwei in Serie geschalteten, preiswerten 5s-Lipos mit 4 Ah aus China gute Erfahrungen gemacht. Diese LiPos (**Bild 1**) sind seit nun schon gut einem Jahr in einem selbst elektrifizierten Fahrrad und haben mittlerweile mehrere hundert Teil-Ladezyklen hinter sich. Die 15C allerdings wurden bei diesem Elektrofahrzeug nie ausgereizt, denn bei einer Nennspannung von 37 V werden wohl kaum je 10 A geflossen sein. Die 50 € für einen 10s LiPo-Akku waren also wirklich günstig.

### Balance

Das schonende Laden von LiPos ist so schwierig nun auch wieder nicht: Man lade mit einem passenden Konstantstrom von 0,5...1 C bis zur Ladeschlussspannung von 4,1...4,2 V pro Zelle. Bei nur einer Zelle stimmt das auch. Lädt man aber mehrere Zellen in Reihe, macht sich im Laufe der Zeit die Ungleichheit der Zellen unangenehm bemerkbar. Was bei Batterien aus Blei- oder NiCd-Zellen kein Problem darstellt, das kann bei LiPos zur vorzeitigen Alterung oder langfristig sogar zum Ausfall führen.

Die Kapazität der Zellen einer Batterie ist nie absolut gleich. Mit der Zeit und der Anzahl der Lade/Entladezyklen wird daraus ein Problem. Angenommen, bei einer 2s-LiPo-Batterie hätte eine der beiden Zellen eine um wenige Prozent höhere Kapazität. Resultat ist, dass die schwächere Zelle ihre Ladeschlussspannung etwas früher erreicht. Da die gute Zelle noch nicht ganz soweit ist, wird die schwächere Zelle ein kleines bisschen überladen, bis das Ladegerät schließlich abschaltet. Die bessere Zelle enthält anschließend mehr Energie. Beim Entladen wird daher die schwächere Zelle eher leer sein, was zur Folge hat, dass sie potenti-



Bild 1. Zwei chinesische 5s-LiPos in Serie. Zusammen mit einer Thermosicherung eingebaut in ein kleines Alu-Gehäuse dienen sie als Energiequelle eines Elektro-Fahrrads.

## Eigenschaften

- Vollkommen automatisches Balancing
- Doppelte LED-Anzeige pro Zelle
- Betriebsspannung 6...32 V (6...44 V mit LM348n)
- Balanciert Lithium-Akkus von 2s bis 5s einstellbar
- Balanciert Blei-Akkus von 3s bis 5s einstellbar
- Balanciert auch in Serie geschaltete Akkus als Ganzes
- Balancier-Strom ca. 200 mA (erweiterbar)
- Balanciert Akkus von 2 Ah bis 10 Ah (erweiterbar)
- Ruhestromaufnahme 2,5 mA bei 5s und 1 mA bei 2s

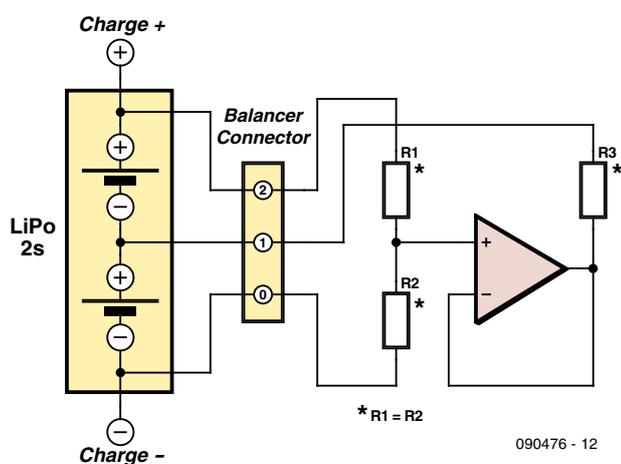
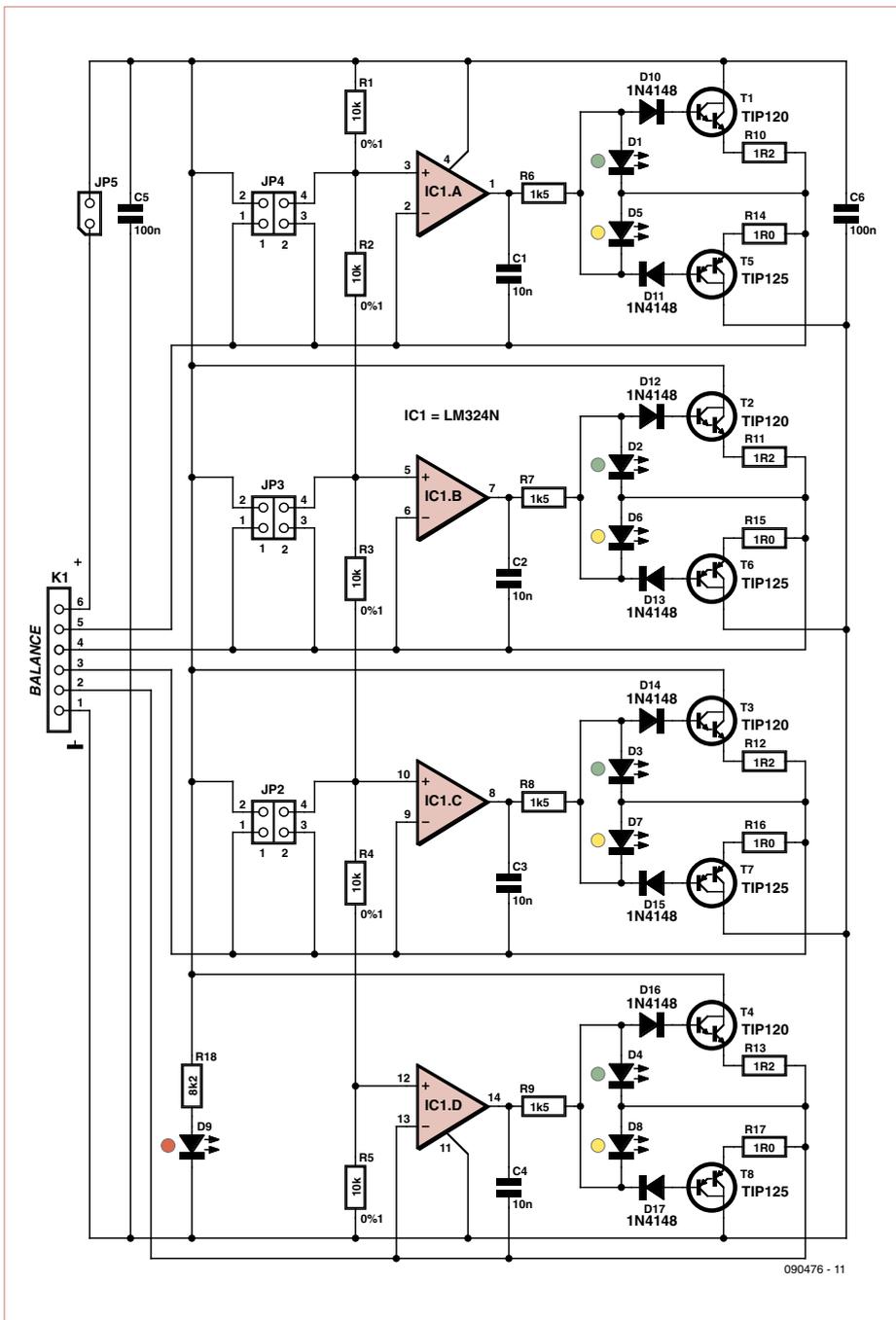


Bild 2. Ein leistungsfähiger Opamp und drei Widerstände genügen, um eine Batterie aus zwei Zellen perfekt auszubalancieren.



ell etwas tiefer entladen wird, was ihr auf die Dauer nicht gut bekommt. Mit anderen Worten: Mit der Zeit und der Anzahl der Zyklen werden die Unterschiede zwischen den Zellen größer, und irgendwann beginnen dann Überladungs- und Tiefentladungsphasen kumulativ die schwächere Zelle zu schädigen.

Die Lösung des Problems ist im Prinzip ziemlich einfach: Da die Spannung einer LiPo-Zelle ein gutes Maß für Ihre Kapazität ist, muss man ab und an dafür sorgen, dass alle Zellen einer Batterie die gleichen Spannungen aufweisen. Diesen Vorgang nennt man „Balancieren“.

### Methoden

Im einfachsten Fall kann man eine Batterie aus mehreren in Reihe geschalteten LiPo-Zellen alle paar Ladezyklen auf eine definierte Spannung entladen. Dann sind alle Zellen gleich und bis dahin gesammelte Ungleichheiten beseitigt. Solche Schaltungen gibt es. Nachteil der brachialen Technik ist, dass dabei ein nennenswerter Teil an Energie vernichtet wird und dass anschließend gleich wieder geladen werden muss.

In industriell gefertigten Akkus für Laptops ist die notwendige aufwendige Elektronik zur Balancierung gleich im Akku-Gehäuse enthalten. Hier wird in der Regel ein Mikrocontroller die Zellenspannungen überwachen und dafür sorgen, dass beim Laden Strom an schwachen Zellen vorbeifließen kann, damit alle Zellen den gleichen Ladezustand (d.h. voll) erreichen.

Noch komplexer sind Schaltungen, die schon beim Laden überschüssige Energie zurückspeisen, so dass beim Balancieren so wenig Energie wie möglich verschwendet

Bild 3. Mehr Zellen = mehr Opamps und mehr Widerstände. Mehr Strom = zusätzliche Klasse-B-Endstufen mit Darlington-Transistoren. Mehr Komfort = LEDs zur Anzeige von fließenden Strömen.

## Funktionsweise

An K 1 wird die Balancer-Steckverbindung des Akkus angeschlossen. JP2...JP5 entscheiden über die Balancierung von zwei bis fünf Zellen: Jeweils der Jumper JPx-1 legt die Versorgung an die Schaltung und der Jumper JPx-2 legt die Versorgungsspannung an den

Spannungsteiler für die jeweiligen Zellen. Man muss also immer zwei Jumper stecken - außer bei JP5 für 5s-Akkus.

Bei fünf Zellen kommt ein geladener LiPo-Akku auf bis zu 21 V (4,2 V/Zelle). Die Teilspannungen werden mit dem Spannungsteiler aus R1...R5 aus der Gesamtspannung

abgeleitet. Die Opamps vergleichen die tatsächliche Zellenspannung mit der Teilspannung des Spannungsteilers. Weicht eine Zelle von 1/5 der Gesamtspannung ab, steuert der jeweilige Opamp-Ausgang einen der beiden Darlington-Transistoren durch und die entsprechende Zelle wird geladen (wenn sie zu wenig Spannung hat) oder entladen

## Stückliste

### Widerstände:

R1...R5 = 10 k, 0,1%  
 R6...R9 = 1k5  
 R10...R13 = 1Ω  
 R14...R17 = 1 Ω  
 R18 = 8k2

### Kondensatoren:

C1...C4 = 10 n, RM 5 mm  
 C5, C6 = 100 n, RM 5 mm

### Halbleiter:

D1...D4 = LED grün, low current, 5 mm  
 D5...D8 = LED gelb, low current, 5 mm  
 D9 = LED rot, low current, 5 mm  
 D10...D17 = 1N4148  
 T1...T4 = TIP120  
 T5...T8 = TIP125  
 IC1 = LM324, LM348n (siehe Text)

### Außerdem:

K 1 = 6-pol. einreihiger Pfostenstecker, RM 2,54 mm  
 JP2-1...JP4-2 = 2-pol. zweireihiger Pfostenstecker, RM 2,54 mm  
 JP5 = 2-pol. einreihiger Pfostenstecker, RM 2,54 mm  
 14-pol. IC-Fassung für IC1  
 Isolationsmaterial für 10 Transistoren TO220  
 Alu-Winkel oder Kühlkörper  
 Platine 090476

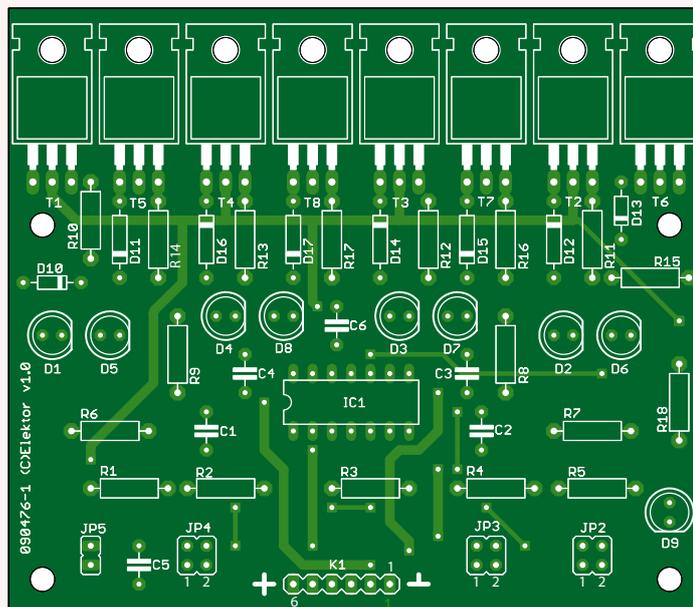


Bild 4. Die Platzverhältnisse der Platine zeigen, dass diese Schaltung wirklich einfach aufzubauen ist.

wird. Dass dieses an sich optimale Verfahren nicht nur aufwendig ist, sondern durch zusätzliche Trafos und Elektronik reichlich komplex, dürfte klar sein. Letztlich ist das erste Verfahren nicht einmal für den Selbstbau akzeptabel und die komplexeren Methoden sind nicht universell genug. Es gibt aber ein elektronisch super-simples Schaltungsprinzip, das Akkus in fast idealer Weise automatisch balanciert und dabei dennoch nur relativ wenig Energie verschwendet.

### Auto-Balancer

Die Methode ist so einfach, dass ein Blick auf die Prinzipschaltung für 2s-Akkus in **Bild 2**

(wenn sie zu viel Spannung hat). Resultat ist, dass alle Akkuzellen automatisch auf die gleiche Spannung gezwungen werden.

Solange Ausgleichsströme >20 mA fließen, leuchtet die jeweilige LED. Die Ausgangsstufen liefern Ausgleichsströme von maximal 250 mA. Die Funktion der Strombegrenzung

genügt: Ein (Leistungs-)Opamp erfasst über einen Spannungsteiler aus R1 und R2 die Gesamtspannung der Batterie und stellt seine Ausgangsspannung exakt auf die halbe Gesamtspannung ein. Über einen Schutzwiderstand (zur Strombegrenzung)

## Vollkommen automatisches Balancing

liegt der Ausgang dann an der Verbindung der zwei Zellen. Wenn die obere Zelle zufällig eine etwas höhere Spannung als die untere aufweisen sollte, fließt so lange ein Ladestrom für die untere Zelle durch R2, bis die Zellen perfekt ausbalanciert sind.

am Beispiel von IC1A: Entweder wird D1 oder D5 über R6 angesteuert. Die Spannung über der LED liegt bei etwa 1,8 V. In Serie mit den Basisanschlüssen der Darlingtons liegen noch Si-Dioden, die bei dem geringen Steuerstrom von <<1 mA eine Fluss-Spannung von <0,5 V haben. Zusammen mit den beiden BE-Strecken der Darlingtons

Man muss also nichts einstellen und nichts berechnen. Außer vielleicht für R3 beherrzigen, dass rund 0,02...0,1 C als Balancierstrom in der Praxis völlig ausreichen. Doch was macht man, wenn eine Batterie mehr als zwei Zellen hat? Ebenfalls einfach:

Man nehme mehr Opamps! Mit einem 4-fach-Opamp kann man schon Akkus bis 5s balancieren. Da normale Opamps nicht genügend Ausgangsstrom liefern, braucht man noch Leistungstransistoren für eine Endstufe im Klasse-B-Schaltung. Nimmt man (preiswerte) Leistungs-Darlingtons (T1...T8), reduziert sich der Aufwand. **Bild 3** zeigt die Schaltung des Balancers für zwei bis fünf Zellen, wie er beim Autor im Einsatz ist. Die

(ca. 1,0...1,1 V) ergibt sich so ein Spannungsabfall von knapp 1,6 V. Damit bleiben 0,2...0,3 V am Emitterwiderstand von 1 Ω übrig, was einen Strom von rund 250 mA ergibt.

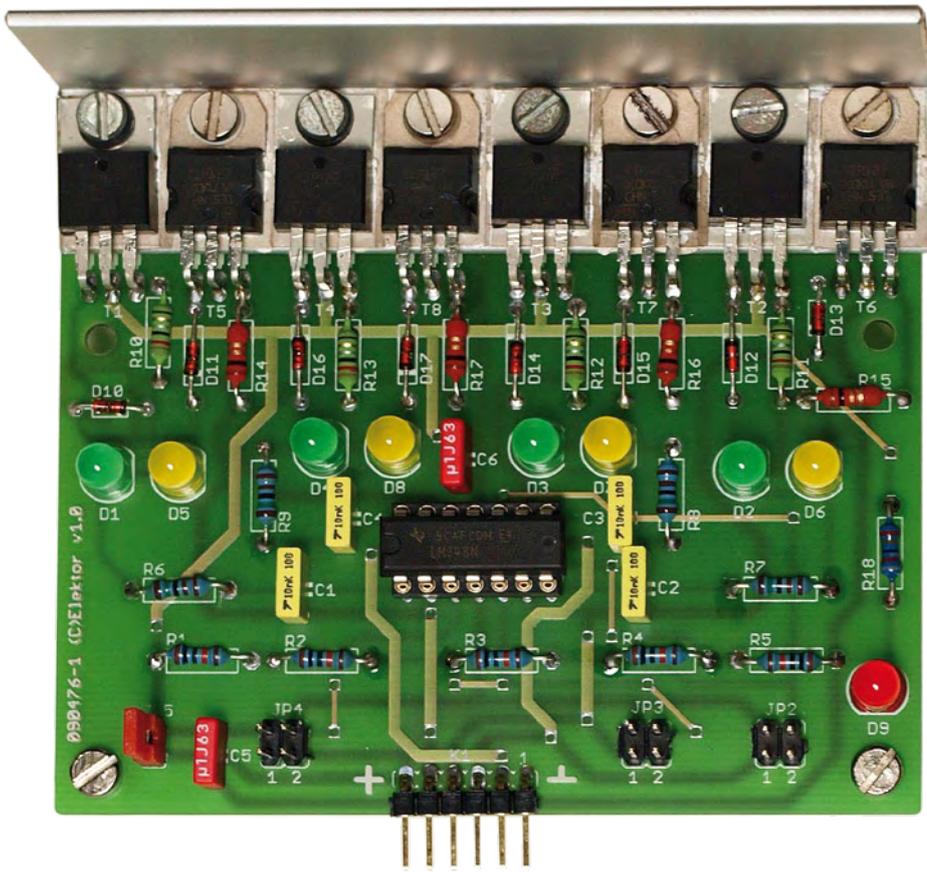


Bild 5. Die fertig bestückte Musterplatine.  
Der Aluwinkel als Kühlung reicht für Akkus mit 4 Ah völlig aus.

Spannung über den LEDs begrenzt die Basis-Spannungen. Zusammen mit den Emitter-Widerständen ergibt sich so eine Strombegrenzung auf 200...250 mA, was für Akkus mit 2...10 Ah ausreichen sollte. Bei entsprechender Kühlung lassen sich auch höhere Ströme mit kleineren Werten für R10...R17 einstellen. Der Balancer wird immer nur dann (kurz) aktiv, wenn Spannungsunterschiede bestehen, und genau so lange leuchten die LEDs. Er benötigt daher nur eine Kühlung mit begrenzter thermischer Kapazität. Mit den Jumpers ist die Schaltung auf Akkus von 2s bis 5s einstellbar.

### Aufbau und Test

Beim Aufbau und der Bestückung der Platine (Bild 4) ist wirklich nichts Besonderes zu beachten, denn es handelt sich um ein

konsequentes Null-SMD-Design mit viel Luft zwischen den Bauteilen - geeignet auch für elektronische Grobmotoriker. Wie man am Musteraufbau in Bild 5 sehen kann, ist ein Aluwinkel direkt auf der Platine montiert, der zur Kühlung in den meisten Fällen ausreicht. Wer möchte, kann die Transistoren auch senkrecht montieren und an einen größeren Kühlkörper schrauben - Löcher zur Verbindung von Kühlkörper und Platine sind ausreichend vorhanden.

Wichtig ist aber die richtige Isolierung der Transistoren. Sie müssen zwingend mit Glimmerscheiben und Isoliernippeln montiert werden. Etwas Wärmeleitpaste hilft beim Wärmetransport. Zum Schluss sollte man vor dem Anlegen einer Spannung mit einem Durchgangsprüfer testen, ob die

zehn Transistoren wirklich alle voneinander isoliert sind.

Nach Kontrolle von Isolation und Bestückung steckt man JP5 (5s) - wirklich nur JP5! Dann kann man mit einem Labornetzteil etwa 10 V (richtig gepolt!) an die äußeren Anschlüsse von K1 anlegen. LED D9 sollte leuchten und nur wenige mA dürfen fließen. Wenn das klappt, kann man die Spannung auf 20 V erhöhen. Lediglich D9 wird dabei heller. Mit einem Multimeter wird jetzt überprüft, ob an den Pins 2,3,4 und 5 von K1 tatsächlich mit 4, 8, 12 und 16 V die entsprechenden Fünftel der Gesamtspannung anliegen. Bei einem Labornetzteil mit Strombegrenzung (auf 0,5 A einstellen) kann man ruhig einmal zwei nebeneinander liegende Pins von K1 kurzschließen. Dann sollte der balancierende Maximalstrom von etwa 200 mA fließen.

Ist alles in Ordnung, kann der Auto-Balancer zum ersten Mal mit dem Balancer-Anschluss eines Akkus verbunden werden. Wichtig: Vorher die richtigen Jumper stecken! Für einen 3s-Akku also die beiden Jumper JP3-1 und JP3-2 und nur diese. Der Auto-Balancer bleibt so lange am Akku, bis alle LEDs (außer D9) erloschen sind.

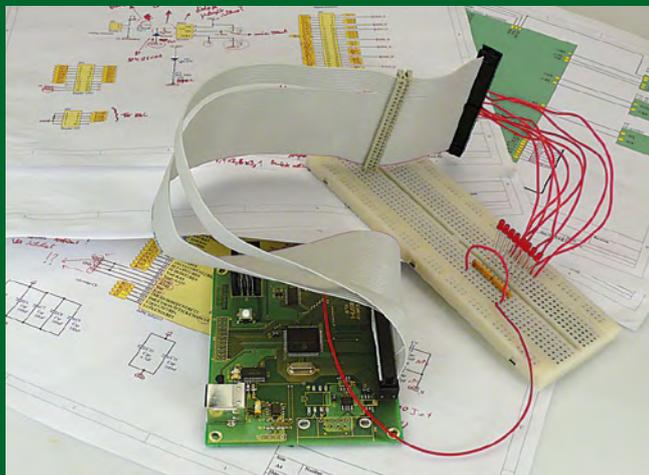
Man muss LiPo-Akkus übrigens nicht nach jeder Ladung balancieren. Beim Autor hat sich eine gut funktionierende Routine von einer Balancierung alle zehn Ladungen etabliert. Die beiden in Serie geschalteten 5s-Akkus werden dabei zunächst einzeln balanciert und dann anschließend der Balancer auf 2s gejumpt. Der Pluspol des Akkus kommt dabei an Pin 3 von K1, die Verbindung der beiden Akkus an Pin 2 und Masse natürlich an Pin 1. Letzteres darf man allerdings nur dann machen, wenn man für IC1 den Typ LM348n einsetzt, denn dieses IC verkräftet immerhin 44 V. Der Typ LM324 ist mit seinen maximal 32 V nur für Akkus zu 2 x 4s (und natürlich auch 1 x 5s) zulässig.

(090476)

### Literatur:

Ulrich Passern: „Super-Lithium-Akku“,  
Elektor 11/2004, S. 16 ff.  
(Download: [www.elektor.de/040168](http://www.elektor.de/040168))

# Making of... „dsPIC-Board“ (2)



Rund um einen dsPIC30-Controller von Microchip hatten Schweizer Mikrocontrollerfans ein Prozessorboard gestrickt – und bei uns als externes Projekt eingereicht. Im letzten Heft haben wir berichtet, wie der Elektor-Entwickler Daniel Rodrigues ein Redesign der Platine und eine Anpassung der Stückliste vorgenommen hat [1]. Während der Bestellphase der Platinen-Prototypen und Bauteile begann Daniel mit einem zweiten Board: Eine Art Erweiterung mit Motortreibern und diversen Sensoren. Mit beiden Leiterplatten zusammen lässt sich eine thermische Solaranlage auf eine maximale Energieausbeute einregeln (siehe die entsprechenden Artikel in diesem Heft).

Nachdem alle Komponenten des „dsPIC-Boards“ im Labor eingetroffen waren, ging es an die Bestückung zweier Prototypen. „Eine Platine habe ich mit dem SMD-Ofen und die andere manuell bestückt“, erzählt Daniel. Wie es der Zufall will, besuchte uns zur selben Zeit ein Distributor aus den Niederlanden, im Gepäck ein professionelles „Magnus“-USB-Mikroskop zum Platinencheck ([2], das Bild zeigt den Labor-Assistenten Jan Visser). Klar, dass Daniel es sich nicht nehmen ließ, die Boards einmal genau unter die Lupe zu nehmen. „Ich habe auch tatsächlich einen kleinen Zinnstachel zwischen zwei Mikrocontrollerpins entdeckt“, so Daniel, „ein Kurzschluss war dadurch aber nicht entstanden“. Bei einfachen elektrischen Tests fand der junge Ingenieur dann zwar doch einen solchen Fehler, konnte ihn aber recht schnell eingrenzen und beheben.

Eine der bestückten Platinen wurde nun für ausführliche Funktionstests zu einem der Autoren geschickt. Und wie immer, wenn man schon ein wenig unter Zeitdruck ist, passierte natürlich noch etwas Unvorhergesehenes. Yves Birbaum wurde ein paar Tage krank und hatte andere Sorgen, als sich des Elektor-Pakets anzunehmen. Die Ungewissheit, ob der Prozessor auch auf der neuen Platine einwandfrei lief, ließ wiederum Daniel keine Ruhe. Vielleicht konnte man ja die Software-Files, die zur Solaranlagen-Steuerung gehörten, für einen Test gebrauchen? Und tatsächlich, Daniel fand eine C-Datei, die mit dem viel versprechenden Namen „essai“ (französisch für Test) bezeichnet worden war. „Leider war deren Funktion für meine Zwecke nicht besonders gut geeignet“, so Daniel. Statt ein paar Zei-

chen mittels eines Terminalprogramms hin- und herzuschicken, bevorzugte der junge Ingenieur eine noch bewährtere Test-Methode. Ein Flachkabel und ein paar LEDs bildeten die Hardware (siehe Bild). Die Main-Funktion des C-Programms konnte der Portugiese dann recht schnell dazu bringen, die LED-Reihe „sweepen“ zu lassen. „Ich hatte zwar nur mit den ‚normalen‘ PICs Erfahrung, aber die Befehle des dsPIC sind recht ähnlich, und die MPLAB-IDE und der Compiler C30 bringen eine ziemlich gute Dokumentation mit“, erklärt Daniel. Clemens Valens, der französische Redakteur der beiden Artikel, hatte den Text zum dsPIC-Board in der Zwischenzeit schon fertig gestellt, damit noch genug Zeit für die Übersetzungen in die anderen Sprachen blieb. Da sich die Elektor-Testroutine aber auch recht gut für die Leser eignen würde, wurde der Artikel noch um einen entsprechenden Hinweis ergänzt.

Bis zu diesem Zeitpunkt waren auch zwei Exemplare des überarbeiteten Anwendungs-Boards im Labor eingetroffen. Leider hatte der Distributor Farnell, bei dem bis auf die Relais alle Komponenten bestellt worden waren, die benötigten Sechsfach-Inverter von TI nicht auf Lager. „Eine Woche länger als sonst hat es schon gedauert“, berichtet Daniel. Und so war bei der Bestückung wirklich keine Zeit mehr zu verlieren, denn auch diese Platine sollte noch zu den Autoren geschickt werden. Doch wie so oft, wenn man unter Zeitdruck steht ... Bei ersten Tests fiel dem Entwickler auf, dass der DC/DC-Konverter nicht richtig arbeitete. „Erst bei genauem Hinsehen habe ich zwei kleine Kügelchen aus Lötpaste gesehen, die das Bauteil ausgeschwitzt hatte“, so Daniel. Offenbar hatte der Konverter die Temperaturen, die im Reflow-Ofen für das bleifreie Löten nötig sind, nicht ausgehalten. Nachdem das Bauteil ersetzt worden war, konnte Daniel aber keine Fehler mehr feststellen. Letzte Gewissheit werden nun die Tests bei einem der Autoren bringen, der beide Elektor-Boards zur Steuerung seiner Solaranlage einsetzen wird. Denn erst in der Praxis zeigt sich, was ein (Re-)Design wirklich wert ist!

(100216)

[1] [www.elektor.de/091079](http://www.elektor.de/091079)

[2] [www.tagarno.dk](http://www.tagarno.dk)

# Embedded World 2010



Durchblicksverstärkung.  
(Quelle: NürnbergMesse/Frank Boxler)



Open & Closed Source: Microsofts Flirt mit dem Pinguin.  
(Quelle: NürnbergMesse/Frank Boxler)



Mehr als 700 Studenten kamen zum Studententag.  
(Quelle: NürnbergMesse/Frank Boxler)

Von Antoine Authier & Clemens Valens (Elektor)

Anfang März fand in Nürnberg die Embedded World statt. 730 Aussteller zeigten den 18.350 Besuchern die volle Bandbreite neuer Produkte in den Bereichen Hardware, Software und Tools. Elektor-Redakteur Clemens Valens und Elektor-Labor-Chef Antoine Authier haben sich auf der Messe umgeschaut.

Die vier Hallen, Stand an Stand, vollgepfropft mit Neuem, wären auch an drei Tagen nicht zu schaffen gewesen. Da uns das schon vorher klar war, hatten wir eine Liste mit Ausstellern erarbeitet, die wir unbedingt besuchen wollten. Auf dieser Liste befand sich der Renesas-Distributor Glyn, und da der Stand ganz prominent gegenüber dem Haupteingang lag, war er die Nr. 1 unserer Liste. Glyn informierte uns über den bevorstehenden Zusammenschluss von Renesas und NEC. Die neue Firma wird dann unter dem Akronym REC (Renesas Elektronik Corporation) auftreten. Eine andere Neuigkeit war die Controller-Familie RX, die von Renesas als Nachfolger der Reihen H8SX und R32C positioniert wird - gerade Letztere dürfte Elektor-Lesern durchaus bekannt sein. Die RX-Controller bringen mehr Leistung bei geringerem Verbrauch, womit auch schon das dominierende Thema dieser Messe angesprochen ist.

Im Anschluss an die offizielle Pressekonferenz nahmen wir an einer Art geführter Tour durch die Messehallen teil. Fast kein Stand war ohne Hinweis auf grüne Technik oder das Label „low-power“. Ganz besonders deutlich wurde dies an den Ständen von Hitex, Mentor Graphics und der Fraunhofer Gesellschaft. Hitex präsentierte mit PowerScale ein Tool zur Erfassung des Software-abhängigen Stromverbrauchs und gewann hierfür den Embedded World Award in der Kategorie Tools. Der Preisträger in der Kategorie Hardware war der EFM32 von Energy Micro. Hierbei handelt es sich um den Weltrekordhalter in der Disziplin geringer Strombedarf bei 32-bit-Mikrocontrollern: Er benötigt nur 180  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  bei 3-V-Betrieb.

Microchip demonstrierte seine XLP-Mikrocontroller-Familie (Extreme Low-Power), die sich sogar mit 50  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  begnügt. Eine echte Neuheit ist der Chip MCP1640, ein Ultra-low-power-Boost-Regler, dessen Entwicklung vier Jahre benötigte. Er startet schon bei 0,65 V und ist in der Lage, Spannungen ab 0,35 V auf 2...5,5 V anzuheben, was eine ideale Effizienz beim Batteriebetrieb ermöglicht.

Touchscreens waren ein weiterer Messeschwerpunkt. Atmel bekam einen Preis (in der Kategorie „Special Merits“) für die neuartige maXTouch-Technik auf Basis des Chips mXT224. Dieses IC ermöglicht bei Touchscreens nicht nur die Fingerbedienung, sondern auch die Verwendung eines Stifts. Auch eine Bedienung mit Fingernägeln und sogar Handschuhen ist kein Problem. Atmels Lösung wird durch die Library Qtouch unterstützt und ist zudem in Altium als Modul integriert, sodass die Schaltplan- und Platinenerstellung Touchscreen-basierter Elektronik sehr einfach ist.

STMicroelectronics verteilte kostenlos kleine Entwicklungskits für die neue 8-bit-Mikrocontroller-Familie vom Typ STM8S. Selbst dieses kompakte Kit mit USB-Interface unterstützt kapazitive Touch-Technik, mit der eine LED geschaltet werden kann.

# Grün, preiswert & einfach

Angeschlossen an einen PC mutiert es zum „Massen“-speicher mit 32 KB Kapazität.

Dies leitet schon zum dritten Schwerpunkt dieser Messe über: Die Entwicklung von Mikrocontroller-Anwendungen soll noch einfacher werden. So stellen immer mehr Hersteller freie oder kaum eingeschränkte Tools für ihre Mikrocontroller zur Verfügung. ST ermöglichte schon vor Jahren im Verbund mit der Firma Raisonance recht preiswerte Tools für ihre ARM-Controller. Das neueste Tool von Raisonance ist Open4, das unter anderer Bezeichnung auch von ST erhältlich ist. Dabei handelt es sich um ein Gerät mit Farb-Display, Touchscreen, Joystick, Audio-Interface und USB-Port im Gameboy-Stil, das mit einer Mikrocontroller-Cartridge bestückt werden kann, welche die eigentliche Funktion des Geräts ausmacht. Für die Software-Entwicklung mit diesen Cartridges steht preiswerte und teilweise auch freie Software zur Verfügung. Das Gerät selbst ist schon für unter 100 US-\$ erhältlich.

Freie Tools gibt es auch von FTDI, und zwar für den nagelneuen Vinculum-II-Controller. Der erste Vinculum-Chip war eine preiswerte Möglichkeit, USB-gestützte Elektronik zu entwickeln. Mit dem Nachfolger geht FTDI einen Schritt weiter und hat nun einen vollwertigen 16-bit-Mikrocontroller mit USB im Programm. Nach Unterzeichnung eines so genannten Non-Disclosure Agreements zeigte uns FTDI ihr absolutes Killer-Produkt in Sachen USB/Seriell-Konverter. Details dürfen wir keine verraten, aber halten Sie ihre Augen offen: Das Ding ist wirklich unglaublich!

Grün, preiswert und einfach waren auch die drei Eigenschaften, mit denen das ARM-basierte Cortex-M3-Board von mbed beworben wurde. Das Produkt wurde auf dem Stand von NXP präsentiert, da das Board mit NXP-Controllern bestückt war. Interessanterweise basiert die Entwicklungs-Software auf der Verwendung eines Browsers und einer Art „Compiler-Farm“ im Internet. Man schreibt und kompiliert seine Software also online und lädt das Ergebnis in das an einen PC angeschlossene Board. Die Boards sind preiswert, die Tools können kostenlos genutzt werden, es gibt viele Libraries und man erspart sich komplexe Installationen und die Updatepflege.

NXPs freie LPCXpresso-Palette erlaubt Code bis zu 128 KB und basiert auf Tools von Code Red. Der Compiler-Bauer Keil stellt mit Eclipse und DS-5, einem auf GCC basierendem Open-Source-Compiler für ARM-Controller, ebenfalls freie Software zur Verfügung. Da Keil zur Firma ARM gehört, ist deren Engagement in der Open-Source-Szene und ihre Unterstützung der GNU-C/C++-Compiler nur folgerichtig. Ähnliche Strategien verfolgen auch andere Software-Hersteller: Immer mehr Unternehmen bezahlen angestellte Programmierer dafür, zusammen mit der Konkurrenz freie Software weiter zu entwickeln. Wer übernimmt hier wen: die Industrie die Open-Source-Community oder umgekehrt?

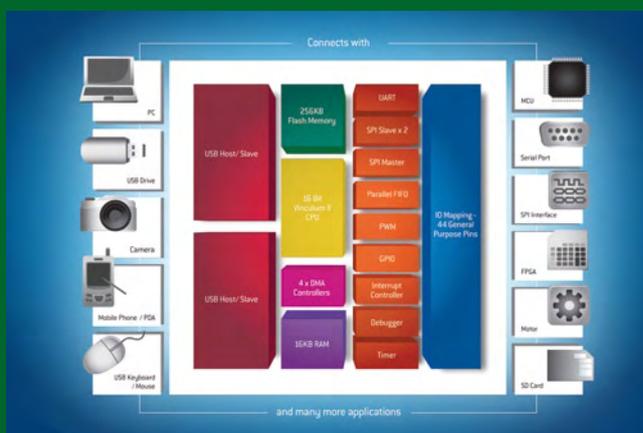
Es gab noch viele andere Trends und Events, über die sich ein Bericht lohnen würde. Da wir hier nicht alles erwähnen können: Schauen Sie doch einfach selbst im nächsten Jahr! Treffen wir uns in Nürnberg?



Tintin @ Embedded World .  
(Quelle: NürnbergMesse/Frank Boxler)



Qtouch von Atmel.



Vinculum II (VNC2) ist mehr als nur ein Controller mit USB!

(100215-1)

# Neue Messungen

Von Ton Giesberts (Elektor-Labor)

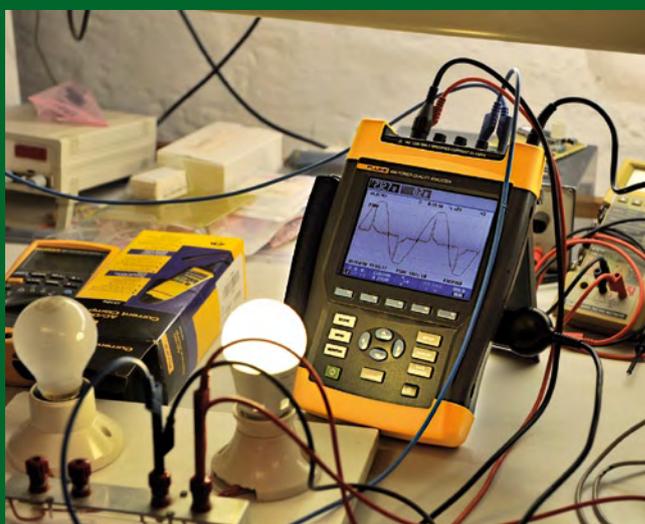
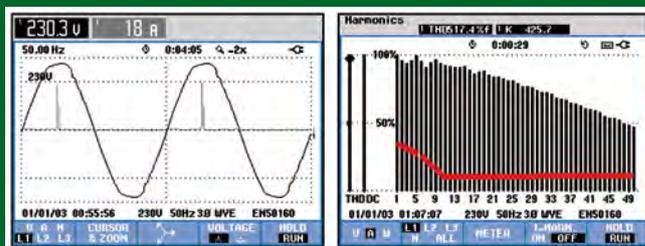
Der Artikel „Blindleistung beleuchtet...“ aus der Februar-Ausgabe machte klar, dass sich LED-Lampen nicht unbedingt als ideale Last verhalten, sondern ordentlich Störsignale produzieren. Hierzu gab es reichlich Feedback von unseren Lesern. Eine dieser Reaktionen kam von Gerard Grashof, seines Zeichens Mitarbeiter im Produkt-Support für ScopeMeter und Power Quality der Messtechnik-Firma Fluke. Er wies uns auf spezielles Messgerät von Fluke hin, mit dem das Verhalten gerade solcher Lasten sehr genau vermessen und analysiert werden kann.

Das hat uns interessiert. Und Gerard ließ sich nicht lange bitten, uns zu besuchen - mit einem Fluke Power-Analyser im Gepäck! Unsere früheren Messungen an verschiedenen Lampentypen mit einem normalen Oszilloskop hatten ergeben, dass LED-Lampen zwar recht sparsam mit Energie umgehen, dass sie aber auch eine komplexe Last darstellen und Oberwellen produzieren. Der hohe Oberwellenanteil derartiger Verbraucher hat Folgen für die Mittelspannungs-Transformatoren im Stromnetz. An den Trafos entstehen größere Verluste und sie müssen deshalb auch größer dimensioniert werden. Die Trafoverluste korrespondieren nämlich mit dem Produkt von Frequenz und Amplitude dieser Oberwellen. Dieser Sachverhalt spiegelt sich im so genannten k-Faktor, der ein Maß für die verringerte Belastbarkeit des Trafos als Folge von Oberwellen darstellt. Typische Werte hierfür liegen bei Mittel- und Hochspannungstrafos im Bereich von 3.

Speziell für Messungen am dreiphasigen Stromnetz hat Fluke den „434 Power Quality Analyzer“ entwickelt. Mit Hilfe eines solchen Analyzers haben wir nochmals eine LED-Lampe unter die Lupe genommen. Der Strom wurde dabei mit Hilfe einer Stromzange des Typs „i310s AC/DC Current Clamp“ gemessen. Als Testobjekt diente eine LED-Lampe, die in den Niederlanden dank einer nationalen Lotterie weit verbreitet ist: das Modell Pharox von Lemnis. Es handelt sich dabei um ein Exemplar mit 6 W Leistung und einer ähnlichen Kurvenform des Stroms wie bei unseren früheren LED-Lampen-Tests.

Um sich vom einwandfreien Zustand des Messgeräts zu überzeugen, wurde zunächst testweise eine 100-W-Glühlampe vermessen. Nach sorgfältigem Abgleich der Stromzange (der enthaltene Hall-Sensor ist leicht temperaturempfindlich) wurde ein Leistungsfaktor von 0,98 gemessen. Mit einer idealen ohmschen Last würde sich allerdings ein Wert von exakt 1 ergeben. Die erste Hypothese zur Ursache dieser Abweichung ging in Richtung nicht ganz sinusförmiger Netzspannung in Elektor-Labor, durch die vielen PCs und sonstige angeschlossenen Geräte. Dann dämmerte uns aber, dass der Strom zu gering sein könnte, um den Leistungsfaktor genau zu messen. Also wurde ganz trickreich eine stromführende Leitung einfach als zweifache Schleife um einen Schenkel der Stromzange gewickelt. Der gemessene Strom war dann zwar um der Faktor 3 zu hoch, dafür wurde endlich ein Leistungsfaktor von 1 angezeigt.

Zeit für die LED-Lampe: Die Stromaufnahme lag bei 0,067 A, wobei auf Grund der Windungen an der Stromzange der dreifache Wert angezeigt wurde. Der  $\cos \phi$  war mit 0,98 kein Problem - aber der Leistungsfaktor lag bei nur 0,42. Letzteres ist ein zentrales Problem mit Energiesparlampen im Allgemeinen und mit LED-Lampen im Besonderen. Die gemessene reale Leistungsaufnahme betrug 5,87 W, die Scheinleistung lag bei 14 VA und die Blindleistung bei 12,7 VAR. Bei der Wiederholung der Messungen am nächsten Tag ergaben sich leicht veränderte Werte: 5,83 W, 11,3 VA und 9,67 VAR,  $PF = 0,51$  und  $\cos \phi = 0,975$ . Diese Abweichung ist wahrscheinlich auf den Temperatureingang des Hallsensors und der LED-Lampe zurückzuführen.



Spektakulär waren die gemessenen k-Faktoren: Bei der ersten Messung erhielten wir einen Wert von 99 bei 55 % THD! Die zweite Messung ergab sogar einen Wert von 130 bei 150 % THD. Die Veränderung dürfte auch daran gelegen haben, dass die Lampe nun schon länger in Betrieb und somit wärmer war. Letztlich sind das recht extreme Werte, da bei der Dimensionieren der Umspanntrafos von k-Faktoren  $\leq 4$  ausgegangen wird. Resultat dieser Messungen an LED-Lampen ist, dass wohl noch viele Verbesserungen möglich und eigentlich auch zwingend sind. Andernfalls ist mit Problemen zu rechnen, so bald solche Lampen massenhaft in Betrieb genommen werden.

(100099)

# Seminar CC2-ATmega

NEU!

➔ auf der Basis des Elektor/CC2-ATM18-Testboards

In diesem Seminar mit u. a. Wolfgang Rudolph werden die grundsätzlichen Kenntnisse der Programmierung und des Anschlusses von Peripherie an Mikrocontrollern vermittelt. Dazu sind Grundlagen der Teilnehmer erforderlich. Sowohl im Bereich der Programmerstellung wie auch über den Umgang mit Mikrocontrollern.

Am Beispiel der Testboards werden theoretisches und auch praktisches Wissen gelehrt. Die Grundlagen eines Mikrocontrollersystems werden mit den notwendigen Komponenten wie Stromversorgung, Schnittstellen, (USB, Seriell, ISP/SPI), Beschaltung von Ports sowie AD/DA und PWM-Anschlüsse erarbeitet.

In vier Beispielen wird ein Konzept entwickelt, von der Idee über die Hardwareumsetzung bis zur Programmentwicklung und Kodierung. Diese Beispiele werden aus vorhandenen Projekten und Artikeln aus den Elektor-Heften entnommen.

## Geplante Themen:

- Von der Idee zur Hardware – Das ATM18-Testboard.
- Die Ausgabe – Ein LC-Display wird angeschlossen.
- Extern steuern – Mit Relais die Umwelt schalten.
- Komplexe Anwendung – Ein Schweberegler mit einfachen Mitteln.
- Ausblick – Das Minimod18 als Konzept der Zukunft.

## Veranstaltungsorte/-termine:

Luzern (Schweiz)	29.05.2010
München	25.09.2010
Hannover	06.11.2010

## Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

299,00 Euro (469,50 CHF)

Die für die Durchführung des Workshops benötigte Hardware wird Ihnen leihweise zur Verfügung gestellt.

388,00 Euro (609,20 CHF)

inkl. Hardware-Erwerb

Die für die Durchführung des Workshops benötigte Hardware bleibt Ihr Eigentum.

**Elektor-Abonnenten erhalten 5% Rabatt auf den Workshop-Preis!**

Weitere Infos & Anmeldung unter [www.elektor.de/cc2-atmega](http://www.elektor.de/cc2-atmega)



## FRONTPLATTEN & GEHÄUSE

Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

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

### Neue Version 4.0

Mit neuen Funktionen z.B. Freikontur für Linux, Windows und Mac OS X

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

Preisbeispiel: 34,93 €  
zzgl. USt./Versand



Schaeffer AG  
Nahmitzer Damm 32  
D-12277 Berlin

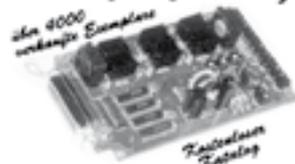
Tel +49 (0)30 8 05 86 95-0  
Fax +49 (0)30 8 05 86 95-33  
Web info@schaeffer-ag.de  
www.schaeffer-ag.de

## Schrittmotorsteuerkarte

für PC-Positioniersysteme,  
Bohr-, Gravier- und  
Fräsanlagen!

- Steuerung von Schrittmotoren für 3 Achsen!
- Phasenströme einstellbar!
- Variable Stromversorgung = einfache Adaption an viele Motortypen!
- Ansteuerung auch über SPS oder Taktgenerator möglich!
- Inklusive Treibersoftware für MS Dos und Windows mit Beispiel Source!
- Anpassung an Ihre Anforderungen möglich!

Nur  
€ 79,-



### Technische Daten:

- Anschluss an PC mit Standard-Druckerkabel
- Stromchopperendstufen für Voll- und Halbschrittbetrieb
- optimal für 2- und 4-Phasen-Schrittmotoren
- Versorgungsspannung 15–28 V



Zur Drehscheibe 4  
92637 Weiden i. d. Opf.

Tel. (09 61) 3 20 40, Fax (09 61) 3 14 94  
www.emisgmbh.de

## BESSER GLEICH ONLINE KALKULIEREN.

STARRE UND FLEXIBLE LEITERPLATTEN



**LEITON**  
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Schluss mit umständlichen Rechenoperationen! Bei uns kalkulieren Sie auch Ihre wichtigsten Leiterplatten jederzeit schnell und einfach online. Doch nicht genug: Bei LeitOn gilt die Online-Kalkulation auch für Serien und flexible Leiterplatten! Ebenso einmalig ist der LeitOn Leiterplatten-Expressdienst mit Top-Garantie: Platinen sind gratis bei überschrittenem Liefertermin! Neugierig? Unsere persönliche Telefonberatung und unser kompetenter Außendienst helfen Ihnen gerne weiter. Denn Sie wissen: Bei LeitOn rechnen Sie immer mit bestem Service.

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

Info-Hotline: +49 (0)30 701 73 49 0

# Bohren ohne Risiko?

## Praxistest Leitungssucher



Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Beim Bohren von Löchern in eine Wand passiert es allzu häufig, dass man auf eine elektrische Leitung oder auf eine Wasserleitung trifft. Ein so genannter Leitungssucher ist ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, um verborgene Risiken in Wänden und Mauern aufzuspüren. Wir fühlten im Elektor-Labor 13 verschiedenen Exemplaren auf den Zahn. Was können sie und bis zu welcher Tiefe ist ein Balken oder eine Leitung aufzuspüren?

Jeder, der regelmäßig im Haus bastelt, hat schon mal das Problem, dass ein Loch an einer Stelle gebohrt werden muss, unter der eine elektrische Leitung oder Wasserleitung verlaufen könnte. Wenn man Pech hat, wird es plötzlich nass oder der Fehlerstromscharter springt heraus. Solche Probleme kann man vermeiden, wenn man zuerst mit einem Leitungssucher feststellt, ob sich Metallrohre oder (spannungsführende) Leitungen in dem betreffenden Teil der Wand befinden. Ein solcher Leitungssucher ist darüber hinaus auch ein nützliches Hilfsmittel, um festzustellen, wo sich Holzbalken hinter einer Wand (z.B. aus Gipsplatten) befinden.

Solche Leitungssucher werden heutzutage von allen im Heimwerkermarkt bekannten Herstellern wie Black & Decker und Bosch, aber auch von spezialisierten Firmen wie Zircon angeboten, wobei die Preise zwischen etwa 20 und 100 Euro variieren. Es gibt auch eine Profiklasse mit Preisen von 1000 Euro und mehr, die aber hier nicht berücksichtigt wurden.

Die große Frage bei der Anschaffung ist natürlich: Funktioniert ein solches Gerät wirklich? Was kann man damit finden und bis zu welcher Tiefe? Darauf waren auch wir neugierig. Für diesen Test haben



wir bei den Anbietern verschiedene Modelle von Leitungssuchern angefordert, um sie einem Praxistest zu unterziehen.

**Funktionsweise**

Die meisten Leitungssucher („Scanner“) enthalten mehrere Elektroden, die nebeneinander angeordnet sind (siehe Beispiel in **Bild 1**). Diese funktionieren als Kondensator in einer Oszillatorschaltung. Die Kopplung zwischen den Platten (und damit die Kapazität des Kondensators) wird bestimmt durch die Art des Materials, das sich in der Nähe der Platten befindet. Verändert sich die Dielektrizitätskonstante des Materials vor den Kondensatorplatten (z.B. weil sich ein Holzbalken in der Wand befindet), dann ändert sich dadurch der Kapazitätswert und damit die Frequenz oder die Signalstärke. Dies wird dann mittels LED-Bargraph oder LCD visualisiert. Einige Detek-

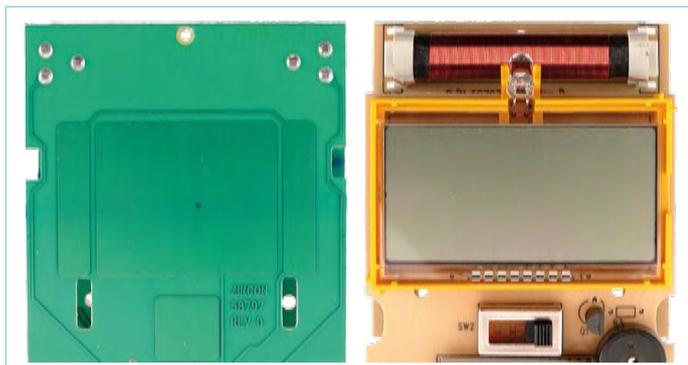


Bild 1. Bei diesem geöffneten Leitungssucher kann man gut die Sensorflächen auf der Rückseite der Platine erkennen. Zum Detektieren von Metallrohren ist oben noch eine Spule angebracht.

toren arbeiten mit Sinussignalen, andere senden schmale Impulse, und es gibt auch solche mit Impulszügen. Aus Messungen an einigen Detektoren folgt, dass die Messfrequenz meist gut oberhalb 10 kHz liegt.

Zum Aufspüren von Metallrohren wird oft von einem zusätzlichen Detektor-Element in Form einer Spule (evtl. mit Kern) Gebrauch gemacht, die wiederum Teil eines Oszillators ist. Die Spule reagiert auf Veränderungen des magnetischen Feldes, und das wirkt sich wieder auf die erzeugte Frequenz oder die Signalgröße aus. Die Messfrequenz beträgt meist 100 kHz oder mehr.

Zusätzlich zeigen viele Scanner auch ein Wechselfeld (Netzspannung) an. Das 50/60-Hz-Brummen kann einfach mit einer kleinen Sensorfläche aufgenommen werden, die sich im Scanner befindet (normalerweise bereits in Form der Messelektroden vorhanden). Das Signal wird dann verstärkt und mit einer LED oder einem Messinstrument angezeigt.

**Praktische Verwendung**

Fast alle Leitungssucher werden auf die gleiche Weise eingesetzt: Man hält das Gerät an eine „neutrale“ Stelle der Wand (bekannt

leitungsfrei) und schaltet das Gerät ein. Der Leitungssucher kalibriert sich dann zunächst, was einige Sekunden dauert. Daraufhin schiebt man das Gerät langsam über die Wand (am besten ohne es anzuheben) bis zu der Stelle der geplanten Bohrung oder Fräsung. Nähert man sich einem Balken oder einem Rohr, wird angezeigt, dass sich die Struktur der Wand geändert hat. Auf diese Weise kann man Holzbalken und Eisen- oder Kupferleitungen bis zu einer Tiefe von einigen Zentimetern gut detektieren. PVC-Rohre werden nur detektiert, wenn sie ein größere Abmessungen haben; ein übliches PVC-Leerrohr wird (fast) nie gefunden. Das gelingt nur, wenn es Leitungen enthält, am besten spannungsführende.

Einige der getesteten Leitungssuchern müssen durch Festhalten einer Taste in Betrieb gehalten werden. Das schont die Batterie, ist



Bild 2. Bei den Leitungssuchern von Bosch und Skil wird eine zur Wand gerichtete Spule verwendet, um Metall präziser aufspüren zu können. Die Leiterbahnen drumherum bilden den kapazitiven Sensor für die Holzdetektion.

aber unpraktisch, wenn man unten an der Wand oder an schwer zugänglichen Stellen messen will. Bequemer ist ein Gerät mit Einschalter, das sich nach einiger Zeit selbst ausschaltet.

Ein anderer Punkt ist ein (nervender) Dauerton, den man bei einigen Exemplaren am liebsten ausschalten würde. Leider ist dies nur bei zwei von 12 Geräten möglich (Skil 550 und Bosch PDO Multi).

Zum Aufspüren von Holzbalken verwenden alle Leitungssucher die kapazitive Kopplung zwischen metallischen Flächen. Damit kann ein Balken ziemlich genau lokalisiert werden. Bei Metallrohren ist es schwieriger, per kapazitiver Detektion exakt festzustellen, wo sie sich befinden. Die bereits erwähnte Spule bei einigen Detektoren erleichtert die Ortsbestimmung. Bei einigen dieser Geräte wird in der Anleitung angegeben, dass man sie um 90° drehen soll, um die Empfindlichkeit zu erhöhen (die Spule liegt dann parallel zum Rohr). Sehr zweckmäßig ist die Konstruktion der Geräte von Bosch und Skil (siehe **Bild 2**). Diese besitzen eine Öffnung oben im Gerät, die exakt die Lage der Messspule anzeigt. Auf diese Weise kann man genau bestimmen, wo man bohren kann oder nicht.

## TEST LEITUNGSSUCHER



Fast alle Geräte in diesem Test können Holzbalken (außer das Bosch PDO6), Eisen- und Kupferrohre und netzspannungsführende Leitungen detektieren. Dünne PVC-Leerrohre werden hingegen kaum erkannt. Nur bei dickwandigen PVC-Rohren von 5 cm oder mehr ist eine Detektion möglich. Rohre aus Eisen, Kupfer, Stahl und Aluminium sind recht gut detektierbar. Sogenannte Uponor-Rohre (für Fußbodenheizung) mit mehrfacher Wandung (mit Aluminiumschicht) werden ebenfalls gut erkannt. Alle Detektoren sind zudem mit Netzspannungserkennung in Form einer Anzeige auf dem Display oder mittels separater LED ausgestattet.

Einige Detektoren haben für das Suchen nach Balken oder Rohren sogar eine Richtungsanzeige (links/rechts) im Display. Diese manchmal nützliche Möglichkeit bieten der Black & Decker BDS303, der Stanley, der Zircon Multiscanner i320 und der Zircon Multiscanner i700.

### Praxistest

Zum Testen des Leitungssuchers bezüglich Materialdicke und -tiefe haben wir im Elektor-Labor eine Anordnung aufgebaut, bei der ver-

schiedene Leitungsarten und ein Holzbalken hinter einer Gipskartonplatte angeordnet sind, und bei der die Tiefe variiert werden kann. Auf diese Weise kann einfach ermittelt werden, bis zu welcher Tiefe ein bestimmtes Material noch festgestellt werden kann. In der Tabelle sind alle gemessenen Werte angegeben.

Diese Werte können bei den Detektoren in diesem Test gut miteinander verglichen werden. Seien Sie aber vorsichtig beim Vergleichen dieser Messwerte mit den Spezifikationen der Hersteller. Wir haben die verschiedenen Rohre und Balken immer hinter einer Gipskartonplatte gemessen. Bei dickeren Gipskartonplatten oder massiven Wänden, in denen sich Leitungen befinden, können die Ergebnisse stark abweichen. Es ist in jedem Fall lohnenswert, zunächst selbst etwas mit einer Wand zu experimentieren, in der Sie eine Leitung oder einen Balken aufspüren möchten.

### Black & Decker BDS300

Preis: Circa 40 €

Dieser orangefarbene Leitungssucher eignet sich für das Detektieren von Holzbalken, metallischen Rohrleitungen und spannungsführenden Elektroleitungen. Der Ein/Aus-Knopf befindet sich an der Seite und muss während des Scannens permanent eingedrückt werden. Mittels eines Schalters kann man zwischen Holz- oder Metalldetektion wählen. Die Anzeige erfolgt mittels Bargraph-Anzeige mit fünf LEDs.



Eine separate LED leuchtet, wenn (Netz-)Spannung festgestellt wird. Ein Summer ertönt, wenn die Anzeige den Endausschlag erreicht.

### Black & Decker BDS303

Preis: Circa 60 €

Dieses größere Modell von B&D unterscheidet sich äußerlich deutlich vom kleineren Modell und verfügt über einen Handgriff. Es ist eben-



falls für das Detektieren von Holzbalken, metallischen Rohrleitungen und spannungsführender Elektroleitungen geeignet. Der große Einschaltknopf muss während des Scannens gedrückt bleiben, was der Handgriff erleichtert. Mit einem Schiebeschalter kann man zwischen Holz- und Metalldetektion umschalten. Der große orange-beleuchtete LCD-Schirm zeigt mit drei großen Bargraph-Anzeigen an, ob das Gerät etwas gefunden hat – und sogar, ob ein Balken links oder rechts vom Scanner wahrgenommen wird. Mit einem Rosettensymbol wird die Mitte eines Holzbalkens angezeigt. Eine separate LED leuchtet, wenn Netzspannung detektiert wird. Dies alles wird unterstützt mit einer akustischen Meldung durch einen Summer.

### Basetech 3-in-1 Detektor

Preis: Circa 20 €

Das billigste Gerät in diesem Test kann ebenfalls Holzbalken, metallische Rohrleitungen und spannungsführende Elektrizitäts-



**Bosch PDO Multi**

Preis: Circa 90 €

Die große Ausführung des PDO6 kann außer Metall und Spannung auch Holz detektieren. Die markante Messöffnung mit Beleuchtung ist auch hier vorhanden. Der Detektor hat einen separaten Ein/Aus-Knopf, einen Knopf für Holzdetektion, einen Knopf für Metalldetektion und einen Summer-Knopf. Jeder dieser Taster schaltet das Gerät ein; es schaltet automatisch nach einigen Minuten der Inaktivität aus, manuelles Ausschalten ist ebenfalls möglich. Das Display verfügt über drei Balkenanzeigen, eine für Spannung und zwei für

leitungen aufspüren. Man muss es nicht einmal auf ein bestimmtes Material einstellen, und es gibt sogar an, ob etwas aus Holz oder Metall gefunden wurde. Man kann es aber auch manuell mit dem Funktions-Knopf auf Holz, Metall oder Netzspannung einstellen.

Das große Display zeigt mit einem kräftigen 19-Segment-Pfeil die gemessene Signalstärke an. Das Gerät schaltet sich nach einigen inaktiven Minuten selbst aus; man kann es auch manuell ausschalten. Ein Summer pfeift aufdringlich, wenn die maximale Signalstärke erreicht wird; zusätzlich leuchtet dann auch eine LED. Es gibt einen separaten Abgleichknopf, um zwischendurch erneut zu kalibrieren und damit die Empfindlichkeit anzupassen.



Signalstärke. Bei einer größeren Signalstärke schaltet die Beleuchtung der Messöffnung von grün nach rot und der Summer tönt (der zum Glück auch ausschaltbar ist!). Bei metallischen Gegenständen kann man nach der Detektion die gefundene Stelle durch Eindrücken der Summer-Taste genauer feststellen, wobei eine zusätzliche Bargraph-Anzeige aktiviert wird. Bei der Suche nach Holzgegenständen muss man die Summertaste permanent eingedrückt halten. Unter dem Messgerät befindet sich ein Bleistift zum Markieren des Fundortes.

**Bosch PDO6**

Preis: Circa 60 €

Der typisch Bosch-grüne PDO6 ist der einzige ausschließlich für das Messen von Metallrohren und spannungsführenden Leitungen entwickelte Scanner im Testfeld.



In der Praxis wird das für viele Anwender ausreichen. Ein- und Ausschalten erfolgt mit einem Ein/Aus-Knopf, das Gerät schaltet sich auch selbst bei längerer Inaktivität aus. Das LCD ist zwar klein, aber effektiv. Ein Bargraph zeigt die Signalstärke, zudem erscheint ein Symbol, wenn eine Spannung detektiert wird. Eine Öffnung oberhalb des Scanners zeigt an, wo er genau misst. Damit kann man exakt bestimmen und anzeichnen, wo man ein Loch bohren kann oder nicht. Die grüne Beleuchtung an dieser Öffnung schaltet nach rot um, wenn man eine hohe Signalstärke misst. Dieses Licht beginnt zudem zu blinken, wenn Spannung detektiert wird.

**Brennenstuhl WMV Plus**

Preis: Circa 20 €

Dieses sehr kompakte Gerät verfügt ebenfalls über die Möglichkeit, Holz, Metall oder Netzspannung zu detektieren. Dafür ist zuerst ein Schiebeschalter auf der Vorderseite einzustellen, bevor der Scan-Knopf eingedrückt wird. Leider ist dann noch nichts auf dem Display



zu sehen, sodass man sich merken muss, welche Stellung zu welcher Einstellung gehört. Es gibt zwei Scan-Taster, wovon man den am besten erreichbaren aussuchen und während des Scannens drücken kann (und gedrückt halten muss). Auf dem Display zeigt eine

## TEST LEITUNGSSUCHER

zweistellige Zahl zusammen mit einer Balkenanzeige die gemessene Signalstärke an. Auch hier sorgt ein Summer für die akustische Signalisierung. Für eine genauere Detektion von Metallrohren muss man das Gerät um 90° drehen.

### Laserliner Starfinder

Preis: Circa 30 €

Ein kleiner handlicher Scanner für das Detektieren von Balken und spannungsführenden Leitungen. Laut Gebrauchsanleitung werden sowohl Holz-, als auch Metall-Elemente erkannt werden; dafür gibt es keine besondere Einstellung. Sieben in einem Bogen angeordnete LEDs zeigen die Signalstärke und die gewählte Empfindlichkeitseinstellung. Mit dem Mode-Taster wird der Scanner eingeschalt-



tet (automatisches Ausschalten nach einigen Minuten). Mit dem Mode-Taster kann man zugleich zwischen Balken- und Spannungsdetektion und mit dem Set-Taster die Empfindlichkeit in drei Stufen umschalten. Für die Kalibrierung gibt es einen großen Cal-Taster. Eine Kalibrierungs-LED blinkt, wenn ein erneuter Abgleich erforderlich ist. Beim Detektieren eines Balkens oder einer Spannung leuchten stets mehrere LEDs, und schließlich beginnt auch ein Summer zu tönen. Wird Wechselspannung detektiert, leuchtet auch noch eine separate Warn-LED.

### Laserliner Multifinder Pro

Preis: Circa 60 €

Dieser Scanner mit Handgriff ähnelt bei Funktionalität und Bedienung dem kleineren Starfinder, aber er besitzt anstelle einer LED-Anzeige ein großes beleuchtetes LCD mit einer breiten Balkenanzeige für die Signalstärke. Auch alle gewählten Einstellungen werden angezeigt. Der Scanner hat Taster zum Ein/Ausschalten und für Holz,



Metall, Spannung, Empfindlichkeit und Kalibrierung. Nach einigen Minuten im Ruhezustand schaltet er automatisch ab. Das Display zeigt deutlich an, welche Aktionen auszuführen sind. So erhält man beispielsweise die Meldung, dass man den Scanner an eine Wand halten und dann auf die Cal-Taste drücken muss. Bei der Feststellung von Spannung leuchtet eine separate Spannungs-LED auf. Es gibt drei Empfindlichkeitsstufen, die man manuell selektieren kann. Ein Summer ist natürlich auch vorhanden.

### Skil multi-functional Detektor 550

Preis: Circa 75 €

Dieser robuste Detektor hat einen separaten Ein/Aus-Knopf, einen Knopf für Holz-Detektion, einen Knopf für Metall-Detektion und noch einen Focus-Knopf. Wie die Bosch-Scanner hat dieses Gerät eine Öffnung, die den exakten Messpunkt angibt. Nach Drücken einer beliebigen Taste schaltet das Gerät ein und nach fünf Minu-



ten in Ruhe wieder aus (oder früher, wenn der Ein/Aus-Knopf betätigt wird). Das Display hat separate Balkenanzeigen für Spannung und Holz/Metall. Wenn der Anzeigewert steigt, leuchtet jeweils eine rote LED auf und es tönt ein Summer. Beim Finden von Metallgegenständen kann man die Fundstelle durch Betätigen der Focus-Taste genauer eingrenzen. Beim Suchen nach Holzgegenständen muss die Focus-Taste permanent gedrückt bleiben. Gemeinsam mit dem Bosch PDO Multi ist dies eines der wenigen Geräte, bei denen man den Summer ausschalten kann.

### Stanley Fatmax Stud Sensor 400

Preis: Circa 42 €

Der in den typischen Stanley-Farben ausgeführte Detektor hat nur einen Ein/Aus-Taster als einzigen Knopf. Er muss während des



Scannens permanent gedrückt werden. Das Gerät verfügt über eine automatische Empfindlichkeitseinstellung, wovon der Stand auf drei LEDs unter dem LCD angezeigt wird. Das große Display zeigt mit einigen Pfeilen und einem Bargraph die Stelle eines Balkens oder eines Rohres an. Ein Summer ertönt bei maximalem Ausschlag und bei Detektieren von Netzspannung. Dann leuchtet auch eine separate LED auf. Mittels einer separaten AC-tracking-Stellung (Taste zweimal nacheinander eindrücken) kann man einfach elektrische Leitungen aufspüren und verfolgen.

### Zircon Multiscanner Pro SL

Preis: Circa 30 €

Dieses Modell kann mittels eines Schiebeschalters auf vier Detektionsarten eingestellt werden: Holzbalken, extra empfindlich für tief liegende Holzbalken, Metall und Spannungsdetektion. Während des Scannens muss der Einschalttaster permanent gedrückt werden. Ein



großes LCD zeigt die aktuellen Einstellungen, den Kalibrierungsmodus, den Batteriezustand und – was am wichtigsten ist – einen aus 17 Segmenten bestehenden Pfeil, bei dem umso mehr Segmente aufleuchten, je höher der gemessene Signalwert ist. Auch hier meldet ein Summer das Erreichen des Maximalwerts. Zudem leuchtet auch noch eine LED exakt am Messort auf, um das Kennzeichnen an der Wand zu vereinfachen.

### Zircon Multiscanner i320

Preis: Circa 50 €

Dieser i320 ähnelt in der Funktion sehr dem Pro SL. Er hat ebenfalls einen Schiebeschalter, der auf Metall, Holz oder tiefer liegendes Holz eingestellt werden kann. Ein AC-Stand (den der Pro SL hat) fehlt hier, es wird aber Wechselspannungen detektiert, und auf dem Display



blinkt dann ein AC-Indikator. Das Gerät ist recht schlank ausgeführt und hat an der Seite einen beim Scannen permanent zu drückenden Ein/Aus-Taster. Das Display ähnelt sehr dem teureren i700; es hat allerdings keine Hintergrundbeleuchtung. Ein breiter Bargraph zeigt die Signalstärke an, und man erhält gleichzeitig eine Anzeige zur Lage des Balkens oder der Leitung. Auch hier fehlt der Summer nicht, und wie die anderen Zircon-Scanner im Test hat auch dieses Exemplar eine LED zur Anzeige der Mitte von Balken oder Leitungen.

### Zircon Multiscanner i700

Preis: Circa 80 €

Dieses teurere Modell von Zircon erhält einen Preis für die futuristischste Formgestaltung. Es besteht aus zwei Teilen, die mittels einer Scharnier-Konstruktion miteinander verbunden sind. Die Konstruktion ist derart, dass man den untersten Teil (den ‚Handgriff‘) etwas herunter drücken muss, wenn das Gerät an die Wand gehalten wird.



Mit dieser Bewegung wird der Detektor automatisch eingeschaltet. Mittels eines Schiebeschalters kann man den Scanner auf Holz-, Metall- oder Spannungsdetektion einstellen. Auf dem großen Display wird mit einem horizontalen Balken die Signalstärke und die Lage (Links/Rechts/Mitte) angezeigt. Zwei LEDs leuchten, um die Mitte eines Balkens oder einer Leitung exakt anzuzeigen, unterstützt von einem Summertone. Die letzte Besonderheit dieses Typs ist ein integrierter Markierstift in Form einer Bleistiftspitze, die einen Strich auf die Wand zeichnet, wenn man den Mark-Knopf im unteren Teil des Scanners eindrückt.

### Ergebnis

Nach Ausführen mehrerer Messungen und praktischer Tests haben wir für Sie gute und schlechte Nachrichten: Alle getesteten Geräte erfüllen ihren Zweck, selbst das billigste für 20 Euro. Und die schlechte Nachricht: Für etwas mehr Möglichkeiten, Komfort oder ein luxuriöseres Display muss man doch ziemlich viel mehr als 20 Euro ausgeben.

Man kann deutliche Gewinner nennen: Der Black & Decker BDS303 ist die beste Wahl, wenn es um die Detektion von Holz geht, der Bosch PDO Multi ist Meister beim Detektieren von metallischen Gegenständen und der Stanley FatMax Stud Sensor 400 ist der unumstrittene König beim Aufspüren von Netzspannungen.

Der BASETech ist das beste Gerät, wenn man das Preis/Leistungsverhältnis betrachtet, jedoch ist das Detektieren von Holz nicht seine

## TEST LEITUNGSSUCHER



stärkste Seite. Die übrigen Messresultate liegen jedoch alle über dem Durchschnitt. Danach folgt der 10 Euro teurere Zircon Multiscanner Pro SL, ein schon etwas älteres Gerät, das in Punkto Messergebnisse sicher ebenso gut abschneidet wie die neuen Versionen von Zircon. Für das Geld erhält man ein gutes Universalgerät, das auch für die Detektion von Holz und Netzspannung geeignet ist.

Wenn wir nicht nur die Messergebnisse betrachten, sondern auch nach der praktischen Handhabung urteilen, so finden wir den Bosch PDO Multi und den Skil 550 (deutlich erkennbare Herkunft aus der gleichen Quelle) wegen der Kombination aus übersichtlicher Bedienung, deutlichem Display und genauer Ortsbestimmung von Metall (durch die um die Messöffnung angeordnete Spule) am zweckmäßigsten. Einziger Minuspunkt ist die Tatsache, dass man für die Holzdetektion permanent den Knopf eingedrückt halten muss. Diese Geräte gehören aber mit 92 und 75 Euro zu den teuersten im Test.

Unsere Empfehlung bei der Auswahl eines Leitungssuchers: Überlegen Sie zunächst, wozu Sie das Gerät verwenden. Was wollen Sie damit finden, wie oft werden Sie es wahrscheinlich verwenden und wie viel Geld ist es Ihnen wert? Wählen Sie an Hand dieser Kriterien in der Tabelle ein Exemplar aus, das Ihren Anforderungen entspricht.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg beim Heimwerken, und achten Sie immer auf verborgene Elektroröhre und Wasserleitungen!

(100016)

Die Leitungssucher von Black & Decker, Bosch, Brennenstuhl, Skil und Stanley sind in den meisten Baumärkten erhältlich. Die Leitungssucher von BASETech, Laserliner und Zircon kann man bei Technik-Versendern wie Reichelt und Conrad erwerben. Auf den Webseiten der Hersteller findet man weitere Bezugsquellen.

Tabelle 1. Messergebnisse (alle Abstandsangaben in cm)

Type	Holz 4,8x1,7 cm	Eisen	Kupfer	Alu.	Uponor	PVC-Rohr	PVC-Rohr mit Draht	Netz- spannung
BASETech 3-in-1 detector (€ 20)	2	10*	5*	5*	5*	<1	2*	3
Black & Decker BDS300 (€ 40)	3	9*	4*	5*	5*	2,5**	2	1,5
Black & Decker BDS303 (€ 60)	6	7	3	4	5	4**	2	3
Bosch PDO 6 (€ 59)	-	8	5	6	5	-	<1	2,5
Bosch PDO Multi (€ 92)	2,5	11	6	7	9	2**	1,5	2,5
Brennenstuhl MFD WMV Plus (€ 40)	3	4	2,5	2,5	3	<1	1	5
LaserLiner Starfinder (€ 30)	3,5	4	3	4	5	<1	5	1,5
LaserLiner MultiFinder Pro (€ 62)	4,5	9	5	5	6	2,5**	2,5	3
Skil multi-functional detector 550 (€ 75)	2,5	9	6	6	8	2**	2	2,5
Stanley FatMax Stud Sensor 400 (€ 42)	4	7	6	3	6	<1	3,5	8***
Zircon Multiscanner Pro SL (€ 30)	3,5	6*	2,5	3	3,5	2**	4	7
Zircon Multiscanner i320 (€ 50)	4	6*	2*	3,5*	3*	<1	2	1,5
Zircon Multiscanner i700 (€ 82)	2	6*	2,5*	3*	3,5*	<1	2	2

PVC-Elektrohr, Eisenrohr und Uponor 5/8" (16 mm) Durchmesser, Kupfer- und Aluminiumrohr 12 mm. Messungen erfolgten hinter Gipskartonplatte von 9,5 mm Stärke.

\* = Scanner 90° gedreht

\*\* = Holzdetektions-Stand

\*\*\* = AC-Detektor-LED leuchtet bereits im Abstand von 16 cm

Preise: Mittlerer Verkaufspreis inkl. MWSt

**NEU!**

**PANEL-POOL**  
Beta LAYOUT

**FRONTPANEL**  
NEXT GENERATION

*Giantes*  
SOUND DESIGN



**FREE DESIGNER**

**DIGITALDRUCK-TECHNIK**

- abriebfest
- UV-beständig
- lösungsmittelbeständig

**www.panel-pool.com**

HOTLINE 0800 7227665 • info@panel-pool.com

**Beta**  
LAYOUT

# Basista

Leiterplatten GmbH The PCB Company



**Können Sie sich das Leben ohne Leiterplatten vorstellen?**



**Wir nicht! Individuelle Lösungen für Ihren Erfolg!**



Wir sind unschlagbar...

**Basista.de**

im Halten unserer Versprechen!

**Einen Tag Lieferzeit**

für Prototypen Multilayer Leiterplatten

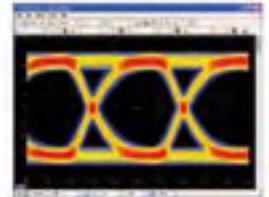
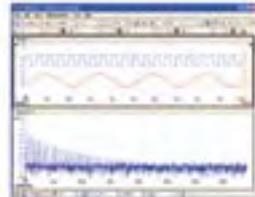
Letzter Produktionstag = Versandtag

**PICOSCOPE 6000 SERIE**

**HIGHEST PERFORMANCE  
PC OSZILLOSKOP**



**350 MHz BANDBREITE  
5 GS/s ABTASTRATE  
BIS ZU 1 GS SPEICHER**



**4-Kanal-Oszilloskop mit Spektrum-Analyser**

Eingebauter Arbiträrgenerator

CAN-Bus Decodierung

Leistungsfähige Triggerfunktionen

Masken-Grenzprüfung (Mask limit testing)

Mathematik- und Messfunktionen

High Speed USB-Interface

Anwenderfreundliche Software

SDK für Anwendungen von Drittanbietern

Fünf Jahre Garantie

**Alles im Lieferumfang - Preis ab 3500€**



**pico**  
Technology

[www.picotech.com/scope2004](http://www.picotech.com/scope2004)

# Dicke Luft im Auto

## Mobiles CO<sub>2</sub>-Messgerät

Von Chris Vossen (Elektor-Labor) & Thijs Beckers (Elektor-Redaktion)

CO<sub>2</sub> ist normalerweise nicht direkt gefährlich, doch problematisch wird es bei höheren Konzentrationen. Das kann dann in bestimmten Fällen durchaus doch zu gefährlichen Situationen führen, vor allem beim Autofahren. Um kritische Situationen aufzuspüren, haben wir ein mobiles CO<sub>2</sub>-Messgerät entwickelt.



### Eigenschaften

- 12-V-Betrieb (via Zigarettenanzünder)
- Messbereit nach 20 s
- Einfache Ampelanzeige der CO<sub>2</sub>-Konzentration
- Messbereich bis 3000 ppm CO<sub>2</sub>
- Temperaturanzeige

Der CO<sub>2</sub>-Messer von Elektor Januar 2008 funktioniert nach wie vor gut. Weshalb dann eine neue Schaltung? Dafür gibt es einfache Erklärung:

Dem Artikel von 2008 ist zu entnehmen, dass hohe Konzentrationen von CO<sub>2</sub> in der Atemluft das menschliche Konzentrationsvermögen negativ beeinflussen. Und Letzteres ist gerade beim „Führen eines KFZ“, wie das Autofahren in klassischem Amtsdeutsch genannt wird, von entscheidender Bedeutung. Deshalb ist ein CO<sub>2</sub>-Messgerät zum Dabeihaben keine schlechte Sache. Im Prinzip würde es auch der ältere CO<sub>2</sub>-Messer tun, doch seine lange Aufwärmzeit und die Kalibrationsphase von zwei Stunden macht es für den Einsatz im Auto etwas unpraktisch.

### Messprinzip

Für den mobilen Einsatz muss also ein schnellerer Sensor her, der möglichst fix messbereit ist. Und tatsächlich gibt es da einen passenden Sensor aus Taiwan: der Typ ZG01C des Herstellers ZyAura [1] (siehe Bild 1).

Dieser Sensor arbeitet nach dem so genannten NDIR-Prinzip. NDIR steht für **Non-Dispersive InfraRed Absorption** (siehe auch [2]). Hierbei wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration eines Gasgemisches dadurch messbar, dass CO<sub>2</sub> infrarotes Licht mit der spezifischen Wellenlänge von 4,27 µm absorbiert. Man durchstrahlt eine Röhre mit bestimmten Abmessungen (die Probenkammer) mit dem IR-Licht und am anderen Ende kommt nach einem Filter für diese spezielle Wellenlänge ein IR-Sensor.

Da die normale Konzentration von CO<sub>2</sub> in Luft ziemlich gering ist (oder sein sollte), ist für unsere Zwecke ein CO<sub>2</sub>-Sensor mit langer Röhre notwendig, damit man die geringen Konzentrationen genau genug messen kann. In der Folge sind geeignete Sensoren recht groß und in der benötigten Qualität in aller Regel auch teuer. Der Firma ZyAura ist es allerdings gelungen, einen recht kompakten Sensor zum akzeptablen Preis her-

zustellen, was ihr Produkt für unsere Schaltung prädestiniert.

### Intelligenter Sensor

Der vorgesehene Sensor eignet sich für CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 0...3.000 ppm = 0...0,3% (siehe technische Daten), was für unsere Zwecke genau passt. Die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration in der freien Natur beträgt aktuell 383 ppm. Werte über 3.000 ppm werden - nicht nur im Auto - richtig gefährlich (siehe Tabelle „Auswirkungen von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen“).

Die auf der Platine des Sensors integrierte Elektronik erledigt schon etliche wichtige Aufgaben. Der dort aufgelötete Chip (vermutlich ein ASIC) erfasst die Signale und bereitet sie digital auf. Die gemessenen Daten liefert er via SPI an einen anzuschließenden Mikrocontroller. Neben dem CO<sub>2</sub>-Sensor hat das Sensor-Modul auch einen Temperatursensor zur Kalibration an Bord. Auch dessen Messwerte sind via SPI erhältlich.

Was noch zu tun bleibt ist, diese Daten abzuholen und in geeigneter Form auf ein Display zu bringen. Diese Aufgabe übernimmt ein Mikrocontroller vom Typ ATmega88. Er

### Technische Daten ZG01C

- Messbereich: 0...3.000 ppm = 0...0,3 %
- Temperaturbereich: 0...50 °C
- Luftfeuchtigkeit: 0...95 %
- Aufwärmzeit: <60 s
- Messintervall: 7 s
- Genauigkeit: ±50 ppm oder 5 % vom Messwert

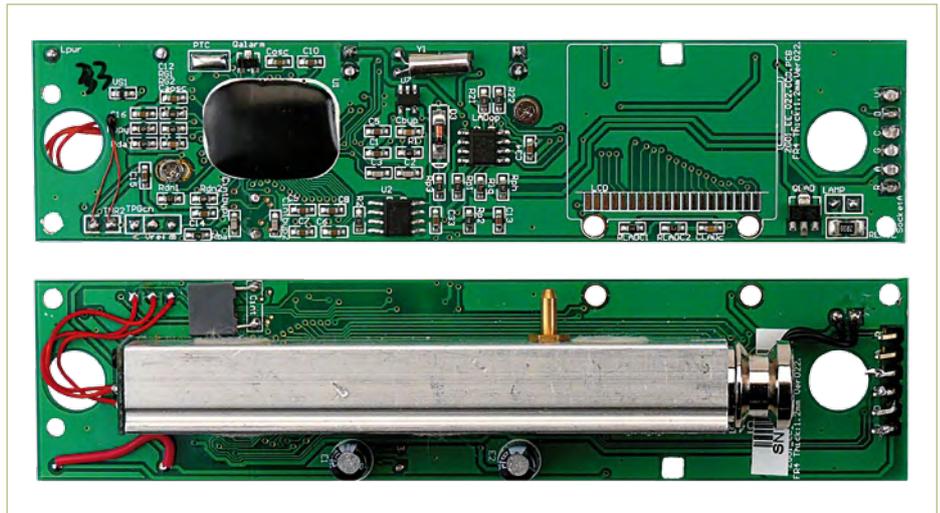


Bild 1. Die Sensorplatine enthält schon die Elektronik zur Signalaufbereitung und Digitalisierung.

stellt die CO<sub>2</sub>-Konzentration und die Temperatur auf einem LCD dar.

### Schaltung und Platine

Jetzt geht es zu den Details der Elektronik (siehe Schaltung in **Bild 2**): Wie schon erwähnt wird die eigentliche Arbeit von der Sensor-Elektronik erledigt. Aus diesem Grund fällt die Zusatz-Elektronik erfreulich einfach aus.

Die via SPI-Bus über K2 angelieferten Daten werden vom Mikrocontroller eingelesen, in Text gewandelt und über via K1 an das Display ausgegeben. Abhängig vom CO<sub>2</sub>-Pegel wird außerdem noch eine LED-Ampel aus den D1, D2 und D3 angesteuert. Mit K3 lässt sich der Mikrocontroller „in-circuit“ programmieren. Vor der Programmierung sollte aber der Sensor entfernt werden, denn für die Übertragung der Software wird derselbe SPI-Bus verwendet.

Als Display wurde ein zweizeiliges Modell mit je acht Zeichen auf der Basis eines HD44780-kompatiblen Controllers vorgesehen, da für dessen Ansteuerung eine Standard-Library aus dem Internet genutzt werden kann. Mit P1 ist der Kontrast der Anzeige einzustellen.

Das Messgerät lässt sich aus der 12-V-Bordspannung eines Autos versorgen. Die Sensor-Elektronik benötigt eine eigene Spannung von 9 V, die einfach mit Hilfe eines dreibeinigen Spannungsreglers (7809) aus dem 12-V-Anschluss gewonnen wird. Die für den Mikrocontroller bekömmlicheren 5 V regelt dann ein nachfolgender 78L05 (die 100-mA-Version des 7805). Die LEDs werden ebenfalls mit 5 V versorgt. Als Verpolschutz wurde mit D4 noch eine Diode in Serie mit den 12 V der Versorgungsbuchse geschaltet.

Beim Entwurf der Platine wurde auf die Abmessungen von Display und Sensor geachtet. Beide können mit Hilfe von Abstandhaltern auf der Platine befestigt werden. (siehe **Bild 3**).

### Software

Auch die Firmware des Mikrocontrollers profitiert von der Signalaufbereitung im Sensor, und die Ansteuerung des Displays ist dank der verwendeten Library ziemlich

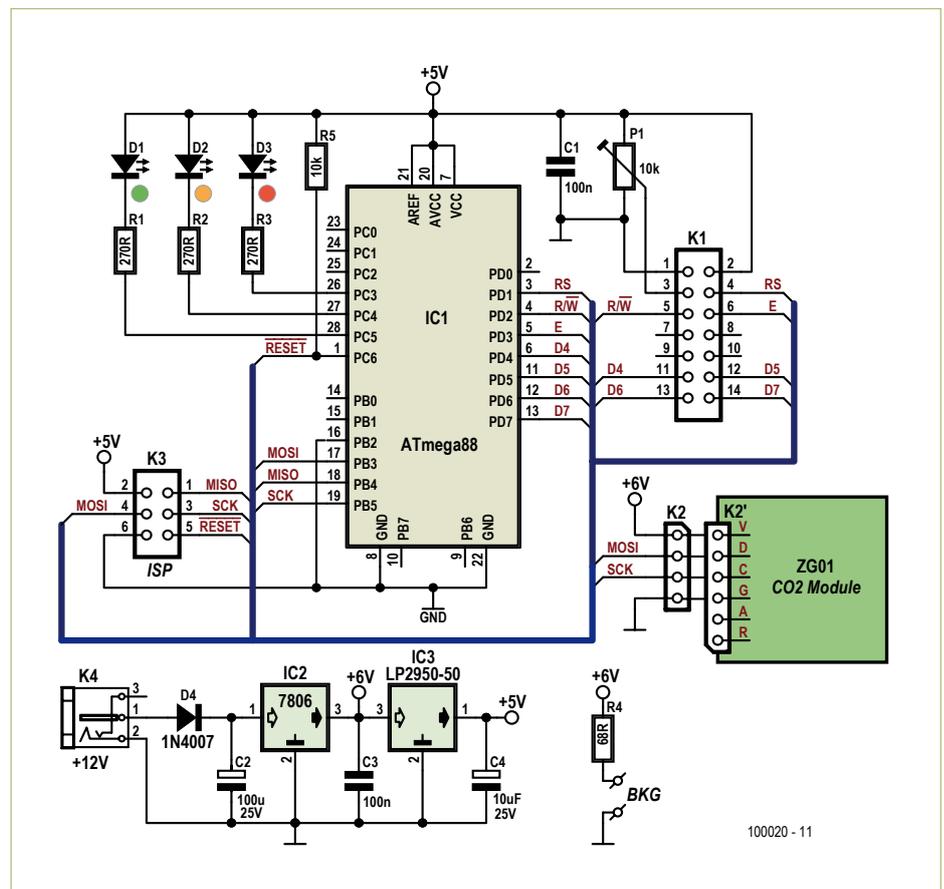


Bild 2. Dank des leistungsfähigen Sensors bleibt der Schaltungsaufwand gering.

## Rund um CO<sub>2</sub>

Kohlendioxid oder kurz CO<sub>2</sub> ist ein farb- und geruchsloses Gas, das schwerer als Luft ist. Die mittlere Konzentration in Luft außerhalb geschlossener Räume lag Anfang 2010 bei etwa 383 ppm. In Innenstädten ist dieser Wert höher - typischerweise fast doppelt so hoch.

Wenn sich mehrere Menschen in einem geschlossenen Raum aufhalten, steigt die Konzentration schnell an, denn die CO<sub>2</sub>-Konzentration in ausgeatmeter Luft beträgt etwa 4...5 %. Bei typischen 16 Atemzügen pro Minute atmet ein Mensch pro Stunde daher gut 30 Liter reines CO<sub>2</sub> aus. In einem weitgehend abgeschlossenen Raum von rund 2...3 m<sup>3</sup> wie in einem Auto steigt die Konzentration von CO<sub>2</sub> innerhalb einer Viertelstunde von 500 ppm auf über 3.000 ppm! Mit vier Personen im selben Auto ist dieser Wert sogar innerhalb von fünf Minuten überschritten! Die Tabelle zu den Auswirkungen von CO<sub>2</sub> zeigt eine selektive Auswahl von Werten und Wirkungen.

Die Giftigkeit von CO<sub>2</sub> liegt eigentlich nicht so sehr im Stoff selbst, sondern in der Tatsache begründet, dass sich das Gas bei Konzentrationen über 2 % nicht mehr gut im Blut löst, wodurch dieses einen niedrigeren PH-Wert erreicht. Im Prinzip ist das der gleiche Effekt wie bei der Kohlensäure im Mineralwasser, die für frischen Geschmack zugesetzt wird. Das Blut bzw. der rote Blutfarbstoff Hämoglobin in seiner Eigenschaft als Sauerstoffträger kann bei höheren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Blut nicht mehr so viel Sauerstoff aufnehmen, was Benommenheit und mehr verursachen kann.

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration hat auch bei niedrigen Werten Auswirkungen. Schon ab 800 ppm nimmt beispielsweise die Empfindlichkeit des Geruchssinns zu, wodurch „schlechte Luft“ früher und intensiver wahrgenommen wird. Damit schaukelt sich der Eindruck von schlechter Luft von selbst auf. Den Effekt merkt man bei Menschenansammlungen in schlecht gelüfteten, geschlossenen Räumen wie den üblichen Klassenzimmern in Schulen sogar schon nach weniger als einer Stunde.

### Auswirkungen von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen

CO <sub>2</sub> -Volumenanteil		Beschreibung
in %	in ppm	
0,038	380	Mittlere Konzentration im Freien
0,07	700	Stadtluft im Freien
0,08	800	Steigerung des Geruchssinns
0,14	1.400	Stadtluft in Wohnungen
0,4	4.000	Maximum in Klassenzimmern
0,5	5.000	MAK-Wert für CO <sub>2</sub>
2	20.000	Kurzzeitig aushaltbar
2,5	25.000	Benommenheitsgefühle bei Tauchern
3	30.000	Beginnende Atmungsprobleme
4 – 5,2	40.000 – 52.000	Ausgeatmete Luft
5	50.000	Schwindel und Bewusstlosigkeit
6 - 8	60.000 – 80.000	Lähmungserscheinungen
8 – 10	80.000 – 100.000	Tödliche Dosis

einfach ausgefallen. Nach der Initialisierung der Hardware und der Konfiguration des Controllers als SPI-Slave wird das Display gelöscht und die Hauptschleife gestartet. Hier wird dann der Empfang eines Daten-Frames abgewartet. Wenn Daten eintreffen und die Checksumme korrekt ist, werden Temperatur und CO<sub>2</sub>-Wert auf dem Display angezeigt. Außerdem wird noch die passende LED der Ampel eingeschaltet. Stimmt die Checksumme nicht, werden die Daten verworfen.

Der Sensor liefert von sich aus alle sieben Sekunden via SPI-Bus neue Daten an den Controller, so dass auch alle sieben Sekunden neue Werte angezeigt werden. Genug Zeit für zusätzliche Funktionen also.

### Aufbau und Einsatz

Der Aufbau sollte dank Platine keine Probleme bereiten. Wie immer bestückt man zuerst die kleinsten/flachsten Bauteile. **Bild 4** zeigt die Bauteilanordnung. An die Platine des Sensors wird mit Schaltdraht ein vierpoliger Stecker für K2 angelötet. Die Schaltung **Bild 2** informiert über die Belegung von K2.

Das Platinen-Layout kann wie die anderen Projekt-Dateien auch von der Webseite zu diesem Artikel [3] kostenlos herunter geladen werden. Außerdem gibt es einen Bausatz [3] von Elektor, der alle Teile enthält. Die fertig bestückte Platine kann in das Gehäuse eingebaut werden, das für den Bausatz bei [3] angeboten wird. Selbstverständlich kann man aber auch eigene Wege gehen. Das angebotene Gehäuse verfügt übrigens noch nicht über Aussparungen, so dass hier noch etwas Handarbeit angesagt ist. Öffnungen für die zu untersuchende Luft darf man dabei natürlich nicht vergessen... Nach Anschluss der Stromversorgung sollte das Messgerät sofort aktiv werden und die Temperatur anzeigen. Bis aber der erste CO<sub>2</sub>-Wert auf dem Display erscheint, muss man sich etwa 20 s gedulden, denn auch dieser Sensor braucht eine kurze Aufwärmphase. Wie schon angedeutet zeigt das Messgerät die CO<sub>2</sub>-Konzentration in ppm und die Temperatur in °C an. Als „gut/bedenklich/schlecht“-Anzeige dient eine LED-Ampel. Die grüne LED D1 leuchtet bei Werten unter 1.000 ppm auf. Bei Orange (D2)

liegt die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Bereich 1.000...1.400 ppm und darüber signalisiert D3 Alarmstufe Rot. Wenn ein Auto voll besetzt ist, wird die rote LED erstaunlich schnell leuchten (siehe CO<sub>2</sub>-Messgeräte-Praxistest in der Rubrik Labcenter der letzten Elektor-Ausgabe [4]. Werte von 1.700 ppm und darüber waren keine Ausnahme).

Wir vermuten, dass allgemein lange Autofahrten und speziell Fahrten in den Urlaub mit Familie und Gepäck recht häufig zu hohen CO<sub>2</sub>-Werten führen und daher ein zusätzliches Gefahrenpotential mit sich bringen. Das Messgerät kann dies natürlich nicht verhindern, aber immerhin darauf aufmerksam machen, dass eine Pause angesagt wäre oder man zumindest den Ventilator eine Stufe stärker stellen sollte.

(100020)

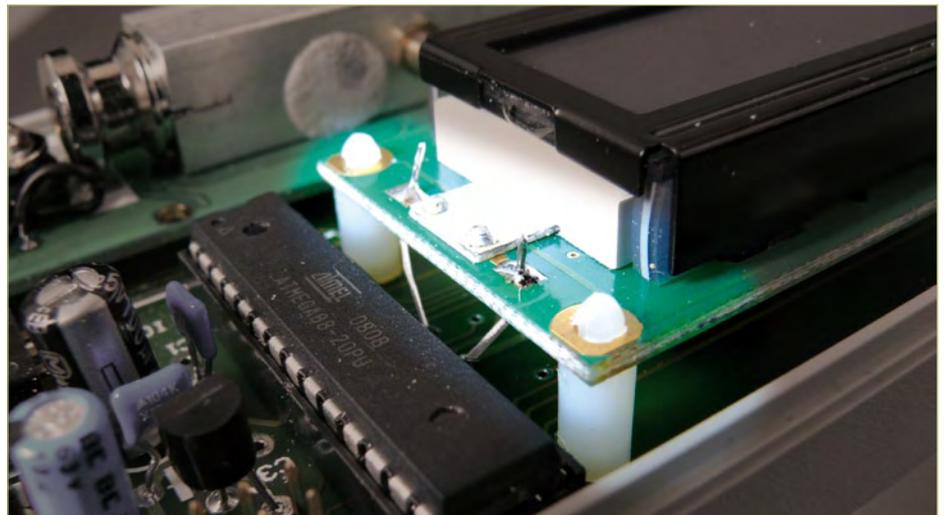


Bild 3. Sensor und Display werden mit Abstandsbolzen auf der Platine montiert. Für den Anschluss der Hintergrundbeleuchtung (A und K) eignen sich abgeschnittene Drahtenden von Widerständen.

#### Links:

- [1] [www.zyaura.com](http://www.zyaura.com)  
 [2] [http://de.wikipedia.org/wiki/Nondispersiver\\_Infrarotsensor](http://de.wikipedia.org/wiki/Nondispersiver_Infrarotsensor)

- [3] [www.elektor.de/100020](http://www.elektor.de/100020)  
 [4] [www.elektor.de/090981](http://www.elektor.de/090981)

## Stückliste

#### Widerstände:

R1,R2,R3 = 270 Ω  
 R4 = 120 Ω  
 R5 = 10 k  
 P1 = 10 k

#### Kondensatoren:

C1, C3 = 100 n  
 C2 = 100 µ/25 V  
 C3 = 10 µ/25 V

#### Halbleiter:

D1 = LED 5 mm grün  
 D2 = LED 5 mm orange  
 D3 = LED 5 mm rot  
 D4 = 1N4007  
 IC1 = Atmega88-20pu  
 IC2 = 7809  
 IC3 = 78L05

#### Außerdem:

K1 = 14-polige Stiftleiste (Stiftlänge 14 mm)  
 K2 = 4-polige Stiftleiste  
 4-polige Fassung für K2  
 K3 = 2x3-polige Stiftleiste  
 K4 = Niederspannungsbuchse für Platinenmontage  
 LCD PC0802LRS-AWA-B-Q  
 IR-Modul ZG01  
 Schaltdraht  
 Platine: EPS 100020-1, siehe [3]  
 Kompletter Bausatz mit allen benötigten Teilen, Sensor und LCD: EPS 100020-71, siehe [3]  
 Gehäuse: EPS 100020-72, siehe [3]

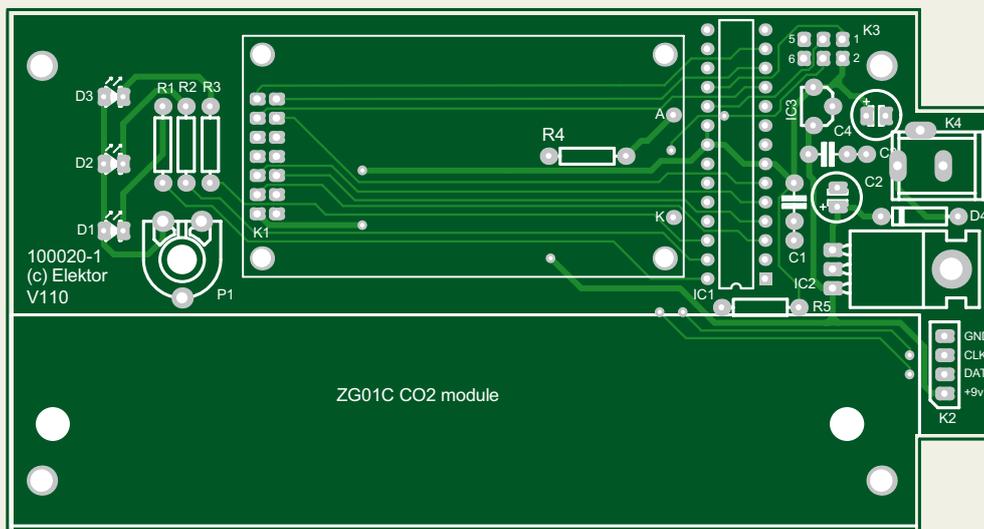
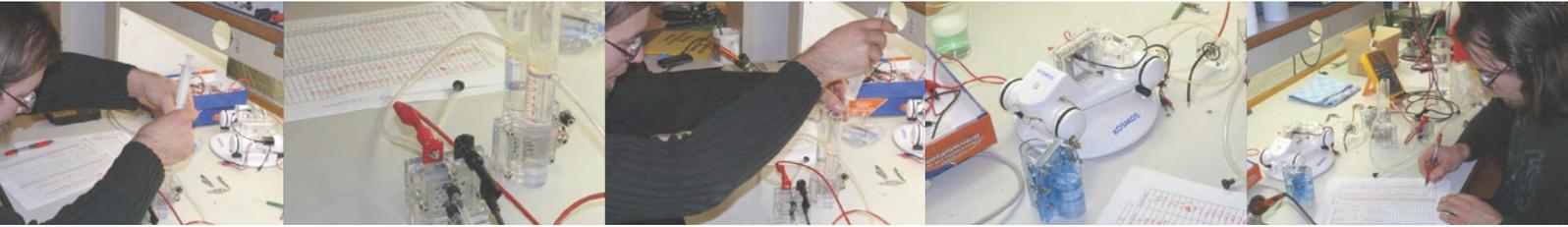


Bild 4. Im Bestückungsdruck sieht man deutlich den für Sensor und LCD reservierten Platz. Mit P1 wird der Kontrast des LCDs eingestellt.



# Saubere Energie mit Wasserstoff

## Brennstoffzellen in der Praxis

Von Thijs Beckers (Redaktion NL)

Lösungen für Energiespeicher sind dringend gesucht. Aber wie macht man das am Besten? Mit großen Akkus, Pumpspeicherkraftwerken oder Wasserstoff? Es gibt noch keine eindeutige Antwort. Für mobile Anwendungen ist Wasserstoff eine interessante Möglichkeit, und Prototypen von „Wasserstoffautos“ mit Brennstoffzellen gibt es schon lange. In größeren Stückzahlen verbreitet sind bis jetzt nur die kleinsten dieser Zellen, die wir uns näher angesehen haben.

Der weltweite Energiehunger nimmt jedenfalls immer noch zu. 2008 betrug der weltweite Energieverbrauch 474 Exajoule ( $474 \times 10^{18}$  J) [1]. Das entspricht einem kontinuierlichen Verbrauch von 15 Terawatt ( $15 \times 10^{12}$  W) – Tag für Tag. Es wird erwartet, dass die weltweite Energienachfrage von 1995 bis 2015 um 54 % zunimmt. Besonders asiatische Länder tragen mit erwarteten Steigerungen von 129 % dazu bei, allen voran vor allem wie China und Indien. In westlichen Ländern ist der Energieverbrauch pro Kopf der Bevölkerung schon jetzt sehr hoch. Alleine die Vereinigten Staaten sind für 20 % des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich, während die Einwohnerzahl nur 5% der Gesamtweltbevölkerung ausmacht. Industrie und Transport benötigen immense Mengen an Brennstoff, vor allem Öl und Gas (80-90 %).

### Fossile Brennstoffe

Öl und Steinkohle sind die Hauptenergiequellen des industriellen Zeitalters. Unser Leben und unsere gesamte Gesellschaft ist auf den Verbrauch von Energie aus fossilen Brennstoffen ausgerichtet. Diese Energiequellen sind jedoch nicht unbegrenzt und auf Dauer verfügbar. Irgendwann sind die Ölquellen ausgeschöpft, die Gasblasen leer und die Steinkohle abgebaut - und was dann? Vor diesem Hintergrund gibt es zahllose Projekte und Untersuchungen zur Erschließung neuer Energiequellen. Kontrollierte Kernfusion, Sonnenenergie, Biobrennstoff, Windenergie und so weiter...

### Alternativen

Im Prinzip ist allein schon die Energiemenge, die die Sonne auf die Erde „abfeuert“, mehr als ausreichend, um die Energienachfrage der kommenden Jahrhunderte zu decken. Was fehlt, ist die richtige Methode zur Umwandlung dieser Energie in brauchbare Energieformen und Energieträger. Sonnenzellen werden zwar immer effizienter, aber die Produktion erfordert immer noch ziemlich viel

Ressourcen. Darüber hinaus gibt es das Problem der Speicherung der erneuerbaren Energie. Um Wasserstoff als Energiespeicher und Energieträger zu nutzen, bedarf es noch geeigneter Speichermethoden und einer brauchbaren Infrastruktur.

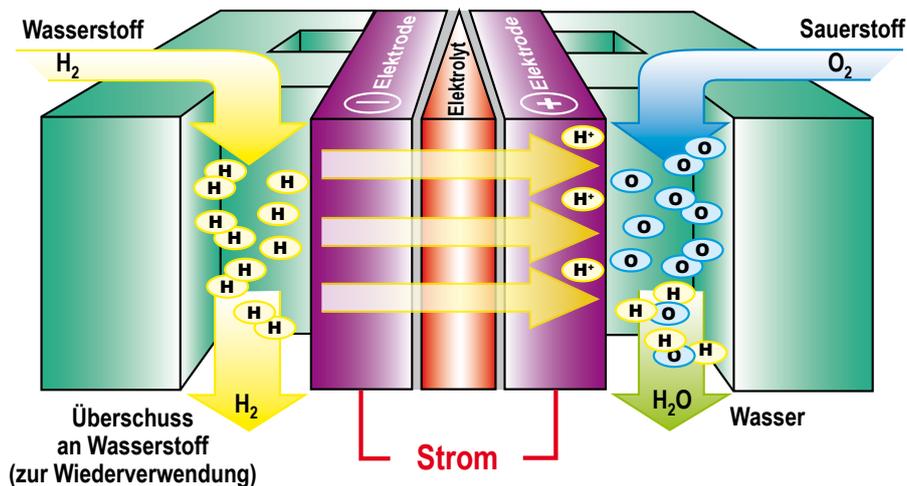
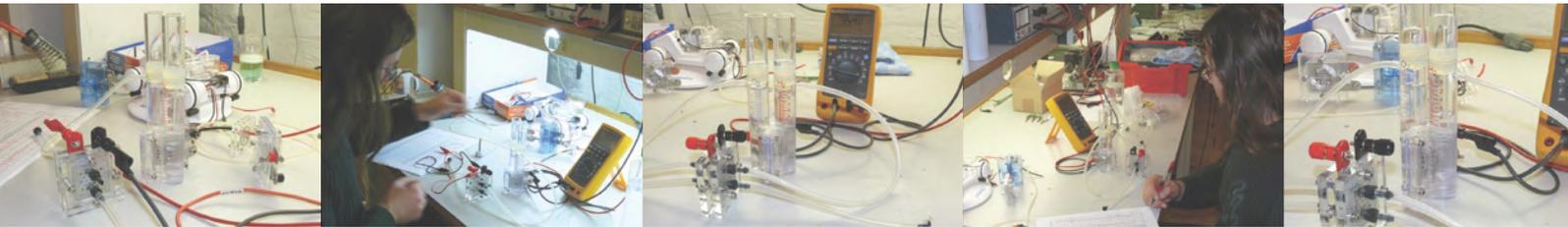
### H<sub>2</sub>

Wasserstoff kommt in der Natur als ein Molekül vor, das aus zwei Wasserstoffatomen (H<sub>2</sub>) besteht. Wasserstoff ist bei Raumtemperatur und normalem Druck gasförmig und wiegt 0,084 Gramm pro Liter. Damit ist er ungefähr 14-mal leichter als Luft und das leichteste Element mit den kleinsten Molekülen. Dadurch dringt er einfach durch poröse Materialien und sogar durch Metalle wie Platin hindurch, worauf bei der Speicherung besonders geachtet werden muss. In einer Mischung mit Luft und Chlorgas reagiert Wasserstoff explosiv, aber reines Wasserstoffgas ist sehr stabil.

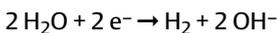
### Elektrolyse

Wasserstoff kann auf unterschiedliche Weise erzeugt werden. Die häufigste Methode ist die Zerlegung von Wasser mit Hilfe elektrischen Stroms in Wasserstoff und Sauerstoff. Diesen Prozess nennt man Elektrolyse. Er funktioniert folgendermaßen: Im Wasser, dem ein Elektrolyt zugesetzt wurde, werden zwei Elektroden angeordnet, eine Anode und eine Kathode. Die Anode wird mit dem positiven Pol und die Kathode mit dem negativen Pol einer externen Spannungsquelle verbunden. Die Elektroden werden aus einem Metall hergestellt, das durch die Elektrolyse nicht angegriffen wird, sondern als Katalysator des Prozesses wirkt. Ein dafür häufig verwendetes Metall ist Platin. Die Oberfläche der Elektrode bestimmt in starkem Maße die Menge des freigesetzten Wasserstoffs.

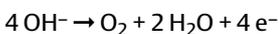
Für die Elektrolyse wird Gleichstrom verwendet. Als Spannungsquelle ist zum Beispiel eine Batterie oder eine Sonnenzelle geeignet.



Zuerst mischen wir dem Wasser einen Elektrolyten bei, z.B. Natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), der Ionen liefert, so dass ein Strom fließen kann, denn reines Wasser leitet sehr schlecht. An der positiven Anode entsteht Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ); an der Kathode entsteht Wasserstoff. Durch Zufuhr von Elektronen über die Kathode (negative Spannung) gibt es die folgende Reaktion:



Der entstandene Wasserstoff steigt in der Flüssigkeit auf und kann aufgefangen werden. Die entstandene Lauge wird bei der Reaktion an der Anode wieder verwendet. Wegen des Elektronenmangels (positive Spannung) findet hier die folgende Reaktion statt:



Der entstandene Sauerstoff steigt auch hier in der Flüssigkeit auf und kann aufgefangen werden.

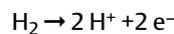
Für die Reaktion an der Anodenseite sind zweimal soviel  $\text{OH}^-$ -Ionen erforderlich, wie an der Kathodenseite entstehen. Für jedes Sauerstoffatom, das frei wird, kommen also auch zwei Wasserstoffatome frei. Es entsteht also zweimal soviel Wasserstoff wie Sauerstoff.

### Brennstoffzelle

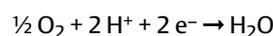
In einer Brennstoffzelle wird die Elektrolyse umgekehrt. Mit dem Umkehren der Reaktion entsteht wieder Strom (und sauberes Wasser). Um die Reaktion stattfinden zu lassen, ist wieder ein Elektrolyt erforderlich. Bei Brennstoffzellen ist dies eine spezielle Membran. Die Brennstoffzellen, die wir weiter unten unter die Lupe genommen haben, sind alle so genannte PEM-Brennstoffzellen. PEM steht für Proton Exchange Membrane. Der Vorteil dieser Zellen ist, dass sie bei Zimmertemperatur funktionieren. Es gibt inzwischen viele

andere Arten von Brennstoffzellen, die aber meist mit höheren Temperaturen arbeiten [2].

Die Membran in einer PEM-Brennstoffzelle ist aus Nafion hergestellt. Dies ist ein Polymer, dessen Moleküle so dicht aufeinander gestapelt sind, dass es nur noch Wasserstoffionen durchlässt. Sauerstoffionen werden zurückgehalten. An beiden Seiten der Membran befindet sich eine Elektrode, die aus einer mit Platin bedampften Kohlenstoffmatte besteht. Die Anodenseite wird permanent mit Wasserstoff versorgt, die Kathodenseite mit Sauerstoff. Die zugefügten Wasserstoffmoleküle werden mit Hilfe des Katalysators Platin nach folgender Reaktion in Wasserstoffionen aufgespalten:

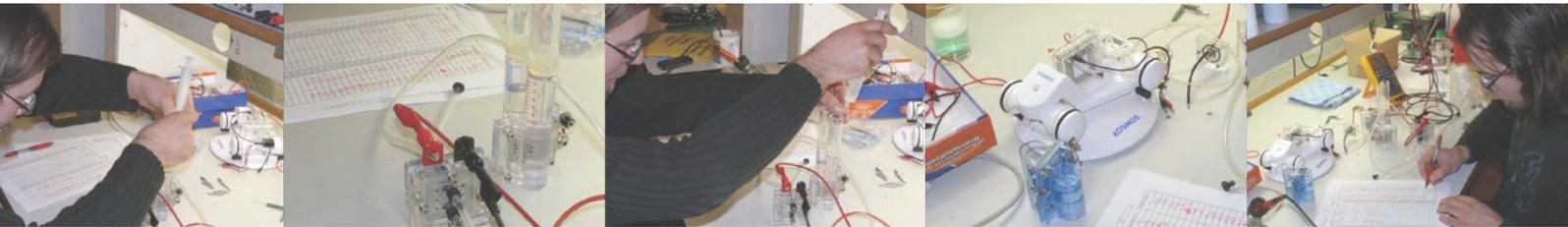


Die Elektronen werden direkt von den Elektroden aufgenommen. Über die extern angelegte Belastung fließen sie zur Kathode. Die positiv geladenen Wasserstoffionen diffundieren durch die Membran zur Kathode, wo sie mit freigesetzten Sauerstoffionen zu Wasser reagieren:



Die benötigten Elektronen werden von der Kathode geliefert. Die Membran lässt also Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser reagieren, ohne dass eine sichtbare Verbrennung oder eine Explosion stattfindet.

Die Spannung, die auf diese Weise erzeugt wird, liegt in der Praxis zwischen 0,6 und 0,9 Volt. Für die meisten Anwendungen ist diese Spannung zu niedrig. Daher werden häufig mehrere Brennstoffzellen in Reihe geschaltet, um die erforderliche Spannung zu erzie-



len. Eine ausreichend große Oberfläche pro Zelle gewährleistet die Stromstärke.

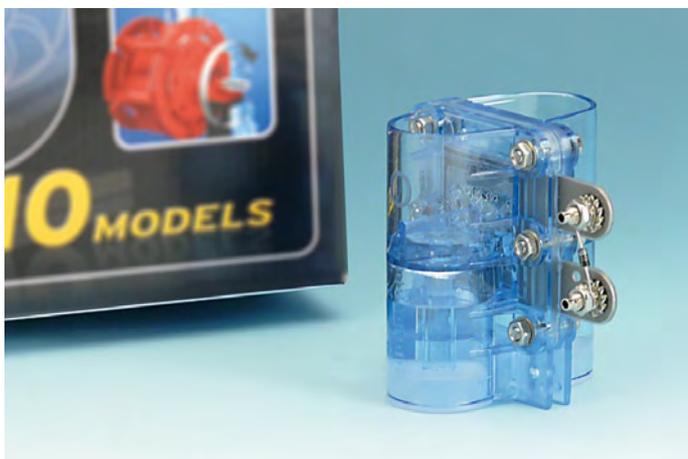
### Selbst erproben

Inzwischen können Sie selbst auf recht einfache Weise mit Brennstoffzellen experimentieren. Es gibt eine Anzahl von „Kits“ auf dem Markt, vorzugsweise für edukative Zwecke. Häufig ist auch eine Solarzelle mit enthalten, um das Konzept „nachhaltiger Energie“ im Experiment zu veranschaulichen.

Wir haben einige Kits untersucht und geprüft, was diese Zellen leisten. Hierzu folgender Hinweis: Da die meisten dieser Brennstoffzellen nur entsprechend der Anleitung im entsprechenden Kit verwendet werden sollen und nicht für eigene Experimente gedacht sind, kann eine „missbräuchliche Verwendung“ zum Verlust der Herstellergarantie führen.

### Fischertechnik

Von Fischertechnik [3] haben wir den *Hydro Cell Kit* verwendet. Dieser Kit besteht aus einer Einheit, in der die (PEM)-Brennstoffzelle, der Wasservorrat und der Gasbehälter, ein Solarmodul und noch



einige Befestigungsteile integriert sind. Der Kit ist eigentlich eine Ergänzung des Oeco Tech Kits von Fischertechnik, bei dem 10 verschiedene Einheiten mit Sonnenenergie angetrieben werden. Durch Kombination der Kits kann Solarstrom in Form von Wasserstoffgas als Puffer gespeichert und mit Hilfe der Brennstoffzelle bei Bedarf (wenn das Solarmodul nicht genug Licht erhält) wieder entnommen werden. So wird gezeigt, wie sich Solarstrom und Wasserstoff zu einer nachhaltigen Lösung kombinieren lassen.

### Heliocentris

Von der auf Brennstoffzellen spezialisierten Firma Heliocentris [4] stammt der *Dr. Fuel cell Science Kit*. Dieser sehr umfangreiche Kit wird mit vier Büchern voller Theorie, Erläuterungen und Anleitungen für Experimente und Messungen geliefert und ist deutlich als Lehrmittel konzipiert. Der Kit enthält eine spezielle Einheit für die Elektrolyse und die Speicherung von Wasserstoff und Sauerstoff, ein Solarmodul als Stromlieferant für die Elektrolyse, eine selbst



zusammen zu bauende (PEM)-Brennstoffzelle und eine Messeinheit mit verschiedenen Belastungen. Darüber wird mit dem Kit auch eine Methanolbrennstoffzelle geliefert, die wir bei unseren Tests aber nicht berücksichtigt haben. Auch dieser Kit enthält alle Erfordernisse zum Experimentieren mit erneuerbarer Energie.

### Eitech

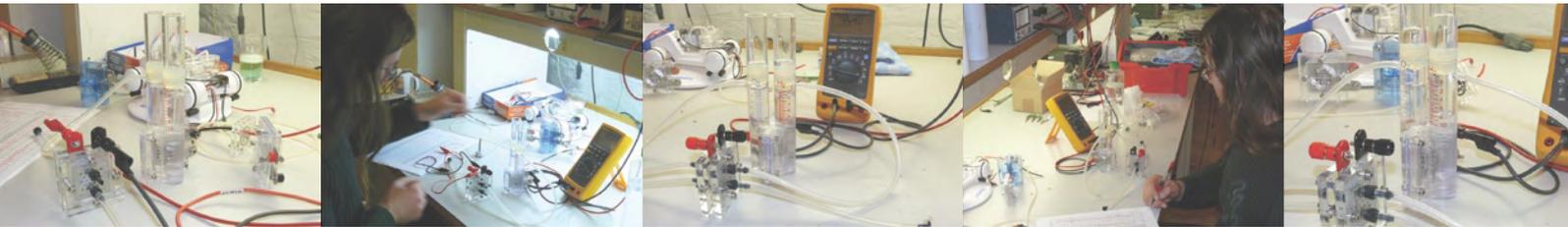
Eitech [5] liefert den *Construction Set C30*. Der Kit enthält Anleitungen für den Aufbau von drei Konstruktionen, die von einer kräftigen



(PEM)-Brennstoffzelle angetrieben werden. Das besondere an diesem Kit ist, dass ein kleiner Zylinder mit 20 l Wasserstoffgas mitgeliefert wird, der (leider nur) vom Hersteller nachgefüllt werden kann. Der Kit ist nicht geeignet, damit selbst Wasserstoff zu erzeugen. In einem kleinen Buch wird kurz und bündig erklärt, wie das Ganze funktioniert, und an den Spezifikationen können wir erkennen, dass diese Brennstoffzelle leistungsfähiger ist als die Zellen anderer Kits. Alles in allem gut geeignet, um damit selbst zu experimentieren.

### Kosmos

Die Firma Kosmos [6] hat die *Brennstoffzelle Classic* im Programm.



Auch dieser Kit enthält eine umkehrbare PEM-Brennstoffzelle, die also sowohl zur Erzeugung von Wasserstoff als auch für das Erzeugen von Strom verwendet werden kann. Die Brennstoffzelle wird eingesetzt, um ein Modellauto mit Wasserstoff zu betreiben. Alle Experimentierelemente, wie Schläuche, Kabel, Gasbehälter, ein Multimeter und ein Solarmodul werden mitgeliefert. In der ausführlichen Baubeschreibung wird auch die Funktionsweise der Brennstoffzelle (und der Sonnentzelle) ausführlich besprochen. Sehr lehrreich.

### Franzis

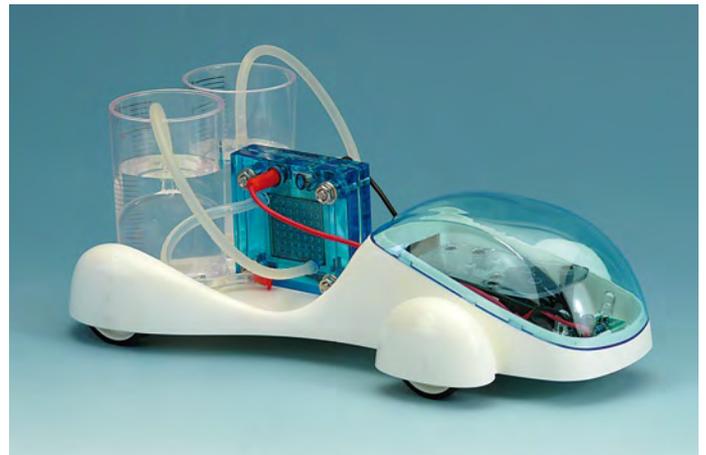
Das Lernpaket *Experimente mit der Brennstoffzelle* von Franzis [7] enthält die Bauteile zum Selbsterstellen einer Brennstoffzelle. Mit etwas Geduld baut man die kleine Zelle in einer Viertelstunde zusammen. Den Brennstoff (Wasserstoff) muss man jedoch selbst



erzeugen, was gemeinsam mit einigen Experimenten in beigefügter Anleitung erläutert wird. Die Methode ist etwas weniger 'sauber' und komfortabel, aber sie funktioniert. Dies ist die Brennstoffzelle mit der geringsten Leistung, was angesichts der kleineren Membranoberfläche nicht überrascht.

### Horizon

Des Weiteren haben wir noch den *Hydrocar* von Horizon Fuel Cell Technologies getestet. Dieser Kit ist im Aufbau mit dem Bausatz von Kosmos vergleichbar. Die Dokumentation ist jedoch um einiges spärlicher.



### Einige Messungen

Am interessantesten an Brennstoffzellen ist natürlich, was sie in der Praxis leisten. Hierfür haben wir einige Messungen vorgenommen. Mit verschiedenen Lastwiderständen sieht man gleich, was Sache ist. Die Bestimmung des Wirkungsgrades ist schwieriger, weil dabei auch genau bekannt sein muss, wie viel Energie insgesamt für die Erzeugung des Wasserstoffs benötigt wurde. Einige Kits schreiben jedoch vor, dass beide Reservoirs ( $O_2$  und  $H_2$ ) für die optimale Leistung vollständig gefüllt sein müssen. Hierbei wird manchmal mehr Wasserstoff erzeugt, als im  $H_2$ -Reservoir aufgefangen werden kann. Dieser blubbert dann aus dem Reservoir und geht verloren. Die verbrauchte Energie ist dadurch größer, wodurch der Wirkungsgrad schlechter scheint.

In **Bild 1a** und **b** haben wir die gelieferte Leistung in Abhängigkeit von der Zeit abgebildet. Wegen der geringen Spannung der Zellen sind die Lastwiderstände niederohmig: Bei der ersten Messung  $4 \Omega$ , bei der zweiten Messung  $1,2 \Omega$ . Bei solch niederohmigen Lasten beginnen die Kabelwiderstände und die Kontaktübergangswiderstände eine Rolle zu spielen. So wurde die Messung mit  $1,2 \Omega$  Last mit einem Widerstand von  $1 \Omega$  gemacht; die übrigen  $0,2 \Omega$  stammen von Kabel- und Kontaktverlusten.

Bei den meisten Zellen bleibt die gelieferte Leistung ziemlich konstant und fällt abrupt ab, wenn der Brennstoff aufgebraucht ist (die Brennstoffzellen von Eitech und Franzis wurden mit  $H_2$  aus dem Gaszylinder des Eitech-Kits versorgt und liefern daher eine konstante Leistung). Lediglich beim Kit von Kosmos ist eine langsam absinkende Leistung festzustellen. Dies hängt sehr wahrscheinlich mit der Konstruktion des Wassertank/Gasbehälters zusammen. Des Weiteren fällt die relativ große Leistung der Eitech-Brennstoffzelle auf, die fast drei mal so groß wie die meisten anderen Zellen ist. Diese Brennstoffzelle hat mit zwei Membranen auch eine deutlich

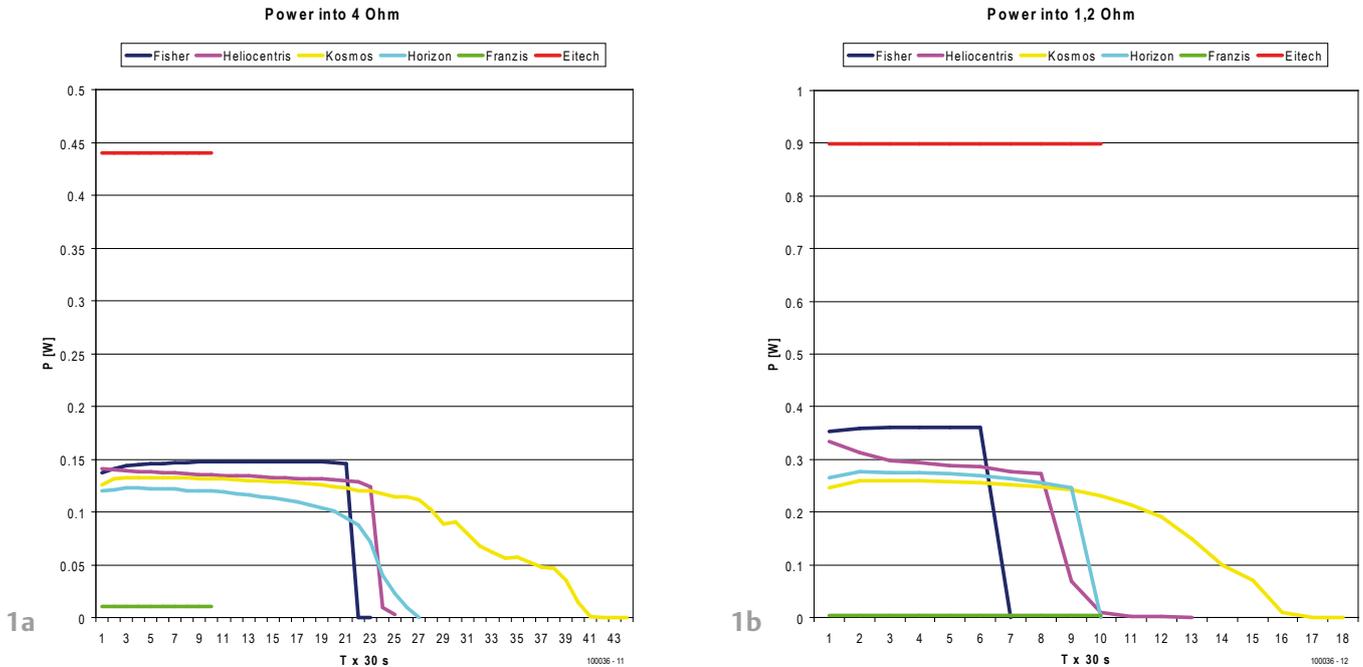
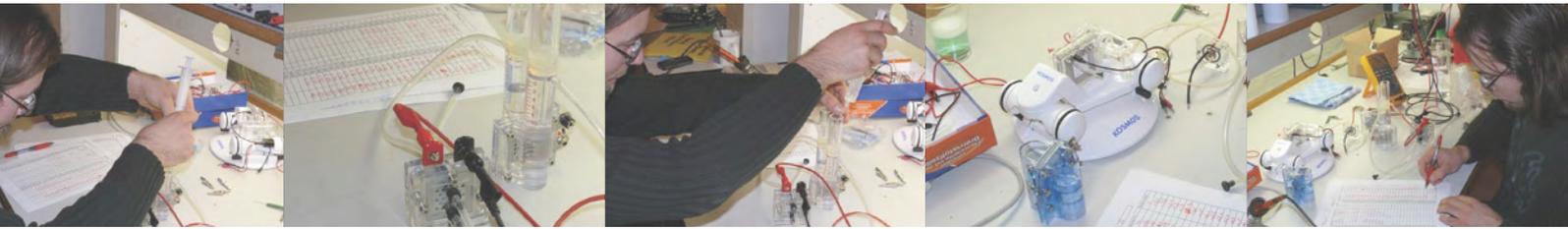


Bild 1a und b. Die gelieferte Leistung der Brennstoffzellen sinkt schnell ab, wenn der Brennstoffvorrat aufgebraucht ist.

größere Membranfläche. Die Eigenbau-Brennstoffzelle von Franzis liefert hingegen bauartbedingt nur sehr wenig Leistung. Neben der kleineren Membranoberfläche liegt es auch am Aufbau der Selbstbau-Zelle (größere Übergangswiderstände).

In Bild 2a und b ist die den Brennstoffzellenkits für die Elektrolyse zugeführte Energie (bezeichnet mit „U“) zusammen mit der von den Brennstoffzellen gelieferten Energie (bezeichnet mit „G“) in einer gemeinsamen Grafik dargestellt. Außer bei den Zellen von Eitech und Franzis natürlich, bei denen der Wasserstoff nicht durch Elektrolyse erzeugt wurde. Bei diesen beiden Zellen wird nur die gelieferte Energie dargestellt.

in einer Grafik mit der von der Brennstoffzelle gelieferten Energie (bezeichnet mit (G)) bei verschiedenen Belastungen (4 Ω und 1,2 Ω) dargestellt; natürlich außer den Brennstoffzellen von Eitech und Franzis, die nicht vorgesehen sind, um Wasserstoff zu erzeugen. Von diesen beiden Zellen wurde nur die gelieferte Leistung in der Grafik dargestellt.

Bei der Elektrolyse wurde die Energiezufuhr gestoppt, sobald die Reservoirs voll waren. Die insgesamt zugeführte Energie für die Erzeugung des Wasserstoffs liegt, abhängig vom Kit, zwischen 250 und 300 Joule. Die erzielte Energieabgabe bei 4 Ω liegt zwischen 75 (Horizon) und 123 Joule (Kosmos), bei einem Wirkungsgrad zwischen 27 und 40 % (grob geschätzt). Dies scheint wohl nicht sonderlich viel, aber vergleichen Sie den Wert einmal mit dem Wirkungsgrad eines PKW-Benzinmotors (oft nur 25 %), dann erscheint dieser

Wert in einem viel besseren Licht. Wobei beim Verbrennungsmotor die Energie für die Erzeugung des Brennstoffs in den 25 % nicht berücksichtigt ist.

Bei einer Belastung von 1,2 Ohm sind die Werte etwas schlechter und liegen zwischen 63 Joule (Heliocentris) und 90 Joule (Kosmos), was auf Wirkungsgrade zwischen 24 und 30 % schließen lässt. Immer noch recht akzeptabel, schließlich handelt es sich um den Gesamtwirkungsgrad einer zweifachen Umwandlung (Strom in Wasserstoff und Wasserstoff in Strom).

### Anwendungen

Die Leistung der getesteten kleinen Brennstoffzellen ist für Kleinleistungs-Anwendungen bis 0,5 Watt ausreichend. Mit der Zelle von Eitech kann eine ziemlich starke LED-Taschenlampe versorgt werden (1 Watt), wenn ein geeigneter Spannungswandler verwendet wird. Der Wasserstoffzylinder ist klein genug für mobile Anwendungen und enthält eine Menge Wasserstoff. Eine wirklich praktische und kommerziell machbare Lösung für die Speicherung von Wasserstoff zum Betrieb von Brennstoffzellen zur Versorgung von elektronischen Geräten gibt es jedoch leider noch nicht. Bei Methanol-Brennstoffzellen sind hingegen bereits kommerzielle Produkte von SFC [8] und Toshiba [9] erhältlich. Eine kompakte Speicherlösung für Wasserstoff wird sicher nicht mehr lange auf sich warten lassen. Im Automobilbereich gibt es bereits seriennahe Lösungen, zum Beispiel von Honda [10] und Daimler [11].

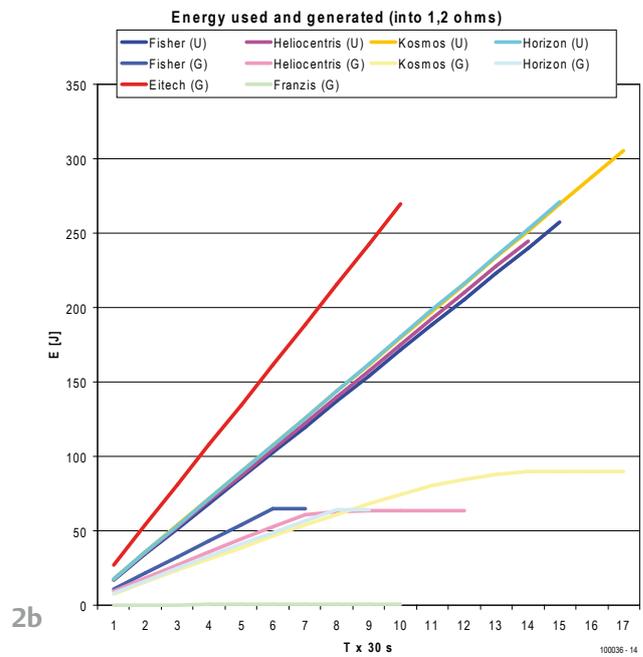
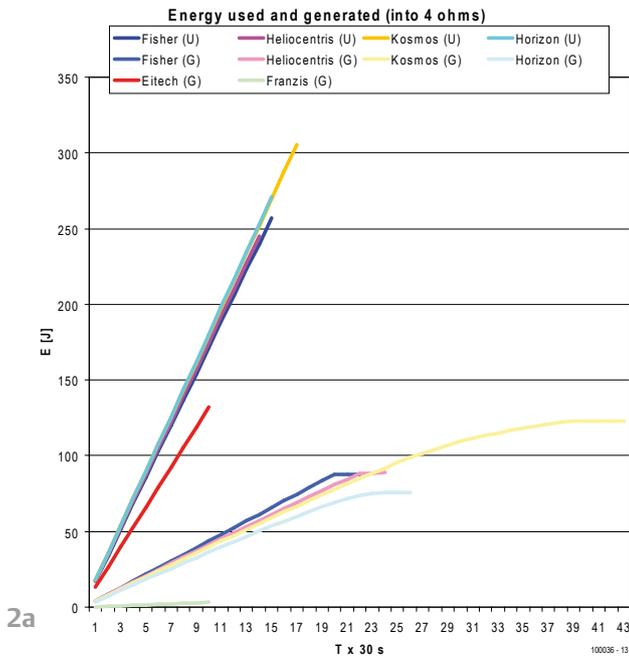
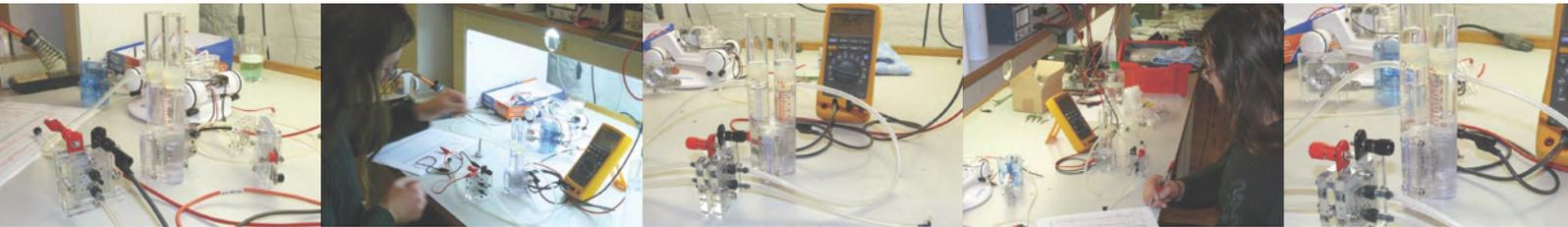


Bild 2a und b. Die insgesamt abgegebene Energie der Zellen ist natürlich niedriger als die Energiemenge, die für die Erzeugung des Wasserstoffs aufgewandt wurde. Der Wirkungsgrad von ca. 30% für den gesamten Prozess ist höher als erwartet und viel besser als beim Verbrennen des Wasserstoffs in einem Verbrennungsmotor.

### Bereit für die Zukunft?

Unser Test zeigt, dass man mit einfachen Brennstoffzellen einen relativ hohen Wirkungsgrad erreicht. Etwa 30 % der bei der Elektrolyse von Wasser in Wasserstoff „umgewandelten“ elektrischen Energie erhält man nach Rückwandlung des Wasserstoffs (in Wasser) durch die getesteten PEM-Brennstoffzellen wieder zurück. Der ganze Prozess emittiert nur Wasserdampf und kein CO<sub>2</sub>.

Ein anderes Problem ist die Lebensdauer von Brennstoffzellen. Sie hängt vom jeweiligen Brennstoffzellentyp ab und ist bei PEM-Zellen mittlerweile ausreichend für den Einsatz in Fahrzeugen.

Ein größeres Problem ist die Erzeugung und Verteilung des Wasserstoffs. Um der „Gesellschaft mit Wasser als Brennstoff“, die Jules Verne 1874 in seinem Roman „Die geheimnisvolle Insel“ beschrieb, eine Chance zu geben, muss unsere Infrastruktur an Wasserstoff als Treibstoff angepasst werden. Das ist nicht einfach, aber es scheint nicht unmöglich zu sein. Die erste „Wasserstoffzentrale für zu Hause“ ist bereits auf dem Markt [12].

Wie diese Entwicklungen weiter verlaufen, wird die Zukunft zeigen. Tatsache bleibt, dass die Quellen fossiler Brennstoffe einmal erschöpft sein werden und dass wir nach neuen Möglichkeiten Ausschau halten müssen.

(100036)

Die Brennstoffzellen-Kits wurden uns für den Test von Fischertechnik, Heliocentris, Eitech, Franzis und Kosmos zur Verfügung gestellt.

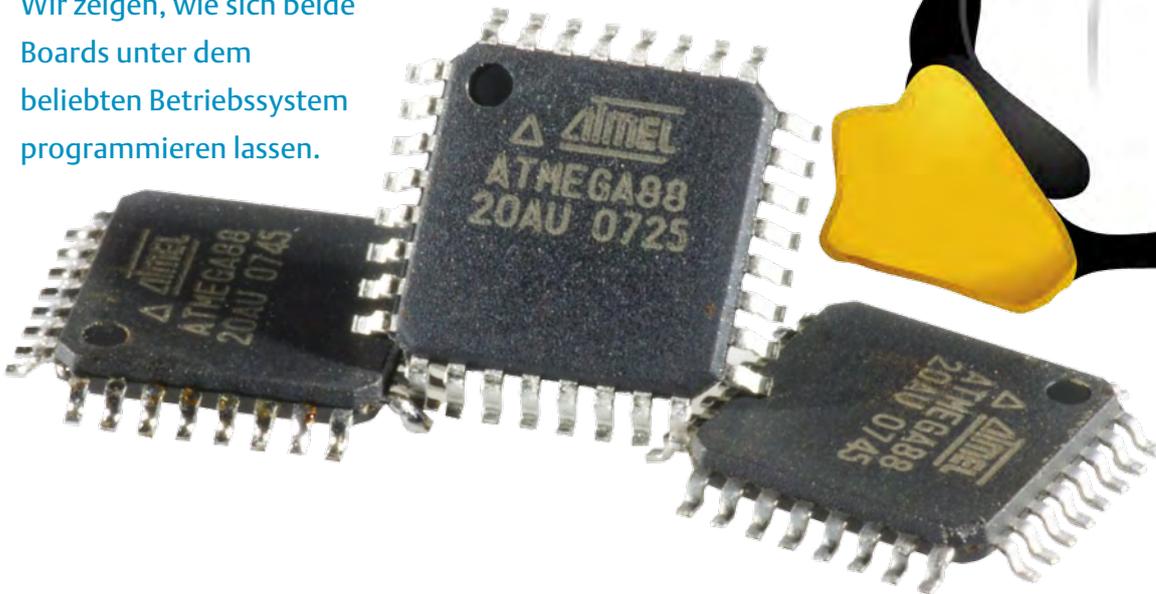
### Weblinks

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_energy\\_resources\\_and\\_consumption](http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_resources_and_consumption)
- [2] <http://nl.wikipedia.org/wiki/Brennstoffzelle>
- [3] [www.fischertechnik.com](http://www.fischertechnik.com)
- [4] [www.heliocentris.com](http://www.heliocentris.com)
- [5] [www.eitech.de](http://www.eitech.de)
- [6] [www.kosmos.de](http://www.kosmos.de)
- [7] [www.franzis.de](http://www.franzis.de)
- [8] [www.sfc.com](http://www.sfc.com)
- [9] [www.toshiba.co.jp/about/press/2009\\_10/pr2201.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2009_10/pr2201.htm)
- [10] <http://automobiles.honda.com/fcx-clarity/>
- [11] [www.daimler.com/technologie-und-innovation](http://www.daimler.com/technologie-und-innovation)
- [12] [www.horizonfuelcell.com/store/hydrofill.htm](http://www.horizonfuelcell.com/store/hydrofill.htm)

# Tux und ATmega CC2-Boards unter Linux programmieren

Von Wolfgang Rudolph (D)

Viele Elektroniker arbeiten mit dem Open-Source-Betriebssystem Linux, denn das erprobte und in ständiger Entwicklung befindliche OS ist auf einem hohen technologischen Stand. Auch mit dem ATM18-Testboard - und dem Minimod18 - kann Linux zusammenarbeiten. Wir zeigen, wie sich beide Boards unter dem beliebten Betriebssystem programmieren lassen.



Windows-Nutzer haben es einfach. Wer einen entsprechenden USB-Programmer sein eigen nennt, kann das Controllermodule des ATmega-Testboards direkt aus der Entwicklungsumgebung AVR Studio [1] heraus programmieren. Linux-Jünger stehen aber erst einmal vor einem Problem: Das AVR Studio ist nur für Windows verfügbar. Leider läuft die beliebte IDE auch unter dem Windows-API-Wrapper wine nicht richtig, der vielen Windows-Programmen das Microsoft-Betriebssystem vorgaukeln kann [2].

Doch wo ein Wille ist, ist auch ein Weg! Unter Linux gibt es die Möglichkeit, mittels des Kommandozeilenprogrammes avrdude dennoch mit einem Programmer und dem dem Testboard zu arbeiten. Natürlich funktioniert das auch mit dem Minimod18, doch normalerweise ist das „direkte“ Programmieren bei diesem besonders kompakten Board gar nicht nötig.

Das Minimod ist nämlich mit einem Bootloader ausgestattet, der Hex-Dateien über USB empfangen und im Speicher ablegen kann. Würde man das Minimod mit einem Programmer „bearbeiten“, so wäre es um den Bootloader geschehen und eine herausragende

Eigenschaft des Moduls wäre zerstört. Der Bootloader müsste dann erst wieder geflasht werden.

Die nachfolgende Anleitung bezieht sich auf einen AVRISP-MKII-kompatiblen USB-Programmer, wie zum Beispiel den Elektor-USB-AVRprog von Benedikt Sauter [3]. Wer einen anderen Programmer nutzt, findet Infos im Kasten. Verwendet wurde eine **Debian-Distribution** von Linux.

## Installation

An dieser Stelle gehen wir davon aus, dass die grundlegenden Kenntnisse der Installation und Handhabung von Programmen auf einem Linux-System vorhanden sind. Um den ATM18 des CC2-Elektor-Testboards unter Linux zu programmieren, brauchen wir zuerst Software. Mit apt-get lässt sich das, wie üblich, recht einfach bewerkstelligen (natürlich muss der Rechner dazu mit dem Internet verbunden sein). Als Erstes müssen wir aber root werden: Mit su oder mit sudo (je nach Distribution), gefolgt vom Passwort, und direkt vor dem apt-get-Kommando.

Jetzt können wir am Prompt eingeben:

```
apt-get install avrdude avrprog gcc-avr avr-libc
gdb-avr avra make udev
```

Die Frage „Möchten Sie fortfahren“ sollte mit „J“ beantwortet werden.

Nun werden die notwendigen Pakete geladen und vorkonfiguriert. Möglicherweise werden einige ältere Pakete deinstalliert und durch neuere oder Ersatzpakete ausgetauscht. Sollte die Meldung ausgegeben werden, dass der Kernel udev nicht unterstützt, so muss der Kernel upgedatet werden, bevor (eine neue Version von) udev eingespielt werden kann. Obwohl die Möglichkeit besteht, mit der Installation fortzufahren, sollte man das nicht tun. Es besteht die Gefahr eines Systemcrashes! Ein sicheres Kernelupdate ist immer vorzuziehen. Doch keine Angst, Linux würde es dem „Mutigen“ gar nicht so einfach machen, einen solchen Fehler zu begehen. Zuerst müsste eine bestimmte Datei geändert werden, bevor Linux sich selbst gefährden würde.

Vor dem Kernelupdate ist es sinnvoll, einfach einmal zu testen, ob die Installation auch mit der bereits vorhandenen udev-Version funktioniert. Glück hat nur der, der es versucht!

Wenn die Installation „durchgelaufen“ ist, können wir den USB-Programmer an den USB-Port anschließen und die Device-ID mit dem Befehl `lsusb` ermitteln:

```
pole1:/home/wolf# lsusb
Bus 005 Device 003: ID 090c:6300 Feiya
Technology Corp.
Bus 005 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux
Foundation 2.0 root hub
Bus 004 Device 002: ID 046d:c517 Logitech, Inc.
LX710 Cordless Desktop Laser
Bus 004 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux
Foundation 1.1 root hub
Bus 003 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux
Foundation 1.1 root hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux
Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 004: ID 0a12:0001 Cambridge
Silicon Radio, Ltd Bluetooth Dongle (HCI
mode)
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux
Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 005: ID 03eb:2104 Elektor
wolf@pole1:~$
```

Unser Programmer hat die ID `03eb:2104`. Sollte es mit `lsusb` nicht funktionieren (manchmal werden neue Devices nicht angezeigt), so nehmen wir `dmesg`:

```
[ 5145.834284] usb 5-7.4.4: new full speed USB
device using ehci_hcd and address 10
[ 5146.150088] usb 5-7.4.4: config 1 descriptor
```

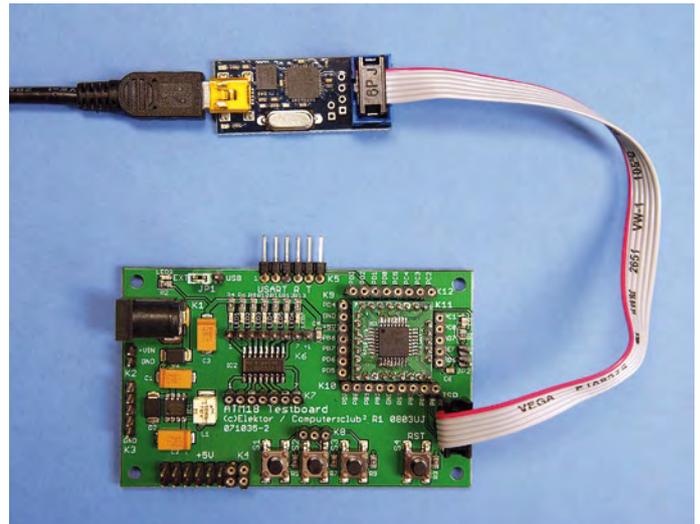


Bild 1. Geht auch unter Linux: Programmieren mit dem Elektor-USB-AVRprog [3].

```
has 1 excess byte, ignoring
[ 5146.150088] usb 5-7.4.4: configuration #1
chosen from 1 choice
[ 5146.154083] usb 5-7.4.4: New USB device
found, idVendor=03eb, idProduct=2104
[ 5146.154083] usb 5-7.4.4: New USB device
strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=3
[ 5146.154083] usb 5-7.4.4: Product: AVRISP mk2
(CC2)
[ 5146.154083] usb 5-7.4.4: Manufacturer:
Elektor
[ 5146.154083] usb 5-7.4.4: SerialNumber:
0000A00128255
wolf@pole1:~$
```

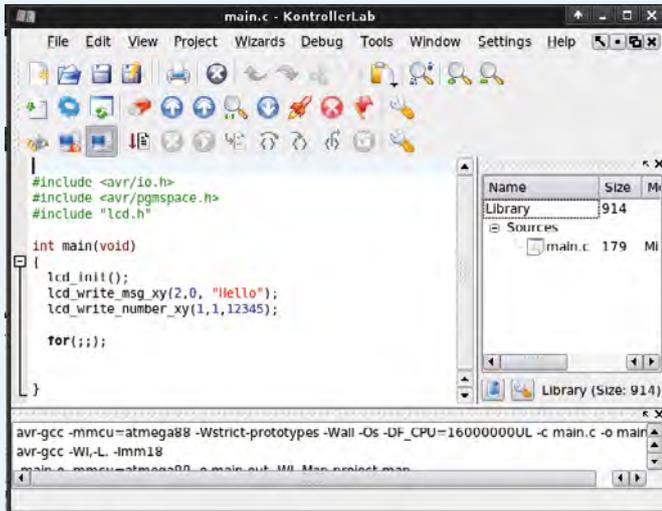
In der langen Ausgabeliste finden wir die zuletzt erkannten Geräte jeweils am Ende. Beim Elektor-Programmer wird `idVendor=03eb`, `idProduct=2104` angezeigt. Damit ist sichergestellt, dass unser Programmer richtig erkannt wurde. Wer die endlos lange Ausgabe von `dmesg` nicht mag, kann sich auch nur den „Schwanz“ mit `dmesg | tail` anzeigen lassen. Die Zahl in eckigen Klammern vor der eigentlichen Ausgabezeile ist übrigens unbedeutend, sie gibt nur die Laufzeit des Rechners wieder (wird aber nicht von allen Linux-Versionen angezeigt).

Sollten Sie einen anderen Programmer verwenden, so wird dieser natürlich anders gemeldet. Wenn Sie ihn in der Device-Liste nicht finden können, so ziehen Sie den Programmer noch einmal vom USB-Hub ab und rufen `lsusb` oder `dmesg` ein weiteres Mal auf. Dann sollten sie erkennen können, was sich bei der Ausgabe jeweils geändert hat (welches Gerät fehlt oder hinzugekommen ist).

Damit man bei der Arbeit mit dem Programmer nicht immer als Root auftreten muss, kann im Pfad `/etc/udev/rules.d/020` die config-Datei `permissions.rules` editiert werden. In dieser Config befindet sich unten, kurz vor `LABEL="permissions_end"` ein Eintrag mit der Device-ID, die wir vorher gefunden haben. Sie können die gewünschten Änderungen zum Beispiel mit dem Editor `vi` vornehmen:

```
vi /etc/udev/rules.d/020_permissions.rules
```

## Nicht jedermanns Sache: Kommandozeile



Für das Kommandozeilenprogramm avrdude gibt es auch grafische Frontends im Internet. Allerdings haben wir diese nicht getestet. Dass wir uns hier auf die Kommandozeile beschränkt haben, ist kein Werturteil. Aber es spiegelt eben den berühmten Unterschied zwischen einem Linux- und einem Windowsuser wieder.

Wenn die Abneigung gegen die Kommandozeile doch zu groß ist, dann bietet sich zum Beispiel eine Java-Lösung [6] oder ein KDE-Programm namens „kontrollerlab“ an [7], das aber anscheinend nicht mehr weiter entwickelt wird. Abgesehen vom Simulator kann man kontrollerlab durchaus als Linux-Ersatz für das AVR Studio nutzen. Im Gegensatz zum AVR Studio unterstützt es avrdude ohne Plug-Ins, so dass man den ATmega direkt aus der IDE flashen kann.

### Andere Programmer

Avrdude ist ein Programm mit sehr vielen Optionen. So kann mit der Option -c ein anderer Programmer gewählt werden. Wenn nur ein

Parallel-Programmer vorhanden ist, so besteht die Möglichkeit, auch diesen anzusprechen. Es ist auch möglich, avrdude zu fragen, ob es den angeschlossenen Programmer kennt:

```
avrdude -vvv -c help
```

Sollte es den angeschlossenen Programmer nicht kennen, so meldet es:

```
avrdude: Can't find programmer id „help“
```

Valid programmers are:

```
dasa3 = serial port banging, reset=!dtr
      sck=rts mosi=txd miso=cts [/etc/avrdude.conf:693]
dasa = serial port banging, reset=rts sck=dtr
      mosi=txd miso=cts [/etc/avrdude.conf:680]
siprog = Lancos SI-Prog <http://www.lancos.com/siprog.html> [/etc/avrdude.conf:667]
```

Wenn Sie einen vollkommen unbekanntem oder selbst gebauten Progger haben, so können Sie aus der Manpage von avrdude ersehen, wie man die Belegungen der Pins des Parallelports selbst einstellen kann:

```
Default Parallel port pin connections
(these can be changed, see the -c option)
Pin number  Function
2-5         Vcc (optional power supply
to MCU)
7           /RESET (to MCU)
8           SCK (to MCU)
9           MOSI (to MCU)
10          MISO (from MCU)
18-25      GND
```

```
# AVR ISP mkII Atmega Programmer
SUBSYSTEM=="usb_device",
  SYSFS{idVendor}=="03eb", SYSFS{idProduct}=="2104",
  GROUP="plugdev", MODE="0660", SYMLINK+="foo"
```

```
LABEL="permissions_end"
```

Bei GROUP= sollte „plugdev“ eingetragen werden und schon können auch alle Benutzer ohne Root-Rechte mit dem Programmer arbeiten.

Wem vi (der Großvater der Editoren), nicht so richtig liegt, kann das natürlich auch mit jedem anderen Editor erledigen, bei dem er über Root-Rechte verfügt. Ein guter Tipp ist der Midnight-Commander, weil der so etwas wie ein Schweizer Messer unter Linux darstellt.

Um die Änderungen wirksam werden zu lassen, muss die udev-Configuration mit

```
udevcontrol reload_rules
neu geladen werden.
```

Jetzt können wir den Programmer mit

```
avrdude -c avrispv2 -P usb -p m88
ansprechen. Er antwortet:
```

```
avrdude: AVR device initialized and ready to
accept instructions
```

```
Reading | #####
##### | 100% 0.01s
```

```
avrdude: Device signature = 0x1e930a
```

```
avrdude: safemode: Fuses OK
```

```
avrdude done. Thank you.
```

Alles hier Gesagte gilt auch für das Minimod18. Es simuliert mit seinem Bootloader einen (USBasp-)Programmer und kann ebenfalls mit avrdude angesprochen werden. Statt `-c avrispv2 -P usb` muss man hier `-c USBAsp` als Parameter angeben.

Für den Controller muss dann `-p m328p` eingetippt werden, sonst gibt es Gemecker von avrdude wegen der falschen Signatur.

### Ganz heißes Thema: Die Fuses

Hier sollte jede Spielerei aufhören! Denn mit den Fuses können wir viel „kaputt“ machen, bis hin zur Unbrauchbarkeit des Controllers. Ganz wichtig, bei jeder Änderung der Fuses: Immer erst das Gehirn einschalten und mindestens zwei Mal nachdenken!

Das Auslesen der Fuses lässt sich folgendermaßen bewerkstelligen:  
`avrdude -p m88 -c avrispv2 -P usb -F -v -B 10 -U hfuse:r:high.txt:i -U lfuse:r:low.txt:i`

Dann antwortet uns avrdude mit:

```
avrdude: Version 5.10, compiled on Jan 19 2010
at 18:01:15
    Copyright (c) 2000-2005 Brian Dean,
http://www.bdmicro.com/
    Copyright (c) 2007-2009 Joerg Wunsch
```

...

```
avrdude: AVR device initialized and ready to
accept instructions
```

```
Reading | #####
##### | 100% 0.02s
```

```
avrdude: Device signature = 0xff00ff
avrdude: Expected signature for ATMEGA88 is 1E
93 0A
avrdude: safemode: lfuse reads as 62
avrdude: safemode: hfuse reads as DF
avrdude: safemode: efuse reads as 7
avrdude: reading hfuse memory:
```

```
Reading | #####
##### | 100% 0.00s
```

```
avrdude: writing output file "high.txt"
avrdude: reading lfuse memory:
```

```
Reading | #####
##### | 100% 0.00s
```

```
avrdude: writing output file "low.txt"
```

```
avrdude done. Thank you.
```

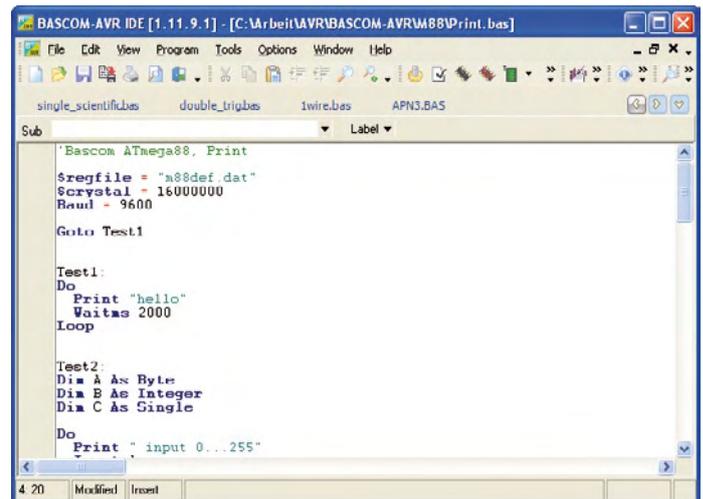


Bild 2. Ein Testprogramm ist schnell geschrieben: BASCOM funktioniert prima unter Linux, wenn man den Windows-API-Wrapper wine einsetzt.

Wir konnten hier nicht alle Zeilen abdrucken; avrdude ist ein richtiges Plappermaul. Die beiden Zeilen, die uns im Moment interessieren, lauten:

```
avrdude: safemode: lfuse reads as 62
avrdude: safemode: hfuse reads as DF
```

Damit haben wir die Werte der Fuses, die für uns wichtig sind. Gleichzeitig wurden sie, wie im Befehl angegeben, in die Dateien low.txt und high.txt geschrieben. Die Inhalte können wir uns ansehen mit:

```
cat low.txt.orig
:01000000629D
:00000001FF
```

und

```
cat high.txt.orig
:01000000DF20
:00000001FF
```

Wenn es notwendig sein sollte, die Fuses zu ändern, so gibt es ein komfortables Hilfsmittel, die nötigen Hex-Werte zu berechnen: Fusecalc [4]. Natürlich kann man die Fuse-Werte mit Hilfe des Datenblatts auch selbst berechnen. Aber wie schon gesagt: ein Fehler und der Controller könnte hinüber sein.

So wie wir die Werte ausgelesen haben, können wir die Fuses-Werte mit avrdude auch in den Controller schreiben:

```
avrdude -c avrispv2 -P usb -p m88 -U lfuse:w:0x62:m -U hfuse:w:0xDF:m
```

Hier können wir uns die Ausgabe von avrdude sparen, es würde sonst langweilig. Wichtig ist, dass wir keine Fehlermeldung erhalten. Sonst sind die Kabelverbindungen und die Stromversorgung

zu überprüfen. Wenn Fehler angezeigt werden, aber keine Ursache festzustellen ist, können wir den Prommer mit der Option `-f` zwingen, das Schreiben in den Controller trotzdem zu versuchen.

## An die Arbeit ATmega!

Nun müssen wir natürlich ein Programm haben. Entweder wir schreiben es selbst mit `gcc` oder auch `BASCOM` (das hervorragend unter `wine` läuft). Oder wir nehmen ein beliebiges, bereits vorliegendes Programm (zum Beispiel das LED-Lauflicht aus dem ersten Artikel zum `ATM18`-Board, das kostenlos von der Elektor-Website downloadbar ist [5]). Wir brauchen in jedem Fall nur das Hexfile, hier als `main.hex` bezeichnet. Mit der nachstehenden Kommandozeile flashen wir jetzt den Controller:

```
avrdude -p m88 -c avrispv2 -P usb -F -v -B 10  
-F -U flash:w:main.hex
```

Und `avrdude` antwortet (abgedruckt haben wir wieder nur den Schluss):

...

```
avrdude: AVR device initialized and ready to  
accept instructions  
  
Reading | #####  
##### | 100% 0.01s  
  
avrdude: Device signature = 0x1e930a  
avrdude: safemode: lfuse reads as FF  
avrdude: safemode: hfuse reads as DF  
avrdude: safemode: efuse reads as 1  
avrdude: NOTE: FLASH memory has been specified,  
an erase cycle will be performed  
To disable this feature, specify the -  
D option.  
avrdude: erasing chip  
avrdude: reading input file "main.hex"  
avrdude: input file main.hex auto detected as  
Intel Hex  
avrdude: writing flash (146 bytes):  
  
Writing | #####  
##### | 100% 0.14s  
  
avrdude: 146 bytes of flash written  
avrdude: verifying flash memory against main.  
hex:  
avrdude: load data flash data from input file  
main.hex:  
avrdude: input file main.hex auto detected as  
Intel Hex  
avrdude: input file main.hex contains 146 bytes
```

```
avrdude: reading on-chip flash data:
```

```
Reading | #####  
##### | 100% 0.07s
```

```
avrdude: verifying ...  
avrdude: 146 bytes of flash verified
```

```
avrdude: safemode: lfuse reads as 62  
avrdude: safemode: hfuse reads as DF  
avrdude: safemode: efuse reads as 1  
avrdude: safemode: Fuses OK
```

```
avrdude done. Thank you.
```

Damit ist der Controller mit dem neuen Code geflasht und wir können das Programm verwenden.

Nicht vergessen dürfen wir, die entsprechenden Controller-Portpins mit den Eingängen des `ULN2003` auf dem Testboard [5] zu verbinden, damit wir das LED-Licht auch laufen sehen können. Für das `Minimod18` müssen wir ein anderes Programm nehmen, da wir hier keine LEDs zur Verfügung haben (aber dafür ein Display!). Eine kleine Textausgabe reicht zum Probieren.

Man sieht: Es ist auch unter einer Linux-Debian-Distribution nicht schwer, am `ATmega`-Projekt teilzunehmen. Wer mit einer anderen Distribution arbeitet, muss diese Beschreibung entsprechend anpassen, da die Installation der Programme etwas anders läuft und auch sonst einige Unterschiede in der Handhabung bestehen.

Mit der Freundlichkeit von `avrdude` sagen wir zum Schluss:

```
Elektor/cc2 done. Thank you!
```

Nun kann der Spaß mit dem `ATmega`-Testboard (und dem `Minimod18`) auch unter Linux beginnen!

(100177)

## Weblinks

- [1] [www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card\\_mcu.asp?tool\\_id=2725](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card_mcu.asp?tool_id=2725)
- [2] [www.winehq.org](http://www.winehq.org)
- [3] [www.elektor.de/080083](http://www.elektor.de/080083)
- [4] <http://frank.circleofcurrent.com/fusecalc/fusecalc.php>
- [5] [www.elektor.de/071035](http://www.elektor.de/071035)
- [6] <http://avr8-burn-o-mat.aabbbb.de/>
- [7] <http://sourceforge.net/projects/kontrollerlab/>

# 2-tägiger Intensivkurs AVR-Mikrocontroller in der Praxis



## ➔ AVR für Fortgeschrittene

Sie haben bereits Erfahrungen mit Mikrocontrollern gesammelt? Und nun möchten Sie ein wenig mehr ins Detail gehen? Tipps, Tricks und Stolperfallen kennenlernen? Fehler, die schon gemacht wurden vermeiden und von den Erfahrungen anderer profitieren? Den Weg vom Prototypen zur Serienfertigung gehen? Dann sind Sie hier richtig!

Was Sie mitbringen sollten:

- Grundlagenwissen über elektronische Schaltungen
- Grundkenntnisse über den Aufbau von Mikrocontrollern und erste Erfahrungen in der Programmierung
- C-Kenntnisse schaden nicht, werden aber nicht vorausgesetzt
- Notebook und eine gehörige Portion Neugier

### Veranstaltungsorte/-termine:

Leipzig	23.04. + 24.04.2010
Luzern (Schweiz)	04.06. + 05.06.2010
München	22.10. + 23.10.2010

### Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

749,00 Euro (1176,00 CHF)



**Elektor-Abonnenten erhalten 5% Rabatt!**

Im Preis sind jeweils Mittagssbuffet, Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen) und Aushändigung des Teilnahmezertifikats inbegriffen.

Weitere Infos & Anmeldung unter [www.elektor.de/avr-workshop](http://www.elektor.de/avr-workshop)



## 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)!

**gie-tec**  
**TopVAC Belichter**

- Philips ACTINIC Leuchten, 365nm
- Digitaler Timer, mit Anzeige
- Elektr. Vorschaltgerät, EN60929
- Vakuum-Spannrahmen

[www.gie-tec.de](http://www.gie-tec.de)

Gie-Tec GmbH 36132 Eiterfeld 06672/919-910

### Termine für Elektor Nr. 7 / 2010

Anzeigenschluss:

↓  
25. 05. 2010

Erscheinungstermin:

↓  
21. 06. 2010

### Anzeigen:

Verlagsbüro ID

Telefon:

(0511) 61 65 95-0

E-Mail:

service@id-medienservice.de

Internet:

www.id-medienservice.de

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

**AA-CNC-  
Fräsmaschine  
mit integr. PC**

**CAD/CAM / Rapid Prototyping  
für Jedermann**

Fräsen, Bohren, Gravieren  
PCB und Frontplatten  
in 5 Minuten  
ohne Werkzeugwechsel

CAD/CAM-Programme im Preis enthalten  
(TARGET 3001400 und MOVIXELE)

Sehen Sie Demofilme auf der Homepage [www.ibk-servus.de](http://www.ibk-servus.de) Das Arbeitspland

Ing.-Büro Kohlbecker \* [www.ibk-servus.de](http://www.ibk-servus.de) \* 08035.875810

# Einfache Ladestation für Elektroautos

## Münz-tankstelle für kWh

Von Miguel Martín Ballbé (Spanien)

Der Durchbruch elektrisch angetriebener Autos wird auch vom Fehlen „elektrischer Tankstellen“ behindert. An solchen könnte man sein elektrisches Vehikel „auftanken“, selbst wenn das Tanken etwas länger dauert als bei Benzin & Co. Deshalb hier das Konzept eines Stromverkaufsautomaten auf Münzbasis. Er ist PIC-basiert und seine Software wurde mit Flowcode erstellt.



Bislang stehen dem Siegeszug von EVs (Electric Vehicles) im Massenmarkt entscheidende Hindernisse im Wege:

1. der hohe Preis (Tesla Roadster ab 100 k€, BMWs Mini-E sicher nicht unter 50 k€ und selbst das Reva Microcar kostet 12 k€), der kaum je durch die geringeren Betriebskosten im Vergleich zu einem Auto mit Verbrennungsmotor amortisiert werden kann.
2. die geringe Reichweite (nur einige zig km).
3. muss man Zugang zu einer Steckdose

im Außenbereich haben, damit man ein EV „tanken“ kann.

Gerade die Aspekte 2 und 3 sind kritisch, denn niemand möchte unterwegs zur Arbeit mit leeren Akkus liegenbleiben. Weitere Aspekte sind:

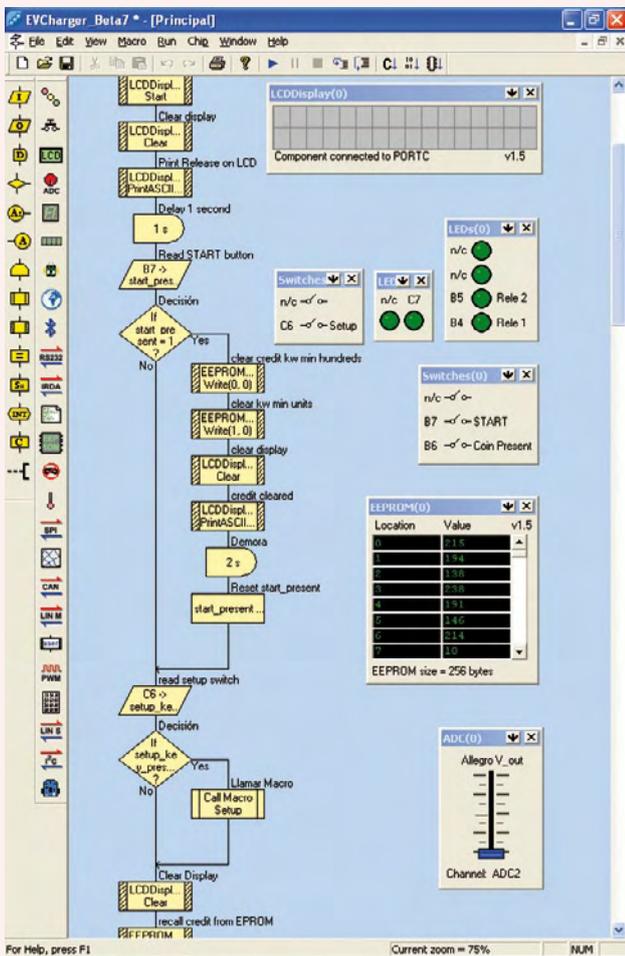
- Der Weg zur Arbeit und zurück ist in Europa eher < 60 km (im Gegensatz zu den USA).
- Unterwegs kommt man sicher an mehr Steckdosen als Tankstellen vorbei.
- Die „Treibstoffkosten“ liegen bei Strom

deutlich niedriger als bei Benzin (in Europa etwa 40 %), da ein Elektromotor auf 80-90 % Wirkungsgrad kommt, während ein Benzinmotor bei nur rund 30 % die meiste Energie als Abwärme verschwendet.

Die Installation von öffentlichen Stromanschlüssen in der Nähe oder gar direkt an Parkplätzen dürfte einfach sein und keine großen Investitionen erfordern. EV-Ladestationen könnten leicht an Orten wie Restaurants, Einkaufszentren, Autobahntankstel-



## Flowcode-Makros



Angenommen, ein EV zieht einen Ladestrom von  $10 A_{eff}$  und der Strom ist ideal sinusförmig (hängt stark von der Ladeelektronik ab). In diesem Fall gilt:  $I_{max} = 10 \times \sqrt{2} = 14,14 A$ .

Der Sensor von Allegro liefert dann  $V_{out} = 2,5 V \pm (40 mV \times 14,14) = 3,0656 V$  als Maximalwert und  $1,934 V$  als Minimalwert. Diese Spannungen entsprechen ADC-Werten von 628 und 396.

Peak\_V\_out\_ADC:  $ADC(V_{max}) - ADC(V_{min}) = 628 - 396 = 232$

Diese Differenz der ADC-Werte ergibt den Spitzenwert  $I_{SS}$  des Wechselstroms

Für eine bessere Auflösung beim Rechnen mit 8-bit-Controllern multipliziert man das Resultat mit dem Faktor 10.

Peak\_V\_out\_ADC = Peak\_V\_out\_ADC  $\times 10 = 232 \times 10 = 2320$

Peak V\_out\_mV =  $(Peak\_V\_out\_ADC / 1024) \times 500 = (23200 / 1024) \times 50 = 1133$

Daher entspricht ein ADC-Wert von  $232 = 1133 mV$

Peak\_current\_A: Peak\_V\_out\_mV / 40

Peak\_current =  $1133 / 40 = 28$  (Integer-Wert von  $I_{SS}$  in A)

Peak\_current\_A = Peak\_current\_A / 2 =  $28 / 2 = 14$  (in A)

Nochmalige Multiplikation mit Faktor 100:

Peak\_current\_A: Peak\_current\_A  $\times 1000 = 14000$

RMS\_current = Peak\_current\_A / 141 =  $14000 / 141 = 99$  (entspricht 9,9 A)

Der Effektivwert des Stroms  $I_{rms}$  ist also 9,9 A. Aufgrund der besseren Auflösung ist der Wert von RMS\_current um den Faktor 10 erhöht.

### Das Makro „SECOND“

Berechnung kWmin aus  $I_{rms}$ :

Der Mikrocontroller vom Typ PIC16F690 (U5) erfasst dieses Signal und akkumuliert die Messungen. Auf einem Display wird fortlaufend angezeigt, wie viel Energie schon ans Auto abgegeben wurde. Ist die dem bezahlten Betrag entsprechende Energiemenge erreicht, deaktiviert der Controlller die Relais und setzt die Ladestation wieder in den Ausgangszustand zurück.

Über R6 wird die Backlight-LED des Displays mit relativ wenig Strom versorgt, so dass nicht allzu viel elektrische Energie unnötig verschwendet wird. Die Gesamtstromaufnahme (nach dem Netztrafo) der Ladestation beträgt im Standby-Modus etwa 30 mA und steigt während des Ladens auf rund 150 mA.

### Software und Berechnungen

Zur Entwicklung der Firmware wurde Flowcode V3 for PIC verwendet. Der zugehörige

Quelltext kann von der Elektor-Webseite zu diesem Artikel kostenlos herunter geladen werden.

Kurz zum Makro „MAIN“. Nach Betätigen des Tasters START betätigt wird ein eventuell noch vom vorherigen Tanken im EEPROM stehen gebliebener Restbetrag gelöscht. Hierdurch kann der Besitzer nicht genutzte Restbeträge löschen. Der aktuelle Geldbetrag wird dann im EEPROM abgelegt. Dadurch bleibt ein eingezahlter Betrag auch während eines eventuellen Spannungsausfalls erhalten. Auf dem Display wird „enter coins and press START“ angezeigt. Außerdem wird natürlich der Ausgang des Münzprüfers ausgewertet.

Der verfügbare Geldbetrag wird mit jeder weiteren Münze erhöht. Wenn der Kunde Geld eingeworfen und sein EV angeschlossen hat, kann er den START-Taster drücken, und die Relais ziehen an.



$\text{Peak\_current: ADC}(V_{\text{max}}) - \text{ADC}(V_{\text{min}})$   
 $\text{Peak\_V\_out: (Konversion von ADC in mV)}$   
 $\text{Delta\_current: Peak\_mV} / 40$   
 $\text{RMS\_current: Delta\_current} / 2$   
 Rücksetzen der Minimalwerte auf 512 (Vorbereitung der nächsten Messung)  
 Berechnung Ws:  
 $\text{Ws: RMS\_current(Amps)} \times 230$  (Netzspannung definiert im Makro „SETUP“)  
 Daher gilt:  $\text{W}_s = \text{RMS\_current} \times 23 = 99 \times 23 = 2277$  (RMS\_current in Ws multipliziert mit 10)  
 Das LCD zeigt RMS\_current (dividiert durch 10) und Restguthaben in kWmin.  
 Die Anzeige in kWmin erzeugt den Eindruck einer Tankstelle. Man kann quasi beim „Tanken von Strom“ zuschauen.  
 Berechnung Ws  
 $\text{Carry\_Ws} = \text{Ws} + \text{Carry\_Ws}$   
 Wenn  $\text{Carry\_W/s} > 60000$  dann gilt:  $\text{kWmin} = \text{kWmin} + 1$  und  $\text{Carry\_W/s} = \text{Carry\_Ws} - 60000$   
 Wenn  $\text{kWmin} \geq 6$  dann subtrahiere 1100 Wh vom Guthaben und setze  $\text{kWmin} = 0$   
 $\text{Credit} = \text{Credit} - 1$   
 Dann Sprung zum Makro „UPDATE LCD“  
 Return  
 Vergleiche credit, wenn  $\text{credit} \leq 0$  dann Schalter Relais off und goto „INIT“.  
 Return  
 Wenn der EV-Ladestrom 10 A beträgt und der Kunde für 6 kWh =360

kWmin bezahlt hat:  
 $\text{Leistung} = 10 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 2,3 \text{ kW}$   
 $\text{Zeit} = 1 \text{ kWh} / 2,3 \text{ kW} = 0,434 \text{ h} = 26 \text{ min}$   
 => Das „Tanken“ von 1 kWh Energie benötigt 26 Minuten.  
 Die Elektronik misst  $I_{\text{rms}}$  jede Sekunde.  
 Wenn  $I_{\text{rms}} = 10 \text{ A}$  dann gilt:  $\text{Energie} = I_{\text{rms}} \times 230 \text{ V} \times 1 \text{ s} = 2300 \text{ Ws}$   
 $\text{Carry\_Ws}$  wird den Wert von 60000 alle 26 s erreichen ( $60000 \text{ Ws} / 2300 \text{ W} = 26 \text{ s}$ )  
 $60000 \text{ Ws} = 1 \text{ kWmin}$  und  $60 \text{ kWmin} = 1 \text{ kWh}$   
 Alle 26 s wird daher kWmin dekrementiert. Der Startwert war ja 360 für 6 kWh.  
 Nach  $360 \times 26 \text{ s} = 9360 \text{ s} = 156 \text{ min} = 2:36 \text{ h}$  ist das Guthaben vertankt ☺ und die Relais beenden den Ladevorgang.

#### Das Makro „SETUP“

Diese Einstellmöglichkeit erlaubt die Anpassung der Ladestation an die tatsächlich vorhandene Netzspannung, die Kalibration des Energiezählers und die Festlegung des Verkaufspreises der elektrischen Energie. In den Setup-Modus kommt man, wenn man während des Bootens den Taster SETUP betätigt. Die Taster haben dann folgende Funktionen: SW4 = „+“, SW3 = „-“ und mit SW2 wird der eingestellte Wert bestätigt.

Die Werte für Netzspannung, Kalibration und Preis werden im EEPROM abgelegt.

#### Das Makro „FINISH“

Hier wird die Anzeige gelöscht und die Relais werden deaktiviert.



In der Firmware ist folgendes festgelegt:  
 $\text{Credit} = \text{coin credit} \times 6 \times 60$ .  
 Die interne Rechnungseinheit ist also 1 kWmin und pro Münze werden 6 kWh an Energie gekauft. Das Energie/Münzen-Verhältnis muss man gegebenenfalls in der Firmware anpassen.  
 Wenn  $\text{Credit} > 0$  wird nach spätestens 30 s der Ladevorgang automatisch gestartet, auch wenn der Kunde nicht auf START drückt. Dadurch wird nach einem Netzausfall das Restguthaben vertankt.  
 Die Firmware enthält eine Schleife, in der 2000 (oder „calibration count“) Messungen des  $V_{\text{out}}$ -Signals des Stromsensors vorgenommen werden. Der aktuelle Wert wird erfasst und Maxima sowie Minima werden gespeichert. Dank der hohen Linearität des ACS756SCA ist die Spannung  $V_{\text{out}}$  ein gutes Maß für den aktuell fließenden Strom.  
 Wenn kein Strom fließt, dann hat  $V_{\text{out}}$  den

Wert  $V_{\text{cc}}/2$ . Durch die 10-bit-Auflösung des analogen Controller-Eingangs entspricht dies bei einer Referenzspannung von 5 V exakt dem dezimalen Wert 512. Da der Stromsensor bei einem Messbereich von 100 A eine Empfindlichkeit von 40 mV/A aufweist, kommt der integrierte-A/D-Konverter auf eine Auflösung von 0,122 A. Der effektive Strom  $I_{\text{rms}}$  wird so berechnet:  
 $I_{\text{rms}} = I_{\text{peak}} / \sqrt{2}$ .

Die restlichen Funktionen von „MAIN“ sowie anderen Makros und Berechnungen finden sich im separaten Kasten. Um die Details nachvollziehen zu können, sollte man sich den Quelltext im Archiv **090866-11.zip** anschauen.

Die Konfigurationsbits: XT, WDT-OFF, POW-UPTMR-ON, MCLR-External. Fail-Safe clock = enabled. Als Taktgenerator dient ein 4-MHz-Quarz.



### Erster Start

Beim ersten Einschalten stehen natürlich noch keine sinnvollen Beträge im EEPROM, weshalb unsinnig hohe Beträge angezeigt werden. Dies ändert man wie folgt: Elektronik ein zweites Mal einschaltet und während des Einschaltens den Taster START gedrückt halten. Das Display meldet dann „credit cleared“.

Nun zum Makro „SETUP“: Hier werden einige Variablen mit Werten belegt. Das Makro wird aktiv, wenn man beim Einschalten den Taster „SETUP“ gedrückt hält. SW4 fungiert dann als „+“ und der Taster „SETUP“ erhält in diesem Modus eine Zweitfunktion als „-“.

Mit dem Taster „START“ wird die Auswahl bestätigt. Zunächst wird die Netzspannung abgefragt. Voreingestellt sind 230 V. Hier stellt man den tatsächlichen Wert und nicht etwa den Nominalwert ein.

Anschließend wird der Kalibrationswert eingestellt. Niedrigere Werte lassen die Elektronik schneller rechnen.

Zum Schluss wird der Preis der Energie in kWh pro Münze eingestellt.

### Überprüfung

Zur Verfügung standen ein Velleman Power Monitor, der zwar mit 230 V versorgt wurde, aber bei Anschluss einer Last von 1,4 kW lediglich 220 V lieferte. Der eingestellte Preis betrug 6 kWh pro Münze (= 360 kWh). Der Power Monitor zeigte zunächst „0.0 kWh“ an und der Kalibrationswert der Elektronik war 2000. Durch die angeschlossene Last floss ein Strom von 6 A. Nach etwa 46 Minuten sprang die Anzeige

auf dem Power Monitor von „0.9 kWh“ auf „1.0 kWh“. Die Ladestation zeigte hier ein Guthaben von 302 kWh an.

Statt eines korrekten Verbrauchs von 60 kWh registrierte die Ladestation also 58 kWh. Der Fehler betrug 2 kWh oder 120 kWh. Das liegt am Makro „SECOND“, das etwa 34 ms zu lang geraten ist. Wenn man den Kalibrationswert entsprechend anpasst, wird alles gut. Anstelle von 2000 (Standardwert) muss es ein Wert von  $2000/1,034 = 1933$  sein, um eine genaue Verbrauchsmessung zu erhalten.

### Schlussbemerkungen

Je nach elektrischem Gefährt und Akku-Kapazität variiert die für eine komplette Ladung benötigte Energie. Ein typischer E-Scooter kommt auf 48 V x 60 Ah = 2,88 kWh. Bei einem Elektro-Auto reicht die Spanne von 30 kWh für den Mini-E bis hin zu fast dem Doppelten für Teslas Roadster. Dagegen braucht ein Elektrowheelie mit 24 V x 9 Ah = 216 Wh lächerlich wenig. Für 1 € kann man den selbststabilisierenden Zweiachser über 30 Mal laden! Weiter: Ein Scooter ist an einem einphasigen 230-V-Anschluss in einer Stunde voll - ein Elektro-Auto muss schon mal bis zu acht Stunden auf gefüllte Akkus warten.

Die Anregung zum Einsatz des Stromsensors von Allegro stammt aus dem Artikel zum Elektrowheelie. Da der Typ 756ACS bidirektional misst, ist er für Wechselstrom besser geeignet. Dank Werkskalibrierung stimmen die Messwerte, wie eine Überprüfung mit einem teuren Fluke-Meßgerät bestätigte. Weitere Verbesserungen wären beim Abschalten der Relais möglich. Wenn der

aktuelle Strom  $>4$  A ist, könnte man im Nulldurchgang der Netzspannung abschalten. Hierzu müsste man die Verzögerungen durch die Relais einkalkulieren. Außerdem könnte man zusätzlich die Netzspannung messen, um den Energieverbrauch wirklich präzise zu erfassen.

(090866)

### Interessante Webseiten:

[www.e-max-scooter.com](http://www.e-max-scooter.com)

<http://evworld.com/index.cfm>

[http://fadisel.com/vending-cebek/coins-selector\\_P\\_325.aspx](http://fadisel.com/vending-cebek/coins-selector_P_325.aspx)

[www.abberfield.com.au/a/60.html](http://www.abberfield.com.au/a/60.html)

## Elektrische Sicherheit

Die Elektronik ist direkt und ohne Isolation mit dem Netz verbunden. Folglich gilt: **Die Sicherheitsrichtlinien im Umgang mit Netzspannung müssen berücksichtigt werden!** Man darf dies keinesfalls auf die leichte Schulter nehmen - aus diesem Grund sind die Netzspannung führenden Teile der Schaltung in roter Farbe gedruckt. Außerdem müssen natürlich auch die Sicherheitsrichtlinien der Ladegeräte oder der in EVs integrierten Ladeeinrichtungen beachtet werden.

Gerade bei Geräten, die außerhalb geschlossener Räume betrieben werden, ist eine korrekte Erdung wichtig. Der Lastbegrenzer aus Elektor Juni 2009 ist eine gute Ergänzung für so ein Projekt, wenn Ströme  $\leq 10$  A verlangt werden.

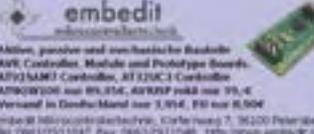
Alle Stecker, Kabel, Sockel und sonstige Netzspannung führende Bauteile müssen für den Betrieb im Freien zugelassen sein. Selbstverständlich muss das verwendete Gehäuse den gesetzlichen Richtlinien für den Außeneinsatz entsprechen und auch beim Münzprüfer gibt es gesetzliche Regelungen.

Für Anfänger: Lassen Sie sich von jemandem mit Erfahrung über die gefährlichsten Klippen des Projekts hinweg lotsen.

Kontakt: Tel. 0511/61 65 95-0 – Fax 0511/61 65 95-55 – E-Mail: service@id-medienservice.de



Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik  
03303/212166 oder [www.jasys.de](http://www.jasys.de)



Active, passive and assembled Boards  
AVR Controller, Module and Prototype Boards  
AT91SAM7 Controller, AT23UC3 Controller  
AT91SAM7 Controller, AVR/AVR2 Controller  
Vertrieb im Großhandel nur 3.974,- €  
Vertrieb im Einzelhandel nur 3.974,- €  
Tel. 0511/2311287 Fax 0511/2311288 E-Mail: info@embedit.de

## Alles Spule!

Wir liefern und fertigen:  
Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Spulenkörper, Isoliermaterial, Klebänder, Tränklacke, Übertrager, RFID-Spulen, Sensor- und Aktorspulen, Prototypen, Kleinserien, Serien, Ersatzteile und vieles mehr.



**www.spulen.com**

## EASYDAQ



[www.easydaq.biz](http://www.easydaq.biz)

- Stromversorgung via USB, 4 Relais
- 4 Digital-I/O-Kanäle
- Schaltet 240 V AC @ 10 A
- LabVIEW, VB, VC, C#, Java
- Schraubanschlussklemmer
- Keine Versandkosten

Entwicklung & Lieferung von Relais-, Digital-I/O- und DAQ-Produkten für USB, Wireless, LAN, Internet & Seriell  
[info@easydaq.biz](mailto:info@easydaq.biz)

## Roboter-Bausätze mit AVR-Mikrocontrollern



**NIBObee** + ATmega16 + ATtiny44  
**NIBO 2** + ATmega128 + ATmega88

<http://nibo.nicai-systems.de>

## LOETRONIC

Embedded MP3 Module  
[www.loetronic.com](http://www.loetronic.com)

**Anzeigenschluss:**  
25. 05. 2010

**Erscheinungstermin:**  
21. 06. 2010

## Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!

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:



**Geist Electronic-Versand GmbH**  
Tel.: 07720/36673  
Fax: 07720/36905  
Mail: [info@geist-electronic.de](mailto:info@geist-electronic.de)  
Shop: [www.geist-electronic.de](http://www.geist-electronic.de)



**schlanke Preise - fettes Angebot**  
**Schnellversand ohne Mindestumsatz**

Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilenrafos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr.

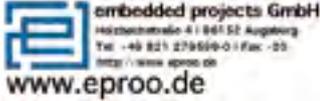
[www.Laehn-Versand.de](http://www.Laehn-Versand.de)

Online-Shop mit großer Auswahl: Entwicklungsboards, SchrittmotorenAVR, AVR32, ARM7, ARM9, PIC, DSP, MSP430, Programmer, Debugger



**OXMEK** und **ATHEL** Produkte

**xmega**  
Livet viele weitere Boards!



**embedded projects GmbH**  
Holtzbrunnstraße 4 | 86152 Augsburg  
Tel. +49 821 279509-0 | Fax: -25  
<http://www.eeproo.de>

Gravuren / Schilder / Frontblenden  
[www.webgrav.de](http://www.webgrav.de)

## H-TRONIC

Zukunftsweisende Ladetechnik, in Design, Qualität und Technologie  
[www.h-tronic.de](http://www.h-tronic.de)

Neu!! Neu!!

**Siebdruck ohne Sieb**  
für Muster und Kleinserien  
[www.springer-electronic.de](http://www.springer-electronic.de)

Leiterplattenfertigung (Onlinekalkulation)  
• Bestückung SMD und konventionell  
• Entwicklung/Layouterstellung  
• LED-Anzeigensysteme



[www.thale-elektronik.de](http://www.thale-elektronik.de)

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

ab 1 Stck. **ANTTRONIC**

Leiterplatten zu TOP-Preisen!!

**HEXWAX LTD** [www.hexwax.com](http://www.hexwax.com)

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



**peakelec.co.uk**  
T +44 1298 70012  
F +44 1298 70046



- Bekannte **Peak Atlas** Produkte
- Kabel Netzwerk-Analysatoren
- Elektronische Bauteil Analysatoren
- Intelligente Software
- Geringe Größe
- Entworfen und hergestellt in Europa

**Erhältlich bei diesen Händlern in Deutschland:**  
**Reichelt Elektronik** 04422 955 333 [www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)  
**ELV Elektronik** 0491 6008 88 [www.elv.de](http://www.elv.de)

## Spiralkabel ab 1 Stück nach Kundenwunsch!

Auszugslänge bis 8.000 mm



kurze Lieferzeiten

[www.key-electronic.de](http://www.key-electronic.de)

key-electronic Kreimendahl GmbH Märkenstück 14  
58509 Lüdenscheid Tel. 02351-3621-50  
Fax: 02351-3621-59 mail: [info@key-electronic.de](mailto:info@key-electronic.de)



Unser Leistungsspektrum:

- Diverse Schrittmotoren ab Lager lieferbar
- Eigene Entwicklung von Schrittmotorenstufen in versch. Ausführungen
- Netzteile, Endschalter, geschirmte Kabel u.v.m.

Kundenspezifische Lösungen entwickeln wir schnell und preiswert

Fon: 0241/4091800 • Fax: 0241/4091803  
[www.mechapro.de](http://www.mechapro.de) • [info@mechapro.de](mailto:info@mechapro.de)

[www.AAAA-electronic.de](http://www.AAAA-electronic.de)  
**Schnäppchenmarkt**  
Bauteile, Bausätze, Module, Restposten  
Fon: 0049 471 3097133

## HAMEG Instruments

A Rohde & Schwarz Company

- Oszilloskope
- Netzgeräte
- RF-Messtechnik
- Systemgeräte

Great Value in Test & Measurement  
[www.hameg.com](http://www.hameg.com)

**U2DIL, U4DIL** Reusch Elektronik  
USB-AVR im DIL-Format  
• ATMEGA32U2 u. -U4  
• USB-, ISP-Anschluss  
• austauschbarer Quarz  
• Platine, Bausatz, Fertigmodul  
<http://produkte.reworld.eu>

**VTS – ELEKTRONIK GbR**  
Preiswerter Leiterplatten Service  
[info@vts-elektronik.de](mailto:info@vts-elektronik.de)  
[www.vts-elektronik.de](http://www.vts-elektronik.de)

LCDs und mehr  
[www.lcd-store.de](http://www.lcd-store.de)  
[www.LC-Design.de](http://www.LC-Design.de)  
[www.crystalfontz.de](http://www.crystalfontz.de)

Die Buchung einer Anzeige beinhaltet einen kostenlosen Eintrag auf der Website von Elektor, inklusive eines Links zu Ihrer Seite.

**Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung**

# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Nun wird es wieder Zeit für ein wenig Rätselspaß - mit dem neuen Mai-Hexadoku. Den Lötkolben, den Rasenmäher und den Fernseher sollten Sie mal für ein paar Stündchen ausschalten - und sich dieser Herausforderung widmen. Wer überall die richtigen Zahlen in die Kästchen einsetzt, kann einen von vier Elektor-Gutscheinen gewinnen!

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

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

Wer das Rätsel löst - sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet - kann 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 31. Mai 2010!

### Die Gewinner des März-Hexadokus stehen fest!

Die richtige Lösung ist: 51E7A.

Der Elektor-Gutschein im Wert von 100 € geht an: Jan Schoubo aus Skanderborg (DK).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Paul Kirsch, Laurence Hamelin und M. Koppe.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

(c) PZZL.com

NEU!

# JETZT STECKT NOCH MEHR DAHINTER.



## Das komplette Elektor PLUS-Abo!

- Alle 11 Ausgaben inkl. Doppelheft Juli/August
- Im PLUS-Abo inbegriffen: Jahrgangs-DVD 2010
- **20%** Preisvorteil gegenüber dem Einzelkauf
- Bis zu **40% Rabatt** auf spezielle Elektor-Produkte
- Top-Wunschprämie im Wert von bis zu 30 €
- Jedes Heft pünktlich und zuverlässig frei Haus
- Lesen Sie jede Elektor-Ausgabe vor allen anderen
- **NEU:** Exklusiver Online-Zugriff auf die aktuellsten 3 Elektor-Ausgaben als E-Paper + jahrgangsübergreifende Elektor-Artikel-Volltextsuche

**NEU: Jetzt mit persönlichem Zugang zur neuen Service-Website!**

Ab sofort haben Sie beim Abschluss eines PLUS-Abonnements **exklusiven Zugang** zur neuen Service-Website [www.elektor-plus.de](http://www.elektor-plus.de). Hier stehen Ihnen stets 3 Elektor-Hefte (jeweils das aktuelle und die letzten beiden Hefte) zum **Gratis-PDF-Download** als druckfähiges E-Paper zur Verfügung. Somit erhalten Sie im ersten Abojahr **11 Print-Ausgaben** + völlig gratis direkt zu Beginn die letzten **2 Online-Ausgaben** dazu! Auf [www.elektor-plus.de](http://www.elektor-plus.de) finden Sie außerdem die umfassendste Elektor-Artikel-Volltextsuche des Webs. Extra-Artikel und gratis E-Books sind weitere neue **PLUS-Features**.

[www.elektor.de/abo](http://www.elektor.de/abo) • Tel. +49 (0)241 88 909-0

Oder verwenden Sie für Ihre Abobestellung die portofreie Bestellkarte am Heftende.

**e**lektor

# Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik  
in einem Shop!



**NEU!**

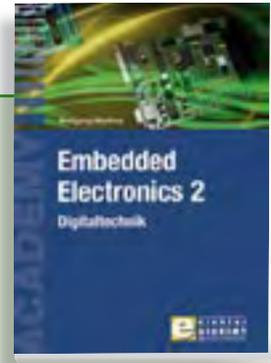
Einführung in den Schaltungsentwurf mit FPGA-Bausteinen

## Hardware-Design mit FPGA

Die "Field Programmable Gate Array"-Bausteine sind der moderne Weg, digitale Schaltungen schnell und effizient aufzubauen. Mit preiswerten Evaluierungskits lassen sich komplexe digitale Schaltungen realisieren, ohne auf die immer schwieriger werdende Löttechnik zurückzugreifen. Jedoch hat sich hierdurch die Beschreibung der digitalen Schaltungen geändert, womit auch die Methodik angepasst werden muss.

Dieses neue Buch gibt zunächst eine kurze Einführung in die digitale Schaltungstechnik, mit dem Schwerpunkt auf den in FPGA-Bausteinen verwendeten Grundelementen. Danach werden die Randbedingungen und Effekte, die beim Entwurf digitaler Schaltungen auftreten können, beschrieben und schließlich die Grundelemente als HDL-Beschreibungen in den Sprachen VHDL und Verilog aufgeführt. Die Methodik zum Erstellen einer FPGA-Schaltung mit den Schritten Simulation, Verifikation und Implementierung sowie die Programmwerkzeuge zur Durchführung dieser Schritte werden erläutert. Abschließend wird an dem Beispiel eines Algorithmus für einen Frequenzgenerator zur direkten digitalen Synthese das Vorgehen demonstriert.

274 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-209-3 • € 42,00 • CHF 66,00



Der 2. Band der neuen Buchreihe

## Embedded Electronics 2

Die Bände dieser Reihe wenden sich an jene, die sich 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. Dieser neue 2. Band befasst sich mit den theoretischen Grundlagen und den Grundsaltungen der Digitaltechnik.

384 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-186-7

€ 49,00 • CHF 77,00



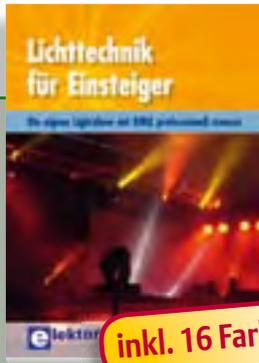
Der professionelle Ratgeber

## Funkempfängerkompodium

Wie funktionieren professionelle Funkempfänger? Wie ist es der modernen Funküberwachung und den Nachrichtendiensten möglich, gleich ganze Frequenzbänder in kürzester Zeit auszuforschen? Welche Empfangssysteme und Techniken stehen heute zur Verfügung? Möchten Sie wissen, wie ein Software Defined Radio nun wirklich funktioniert und was der letzte Stand der entsprechenden Technik kann? In diesem Buch finden Sie die Antworten!

346 Seiten (geb.) • ISBN 978-3-89576-224-6

€ 49,00 • CHF 77,00

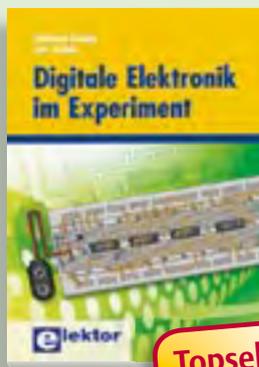


inkl. 16 Farbseiten

### Die eigene Lightshow mit DMX professionell steuern **Lichttechnik für Einsteiger**

Für Einsteiger, die die faszinierende Welt des Lichtdesigns und der Showgestaltung kennenlernen möchten, werden die Grundlagen der eingesetzten Lichttechnik erklärt. Das Buch bringt Licht in den Ablauf der Showprogrammierung mit Pult und PC und beleuchtet die Konzepte hinter einem ansprechenden Lichtdesign. Im zweiten Teil des Buches werden viele Selbstbautipps vorgestellt, mit deren Hilfe professionelle Showelemente auch mit einfachen Mitteln möglich sind.

288 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-188-1  
€ 29,80 • CHF 46,80



Topseller

Einstieg in die digitale Steuerungstechnik

### **Digitale Elektronik im Experiment**

Dieses Buch verwendet die grundlegenden Schaltungen mit Gattern, Flipflops und Zählern aus der CMOS-Reihe 4000. Zu jedem der 50 Experimente werden das Schaltbild und der detaillierte Aufbau auf einer Steckplatine gezeigt. Das Studium der Grundlagen geht am besten mit praktischen Versuchen. Viele der hier vorgestellten Schaltungen sind praktisch einsetzbar. Wer den Überblick hat, findet für jede Aufgabe eine einfache und preiswerte Lösung.

160 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-220-8  
€ 29,80 • CHF 46,80



Interrupts, Multitasking, u. a.

### **Systemprogrammierung für AVR-Mikrocontroller**

Im ersten Buchabschnitt werden Techniken vorgestellt, mit denen parallele Programmabläufe realisiert werden können. Diese reichen von der einfachen automatischen Ablaufsteuerung eines Hintergrundprozesses durch Interrupts bis zur Implementierung eines an die beschränkten Möglichkeiten von AVR-Mikrocontrollern angepassten RTOS. Die Realisierung von Hintergrundprozessen lässt sich auf bequeme Weise mit Interrupts durchführen. Der zweite Teil des Buches ist der Numerik gewidmet.

404 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-218-5  
€ 42,00 • CHF 66,00



Konzepte verstehen und umsetzen

### **Röhrenverstärker-Schaltungen**

Im ersten Teil dieses Buches werden die Ursachen von Verzerrungen untersucht; anschließend geht es um die praktische Umsetzung der theoretischen Hintergründe. In einem gesonderten Kapitel über fehlerhafte SRPPs und  $\mu$ -Follower wird gezeigt, wie teilweise bizarr anmutende Fehler zu Schaltungen führen, die dann einfacher und zielführender durch gängige Standardschaltungen zu ersetzen wären. Des Weiteren werden Gegenakt-Endstufen und ihr Zusammenwirken mit SRPPs genauer besprochen.

304 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-222-2  
€ 46,00 • CHF 72,30



Ein Must-Have für Elektroniker

### **PIC-Mikrocontroller**

Dieses Buch behandelt 50 spannende und zugleich lehrreiche Projekte mit PIC-Mikrocontrollern. Sie können es als Projektgrundlage nutzen, um die Projekte Ihrer Wahl aufzubauen und zu erproben. Alle Projekte sind uneingeschränkt praxistauglich. Die präzisen Beschreibungen, Schaltungen und Fotos der Versuchsaufbauten auf Steckplatten machen das Aufbauen und Ausprobieren zu einer spannenden Angelegenheit. Zu jedem Projekt wird der technische Hintergrund erläutert.

416 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-201-7  
€ 54,00 • CHF 84,80

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

**www.elektor.de**

Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstraße 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)





**Topseller**

**Kompletter Elektor-Jahrgang 2009 auf DVD**  
**Elektor-DVD 2009**

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2009. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2009 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 978-90-5381-251-8 • € 27,50 • CHF 43,20



Elektor's erster Workshop als Live-DVD

**Fahrzeugdiagnose in der Praxis**

Moderne Autos bieten dank der On-Board-Diagnose (OBD) tiefe Einblicke in den Betriebszustand der Bordelektronik und der mechanischen Komponenten. In diesem Workshop lernen Sie die Funktionsweise von OBD kennen und erfahren, mit welchen Geräten man selbst Fahrzeugdaten auslesen kann. Hiermit lassen sich Fehlerursachen finden, aber auch individuelle Anpassungen vieler Funktionen vornehmen. Anschließend sind Sie nicht mehr darauf angewiesen, was Ihnen in der Werkstatt erzählt wird, sondern wissen schon vorher, ob Sie die Abgasuntersuchung bestehen werden.

ISBN 978-3-89576-225-3 • € 29,80 • CHF 46,80



**NEU!**

**Geschaltetes Labornetzteil**

(Elektor April 2010)

Ein einstellbares Netzgerät gehört zur Grundausstattung eines jeden Elektronik-Labors. Es sollte nach Möglichkeit eine symmetrische Ausgangsspannung liefern können und über eine einstellbare Strombegrenzung und eine gut ablesbare Anzeige von Strom und Spannung verfügen. Dieses Schaltnetzteil ist mit einer Ausgangsspannung von 0 bis 25 V bei maximal 3 A Ausgangsstrom ausgelegt. Es kann wahlweise als Einfach- oder als Doppel-Netzteil aufgebaut werden.

*Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine (ohne Netztrafo)*

Art.-Nr. 090786-71 • € 71,50 • CHF 112,30



**32-bit-ARM-Board (Zepter)**

(Elektor März 2010)

Dieses Open-Source-Projekt ist mehr als ein Board mit leistungsstarkem Mikrocontroller, funktionaler Peripherie und zugehöriger Software, es ist ein System für echtes Rapid Prototyping. So darf sich nur ein System nennen, das außer einem durchdachten Board auch anwenderfreundliche Entwicklungstools und Bibliotheken mitbringt. Basis ist ein leistungsstarker 32-bit-Controller LPC2148 von NXP.

*Bestückte und getestete Platine mit vorprog. Test-Software*

Art.-Nr. 090559-91 • € 149,95 • CHF 235,50



**Topseller**

**Class-D-Stereo-Vollverstärker (Modulo D)**

(Elektor März 2010)

Diesem kleinen Modul mit LC-Display sieht man nicht an, was in ihm steckt: Ein kompletter Stereo-Vor- und Endverstärker mit IR-Fernbedienung, Klang-, Lautstärke- und Pegelvoreinstellung sowie 2 x 20 W Ausgangsleistung in Klasse D, und das mit einer einfachen Betriebsspannung von 12 V. Damit steht auch dem Einbau im Auto, Boot oder Wohnmobil nichts im Wege.

*Bausatz mit allen Bauteilen inkl. SMD-bestückte Platinen*

Art.-Nr. 090563-71 • € 79,95 • CHF 125,60



**CAN-Bus im Haus**

(Elektor Januar 2010)

Unter einem MIAC (**M**atrix **I**ndustrial **A**utomotive **C**ontroller) versteht man eine Industrie-SPS (speicherprogrammierbare Steuerung), die sich für vielfältige Zwecke einsetzen lässt. Die Elektronik ist rund um einen Mikrocontroller vom Typ PIC18F4455 mit USB-Port aufgebaut. Außerdem ist der MIAC nicht nur auf einfache Weise mit „Flowcode“, sondern auch herkömmlich in C oder Assembler programmierbar. Weitere Zutaten sind ein LCD, Taster, vier Relais-Ausgänge, vier Transistor-Ausgänge und acht digitale oder analoge Eingänge sowie ein CAN-Bus-Interface.

*Fertiggerät inkl. Flowcode-Software*

Art.-Nr. 090278-91 • € 185,00 • CHF 290,50

**Mai 2010 (Nr. 473)**

€

**dsPIC-Controller-Board**

090073-91 ..... Bestückte und getestete Platine .....www.elektor.de

**Dicke Luft im Auto**

100020-71 ..... Bausatz ..... 154,00

100020-72 ..... Gehäuse ..... 22,50

**April 2010 (Nr. 472)**

**Firefly-Roboter**

100014-1 ..... Platine ..... 12,50

100014-41 ..... Progr. Controller ..... 12,50

**Musikalisches Codeschloss**

081143-41 ..... Progr. Controller ..... 17,50

**Geschaltetes Labornetzteil**

090786-1 ..... Platine ..... 17,95

090786-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine  
(ohne Netztrafo) ..... 71,50

**Bluetooth für OBD-2-Analyser NG**

090918-71 ..... Kit bestehend aus SMD-bestückter Platine und  
Bluetooth-Modul BTM222 ..... 29,95

**März 2010 (Nr. 471)**

**32-bit-ARM-Board (Zepter)**

090559-91 ..... Bestückte und getestete Platine  
mit vorprogr. Test-Software ..... 149,95

**RFID-Zugangssystem mit OLED-Display (VisiOLED)**

081141-1 ..... Platine ..... 14,95

**Class-D-Stereo-Vollverstärker (Modulo D)**

090563-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen  
inkl. SMD-bestückte Platinen ..... 79,95

**Februar 2010 (Nr. 470)**

**Akku-Checker**

071131-41 ..... Progr. Controller ..... 20,00

071131-71 ..... Bausatz (ohne Gehäuse) ..... 139,95

**5-V-Power-Controller**

090719-1 ..... Platine ..... 9,95

**2,4-GHz-Scanner**

090985-41 ..... Progr. Controller ..... 24,95

**Januar 2010 (Nr. 469)**

**CAN-Bus im Haus**

090278-91 ..... Fertigergerät inkl. Flowcode-Software ..... 185,00

**Mikrocontrollergesteuerter Dimmer**

090315-41 ..... Progr. Controller ..... 8,50

**Winamp-Control**

090531-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen  
inkl. Platine ..... 99,95

**Klein aber fein – das Minimod18**

090773-41 ..... Progr. Controller (mit Bootloader) ..... 24,50

090773-91 ..... Bestückte und getestete Platine  
inkl. vorprogr. Controller mit Bootloader ..... 62,95

**Magisches Auge am USB**

090788-1 ..... Platine ..... 11,95

090788-41 ..... Progr. Controller ..... 11,95

**Dezember 2009 (Nr. 468)**

**Preselektor für den Elektor-SDR**

090615-71 ..... Bausatz inkl. teilbestückter Platine, Spulenkörper  
und Ferritstab mit Wicklungen ..... 57,50

**Minimal-Schaltuhr**

090823-41 ..... Progr. PIC12F683-I/SN ..... 7,95

**Farbgesteuerte Lichterkette**

090125-1 ..... Platine (Steuergerät) ..... 13,00

090125-2 ..... Platine (Lichtmodul) ..... 2,75

090125-41 ..... Progr. Controller (PIC18F2550) für Steuergerät ..... 18,00

090125-42 ..... Progr. Controller (PIC12F508-I/SN) für Lichtmodul ..... 2,75

# Bestseller

Bücher	1		<b>Digitale Elektronik im Experiment</b> ISBN 978-3-89576-220-8 ..... € 29,80 ..... CHF 46,80	
	2		<b>Embedded Electronics 2</b> ISBN 978-3-89576-186-7 ..... € 49,00 ..... CHF 77,00	
	3		<b>310 Schaltungen</b> ISBN 978-3-89576-217-8 ..... € 36,80 ..... CHF 57,80	
	4		<b>Funkempfängerkompendium</b> ISBN 978-3-89576-224-6 ..... € 49,00 ..... CHF 77,00	
	5		<b>Röhrenverstärker-Schaltungen</b> ISBN 978-3-89576-222-2 ..... € 46,00 ..... CHF 72,30	
Bausätze & Module	CD- & DVD-ROMs	1		<b>Elektor-DVD 2009</b> ISBN 978-90-5381-251-8 ..... € 27,50 ..... CHF 43,20
		2		<b>Workshop-DVD Fahrzeugdiagnose</b> ISBN 978-3-89576-225-3 ..... € 29,80 ..... CHF 46,80
		3		<b>Workshop-DVD Röhrenverstärker</b> ISBN 978-3-89576-226-0 ..... € 29,80 ..... CHF 46,80
		4		<b>ECD 5</b> ISBN 978-90-5381-159-7 ..... € 29,50 ..... CHF 46,40
		5		<b>LED-Toolbox</b> ISBN 978-90-5381-245-7 ..... € 32,50 ..... CHF 52,20
Bausätze & Module	1		<b>Class-D-Stereo-Vollverstärker (Modulo D)</b> Art.-Nr. 090563-71 ..... € 79,95 ... CHF 125,60	
	2		<b>Bluetooth für OBD-2-Analyser NG</b> Art.-Nr. 090918-71 ..... € 29,95 ..... CHF 47,10	
	3		<b>OBD-2-Analyser NG</b> Art.-Nr. 090451-71 ..... € 99,00 ... CHF 155,50	
	4		<b>R32C/111-Starterkit</b> Art.-Nr. 080928-91 ..... € 34,00 ..... CHF 53,40	
	5		<b>Preselektor für den Elektor-SDR</b> Art.-Nr. 090615-71 ..... € 57,50 ..... CHF 90,30	

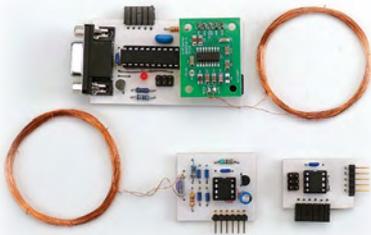
**Bestellen Sie jetzt einfach und bequem online unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop) oder mit der portofreien Bestellkarte am Heftende!**

**elektor**  
 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)



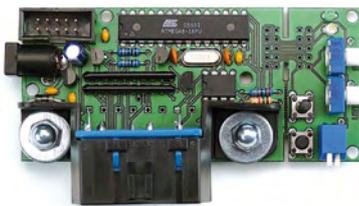
### Messdisplay für UniLab

Gute digitale Panelmeter sind nicht ganz billig. Für das in Elektor April vorgestellte Labornetzteil UniLab haben wir daher ein Messdisplay mit einem 4-zeiligen LC-Display (4 x 20 Zeichen) entwickelt, das sich für ein Doppel-Netzteil mit zwei UniLab-Platinen eignet. Das Display zeigt dann die beiden Spannungs- und Stromwerte und außerdem noch die Temperatur im Inneren des Netzgeräts. Die A/D-Wandlung, Auswertung und Displaysteuerung übernimmt dabei ein ATmega168. Für die Strommessung im negativen Zweig wurde eine spezielle Eingangsschaltung entwickelt.



### Drahtlos messen mit Selbstbau-RFID

Dieses Projekt umfasst nicht nur einen Selbstbau-RFID-Reader für EM4102-kompatible RFIDs, sondern zeigt auch, wie man selbst solche RFIDs mit einem ATtiny bauen kann. Noch interessanter ist dabei die Möglichkeit, eigene Mess-RFIDs zu entwickeln, indem man Sensoren mit dem ATtiny verbindet. So erhält man kleine Messmodule, die vom RFID-Reader drahtlos mit Energie versorgt werden und gleichzeitig ihre Messwerte oder auch Statusmeldungen drahtlos über den Reader an einen PC oder ein Mikrocontrollersystem (zum Beispiel einen Datenlogger) weitergeben.



### OBD2-Minisimulator

Bekanntlich ist ein Auto etwas zu groß, um es für OBD2-Testzwecke auf dem Labortisch zu parken. Um OBD2-seitig ein virtuelles Fahrzeug abzubilden, braucht man nicht unbedingt teures (Industrie-)Equipment. Eine kostengünstige und effiziente Lösung ist der OBD2-MiniSim, der bis zu vier verschiedene OBD2-Protokolle bereitstellt. Wer selbst Software oder kleine Hilfsprogramme für die Kfz-Diagnose schreiben oder entwickeln möchte, der wird diese interessante Hardware sehr schnell schätzen lernen.



Elektor Juni erscheint am 19. Mai 2010

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Ein Verzeichnis finden Sie unter [www.blauerglobus.de](http://www.blauerglobus.de). Sie können Elektor auch direkt bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de) bestellen.

Änderungen vorbehalten!



**Abo-Service:** Marleen Brouwer  
E-Mail: [abo@elektor.de](mailto:abo@elektor.de)

**Bestellannahme und Bestellservice:** Peter Custers  
E-Mail: [bestellung@elektor.de](mailto:bestellung@elektor.de)  
Tel. +49 241 88 909-66

**Geschäftszeiten**  
Montag – Donnerstag von 08:30 bis 17:00 Uhr  
Freitag von 08:30 bis 12:30 Uhr  
Tel. +49 241 88 909-0  
Fax +49 241 88 909-77

Unser Kundenservice berät Sie bei allen Fragen zu Bestellungen, Lieferterminen und Abonnements. Änderungen, Reklamationen oder besondere Wünsche (wie z. B. Geschenkabonnement) richten Sie ebenfalls an den Kundenservice. Vergessen Sie bitte nicht, Ihre Kundennummer anzugeben – falls vorhanden.

#### Einzelheft

Deutschland	€ 7,20
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 7,95
Schweiz	CHF 13,95

#### Jahresabonnement-Standard

Deutschland	€ 75,50
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 82,00
Schweiz	CHF 145,00
Andere Länder	€ 99,50

#### Jahresabonnement-PLUS

Deutschland	€ 93,00
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 99,50
Schweiz	CHF 184,00
Andere Länder	€ 117,00

#### Probeabonnement

Deutschland	€ 13,90
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 13,90
Schweiz	CHF 25,00
Andere Länder	€ 13,90
	(zzgl. Porto)

#### Studentenabo-Standard

Deutschland	€ 60,40
Österreich	€ 65,60
Schweiz	CHF 116,00

#### Studentenabo-PLUS

Deutschland	€ 77,90
Österreich	€ 83,10
Schweiz	CHF 155,00

#### Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder	€ 17,50
Schweiz	CHF 39,00

Jahres- und Studentenabonnements (11 Hefte) dauern immer 1 Jahr und verlängern sich automatisch um weitere 12 Monate, wenn nicht spätestens 2 Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

#### Bankverbindungen

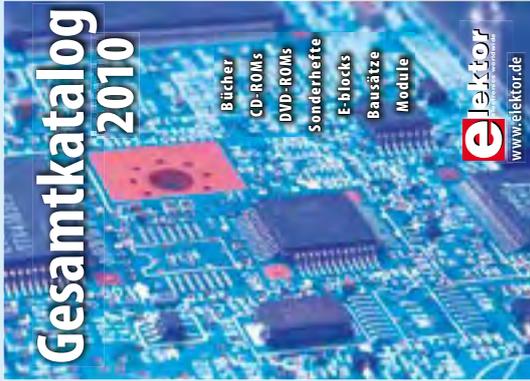
**Commerzbank Aachen**  
Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)  
IBAN: DE89 3904 0013 0120 1102 00  
BIC: COBADEFF

#### Postgiro Köln

Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)  
IBAN: DE17 3701 0050 0229 7445 07  
BIC: 9 7445 07/PBNKDEFF



# Fordern Sie jetzt den neuen Elektor- Gesamtkatalog 2010 GRATIS an!



**Bücher • CD- & DVD-ROMs  
Sonderhefte • E-blocks  
Bausätze • Module**

Fax +49 (0)241 88 909-77  
E-Mail: [vertrieb@elektor.de](mailto:vertrieb@elektor.de)

Der Katalog kann auch unter  
[www.elektor.de/katalog](http://www.elektor.de/katalog) als PDF-  
Datei heruntergeladen werden.

Hier ist meine Anschrift:

\_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Land **DE**

\_\_\_\_\_

Kunden-Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstraße 25  
52072 Aachen**

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!



Hier ist meine Anschrift:

\_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Land **DE**

\_\_\_\_\_

Kunden-Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstraße 25  
52072 Aachen**

Hier ist meine Anschrift:

\_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Land **DE**

\_\_\_\_\_

Kunden-Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstraße 25  
52072 Aachen**

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

# Alle Elektor-Events auf einen Blick

Workshops • Seminare • Masterclasses

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



## AVR-Mikrocontroller in der Praxis

Leipzig 23.04. + 24.04.2010  
Luzern (Schweiz) 04.06. + 05.06.2010  
München 22.10. + 23.10.2010

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

## CC2-ATmega

Luzern (Schweiz) 29.05.2010  
München 25.09.2010  
Hannover 06.11.2010

[www.elektor.de/cc2-atmega](http://www.elektor.de/cc2-atmega)

## PIC18-Mikrocontroller-Programmierung

Luzern (Schweiz) 09.06.2010  
München 20.10.2010

[www.elektor.de/pic18](http://www.elektor.de/pic18)

**NEU!**

## Grafische AVR-Programmierung

Dortmund 12.06.2010

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

## Messen, Steuern, Regeln (MSR) über das Internet

Luzern (Schweiz) 10.06.2010  
Leipzig 17.06.2010  
München 21.10.2010

Frankfurt am Main 28.10.2010

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

## Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers

Luzern (Schweiz) 03.07.2010  
Hannover 28.08.2010  
München 09.10.2010  
Leipzig 30.10.2010

[www.elektor.de/gitarren-roehren](http://www.elektor.de/gitarren-roehren)

## Serielle (Geräte-)Bussysteme

Seligenstadt 15.09. bis 17.09.2010

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



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

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

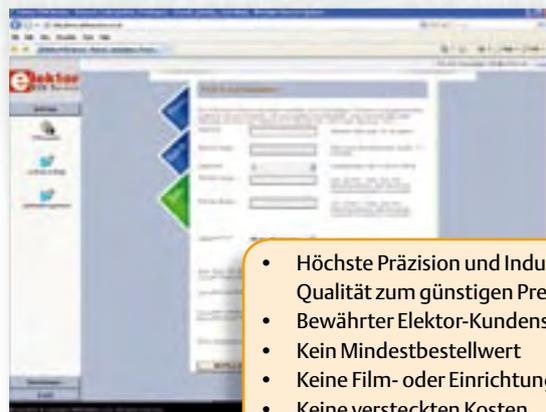
## INSERENTENVERZEICHNIS MAI 2010

Basista .....	<a href="http://www.basista.de">www.basista.de</a> .....	55
Beta Layout .....	<a href="http://www.panel-pool.com">www.panel-pool.com</a> .....	55
Cadsoft Computer .....	<a href="http://www.cadsoft.de">www.cadsoft.de</a> .....	11
Conrad .....	<a href="http://www.conrad.biz">www.conrad.biz</a> .....	31
Emis .....	<a href="http://www.emisgmbh.de">www.emisgmbh.de</a> .....	47
Eurocircuits .....	<a href="http://www.eurocircuits.de">www.eurocircuits.de</a> .....	16
Future Technology Devices International Ltd .....	<a href="http://www.ftdichip.com">www.ftdichip.com</a> .....	2
Gie-Tec .....	<a href="http://www.gie-tec.de">www.gie-tec.de</a> .....	71
Huijzer Components .....	<a href="http://www.huijzer.com">www.huijzer.com</a> .....	21
Kohlbecker .....	<a href="http://www.ibk-servus.de">www.ibk-servus.de</a> .....	71
LeitOn .....	<a href="http://www.leiton.de">www.leiton.de</a> .....	47
Markt .....		77
mikroElektronika .....	<a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a> .....	3
Pico .....	<a href="http://www.picotech.com/scope2004">www.picotech.com/scope2004</a> ..	55
Reichelt .....	<a href="http://www.reichelt.de">www.reichelt.de</a> .....	88
Schaeffer AG .....	<a href="http://www.schaeffer-ag.de">www.schaeffer-ag.de</a> .....	47
Texas Instruments .....	<a href="http://www.ti.com/msp430-40">www.ti.com/msp430-40</a> .....	17
V-PS .....	<a href="http://www.v-ps.de">www.v-ps.de</a> / <a href="http://www.v-ps.com">www.v-ps.com</a> ..	23

# Elektor-PCB-Service

 **Die neue Adresse für Platinen,  
Prototypen und Multilayer**

Möchten Sie Ihre selbst entworfene Platine schnell und zuverlässig geliefert bekommen? In Kleinserie und dabei zu einem unschlagbar günstigen Preis? Bestellen Sie jetzt Ihre individuelle Platine beim Elektor-PCB-Service!



- Höchste Präzision und Industrie-Qualität zum günstigen Preis
- Bewährter Elektor-Kundenservice
- Kein Mindestbestellwert
- Keine Film- oder Einrichtungskosten
- Keine versteckten Kosten
- Online-Preisrechner
- Versand innerhalb von 5 Werktagen



Überzeugen Sie sich selbst vom neuen Elektor-Leiterplatten-Service  
jetzt unter

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

## Infrarot-Thermometer

Berührungslose Temperaturmessung an heißen oder beweglichen Messobjekten aus der Distanz

- zuschaltbarer Laserpointer
- beleuchtetes Display
- Hold und Data-Hold
- Min./Max.-Messung



• 10:1  
 • -15 bis 380 °C

UT 300B  
**32,95 €**

• 12:1  
 • -18 bis 550 °C

UT 301C  
**59,95 €**

• 20:1  
 • -18 bis 650 °C

UT 302C  
**79,95 €**

## UNI-T



**NEU!**  
 Katalog 06|2010

Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!

### NO-CLEAN Flussmittelgel FL 22

- mit Kunststoffspitze insbesondere für Fine-Pitch oder SMD-Anwendungen und Einsatz mit Heißluft und Lötcolben
- 10 g / 5 ml
- F-SW 33 (DIN EN 29 454)



EDSYN FL 22 **12,85 €**

### Werkstatt-LED-Lupenleuchte

- 56 LEDs
- Glas-Linse mit 3 Dioptrien
- Innenliegende Feder- und Kabelführung
- Schutzkappe



LL ZD-140A LED **34,95 €**

### DUSPOL digital LC

- Digitaler Spannungs- und Durchgangsprüfer mit Drehfeldanzeige, Polaritätsprüfung (LED), Messstellenbeleuchtung und Vibrationsalarm. IP64
- Spannung von 6 V - 690 V AC/750 V DC (LED/LCD)
  - Bewusste Auslösung des FI-Schutzschalters
  - zugelassen IEC/EN61243-3 (DIN VDE 0682-401)

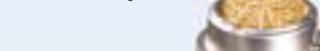


DUSPOL DIGITAL **76,95 €**

### BENNING

### Lötpitzen-Reiniger

- Messingspirale
- kein Wasser notwendig
- Edelstahlhalter
- Gummifußauflage



CLEANER 460A **4,50 €**

### Lötdampf-Filtersystem

- Neigungswinkel einstellbar
- leicht zu bewegen und zu verstellen
- Absaugleistung: 1 m³/min
- inkl. 3 Stck. Filtermatten



FILTER ZD-153 **19,95 €**

### AC/DC-Digital-Zangenmessgerät mit Frequenz + Kapazitätsmessung

- Spannung: 0 - 600 V, DC/AC
- Strom: 40/400 A/1000 A, DC/AC
- Widerstand: 0 - 40 MΩ ±1%
- Frequenz: 5 Hz - 100 kHz
- Kapazität: 40 nF - 100 µF
- Temperatur: 20°C ... +1000°C



PEAKTECH 1615 **86,80 €**

### PeakTech

### Bleifreier, umweltfreundlicher Lötendraht

- mit Silber- und Kupferanteil
- Schmelzpunkt: 217 °C
- Sn95,5 Ag Cu0,7 mit F-SW 32



LÖTZINN F1-35100 0,35 mm 100 g **19,95 €**  
 LÖTZINN F1-5250 0,5 mm 250 g **16,65 €**  
 LÖTZINN F1-8250 0,8 mm 250 g **15,65 €**  
 LÖTZINN F1-1250 1,0 mm 250 g **14,65 €**

### Heißluft-SMD-Rework-Station

- Membranpumpe max. 23 L/min
- 320 Watt
- 150 - 500 °C



STATION ZD-939L **69,95 €**

### Leckstromzange

- Zuverlässiges und einfaches Auffinden von Isolationsschäden durch defekte Kabel, lose Klemmen, Schmutz oder Feuchtigkeit
- Messung von Ableit- und Differenzströmen in elektrischen Anlagen und Geräten
  - Strom AC: 1 µA - 100 A
  - Messkategorie: CAT III, 300 V



BENNING CM9 **352,55 €**

### BENNING

### Digitale Prozessor-ESD-Lötstation

Besonders für RoHS-konformes Bleifrei-Löten geeignet

- Löttemperatur: 150-480 °C
- max. Ausgangsleistung: 80/100 Watt
- inkl. Lötcolben und Halter
- sehr schnelle Aufheizzeit
- Nullspannungs-Regelschaltung



STATION LF-2000 100 Watt **89,95 €**  
 STATION LF-1600 80 Watt **69,95 €**

**80 W** **100 W**

### Multimeter mit Isolationsmessung

mit angespritzter Schutzhülle, 6000 Count Full-Icon-Display

- Autorange, Data-Logging, True RMS
- Isolationsmessung: 500 V (0% bis 20%) 0,5 MΩ - 500 MΩ  
 1000 V (0% bis 20%) 4,0 MΩ - 600 MΩ
  - Spannung, DC: 6/60/600/1000 V
  - Spannung, AC: 6/60/600 V
  - Strom, DC/AC: 60/600 mA
  - Widerstand: 600 Ω/40 MΩ
  - Kapazität: 10/100/1000 nF
  - Frequenz: 60 Hz-1 MHz



UNI-T UT 531 **119,95 €**