

40 Seiten  
neue Projekte

G3078 E Juni 2010

(D) €7,20 • CHF 13,90 • (A, B, L) €7,95

+ Übersicht: Kostenlose Mess-Software

# elektor

+ 2fach-U/I-Display

+ DMX512-Interface

+ Differenz-Tastkopf

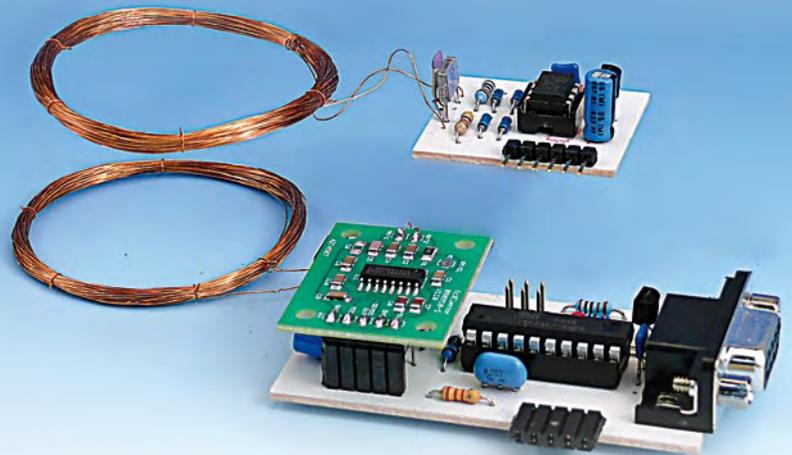
www.elektor.de



**OBD2-Simulator**  
Das virtuelle Kraftfahrzeug

Programmierbar:  
**Selbstbau-RFID**

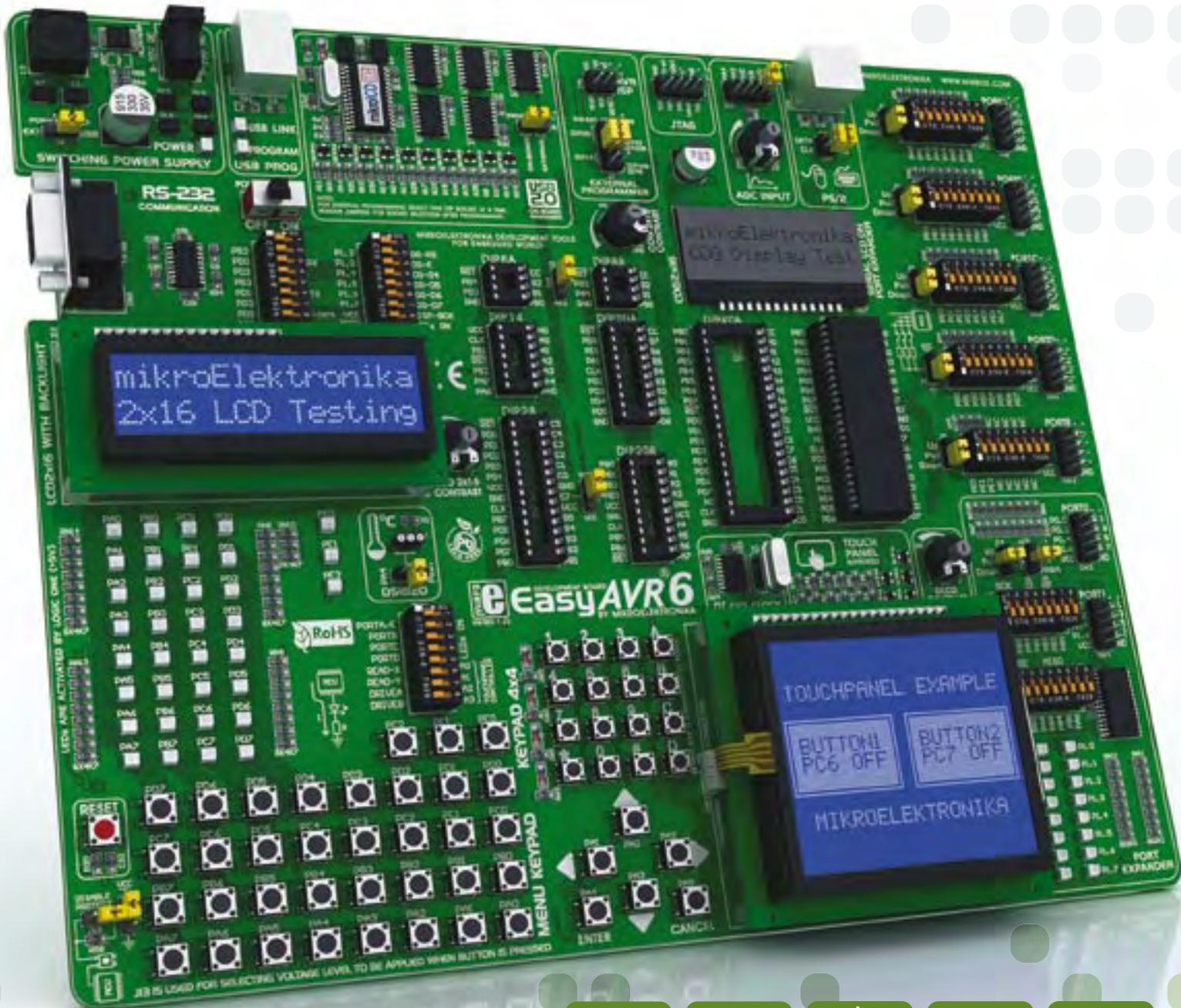
Drahtlos messen mit  
ATtiny-Controllern



**Flexible Interface-Karte**  
Für Zepter und andere  $\mu$ C-Boards



# SIMPLY EASILY - EasyAVR6



6 JAHRE STETIG VERBESSERTER ENTWICKLUNGSSYSTEME



EasyAVR™6 ist ein Entwicklungssystem, das auf AVR® Mikrocontroller zugeschnitten ist.

Die Plattform verfügt über einen On-board-Programmer, mit dem sich Mikrocontroller vom PC aus programmieren lassen. Sie müssen nur den Quellcode für einen unserer AVR® Compiler schreiben! Geradezu kinderleicht ist es, das .hex-File zu erzeugen und mit dem AVRprog™ Programmer in den Controller zu laden. Mit den zahlreichen On-board-Modulen simulieren Sie das User-Interface, mit dem später ihr Gerät bedient werden kann. Hierzu gehören ein grafisches LCD mit 128x64 Pixeln, ein alphanumerisches LCD mit 2x16 Zeichen, ein 4x4-Tastenfeld, ein Port Expander und vieles mehr!

**EASYAVR™6 - SO LEICHT KANN ES SEIN, EIN EIGENES GERÄT ZU ENTWICKELN!**

**MikroElektronika**  
DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS

...making it simple

**GET IT NOW**  
[www.mikroe.com](http://www.mikroe.com)

**Mit Höchstgeschwindigkeit  
zur neuen Entwicklung -  
die EDP von RS.**



**EMBEDDED  
DEVELOPMENT  
PLATTFORM**

[www.rsonline.de/edp](http://www.rsonline.de/edp) 06105/401-234



## 555 vs. ATtiny?

In der letzten Ausgabe durften wir uns selbst ein wenig feiern. Für unsere 40-Jahre-Elektor-Seiten hatten wir eigentlich noch einen Artikel „Elektronik in 40 Jahren“ geplant, aus Platzgründen aber verzichten müssen. Mehr als ein nettes Science-Fiction-Märchen wäre vermutlich auch nicht herausgekommen, denn vier Jahrzehnte sind schon eine ganz schön lange Zeit, um technische Entwicklungen zu extrapolieren. Wer noch ein paar technikbegeisterte Magazine der 1960er Jahre auf dem Dachboden findet, schau dort mal hinein. Und? Kennen Sie jemand, der mit seinem faltbaren Flugzeug zur Arbeit kommt?

Trends kann man in der modernen Elektronik natürlich sehr wohl festmachen – und auch noch ein wenig weiterspinnen. Ein Beispiel: In unserem Labor gibt es junge Entwickler, die nicht mehr zum 555er greifen, wo es mal schnell einen Sägezahn braucht, sondern zu einem ATtiny. Viele Schaltpläne, die wir eingesandt bekommen, sprechen eine ähnliche Sprache: Viel mehr als ein Controller (in Standardbeschaltung) ist nicht mehr zu sehen. Ein Vorteil der Software-Lösung ist die enorme Flexibilität. Auch das Weiterentwickeln in einer Community wird sehr vereinfacht – ein gutes Beispiel bieten die Wheelie-Beiträge unseres Forums.

Doch die Entwicklung bleibt nicht stehen. Immer mehr Funktionen (auch analoge) lassen sich in einen einzigen Chip hineinverlagern. Controller-Lösungen drängen auf den Markt, bei denen nur noch der Kern fix implementiert ist (oder hineingeladen wird). Die ganze Digital- und Mixed-Peripherie kann der Entwickler flexibel anpassen. Alle Pins sind plötzlich da, wo man sie benötigt, und wer noch einen (Hardware!-)UART braucht, dem kann mit einem Config-File geholfen werden. Neben den Kosten verhindert wohl noch eine gewisse Lernkurve, dass diese Technologien einen wirklichen Durchbruch feiern können. Die Anbieter von FPGA, PSoC und Co. halten mit Tools dagegen, die eine grafische Konfiguration mit ein paar Mausklicks erlauben (Beispiel auf S. 54). Doch vermutlich ist das noch nicht einfach genug. Ein Gerät muss her, in das man einen namenlosen „Käfer“ steckt. Wer auf einen Knopf drückt, bekommt auf Wunsch einen 555er heraus – oder einen ATtiny! Vielleicht wird es bis dahin gar keine 40 Jahre mehr dauern?

Jens Nickel

## 6 Impressum

Who is who bei Elektor

## 8 Mailbox

Briefe, E-Mails und Ideen

## 12 News

Neuheiten, Nachrichten und Termine

## 18 OBD2-Mini-Simulator

Die Schaltung emuliert eine moderne Pkw-Motorsteuerung und stellt bis zu vier verschiedene OBD2-Protokolle bereit.

## 24 RFID-Sensorsysteme selbst gebaut

Selbstbau-RFID-Reader, Selbstbau-RFID(-Tag) und ein drahtlos versorgtes Sensormodul - all das wird mit ATtiny-Controllern und anderen leicht erhältlichen Bauteilen realisiert!

## 32 InterZepter-Erweiterungskarte

Interface-Karte für „Zepter“ und andere Mikrocontrollerboards: RS232, RS485, DMX512, MIDI, I2C, SPI, DAC, ADC und noch einiges mehr lässt sich flexibel konfigurieren.

## 38 Kostenlose Mess-Software für den PC

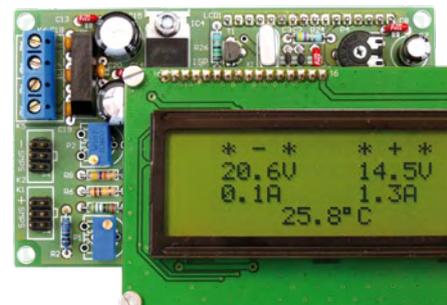
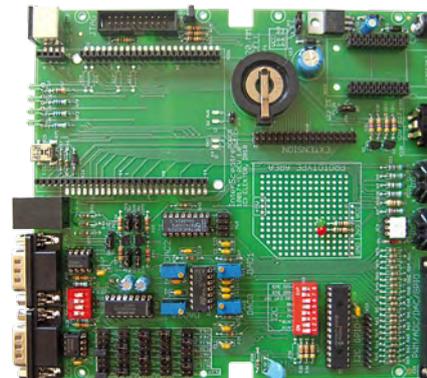
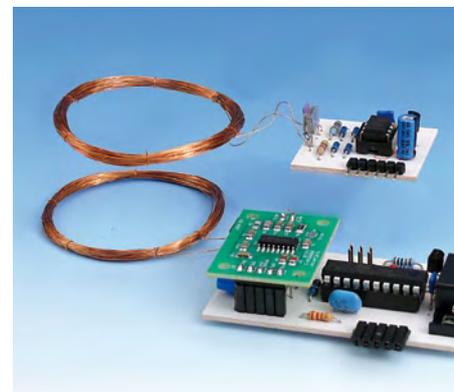
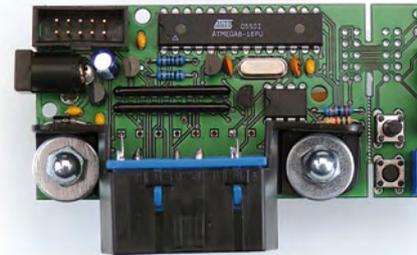
Messgeräte müssen kein Vermögen kosten, es gibt auch einiges umsonst! Zum Messen niederfrequenter Signale genügt oft der vorhandene PC, zusammen mit Software, die aus dem Internet frei heruntergeladen werden kann. Wir haben uns altbewährte und neue Programme angesehen.

## 43 Labcenter

- Zwei Oszilloskope mit und eines mit/ohne USB
- Audio-Kooperation

## 48 Duales U/I-Display

Auf dem vierzeiligem Display lassen sich Strom und Spannung zweier „UniLab“-Netzteil-Platinen anzeigen.



# INHALT

41. Jahrgang  
Juni 2010  
Nr. 474

## 18 Virtuelles Auto

### OBD2-Mini-Simulator für PWM/ISO/KWP2000

Wer Hardware oder Software zur Kfz-Diagnose testet, einstellt oder gar neu entwickelt, benötigt eine OBD2-Signalquelle. Hier kommt unser OBD2-Mini-Sim ins Spiel, der eine moderne Pkw-Motorsteuerung (ECU) emuliert und bis zu vier verschiedene OBD2-Protokolle bereitstellt. Der Simulator kann auch die Signale einer ausgelösten MIL nebst Fehlerspeicher, Freezeframe-Umgebung und einer einstellbaren Anzahl von Fehlercodes liefern.

## 24 Wireless Electricity meets RFID

### Drahtlose RFID-Sensorsysteme selbst gebaut

Unser Projekt beschreibt nicht nur einen RFID-Reader, sondern zeigt auch, wie man RFID(-Tag)s selbst bauen kann. Wenn man an das Selbstbau-RFID Sensoren anschließt, erhält man kleine Messmodule, die ohne eigene Stromversorgung auskommen und ihre Messwerte zum RFID-Reader übertragen. All das wird mit ATtiny-Controllern und anderen leicht erhältlichen Bauteilen realisiert. Die Software ist natürlich Open Source!

## 32 InterZepter

### Schnittstellen-Vielfalt auf der Erweiterungskarte

Im Märzheft haben wir das „Zepter“ vorgestellt, ein 32-bit-Mikrocontroller-System für das Rapid Prototyping. Die Erweiterungskarte „InterZepter“ erlaubt den Zugriff auf die komplette Peripherie des Zepter-Boards, eignet sich aber auch für andere Mikrocontroller. Zwei RS232-Ports, zwei RS485-Ports, DMX512, MIDI, I2C, SPI (oder PS/2), vier analoge Ausgänge (DAC), analoge Eingänge (ADC), digitale Ein-/Ausgänge und noch einige Schnittstellen mehr lassen sich flexibel konfigurieren.

## 48 Duales U/I-Display

### ...für das symmetrische UniLab-Netzteil

Das „UniLab“ aus der April-Ausgabe ist ein einstellbares Schaltnetzteil, das für den Bau eines einfachen oder doppelt ausgeführten Labornetzgeräts gedacht ist. Für diese Anwendung hat das Elektor-Labor eine spezielle Schaltung mit vierzeiligem Display entwickelt, womit sich Strom und Spannung zweier UniLab-Platinen anzeigen lassen.

## 54 DMX512-Steuerinterface

Das DMX512-Protokoll ist ein professioneller Standard zur Licht-Steuerung. Wirklich universelle DMX-Schaltinterfaces sind allerdings nicht ganz billig. Diese Schaltung bietet die unterschiedlichsten Ausgänge; als Herz kommt ein PSoc zum Einsatz, der grafisch programmiert werden kann.

## 62 Leserprojekt: Hochspannungs-Differenzstastkopf

Wer kleine Gleichspannungsänderungen oder auch Wechsellspannungen messen will, die Hochspannungen überlagert sind, kommt mit einem Multimeter nicht weit. Der hier vorgestellte Selbstbau-Differenzstastkopf kommt ohne kostspielige Bauteile aus und vermittelt viel praktisches Schaltungs-Know-how!

## 68 Standard-Schaltnetzteile für Audio?

Warum nicht einfach zwei preiswerte Industrie-Schaltnetzteile koppeln und daraus eine stabile, symmetrische Stromversorgung für Audio-Endstufen machen? Was sind dabei die Knackpunkte? Taugt diese Lösung in punkto Qualität?

## 72 Audio-Workshop: Accelerometer und Rütteltisch

In diesem Leserprojekt geht es nicht nur um den Selbstbau eines Beschleunigungsmessers für akustische Messungen. Auch die Vibrationsfestigkeit von Audio-Bauteilen wird bestimmt - mit Hilfe eines alten Basslautsprechers!

## 76 Retronik Elekterterminal (1978)

## 78 Hexadoku Das Sudoku für Elektroniker

## 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.

The main advertisement features a large globe in the center, with a horizontal row of national flags (United Kingdom, Netherlands, Germany, France, USA, Spain) positioned across its middle. To the left of the globe is a large magazine cover for 'elektor'. The cover includes the following text: '40 Seiten neue Projekte', 'Übersicht: Kostenlose Mess-Software', '2fach-Uji-Display', 'DMX512-Interface', 'Differenz-Tastkopf', 'OB2-Simulator Das virtuelle Kraftfahrzeug', 'Programmierbar: Selbstbau-RFID Drahtlos messen mit ATtiny-Controllern', and 'Flexible Interface-Karte Für Zepiter und andere µC-Boards'. Below the globe, the text reads: 'ANALOG • DIGITAL EMBEDDED • MIKROCONTROLLER AUDIO • MESSTECHNIK'. At the bottom left, three smaller magazine covers are shown, labeled 'elektor', 'elektor Family', and 'elektor Schaltung'. The background is a light blue grid pattern.

**IMPRESSUM**

41. Jahrgang, Nr. 474 Juni 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.



### 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 €\*

### 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

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

## Atmel-AVR-USB-Mikrocontroller

Die Tabelle zeigt den aktuellen Status bei den klassischen 8-bit-AVRs, wobei hier nur einige Merkmale berücksichtigt werden können. Neben Speichergröße, Pin-Anzahl und USB-Eigenschaften unterscheiden sich die Bausteine in Details wie Ausstattung mit Timern, PWM-Features, ADC und/oder Differenzverstärker, PLL, TWI (I2C), Debug-Schnittstellen etc. Hier lohnt ein Blick ins Datenblatt, wobei das jeweilige Deckblatt schon viel verrät. Gerade die U4-Familie verfügt über interessante Features wie ADC mit Gain-Stage, Temperatursensor, High-Speed-PWM und Low-Jitter-RC-Oszillator. Letzterer ermöglicht Low-Speed-USB sogar ohne Quarz. Eine U(S)ART haben sie übrigens alle – wichtig für RS232-USB-Umsetzung. Zu beachten: Einige Bausteine gibt es nur im von Hand schwierig zu lötenen QFN (MLF) Gehäuse!

Type	Flash (KB)	I/Os	OTG	Full Speed	Low Speed	USB PRAM (Byte)	End-Points	Package
AT90USB82	8	22	-	Y	-	176	4+1	QFN
ATmega8U2	8	22	-	Y	-	176	4+1	QFN, TQFP
ATmega16U2	16	22	-	Y	-	176	4+1	QFN, TQFP
ATmega32U2	32	22	-	Y	-	176	4+1	QFN, TQFP
ATmega16U4	16	26	-	Y	Y	835	6+1	QFN
ATmega32U4	32	26	-	Y	Y	835	6+1	QFN, TQFP
AT90USB646	64	48	-	Y	Y	832	6+1	QFN
AT90USB647	64	48	Y	Y	Y	832	6+1	QFN, TQFP
AT90USB1286	64	48	-	Y	Y	832	6+1	QFN
AT90USB1287	64	48	Y	Y	Y	832	6+1	QFN, TQFP

USB 1.0	Low Speed 1,5 Mbit/s
USB 1.1	USB1.0 + Full-Speed 12 Mbit/s
USB 2.0	USB 1.1 + High-Speed 480 Mbit/s
USB 3.0	USB 2.0 + Super-Speed 5,0 Gbit/s

### USB-Datenraten

In vielen Fällen reicht die Funktion als USB-Device, beispielsweise, wenn der AVR sich wie eine Maus (HID) oder ein Memory-Stick (MSD) verhalten soll, z.B. als Logger, dessen Daten auf den PC übertragen werden sollen. Das Gegenüber muss dann Hostfunktion haben. Sollen also zwei AVR über USB miteinander

kommunizieren, muss wenigstens einer davon ein OTG-Typ sein. OTG steht für „On The Go“, was ausdrücken soll, dass der Baustein selbständig erkennt, ob er als Device oder als Host dienen soll. Im Gegensatz zu einem Hub ist hier allerdings nur eine 1 : 1 Verbindung möglich. 8-bit-AVRs gibt es mit Low- und Full-Speed-USB. Wer High-Speed benötigt, wird bei den 32-bit-Controllern vom Typ AT32UC3A3 fündig.

Kostensparend: PLL für 48 MHz, USB-Transceiver, 3,3-V-Regler für den Transceiver sowie FIFO sind im Chip integriert.

### Software, Dokumentation und Entwicklungswerkzeuge

Auf der Atmel-Homepage findet man zum Thema USB derzeit 22 (!) Application Notes zu 8-bit-AVRs und weitere sieben Application Notes zu AVR32 sowie kostenlose Softwarebibliotheken, u.a. zu den USB-Klassen Mass Storage Device (MSD), Human Interface Device (HID), Communication Device Class (CDC), Audio Class, Battery Charging und Device Firmware Upgrade (DFU). Alle AVR mit USB werden ab Werk mit einem DFU-Bootloader vorprogrammiert ausgeliefert, so dass die Programmierung der Firmware direkt über USB erfolgen kann. Auf der PC-Seite kann man hierzu die FLIP-Software von ATMEL einsetzen.

Es stehen drei Starterkits zur Verfügung:

- STK525 Starter Kit für AT90USB647/1287 im 64-pin-TQFP-Gehäuse.
- STK526 für AT90USB162 im 32-pin-TQFP-Gehäuse für Stand-Alone-Betrieb oder als Add-On für das STK500.
- AVR USB Key als Low-Cost-Kit mit AT90USB1287 und zwei seriellen 64-Mbit-DataFlash-Bausteinen von Atmel. Die Programmierung erfolgt dank vorprogrammiertem Bootloader über USB.

Das X-Plain-Demokit für ATxmegas enthält auch einen AT90USB1287 für die Kommunikation mit einem PC.

### ATxmega

Noch in diesem Jahr sollen alle ATxmegas der A-Familie (z.B. ATxmega128A1) USB-Device-Funktion für Low- und Full-Speed mit 32 Endpoints bekommen. Dafür werden die Pins D6 und D7 vorgesehen, die aber weiterhin auch als normale I/Os verwendet werden können. Weitere ATxmega-Familien – auch mit USB – sind in Planung.

Andreas Riedenaier, INELTEK Mitte GmbH

### Links:

- Quick Reference Guide: [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc4064.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4064.pdf)
- AVR USB Series2 Software Packages: [www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card\\_v2.asp?tool\\_id=4440](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card_v2.asp?tool_id=4440)
- AVR USB Series4 Software Packages: [www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card\\_v2.asp?tool\\_id=4441](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card_v2.asp?tool_id=4441)
- AVR USB Series6 Software Packages: [www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card\\_v2.asp?tool\\_id=4442](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card_v2.asp?tool_id=4442)
- AVR USB Series7 Software Packages: [www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card\\_v2.asp?tool\\_id=4443](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card_v2.asp?tool_id=4443)

## AVR mit USB

AVR mit USB, Elektor 01/2010, S. 18 (090767-1)

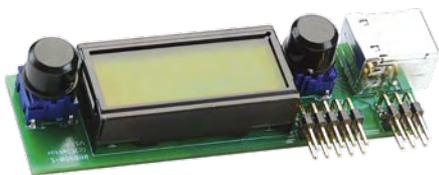
Magisches Auge am USB, Elektor 01/2010, S. 24 (090788)

Klein aber fein - das Minimod18, Elektor 01/2010, S. 48 (090773)

Auch wenn es sich um interessante Projekte handelt, die ohne großen finanziellen oder zeitlichen Aufwand zu bewerkstelligen sind, bin ich andererseits aber auch etwas enttäuscht. Ihr habt die Anbindung an USB entweder über die teuren großen ‚Kampfschiffe‘, wie etwa den AT90USB128x oder eben in der minimalistischen Vollemulation per GPIO erledigt. Es gibt aber inzwischen einen kleinen AVR-Kandidaten, der viele Vorzüge bietet, was Timer, USB und Preis betrifft: den ATmega32U4.

Neben dem aus der AT90USB-Reihe bekannten Hardware-USB verfügt dieser Controller auch über einen High-Speed-Timer mit 64 MHz Basisfrequenz, der mehrere phasentreue PWM-Signale erzeugen kann. Für das „Magische Auge“ wäre das ideal gewesen, da man mit etwas Assembler-Code einen richtigen DC/DC Wandler programmieren kann. Vielleicht hätte die Spule sogar kleiner ausfallen können. Bei dem Minimod18 hätte es für den USB-Anfänger den Vorteil, dass er sich um das Timing für den USB-Bus nicht kümmern muss, so dass er schneller und einfacher zu seinem eigenen Projekt am USB kommen kann.

Ulrich Prinz



Beim „Magischen Auge“ erfolgte die Auswahl des Prozessors eher unter dem Gesichtspunkt der weiten Verbreitung und leichten Erhältlichkeit. Des Weiteren ist der Software-USB-Stack von I. Cesko inklusive Windows-Treiber gut dokumentiert und getestet.

Die Verwendung neuer Prozessoren ist immer etwas problematisch.

Die Spule wurde bewusst groß gewählt. Einerseits ist der gewählte Typ leicht erhältlich, andererseits kommt es so nicht genau auf den verwendeten Drahtdurchmesser an. Dass hier durchaus eine kleinere Spule hätte verwendet werden können, ist klar.

Martin Oßmann

Herr Prinz hat Recht, seit Erscheinen der AT90USB646/647/1286/1287 sind einige interessante AVR mit USB hinzugekommen. Hierzu haben wir von Andreas Riedenauer (Field Application Engineer bei Intelteck Mitte und Elektor-Autor und Seminarleiter) eine Übersicht mit aktuellen Informationen erhalten (siehe Textkasten „Atmel-AVR-USB-Mikrocontroller“).

## Doch die dahinter sieht man nicht...

TTL-Bluetooth-Dongle, Elektor 01/2010, S. 30 (090455)



Die in Bild 2 gezeigte Zusammenstellung von Bluetooth und LCD-Anzeige ist ideal. Könnte man dafür noch einmal das Schaltbild mitteilen? Das Foto ist zu allgemein. Noch eine Frage: Die im Artikel unter [4] angegebene PC-Software „Simply Blue Commander“ ließ sich nicht zum Download finden.

Könnte man das nicht unter Elektor.de/downloads zur Verfügung stellen?

HP. Gebel

Auf dem Foto ist als Beispiel der Akkuwächter aus Heft 6/2009 zu sehen. Das Bluetooth-Dongle ist nicht direkt an das LCD angesteckt, sondern an die unter dem LCD liegende Platine des Akkuwächters. Der Akkuwächter und einige andere Elektor-Projekte wie zum Beispiel auch das ATM18-Testboard haben alle eine einheitliche Stiftleiste für die serielle Verbindung, die sich sowohl für das Bluetooth-Dongle als auch für das häufig verwendete USB-nach-seriell-TTL-Kabel von FTDI ([www.elektor.de/080213](http://www.elektor.de/080213)) eignet.

Die gesuchte Software findet man unter dem Link: [www.national.com/analog/wireless/lmx9838](http://www.national.com/analog/wireless/lmx9838). Im Heft sieht es aus, als ob ein Leerzeichen hinter dem letzten „/“ kommt, vielleicht war das ein wenig verwirrend. Alle Links zu einem Pro-

# 100% innovativ ...



Als einer der führenden Elektronenröhren-Distributoren liefern wir alle aktuell produzierten 12AX7/ECC83, EL34 oder 6L6GC Varianten – und nicht nur das: das Gesamtspektrum umfasst über 3000 verschiedene Röhrentypen mit Fassungen. Darüber hinaus entwickeln wir mit Kunden und Herstellern regelmäßig neue Produkte.

### Neuentwicklungen:

#### JJ-Electronics

- 5Y3GT (in Bearbeitung)
- 6386 (Compressor Tube)

#### Genalex

- KT 66 Gold Lion
- KT 77 Gold Lion
- EL84 / N709

#### Tung-Sol

- 6L6G (Coke Bottle)

#### Shuguang

- Black Series (z.B. 6SN7GT)
- 101 (SG101)

#### Full Music

- 845

### Offizieller Distributor:

#### JJ-Electronics

SED Svetlana winged ©

Electro Harmonix

Tung-Sol, Genalex

Full Music

Sovtek

Shuguang

Hammond

ELEKTRONIK-VERTRIEBS GMBH

# BTB

TEL. +49 (0) 911-288585

FAX +49 (0) 911-289191

info@btb-elektronik.de

www.btb-elektronik.de

## Updates und Ergänzungen

### Fun mit Firefly

Elektor 04/2010, S. 30 (100014)

R12 soll mit 1 k dimensioniert werden (angegeben war 220  $\Omega$ ).

### Modulo D

Elektor 03/2010, S. 52 (090563)

Die Fernbedienung muss 1. RC5-Code senden und 2. als Fernbedienung für CD-Spieler konfiguriert sein. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, lässt sich der Modulo-D-Verstärker mit der Fernbedienung steuern.

Der IR-Empfänger ist auf dem Foto unseres Musteraufbaus im Artikel noch anders herum montiert als auf der endgültigen Platine. Richtig ist die Angabe auf dem Bestückungsplan der gelieferten Platine, die auch mit dem Schaltbild und der mitgelieferten Anleitung übereinstimmt.

### Schritt für Schritt - Low-budget MIDI-Step- Sequencer

Elektor 04/2010, S. 66 (090516)

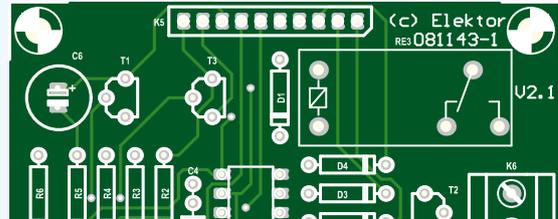
Im Artikel wird für den MIDI-Ausgang ein Optokoppler empfohlen, Zitat: „Wenn es perfekt sein soll, kann ein Optokoppler eingebaut werden, so dass der Ausgang galvanisch vom angeschlossenen Gerät getrennt ist.“ Diesen Satz sollte man ersatzlos streichen, da ein MIDI-Ausgang - so wie im Schaltplan richtig angegeben - immer ohne Optokoppler realisiert wird.

### Hinein ohne Schlüssel – musikalisches Codeschloss

Elektor 04/2010, S. 72 (081143)

Der im Artikel gezeigte Bestückungsplan enthält noch einen Fehler: T3 ist falsch herum platziert, so dass der Emitter mit K5

verbunden ist und nicht der Kollektor. Richtig ist der Schaltplan und das korrigierte Platinenlayout auf der Elektor-Website unter [www.elektor.de/081143](http://www.elektor.de/081143). Der betreffende Ausschnitt des korrigierten Bestückungsplans ist hier abgebildet.



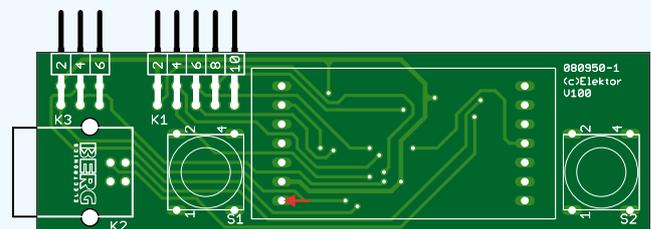
### Klein aber fein - das Minimod18

Elektor 01/2010, S. 48 (090773)

Auf dem Bestückungsplan im Heft sind leider keine Pinnummern für die Bestückung des LCDs angegeben.

Pin 1 ist links unten (von oben gesehen und mit dem USB-Stecker links, so wie im Heft in Bild 2 oben abgebildet).

Für die Verwendung von BASCOM-AVR auf und mit dem Minimod18 hat Mark Alberts (der Entwickler von BASCOM) inzwischen eine Application Note auf seiner Website [www.mcselec.com](http://www.mcselec.com) veröffentlicht, die sehr ausführlich zeigt, wie es geht.



jekt finden Sie immer auch auf der Projekt-Webseite, das ist immer [www.elektor.de/xxxxxx](http://www.elektor.de/xxxxxx), wobei xxxxxx für die Artikelnummer steht, die Sie im Heft immer am Ende des Artikels finden (und in den Zeichnungen). Auf der Projekt-Webseite genügt dann ein Klick auf den Link, und schon sind Sie auf der gewünschten Zielseite. Auf der Projekt-Website findet man auch die Stückliste, eventuell erhältliche Produkte und Downloads. Wir halten solche zentralen Projekt-Webseiten für sinnvoll, weil man dort alle Informationen - auch Nachlesen und Updates- zum Projekt findet. Ein direkter Download der Software von National Semiconductor wie von Ihnen vorgeschlagen hat zwei Nachteile: Zum einen müssten wir regelmäßig prüfen, ob die Software-Version bei National Semiconductor noch aktuell ist, und zum Anderen müssen wir für jeden direkten Download fremder Inhalte auf unserer Website Genehmigungen einholen, was mit einem nicht

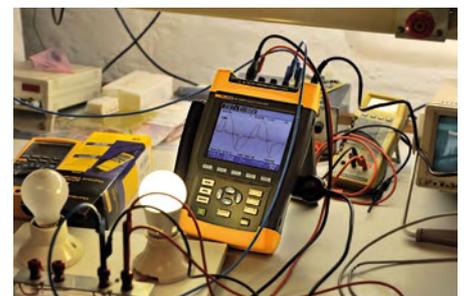
unerheblichen (und vermeidbaren) administrativen Aufwand verbunden ist.

### Längst überfällig

Blindleistung beleuchtet - Power Factor bei Lampen messen, Elektor 2/2010, Seite 34 (090866)

Recht so, der Artikel war überfällig. Da kommt noch einiges auf uns zu und man fragt sich mit Recht, wer für wen aus welchem Grund welche Normen erfindet. Ich habe schon vor einigen Jahren eine derartige Sparlampe mit 15 W Nennleistung untersucht, um herauszufinden, welche Leistung sie wirklich verbraucht. Über diese offensichtlich typischen Strompulse habe ich mich gewundert und dann in feinsten Schritten Strom mit Spannung multipliziert und alles zusammengezählt. Es ergab sich

überraschenderweise eine Leistung von 14,2 W. Den Rest fand ich weniger in Ordnung, auch nicht den Puls in der Leistungsaufnahme von immerhin 75 Watt.



Ich glaube auch nicht, dass diese Lampen in der Summe ohne Folge bleiben werden, weil die ohmschen Verbraucher die Oberhand haben. Wenn das so wäre, dürfte der

Sinus nicht unten und oben abgeflacht sein, und das ist er, seit man denken kann.

N. Rohde

Sie haben ganz Recht, die Oberwellen werden bei massenhafter Verbreitung von LED-Lampen zunehmend zum Problem werden. Wie letzten Heft (05-2010) im „Labcenter“ auf Seite 46 zu lesen war, wurde das bei weiteren Messungen im Elektor-Labor noch unterstrichen. Die Problematik gilt auch für geschaltete („elektronische“) Steckernetzteile, die zunehmend die klassischen Adapter mit 50-Hz-Transformator ersetzen. Der Vorteil geringerer Verluste wird mit zusätzlichen Belastungen für den Netzbetreiber bezahlt.

### USB-CPU-Meter als VU-Meter

Magisches Auge am USB, Elektor 01/2010, S. 24 (090788)

Für das „Magische Auge am USB“ habe ich ein WinAmp-Plug-In geschrieben, welches das Auge als VU-Meter einsetzt. Vielleicht haben ja manche Leser Lust, das Auge nicht nur als CPU-Auslastungsanzeige zu verwenden. Sourcecode und kurze Beschreibung, sowie das fertig kompilierte Plug-In in dll-Form sind in der ZIP-Datei enthalten.

Kurt Schuster



Vielen Dank für die Software mit dem sicher für einige Leser interessanten Zusatznutzen für dieses Projekt. Wir geben sie gerne weiter und stellen sie auf der Webseite zur Mailbox Juni 2010 zum Download bereit.

### CPUShow mit Zusatzfunktion

Magisches Auge am USB, Elektor 01/2010, S. 24 (090788)

Aufgrund von Fragen und Anregungen

zum Magischen Auge im Forum habe ich das Programm cpushow noch etwas abgeändert, und zwar mit einer Funktion zum Abschalten der Hochspannung/Heizung beim Herunterfahren des PCs bzw. Beenden des Programms mit CTRL-C. Die Versionen habe ich beigefügt.

Werner Kolbeck

Auch diese Dateien stellen wir auf der Webseite zur Mailbox Juni 2010 zum Download bereit.

### Transistoren für alte Elektorschaltung

In einer alten Elektor-Schaltung (einem Phonoverstärker) wurden Transistoren des Typs BC109C und BC179C verwendet. Da man diese Typen nicht mehr bekommt, braucht man Ersatztypen. Können Sie mir diese nennen?

Martin Stauber

Kein Problem: BC549C (statt BC109C) und BC559C (statt BC179C). Weitere Alternativen finden Sie in einer ausführlichen TUP-TUN-DUS-DUG-Übersicht aus Elektor Mai 1975 (!). Dabei handelt es sich um eine Zusammenstellung von Standard-Kleinsignal-Siliziumtransistoren und Siliziumdioden, die in ihren Daten vergleichbar sind. Diese Übersicht finden Sie als PDF zum Gratis-Download auf der Elektor-Webseite [www.elektor.de/090263](http://www.elektor.de/090263).

### Booster für UniLab

UniLab - geschaltetes Labornetzteil 0-30 V/3 A, Elektor 04/2010, S. 18 (090786)

Ich habe mit viel Interesse den Artikel „UniLab“ gelesen. Hierzu habe ich eine kleine Anregung. Es ist möglich, den LM2576T-ADJ zu „verstärken“, sodass ca. 8 bis 10 A am Ausgang zur Verfügung stehen. Hierzu hatte ich

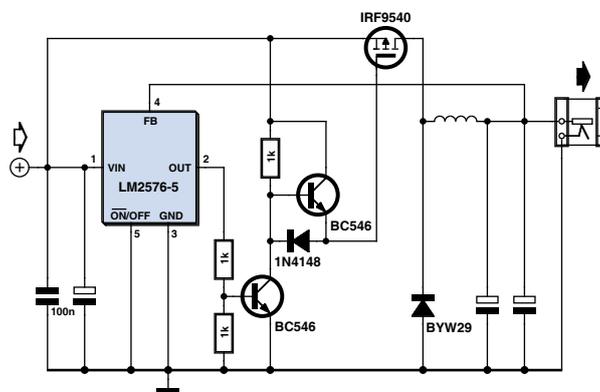


vor kurzem einen Schaltungstrick im Internet gefunden, der von Elektor zu stammen scheint (020045).

Dieser „Booster“ ist mit einer Hand voll Bauteilen zu realisieren. Es wäre sogar möglich, die Platine so zu erweitern, dass diese Erweiterung als „Zusatzmodul“ bestückt werden kann.

Das Bild sollte nur als Schaltungsbeispiel dienen, daher sind einige Werte nicht vorhanden. Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, dass man den IRF9540 und die Diode BYW29 kühlen sollte. Die BYW29 hat den Vorteil, dass man sie direkt auf einen Kühlkörper montieren kann. Ich habe noch ein Bild beigefügt, dass von meinem „Sternenhimmel“ (Projekt aus Elektor 10/2009) stammt. Damit habe ich die Schaltung getestet. Auf der Platine sind zusätzlich noch ein Temperaturschalter für den Lüfter und ein 5-V-Spannungsregler untergebracht. Die Schaltung liefert etwa 7 A, der Sternenhimmel benötigt „nur“ 2 – 3,5 A bei 3,4 V für 288 LEDs bei Volllast.

Denis Köllner



## MailBox

In dieser Rubrik veröffentlichen wir Kritik, Meinungen, Anregungen, Wünsche oder Fragen unserer Leser. Die Redaktion trifft die Auswahl

und behält sich Kürzungen vor. Bitte geben Sie immer an, auf welchen Artikel und welche Ausgabe (Monat/Jahr) sich Ihr Schreiben oder Ihre Mail bezieht. Sie erreichen uns per E-Mail [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de),

per Fax (02 41/88 909-77) oder unter der Anschrift: Redaktion Elektor Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen

Von Phil Knurhahn

## Schneller rechnen mit weniger Strom

Während heutige PCs einige Milliarden Gleitkomma-Operationen pro Sekunde schaffen (Gigaflops), sind bei Großrechnern Teraflops-Leistungen schon Standard geworden. Einige wenige Superrechner haben sogar die Petaflops-Grenze geknackt (= 1 Million Gigaflops). Und die Forscher diskutieren bereits den Exaflops-Computer, der noch einmal das Tausendfache leistet.

Es gibt da aber ein Problem, das man lösen muss: Die Energieversorgung. Ronald P. Luijten aus dem IBM-Forschungslabor in Rüschlikon bei Zürich hat ausgerechnet, dass ein solcher Computer Strom für eine Milliarde Dollar pro Jahr brauchen würde, wenn man die heutige Energieeffizienz annimmt.



Wie könnte man den Energieverbrauch senken? Neue Kühlungsverfahren verwenden warmes (!) Wasser, das man dann per Wärmetauscher zur Energiegewinnung nutzen könnte. Ein anderer Weg wäre, die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns nachzuahmen, dessen Leistungseffizienz millionenfach besser als die von Computern ist. Dies ist

aber wohl eher ein längerfristiges Forschungsprojekt (verfolgt unter anderem von Neuroinformatikern an der ETH Zürich). Ein dritter Weg ist, neue Algorithmen zu entwickeln, die eine schnellere Verarbeitung großer Datensätze möglich machen.

Die IBM-Forscher Dr. Alessandro Curioni und Dr. Costas Bekas (von rechts nach links, Fotos: IBM) haben nun einen neuartigen Algorithmus vorgestellt, der den Rechenaufwand, die Kosten und den Energieverbrauch für die „Qualitäts-Analyse“ sehr großer Datensätze um zwei Größenordnungen reduziert.



Die Datenanalytik ist eine Disziplin mit Zukunft: Die rasante Ausbreitung von Kleinstcomputern in Sensoren oder GPS-Geräten macht es immer einfacher, Daten zu sammeln. Um beurteilen zu können, wie zuverlässig und aussagekräftig die Daten sind, die in einer Modellierung verwendet oder generiert werden (zum Beispiel in der Verkehrsplanung, der Klimaforschung, der Geologie oder der Astrophysik) kann man über einen mathematischen Formalismus deren „Qualität“ ausrechnen. Dies erfordert aber einen exponentiell mit der Datenmenge steigenden Rechenaufwand.

Die hohe Leistungsfähigkeit ihrer Methode demonstrierten die Forscher in einem Experiment: Sie nutzten die volle Kapazität des schnellsten Supercomputers in Europa (JuGene-System am Forschungszentrum Jülich, Spitzenleistung rund 1 Petaflops) und analysierten neun Terabytes an Daten in weniger als 20 Minuten. Geschätzte 700 kWh wurden hierfür aufgewendet. Mit herkömmlichen Methoden würde der Supercomputer für diese Berechnung mehr als einen Tag benötigen - und bis zu 100 Mal mehr Energie verbrauchen.

[www.zurich.ibm.com/news/10/data.html](http://www.zurich.ibm.com/news/10/data.html)

## Super-USB-Stick nutzt die „Wolke“

Die praktischen USB-Sticks bieten immer mehr Gigabytes an Speicher. Bis zum Frühjahr 2010 war der Stick mit der höchsten



Speicherkapazität mit 128 GB ausgerüstet – für Preise zwischen 330 und 412 €. Nun gibt es einen neuen – virtuellen – Rekordhalter: Die in Kanada ansässige Sierra Wireless stellte mit der Telefongesellschaft Telefónica den Superstick AirCard vor (Bild: Sierra Wireless), der theoretisch Kapazitäten im Terabytebereich anbieten kann. Genau genommen ist er aber kein USB-Speicher mehr, sondern ein USB-Breitbandmodem, das eine (drahtlose) Verbindung zu einem „Cloud Computer“ in den Wolken des Internets herstellt. Dort kann der Nutzer dann auf eine fast beliebige Datenmenge zugreifen.

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

## Elektronik, mit Körperwärme betrieben

Am Massachusetts Institute of Technology (MIT) hat Prof. Anatha Chandrakasan mit Kollegen eine ganz besondere Energieversorgung für bioelektronische Messsysteme entwickelt. Ausgenutzt wird der Temperaturunterschied zwischen der Körperwärme und der Umgebungstemperatur. Das thermoelektrische Verfahren arbeitet bereits bei Temperaturunterschieden von 2 °C, wengleich die gewonnenen 100 µW dann ziemlich wenig erscheinen. Die Leistung würde aber schon für eine 24-Stunden-Überwachung des Herzschlags oder Blutzuckermessungen ausreichen. Das System wird an leicht zugänglichen Stellen wie Armen oder Beinen getragen. Es funktioniert bis zu einer Außentemperatur von etwa 35 °C. Kern ist ein CMOS-Halbleiterschaltkreis, der mit 35 mV Versorgungsspannung (aus dem thermoelektrischen Wandler) arbeitet.

<http://web.mit.edu/newsoffice/2010/energy-harvesting.html>



## Für 500 Jahre digital archivieren

Die Entwicklung des ARCHE-Laser-Filmbelichters vom Fraunhofer-Institut für Physikalische

Messtechnik (IPM) in Freiburg macht es erstmals möglich, qualitativ hochwertige Farbaufnahmen auf einem langzeitstabilen 35-mm-Mikrofilm wie dem „Ilfochrome“ zu archivieren. Dieser Spezialfilm wird von Ilford hergestellt. Zunächst werden die Daten der Originale digitalisiert und anschließend mit Lasertechnologie in nur einem Arbeitsschritt auf den Film belichtet. Die dabei entstehenden Filmaufnahmen haben - bei entsprechender Lagerung - eine Lebensdauer von über 500 Jahren und lassen sich durch eine einfache Kontaktkopie vervielfältigen. Das Bild (Photo: Achim Käflein/FhG IPM) zeigt gespeichertes Archivgut. Bei Bedarf können die Daten mithilfe eines Scanners re-digitalisiert werden. Der Prototyp des Laser-Filmbelichters steht im Landesarchiv Baden-Württemberg in Ludwigsburg.

Mikrofilme zur Archivierung gab es bisher nur in schwarz-weiß. Die neue Speichertechnik in Farbe ist daher ein gewaltiger Fortschritt, der für die Speicherung von historischen Dokumenten aller Art unverzichtbar ist. Der Farbmikrofilm hat eine hohe Auflösung: Auf einem Bild von 32 x 45 mm (dem so genannten „Frame“) können mehrere Hundert Megabyte gespeichert werden. Bücher oder auch Gemälde lassen sich damit originalgetreu archivieren. Die heute verbreiteten digitalen Speichermedien wie Floppydisks, Festplattenlaufwerke, Halbleiterspeicher oder CDs haben alle Nachteile – von der Lebensdauer angefangen (wie bei den CDs) bis hin zu ständig wechselnden Normen infolge des technischen Fortschritts: Wer kann heute nach nur 25 Jahren noch eine alte Floppydisk lesen?

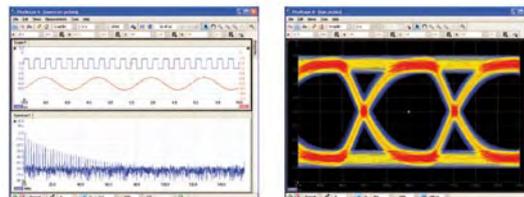
[www.ipm.fraunhofer.de/fhg/ipm/presse/meldungen/201005ArcheLaser.jsp](http://www.ipm.fraunhofer.de/fhg/ipm/presse/meldungen/201005ArcheLaser.jsp)

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/scope2010](http://www.picotech.com/scope2010)

## Elektor-Seminar PIC18-Programmierung

Die PIC18-Mikrocontroller-Familie von Microchip vereint eine Rechenleistung von 10 bis 16 MIPS mit bis zu 128 KB Programmspeicher. Die Hardware-Architektur eignet sich hervorragend für Code, der von C-Compilern generiert wird. Dazu kommen umfassende Peripherie-Funktionen (z.B. USB, Zig-Bee, Ethernet, CAN), die durch Bibliotheken unterstützt werden.



Für alle, die sich mit diesen interessanten Controllern beschäftigen wollen (oder müssen), bietet Elektor das Seminar „PIC18-Mikrocontroller-Programmierung“ an, und zwar am 9. Juni in Luzern (Schweiz) und am 24. Juni in Dortmund. Hier lernt man die PIC18-Mikrocontroller-Architektur und den Befehlssatz kennen. Neben Softwaretools (wie Assembler und Simulator) werden auch die für einen Entwurf notwendigen Hardwaretools (wie Emulator und Programmiergerät) vorgestellt. Natürlich gehören auch praktische Übungen dazu, welche die Teilnehmer selbst mit der „PICkit 3“ Hardware durchführen. Das Kit, welches das Debuggen und Programmieren einer Vielzahl von PIC-Mikrocontrollern über die bekannte MPLAB IDE ermöglicht, ist im Preis des Workshops inbegriffen.

[www.elektor.de/pic18](http://www.elektor.de/pic18)

## Handlicher Linux-Mini-PC

Die Firma taskit bietet mit dem PortuxG20 Mini-PC ein neues Komplett-Gerät an. Der mit 400 MHz getaktete Mini-PC zeichnet sich unter anderem durch seinen energiesparenden Betrieb, die kompakte Bauweise und die zur Verfügung stehenden Schnittstellen aus.

Der Mini-PC lässt sich in vielerlei Anwendungen einsetzen, z.B. als Datenlogger oder

## Neue Version von EAGLE

Distributor Premier Farnell, der unlängst den Softwarehersteller CadSoft übernommen hat, bietet eine neue Version der bekannten CAD-Software EAGLE an. Die Version 5.8 wird unter anderem in einer so genannten „Freemium“-Lizenz vertrieben, die gegenüber der kostenlosen Softwareversion von EAGLE („Freeware“) die doppelte Anzahl von Layern (sprich 4) bietet. Die Freemium-Version ist ebenfalls kostenlos downloadbar, aber auf 60 Tage begrenzt.

Im Rahmen der Version 5.8 hat CadSoft auch Verbesserungen der Standardversion von EAGLE vorgenommen. Dabei wurde die Anzahl der möglichen Layer von 4 auf 6 erhöht.

Die Freemium-Version ist ab sofort über das Entwicklerportal „element14“ erhältlich. Diese Community-Website bietet einen kostenlosen Zugriff auf mehr als 10.000 technische Dokumente sowie hilfreiche Software-Tools.

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

[www.element-14.com/eagle-freemium](http://www.element-14.com/eagle-freemium)



## Elektor-Seminar „EAGLE PCB und Design“

Wie man die beliebte CAD-Software EAGLE möglichst gewinnbringend einsetzt, kann man im neuen Elektor-Seminar lernen, das am 21. Juni 2010 in Seligenstadt stattfindet. So lernt man, wie man Schaltpläne über mehrere Seiten hinweg zeichnet und eigene Bibliotheken und Bauteile erstellt. Danach steht das Entflechten auf dem Stundenplan, dabei werden auch Spezialkenntnisse zum Layouten von HF-Schaltungen vermittelt. Nach erfolgreichem Layout werden Produktionsdaten erzeugt, hier wird auf die verschiedenen Herstellungsmethoden wie Fräsen und Ätzen eingegangen. Praktische Übungen und Tipps ergänzen das Ganze.

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

Interfacerechner. Neben den sofort einsetzbaren Onboard-Schnittstellen Ethernet, USB 2.0 (2 x host, 1 x device), RS232 und dem Micro-SD-Card-Slot, sind Anschlussmöglichkeiten für weitere Peripherie vorhanden. Dabei lassen sich unter anderem bis zu vier serielle Schnittstellen mit TTL-Pegel, zwei SPI-Schnittstellen, ein I<sup>2</sup>C-kompatibler Bus

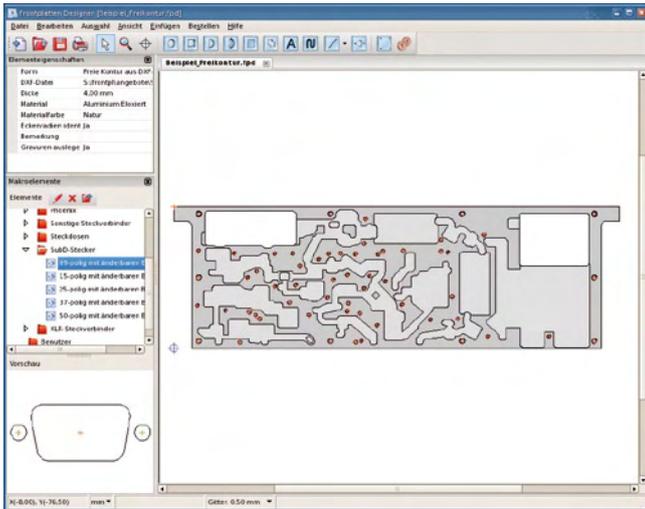
oder bis zu 32 digitale I/O-Ports nutzen. Das handliche Format (105 x 84 x 30 mm) ermöglicht einen einfachen Transport. Linux ist als Betriebssystem bereits vorinstalliert.

[www.taskit.de/produkte/portuxg20/mini-pc.htm](http://www.taskit.de/produkte/portuxg20/mini-pc.htm)



## Neue Version des Frontplatten Designers

Frontplatten gehören in der Welt der Elektronik zu einem häufig benötigten Bauelement. Die Schaeffer AG aus Berlin bietet eine kostengünstige Produktion kleinerer Aufträge bis hin zu Einzelstücken an; für den Entwurf der Frontplatten hat das Unternehmen ein kostenloses Designprogramm ins Netz gestellt. Seit Anfang April ist die Ver-



sion 4.0 downloadbar, die auf allen gängigen Betriebssystemen läuft und zusätzliche Funktionalitäten bietet.

Der Entwickler stellt das gewünschte Material, die Materialstärke und Abmessungen der Frontplatte ein. Alle für den Gehäusebau üblichen Konstruktionselemente stehen in einer Bibliothek zur Verfügung: Bohrungen, Senkungen, Gewinde, Durchbrüche und Planflächen. Auch Gravuren und Grafiken (z. B. Firmenlogos) können ohne großen Aufwand platziert und ausgerichtet werden. Die Software enthält eine automatische Preisberechnung und ein integriertes Bestellprogramm. Frontplatten und Zubehör für den Gehäusebau können per Datenträger, E-Mail oder online geordert werden. Verarbeiten lassen sich unterschiedlichste

Materialien, wie Aluminium in verschiedenen Eloxalfarbtönen, Kunststoffe und alle weiteren NE-Metalle.

Die neue Version 4.0 des „Frontplatten Designers“ läuft unter Linux, Windows und MacOS X und bietet einen integrierten Import- und Exportfilter für DXF-Dateien. Der Import von DXF-Dateien ermöglicht den Entwurf von Außen- und Innenkonturen ohne Einschränkungen, wodurch

nicht nur Frontplatten mit einfachen geometrischen Formen entworfen werden können. Vielmehr ist der Entwurf von Bauteilen beliebiger Kontur möglich, was für die Bereiche Modellbau, Maschinenbau (Prototypenbau) und Design interessant sein dürfte. Die Oberfläche des Programms wurde ebenfalls überarbeitet.

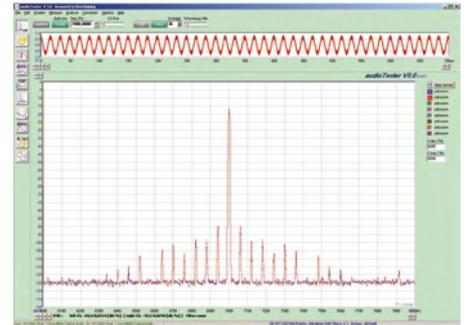
[www.schaeffer-ag.de/de/download/frontplattendesigner.html](http://www.schaeffer-ag.de/de/download/frontplattendesigner.html)

## Audio-Mess-Software

Die Software audioTester ist ein praktisches Tool zur Durchführung von Audiomesungen mit PC und Soundkarte. Es wird ein

großes Spektrum der Messverfahren abgedeckt, so eine Spektrumanalyse mit bis zu 1 Million FFT-Punkten. Daraus abgeleitet werden Messungen von Pegel, S/N-Ratio und Klirrfaktor.

Zu den weiteren Features gehören Sweepmessungen, Impedanz- und Impulsmessungen sowie eine Oszilloskop-Funktion auf Basis der Soundkarte.

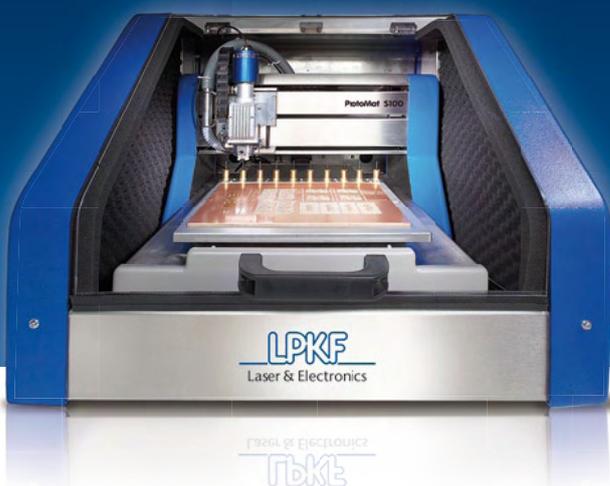


Die neue Version 3.0 bekam ein neues Design, außerdem wurde die Bedienbarkeit noch einmal verbessert. Intern wurde das Programm gestrafft, so dass die Exe-Datei jetzt nur noch 1,8 MB groß ist und außerdem zügig startet. Weitere Verbesserungen betreffen die Kompatibilität zu Windows 7 und die Zahl der dokumentierten Mess-Beispiele.

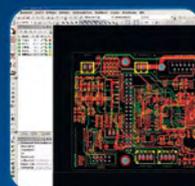
Der Preis für die Vollversion beträgt 39 €. Lizenzierte User der Vorgängerversionen können gratis auf die neue Version umsteigen. Eine kostenlose Trialversion gibt es ebenfalls.

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

Anzeige



# 1, 2, Leiterplatte!



entwickeln



fertigen



Prototyp

## Inhouse-Leiterplatten-Prototyping:

Von der Idee bis zur bestückten Leiterplatte.

Die Komplettlösung für Ihr Leiterplatten-Prototyping!

[www.lpkf.de/prototyping](http://www.lpkf.de/prototyping)

SMT: 08.-10.06.2010, Halle 6 / Stand 320  
LASYS: 08.-10.06.2010, Halle 1 / Stand 1C12

LPKF Laser & Electronics AG Telefon +49 (0) 51 31-70 95-0

**LPKF**  
Laser & Electronics

## Elektor Foundation Award 2010

Im letzten Jahr hat Elektor zum ersten Mal den „Elektor Foundation Award“ verliehen. Einfach und unbürokratisch sind dabei einige verdiente Menschen und Firmen ins Rampenlicht gesetzt worden, die ihr Elektronik-Know-how zum Beispiel für Unterricht und Ausbildung oder für die Verwirklichung nachhaltiger Projekte eingesetzt haben. Diese Auszeichnung stellt eine öffentliche Anerkennung vor unseren 250.000 Lesern und Sponsoren aus vielen Ländern dar, in denen Elektor aktiv ist. Es gibt keinen materiellen Preis zu gewinnen. Sowohl die Foundation als auch die zu vergebenden Awards sind aber selbstverständlich offen für interessierte Sponsoren, die



### Elektor Foundation

werden. Entsprechend dem diesjährigen Motto „Einzigartig“ sollen die Elektor Awards in diesem Jahr in den Kategorien „einzigartiger Entwurf“ (ganz besondere Elektronikprojekte), „einzigartiges Studium“ (ganz besondere Forschungsprojekte, Ausbildungen oder Dozenten) und „einzigartig und nachhaltig“ (wie Elektronik unsere Welt ein Stück besser machen kann) vergeben werden.

Haben Sie Ideen oder Vorschläge zu Personen oder Organisationen, die in Ihren Augen den Elektor Award 2010 verdient haben, dann schicken Sie bitte eine E-Mail an [award2010@elektor.com](mailto:award2010@elektor.com). Eine Mail an die Elektor-Redaktion findet natürlich auch den richtigen Weg. Wer am Sponsoring im Rahmen eines Elektor Awards interessiert ist oder einen Gewinner bei dessen Engagement unterstützen will, kann sich unter [don.akkermans@elektorfoundation.org](mailto:don.akkermans@elektorfoundation.org) an Don Akkermans wenden, der für alle Fragen rund um das Sponsoring kompetent ist.

## Indien, Türkei und Südafrika

Elektor ist nun dabei, auch in Indien Aktivitäten zu starten. Mit der Unterzeichnung eines Vertrags mit der Firma Esskay in Mumbai ist ein Anfang gemacht. Während der nächsten Monate wird eine Website, eine indische Ausgabe von Elektor und eine Vertriebsorganisation für entsprechende Produkte aufgebaut. Bis Ende dieses Jahres sollten die Vorbereitungen abgeschlossen sein. Wer von Anfang an bei der Markteinführung dabei sein möchte, kann sich via „[Elektorindia@esskay.in](mailto:Elektorindia@esskay.in)“ informieren. Nicht nur indische Firmen, sondern auch ausländische Firmen, die an Indien interessiert sind, finden hier eine vielversprechende Plattform.

Auch in der Türkei und in Südafrika wird in Kürze etwas von Elektor zu lesen sein. In diesen Ländern sind intensive wirtschaftliche Entwicklungen im Gange. Zu diesem Aufbruch passt das Elektronik-Pro-

gramm von Elektor sehr gut. Elektor ist dann in insgesamt vierzehn Ländern aktiv: Deutschland, Niederlande, Großbritannien, Frankreich, Spanien, Portugal, Brasilien, Italien, Schweden, Finnland, USA, Indien, Türkei und Südafrika.

Die Jury der Elektor Foundation arbeitet sehr eng mit der internationalen Elektor-Redaktion zusammen, die beim Sichten, Bewerten und Nominieren hilft. So findet zum Beispiel eine erste Vorauswahl unter den Vorschlägen statt, die von Ihnen als Elektor-Leser eingereicht



Indien kommt nach Elektor - Elektor kommt nach Indien

gramm von Elektor sehr gut. Elektor ist dann in insgesamt vierzehn Ländern aktiv: Deutschland, Niederlande, Großbritannien, Frankreich, Spanien, Portugal, Brasilien, Italien, Schweden, Finnland, USA, Indien, Türkei und Südafrika.

## Aller guten Dinge: 3. Elektor LIVE!

In den Niederlanden wird am 20. November 2010 zum dritten Mal die Veranstaltung „Elektor Live!“ stattfinden. Auch in diesem Jahr sind wir im „Evoluo“ in Eindhoven zu Gast. In diesem im wahrsten Sinne des Wortes fantastischen Gebäude, das wie ein gelandetes Ufo aussieht, wird es eine große Zahl von Demonstrationen, Workshops und Seminaren geben - alles davon praxisnah und direkt am elektronischen Objekt. Diesmal kann man sich auf ein sehr interessantes Seminar-Programm freuen, das am Vormittag stattfindet.



Die Teilnehmer können eine intensive dreistündige Einführung in spezifische Hardware, Entwicklungs-Boards oder spezielle Technologien erleben. Schwerpunkte sollen Experten von NXP, Matrix (UK), Muvium (NL), Altium und eQuip (NL) setzen (vorläufige Planung). Die Teilnahme ist kostenpflichtig, geboten werden sorgfältig zusammengestellte Unterlagen, Hardware, Software etc. In diesen drei Stunden kann man eine Menge Expertenwissen hinzugewinnen!

**Es passiert etwas @Elektor...**

**Ihr Wissen Hettinga**

JUNI

**4. - 5.** Luzern  
**Elektor Intensivkurs „AVR-Mikrocontroller in der Praxis“**  
 Referent Andreas Riedenauer kennt Tipps und Tricks, aber auch Stolperfallen, die den Entwickler beim Design und der Programmierung erwarten.  
[www.elektor.de/avr-seminar](http://www.elektor.de/avr-seminar)

**8. - 10.** Nürnberg  
**SMT/Hybrid/Packaging**  
 Bekannte Fachmesse (mit Kongress) zum Thema Systemintegration in der Mikroelektronik.  
[www.smt-exhibition.com](http://www.smt-exhibition.com)

**9.** Luzern  
**Elektor-Seminar „PIC18-Mikrocontroller-Programmierung“**  
 Aus dem Inhalt: PIC18-Mikrocontroller-Architektur und Befehlssatz, Softwaretools, Hardwaretools. Natürlich gehören auch praktische Übungen dazu!  
[www.elektor.de/pic18](http://www.elektor.de/pic18)

**9.** Nettetal (bei Mönchengladbach)  
**Renesas RX-Seminar**  
 Von Distributor Glyn: Alles zum neuen, leistungsstarken Mitglied der R32C/M16C-Großfamilie. 5 Termine in weiteren Städten!  
[www.glyn.de/data/glyn/media/doc/Einladung\\_RX-Seminare\\_2010\\_V4.pdf](http://www.glyn.de/data/glyn/media/doc/Einladung_RX-Seminare_2010_V4.pdf)

**9. - 11.** München  
**Intersolar**  
 Diese bekannte Messe hat sowohl die Solarthermie als auch die Photovoltaik zum Thema.  
[www.intersolar.de](http://www.intersolar.de)

**9. - 12.** Berlin  
**LinuxTag**  
 Internationaler Treffpunkt der Open Source und Linux Szene.  
[www.linuxtag.org](http://www.linuxtag.org)

**10.** Luzern  
**Elektor Workshop „MSR über das Internet“**  
 Messen, Steuern, Regeln - und das von überall auf der Welt. Neben der nötigen Theorie steht das Programmieren eines Web-Servers mit angeschlossener Hardware in Visual Basic auf dem Stundenplan.  
[www.elektor.de/msr-workshop](http://www.elektor.de/msr-workshop)

## Um fünfmal zum Produkt des Jahres \*

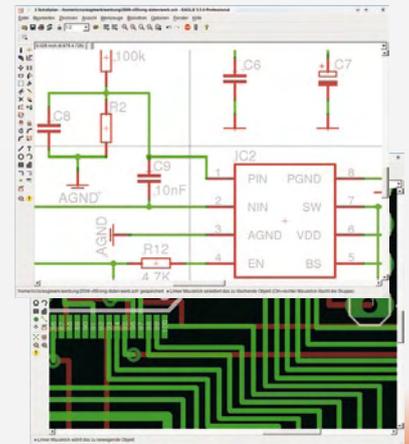


gewählt zu werden, braucht es mehr als ein tolles Programm



**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

**12.** Dortmund  
**Grafisches Programmieren mit Flowcode und AVR-Controllern**  
 Die grafische Programmierung mit Flowcode und die E-blocks-Hardware eignen sich bestens für Mikrocontroller-Einsteiger. Im Elektor-Seminar gibt's eine Start-hilfe für eigene Projekte.  
[www.elektor.de/avr-prog](http://www.elektor.de/avr-prog)

**15. - 17.** Stuttgart  
**FPGA Days**  
 Praxisorientierter Querschnitt durch die Xilinx FPGA Technologie.  
[www.plc2.de/fpga-days](http://www.plc2.de/fpga-days)

**17.** Leipzig  
**Elektor Workshop „MSR über das Internet“**  
 Siehe 10. Juni!  
[www.elektor.de/msr-workshop](http://www.elektor.de/msr-workshop)

**21.** Seligenstadt  
**Elektor-Seminar „Eagle PCB und Design“**  
 Vom Schaltungsdesign bis zur Platinenfertigung reicht die Themenpalette. Dazu gibt's Tipps und Tricks zum Umgang mit dem bekannten Elektronik-CAD-Programm.  
[www.elektor.de/eagle-seminar](http://www.elektor.de/eagle-seminar)

**24.** Dortmund  
**Elektor-Seminar „PIC18-Mikrocontroller-Programmierung“**  
 Siehe 9. Juni!  
[www.elektor.de/pic18](http://www.elektor.de/pic18)

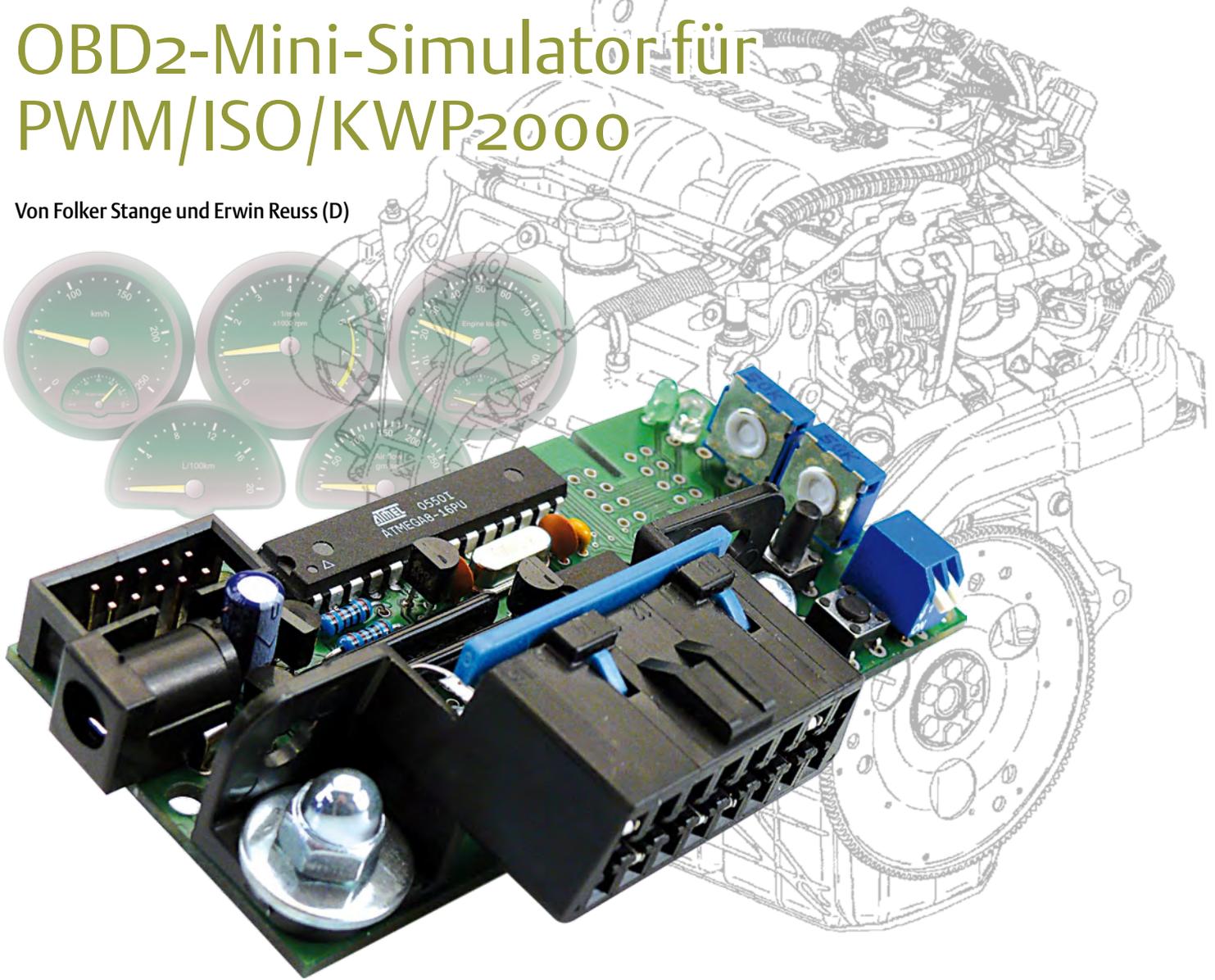
**25. - 27.** Friedrichshafen  
**Ham Radio / Hamtronic**  
 Messe-Paradies für Funker!  
[www.hamradio-friedrichshafen.de](http://www.hamradio-friedrichshafen.de)

**30. - 1.** München  
**Hightech auf dem Olyturm**  
 Von Meilhaus initiiertes Messtechnik-Event mit Vorträgen und einer Ausstellung. Kostenlos nach Anmeldung!  
[www.olyturm.com](http://www.olyturm.com)

# Das virtuelle Auto

## OBD2-Mini-Simulator für PWM/ISO/KWP2000

Von Folker Stange und Erwin Reuss (D)



Ein reales Auto ist etwas zu groß, um es für OBD2-Testzwecke auf dem Labortisch zu parken. Um OBD2-seitig ein virtuelles Fahrzeug abzubilden, braucht man aber nicht unbedingt teures (Industrie-)Equipment. Eine kostengünstige und effiziente Lösung ist der hier vorgestellte OBD2-MiniSim, der bis zu vier verschiedene OBD2-Protokolle bereitstellt. Wer Hardware oder Software für die Kfz-Diagnose entwickeln oder testen möchte, der wird diesen Simulator sehr schnell schätzen lernen.

Der MiniSim emuliert auf einfache Weise eine moderne Pkw-Motorsteuerung (ECU) und ermöglicht es so, Funktionstests und Einstellarbeiten an einem OBD-Analysestressfrei auf den heimischen Arbeitstisch zu verlagern. Das Testen an realen Fahrzeugen ist ohne Garage nicht immer sehr ange-

nehm, außerdem benötigt man auch noch mehrere Fahrzeuge, um verschiedene Protokolle testen zu können.

Der Wunsch nach effektiverer Entwicklungs- und Testarbeit hat schließlich zu diesem Simulator geführt, der verschiedene Sensordaten bereitstellt und auch die Signale

einer ausgelösten MIL nebst Fehlerspeicher, Freeze-Frame-Umgebung und einer einstellbaren Anzahl von Fehlercodes liefert. Die VIN (Vehicle-Ident-Number bzw. Fahrgestellnummer) wird auch als „AGV-MINI-SIM V1.0“ exakt im richtigen Format übertragen.

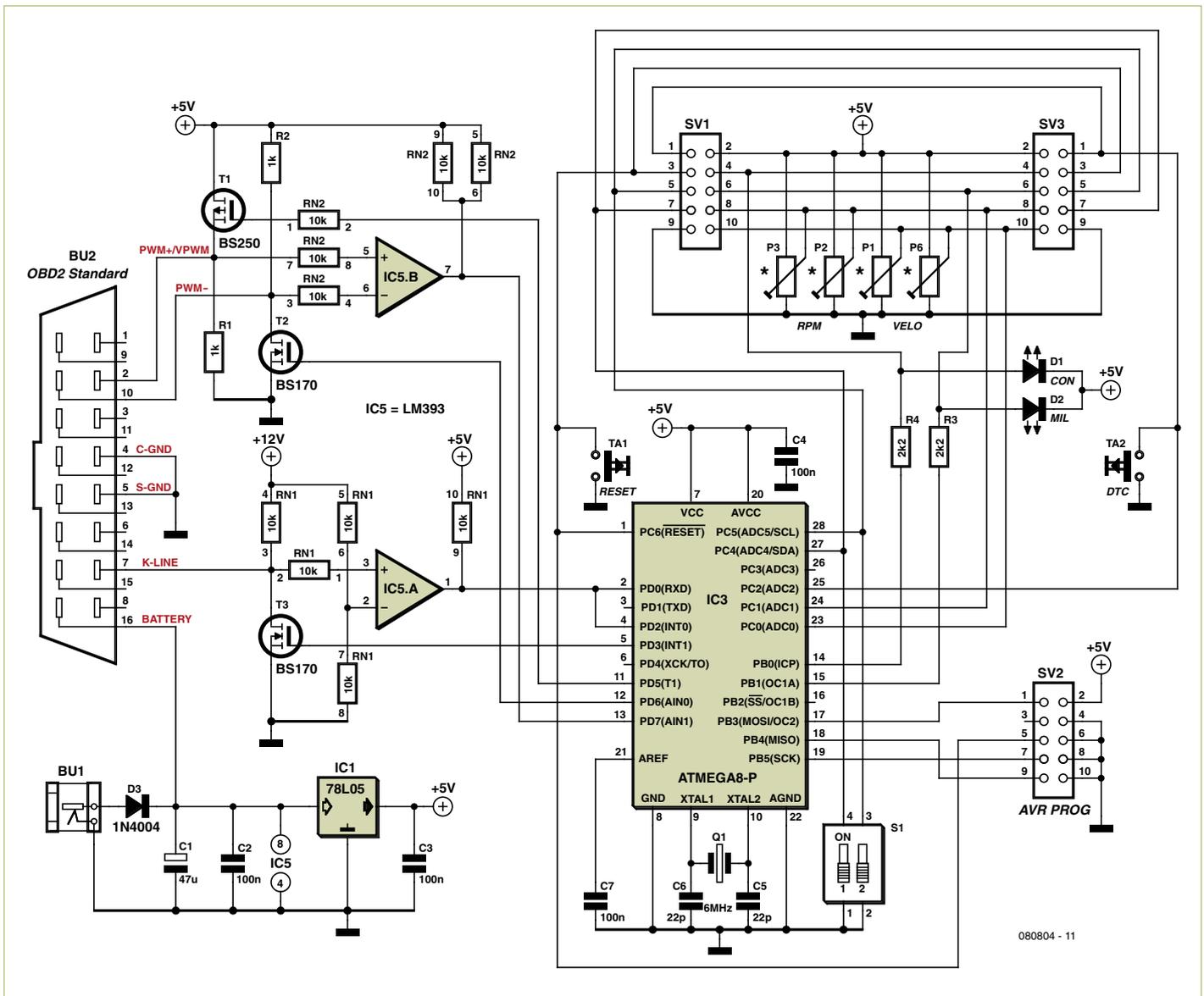


Bild 1. Die Schaltung des Simulators besteht aus einem Mikrocontroller mit Firmware, MOSFETs und Komparatoren für die Pegelanpassung (5 V/12 V) sowie Potis zur Einstellung von Werten für Geschwindigkeit und Drehzahl.

Dabei wurde großer Wert darauf gelegt, mit einer einfachen und überschaubaren Hardware möglichst viele Eigenschaften für eine vielseitige Anwendung zu realisieren. Es werden bis zu vier OBD2-Protokolle emuliert. Nicht dabei ist das CAN-Bus-Protokoll, das sich nur mit erheblich höherem Hardwareaufwand realisieren lässt.

### Schaltung und Funktion

Der Mikrocontroller in der Schaltung (Bild 1) ist ein unspektakulärer Mega8 von Atmel, 6 MHz getaktet und mit einer 10-poligen Standard-Programmierschnittstelle versehen. Die peripheren Bauteile sind in erster Linie für die Kommunikation und korrekten Pegelstände verantwortlich und

werden vom Controller protokollabhängig gesteuert.

Die verwendeten 10-Pin-Widerstandsnetzwerke enthalten fünf einzeln herausgeführte Widerstände, so dass es keine Rolle spielt,

wie herum sie in die Platine gelötet werden. Als 5-V-Spannungsregler ist ein 78L05 völlig ausreichend. MOSFETs vereinfachen ebenfalls den Schaltungsaufbau und sorgen hier bei den zu sendenden Signalen für saubere

### Spezifikationen:

- Vier voreingestellte Protokolle:
  - KWP2000 Fast Init
  - KWP2000 Slow Init (5-Baud Init)
  - ISO9141-2
  - PWM J-1850
- Protokoll-Auswahl mit DIL-Schalter
- Vier voreingestellte Fehlercodes
- Bis zu 15 Fehlercodes konfigurierbar
- Sensordaten für Geschwindigkeit und Drehzahl über Potentiometer einstellbar
- MIL-Auslösung durch Taster
- Anzeige von Connect und ausgelöster MIL
- Freezeframes speichern eingestellte Sensordaten, wenn MIL ausgelöst wird
- Mehrere Einbauvarianten

Tabelle. Einstellung der Protokollauswahl mit S1		
Protokoll	S1-1	S1-2
KWP2000 Fast Init	Off	Off
KWP2000 5-Baud Init	On	Off
ISO9141-2	Off	On
PWM J-1850	On	On

und steile Signalflanken. Die über die OBD-Buchse empfangenen Signale werden von den Komparatoren (IC5.A und IC5.B) auf TTL Niveau gebracht, damit sie der Controller verarbeiten kann. Die LED D1 signalisiert eine erfolgreiche Verbindung („Connect“) zum Analyser, während LED D2 das simulierte Auslösen der MIL (Malfunction-Indication-Lamp) anzeigt. Manuell mit dem Taster TA2 „DTC“ ausgelöst werden auch die gerade eingestellten Werte der Potentiometer „VELO“ und „RPM“ in die Freeze-

frame-Daten eingelesen, so wie diese Werte auch im echten Steuergerät als Fehlerumgebungsvariable gespeichert werden. VELO ist dabei die Bezeichnung für „Velocity“ (Geschwindigkeit in km/h oder mph). Die eingestellten Werte für Geschwindigkeit und Drehzahl werden somit ebenfalls in den Fehlerspeicher übernommen. Zu jedem Fehler gehört die spezielle Fehlerumgebung, die gegebenenfalls deutlich werden lässt, wie und unter welchen Bedingungen der Fehler dem Steuergerät gemeldet wurde. Die Auswahl des Protokolls erfolgt mit dem 2-poligen DIP-Switch S1, der vier Möglichkeiten bietet (siehe **Tabelle**). Nach dem

Anlegen der Betriebsspannung liest der Controller die Schalterstellung von S1 ein. Um von einem Protokoll auf ein anderes umzuschalten, ist nach der Änderung der Schalterstellung die Taste Reset kurz zu betätigen. Hintergrund ist, dass ein Fahrzeugsteuergerät niemals sein Protokoll verändern kann – es also fix ist. Eine Protokolländerung ist also jedes Mal wie ein Fahrzeugwechsel zu betrachten und dieser funktioniert generell nur durch Trennen der bestehenden Verbindung und einem nachfolgenden Neustart mit Protokollscan. Noch ein Hinweis zum verwendeten Netzteil: Der Simulator benötigt eine Betriebsspannung zwischen 12 und 15 V, die dann auch an Pin 16 der OBD2-Buchse liegt. Einem angeschlossenen OBD2-Interface reicht dies in aller Regel für eine einwandfreie Funktion aus. Beachtet werden sollte, dass an der Schutzdiode D3 etwa 0,6 V abfallen. Reduzieren kann man dies bei Bedarf durch Verwendung einer Schottkydiode für D3.

**Aufbau**

Da keine SMD-Bauteile verwendet werden, ist die Platine (**Bild 2**) einfach zu bestücken. Begonnen wird immer mit den niedrigsten Bauelementen. Dies sind zuerst die Widerstände und die Schutzdiode, dann die beiden ICs. Fassungen dürfen verwendet werden, sind allerdings nicht nötig. Es folgen die Entkopplungskondensatoren, die Kondensatoren für den Quarzoszillator, der Quarz und die Widerstandsnetzwerke. Als Nächstes kommen die Transistoren, der Spannungsregler und bei Bedarf die Programmierbuchse an die Reihe. Für die Potis kann man unterschiedliche Ausführungen verwenden (stehend oder liegend). Auf der Platine und in der Stückliste sind die Potis für stehende Montage mit P1 und P2 bezeichnet und die für liegende Montage mit P3 und P6. Beim DIP-Schalter S1 gibt es ebenfalls zwei Varianten (Einstellung von oben oder seitlich). Auch die OBD-Buchse kann wahlweise vertikal oder horizontal eingebaut werden. Die OBD-2-Buchse wird manuell mit den verwendeten Kontakten bestückt. Dazu werden Kontakte an den Positionen 2,4,5,7,10,16 in die Buchse eingeschoben und dann mit einrastenden blauen Kunststoffleisten fixiert, so dass sie auch bei häufiger Verwendung nicht zurückgeschoben werden können. Für

**Stückliste**

**Widerstände:**

- R1,R2 = 1 k
- R3 = 2k2
- R4 = 1k5
- RN1, RN2 = 5x10-k-Widerstandnetzwerk, 10-polig (SIL 10-5, siehe Text)
- P1,P2 = 100-k-Trimpmpotentiometer mit Steckachsen, stehend
- oder
- P5,P6 = 100-k-Trimpmpotis mit Steckachsen, liegend (siehe Text)

**Kondensatoren**

- C5,C6 = 22 p
- C2..C4,C7 = 100 n
- C1 = 47 µ / 25 V

**Halbleiter:**

- T1 = BS250
- T2,T3 = BS170
- IC1 = 78L05

IC3 = ATmega8-16PU (programmiert\*)

- IC5 = LM393
- D1,D2 = Led 3mm
- D3 = 1N4004

**Außerdem:**

- Q1 = 6-MHz-Quarz
- BU1 = Netzgerätebuchse für Platinenmontage
- TA1,TA2 = Miniaturtaster, einpolig, für Platinenmontage
- BU2 = OBD-Buchse
- Platine\* 080804-1 (im Bausatz enthalten)
- Bausatz mit Platine und allen Bauteilen: 080804-71 (erhältlich im Elektor-Shop, siehe Anzeige am Heftende und [www.elektor.de/080804](http://www.elektor.de/080804))
- \* Software- und Platinenlayout-PDF: Kostenloser Download unter [www.elektor.de/080804](http://www.elektor.de/080804)

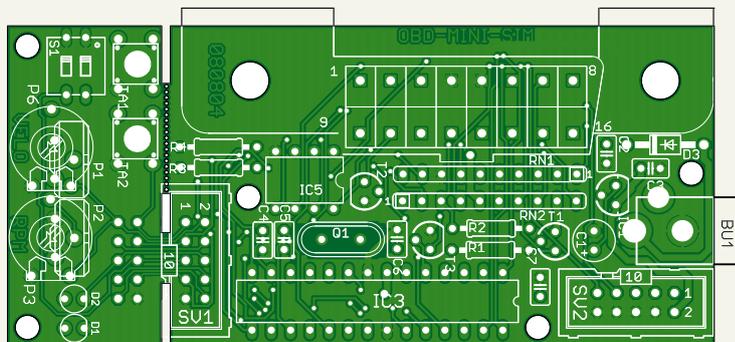


Bild 2. Die Platine kommt ohne SMDs aus. Der kleinere Teil mit den Bedienelementen lässt sich bei Bedarf abtrennen und über Flachbandkabel mit der Hauptplatine verbinden.

## Warum verschiedene Protokolle?

Die OBD2-Schnittstelle wurde seit ihrer Einführung (in den USA 1996) weiterentwickelt. Das erste Protokoll war VPWM mit einer Übertragungsrate von 10.400 Baud bei einem Signalpegel von 8 V. Von Ford wurde ab etwa 1997 in Autos mit Benzinmotor das weiterentwickelte PWM-Protokoll eingesetzt. Die deutlich höhere Übertragungsrate von 41.600 Baud stellt auch an die Hardware hohe Anforderungen. Manche Hersteller von Diagnosegeräten scheuen mitunter den Aufwand und verzichten auf die Ausstattung mit diesem Protokoll. Auch die Verbindungsaufnahme ist eher kompliziert und störanfällig. Daher tritt insbesondere bei Ford das CAN-Bus-Protokoll seine Nachfolge an. Ab 2000 wurde in Europa fast flächendeckend das ISO9141-2 Protokoll eingeführt, eng verwandt mit dem KWP2000 Slow Protokoll (Key-Word-Protocol). Das Datenformat ähnelt stark dem RS-232-Protokoll mit 10.400 Baud, die Signalpegel entsprechen jedoch der Fahrzeug-Betriebsspannung von 12 Volt. Bis heute werden beispielsweise die fast baugleichen Kleinwagen Aygo, C1 und Peugeot 107 mit dem ISO9141-2 Protokoll ausgeliefert. Das mittlerweile verbreitete CAN-Protokoll ist geradezu prädestiniert für Kfz-Datenübermittlung, schnell, sicher und im Controllerbereich hauptsächlich hardwarebasierend. Dadurch ist es allerdings aufwendiger und deutlich teurer als die Systeme mit anderen Protokollen.

die Montage der Kontakte ist auf der Projektseite [1] eine bebilderte Anleitung zu finden. Ist alles korrekt durchgesteckt, verschraubt man danach die OBD2-Buchse mit der Platine und verlötet die Kontakte sorgfältig. In **Bild 3** ist eine Musterplatine mit horizontal montierter OBD-Buchse, seitlich einzustellenden DIP-Switches und Potis mit Steckachsen zu sehen.

Für den Aufbau der Schaltung gibt es eine weitere interessante Option: Wenn die gesamte Bedieneinheit beispielsweise in ein Demonstrations- bzw. Anschauungsmodell eingebaut werden soll, lässt sich das Bedienteil mit einer kleinen Säge von der übrigen Platine abtrennen, indem die Platinen-Brücke zwischen SV1 und SV3 zerteilt wird. Nachfolgend verbindet man die beiden Teile durch Leiterplattenverbinder in der bewährten Schneidklemmtechnik mit 10 bis 20 cm langem 10-poligem Flachbandkabel. **Bild 4** zeigt einen entsprechenden Mustersaufbau mit abgesetztem Bedienteil und stehend montierter OBD-Buchse. So lässt sich der MiniSim ganz einfach in ein Gehäuse oder eine Präsentationswand integrieren.

### Inbetriebnahme

Sind alle Komponenten bestückt, dann schließt man die Spannungsversorgung an. Das kann ein auf 12 V eingestelltes Universal-Steckernetzteil sein. Nach dem Anschließen eines OBD-Analyzers sollte man noch einmal kontrollieren, ob die Spannung im Bereich von 12-14 V liegt.

Der Controller wird vorprogrammiert geliefert, es sind mit S1 vier Protokolle wählbar (siehe **Tabelle**). Sind beide Schalter von S1 auf off, so ist das KWP2000-Fast-Protokoll eingestellt. Nach dem Einschalten sollten die beiden LEDs kurz aufleuchten. Nun kann unmittelbar ein OBD2-Analyser angeschlossen werden. Hat der Analyser eine PC-Verbindung (wie beispielsweise ein Analyser-NG mit Bluetooth), dann kann auch eine Diagnosesoftware auf dem PC gestartet werden. Die Software moDiag [2] ist hier ein guter Helfer. Wenn alles korrekt funktioniert, dann sollte die Software einen Connect via KWP2000 melden und Daten empfangen. Man wählt einfach die Seite Sensordaten aus und schaut sich die empfangenen Werte an. An den beiden Potentiometern kann man die Geschwindigkeit



Bild 3. Bestückte Musterplatine mit horizontal montierter OBD-Buchse und seitlich einzustellenden DIP-Switches.

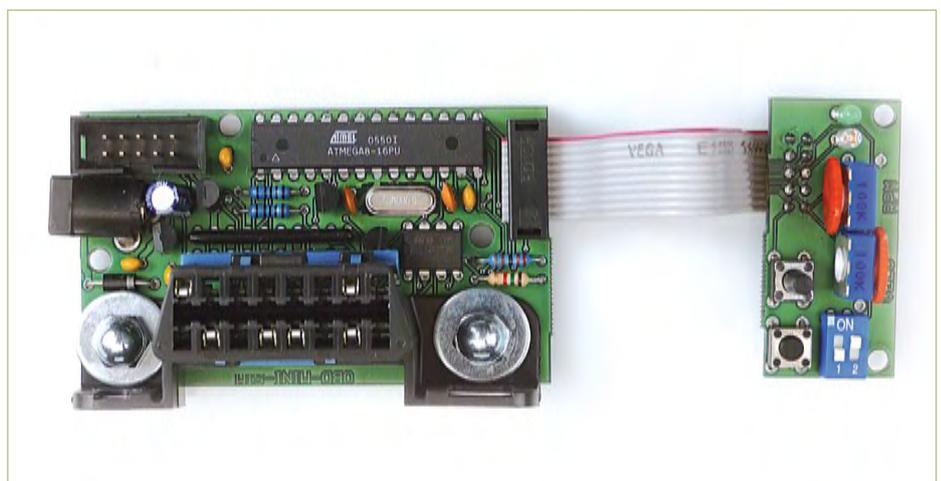


Bild 4. Mustersaufbau mit stehend montierter OBD-Buchse und abgesetztem Bedienteil.

## Übersicht der programmierten PIDs:

<b>Mode 1:</b>	020Cxx Engine Speed (RPM) (aktueller POTI-Wert)
0100 PIDs supported 01..20	020Dxx Vehicle Speed (VELO) (aktueller POTI-Wert)
0101 DTC Count, MIL lamp, monitor support/status	xx = Frame-Nummer (wird jedoch ignoriert, alle Frames identisch)
0103 Fuel system status	Die Freeze Frames werden nur für den ersten Fehlercode gespeichert.
0104 Calculated Load Value	
0105 Engine Coolant Temp.	
010A Fuel Pressure	
010B Intake MAP	
010C Engine Speed (RPM) (POTI)	
010D Vehicle Speed (VELO) (POTI)	
010F Intake Air Temp.	
0110 Mass air flow (MAF)	
0111 Absolute Throttle position sensor	
0113 Location of Oxygen Sensors	
0114 Bank #1 - O2 sensor #1	
011C OBD requirements level	
<b>Mode 2 – Freeze Frames:</b>	<b>Mode 3 - DTC:</b>
0200xx PIDs supported 01..20	03 Read Errorcodes
0202xx DTC that caused freeze frame	
0204xx Calculated Load Value	
0205xx Engine Coolant Temp.	
	<b>Mode 4 - Clear DTC:</b>
	04 Clear Errorcodes
	<b>Mode 9 - VIN:</b>
	0900 PIDs supported 01..20
	0901 Frame count for PID 02
	0902 VIN "AGV-MINI-SIM V1.0"

(VELO) und die Drehzahl (RPM) einstellen. In „moDiag“ kann man damit sogar eine Beschleunigungsmessung simulieren. Eine Besonderheit des MiniSim ist, dass die MIL immer erst nach einem Connect aus-

gelöst werden kann. Wird also nach erfolgreichem Connect die Taste MIL gedrückt, leuchtet die zugehörige LED auf und die aktuellen Werte für VELO und RPM werden im FreezeFrame-Profil hinterlegt und kön-

nen von der Software abgerufen werden. Der Fehlerspeicher ist wie beim richtigen Steuergerät auch löschtbar. Die „MIL“-LED schaltet sich in diesem Falle wieder aus. Wird die VID im Mode 9 abgerufen, so meldet sich der MiniSim authentisch mit „AGV-MINI-SIM V1.0“.

### Software und Konfiguration

Die Firmware ist in Assembler geschrieben und steht als Hexcode zum freien Download zur Verfügung [1]. Im Paket ist auch die Einstellsoftware MiniSimConfig auf Deutsch und Englisch enthalten.

Der vorprogrammierte MiniSim-Controller ist bereits für vier Protokolle (siehe Tabelle) und vier Fehlercodes konfiguriert. Zusätzlich sind aber mittels eines OBD2-Interfaces [3] oder eines Analysers weitere 11 Fehlercodes konfigurierbar. Zu nutzen sind Geräte mit AGV- oder DXM-Chipsatz, die entsprechende Konfigurationsbefehle integriert haben. Sehr einfach für diesen Zweck ist der Analyser-NG [4] mit Bluetoothweiterung einsetzbar [5]. Dazu startet man das Konfigurationsprogramm MiniSimConfig. Der Analyser-NG muss dazu via Bluetooth mit dem Notebook verbunden und natürlich in die OBD2-Buchse des MiniSim eingesteckt sein.

Den eingehenden BT-COM-Port stellt man im Config-Programm ein, dieser wird dem Anwender bei korrekter Installation bereits als Auswahl angeboten. Nach dem erfolgreichen Connect lassen sich nun individuell maximal 15 Fehlercodes auswählen, einstellen und aktivieren. Mit dem Button EXIT wird die gewählte Konfiguration im EEPROM des Controllers permanent gespeichert.

Abschließend noch ein wichtiger Hinweis: Die Einstellung von S1 werden beim Einschalten und nach jedem Reset übernommen. Jede Änderung der S1-Einstellung erfordert daher auch einen Reset.

(080804)

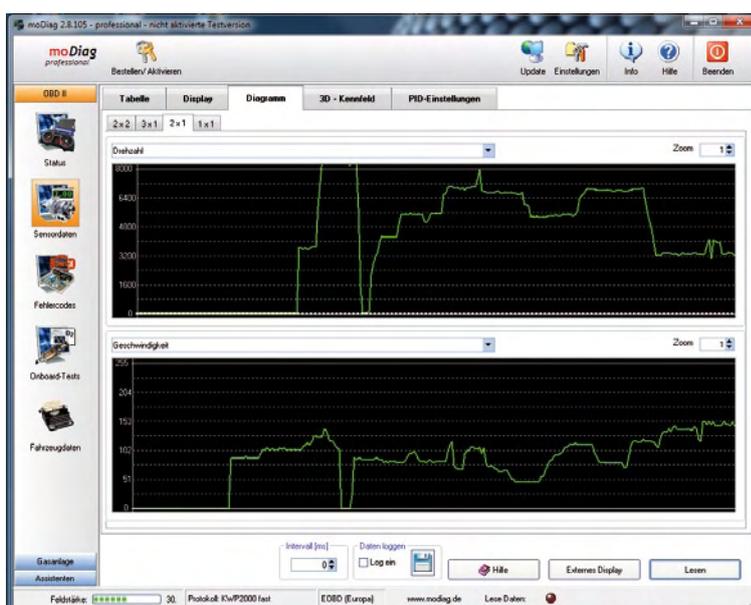


Bild 5. Auf dem PC ist die Software moDiag eine gute Hilfe zur Darstellung der simulierten Werte.

[1] [www.elektor.de/080804](http://www.elektor.de/080804)

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

[3] [www.obd-diag.com](http://www.obd-diag.com)

[4] [www.elektor.de/090451](http://www.elektor.de/090451)

[5] [www.elektor.de/090918](http://www.elektor.de/090918)



## True-RMS-Multimeter mit Datenlogger

True-RMS-Messgerät mit programmierbarer Datenlogger-Funktion für 18.000 Messpunkte, autom. Bereichswahl sowie hoher Grundgenauigkeit (0,05%). Funktionen und Einstellungen können via USB über den PC gesteuert werden. Das hintergrundbeleuchtete Display bietet eine Auflösung von 50.000 Counts, Bargraf, Low-Bat-Anzeige und Echtzeituhr.

- Data-Hold-/Run-Mode-Funktion
- Vergleichsmodus, Trend-Aufnahme
- MIN, MAX, AVG
- REF, DEF, ERR

DM 620  
**119.00**



Katalog kostenlos!  
 Tagesaktuelle Preise:  
[www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)

Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!

### Schaltnetzteil, 60 W

- integr. Entstörfilter
- Eingangsspannung: 85 - 264 V AC, 120 - 370 V DC
- URW = 120/150 mV



SNT MW60-12 12 V/5,0 A **16.75**  
 SNT MW60-24 24 V/2,5 A **15.80**

### Schaltnetzteil, 320 W

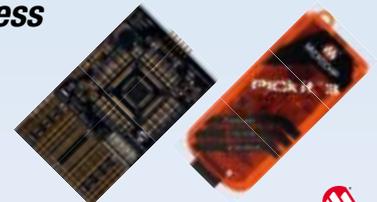
- mit Lüfter
- Eingangsspannung: 88 - 264 V AC, 124 - 370 V DC
- URW = 150 mV



SNT MW-SP320-12 12 V/25 A **54.30**  
 SNT MW-SP320-24 24 V/13 A **50.35**

### PICKIT 3 Debug Express

- Debugging und Programmieren von PIC®-/dsPIC®-Flash-Microcontroller
- 44-pin-Demoboard mit PIC18F45K20-Microcontroller
- PICKIT 3 Debugger/Programmer
- MPLAB IDE Software, Debugging Tutorial, PICKIT 3 Users Guide



DV 164131 **69.65** MICROCHIP

### Schaltnetzteil, 60 W

- für DIN-Schiene, schmal
- Eingangsspannung: 85 - 264 V AC, 120 - 370 V DC
- URW = 120/150 mV



SNT MW-MDR60-12 12 V/5,0 A **24.25**  
 SNT MW-MDR60-24 24 V/2,5 A **21.50**

### Spannungswandler

- 12 V auf 230 V
- sinusähn. Wechselspannung
- 12 V DC, USB-Out
- Anwendungsgebiete: beim Camping, im Auto, Booten, für Solaranlagen



SPS-150 USB 150 W/12V-Kfz-Adapter **21.95**  
 SPS-300 USB 300 W/Klemmen **29.95**

### Atmel-Entwicklungstool

Demo-Kit für ATxmega128A1



AT AVR XPLAIN **36.65**

### Atmel-Entwicklungstool

- kostengünstiges Entwicklungstool
- unterstützt alle Programmiermodi der AVR-MCUs



AT AVR DRAGON **57.95**

### Labornetzgerät, 1 - 30 V DC, 0 - 15 A

- 3 programmierbare Presets
- Fernsteuerungsanschluss
- zwei LED-Anzeigen
- Überlast-/Überhitzungs- und Überspannungsschutz
- temperaturgesteuerte Lüfter
- Restwelligkeit: 5 mV



HCS 3302 **145.00**

### Modulartastkopf für Oszilloskope

- 400 bis 600 Volt
- Teilung: x1/x10
- Bandbreite: 15/150 MHz
- Kabellänge: 1,2 m



TESTEC LF 312 **16.95**

### Differenzspannungssonde

- für die Messung zw. zwei beliebigen Punkten einer Schaltung, ohne Masse als Bezugspunkt
- Bandbreite: 0 - 25 MHz
- Input Impedance: 4 M $\Omega$ /5,5 pF



SI 9001 x10/x100,  $\pm 70V/\pm 700V$  **293.00**  
 SI 9002 x20/x200,  $\pm 140V/\pm 1400V$  **293.00**

### Isolations-Tester

- Autorange • Data-Logging (18)
- Polarisations-Index (PI) • Dielectric Absorption (DAR)
- 30-min-Timer • Vergleich-Modus mit pass/fail-level
- Cat III 600 V/Cat II 1000 V

Funktionen:

- Isolations-Widerstand: 0,1 M $\Omega$  - 10 G $\Omega$ ,  $\pm 3,0\%$  + 5
- Test-Spannung: 100/250/500/1000 Volt, 0-20 %
- Spannung, DC: 30 ... 1000 VDC/30 ... 750 VAC,  $\pm 2,0\%$  + 3
- Kurzschluss-/Teststrom: < 2 mA/1,0 ... 1,2 mA
- Low Widerstand: 0,1  $\Omega$  ... 1 G $\Omega$ ,  $\pm 1,0\%$  + 30

UNI-T



UT 511 **109.95**

Inkl. Transportkoffer und umfangreichem Zubehör!

### 2-Kanal-USB-Oszilloskop

12 MHz, mit Funktionsgenerator

2-Kanal-USB-Oszilloskop und Funktionsgenerator in einem Gerät. Zusammen mit der PC-LAB2000-LT-Software erreichen Sie die Funktionen eines kompletten Elektroniklabors:

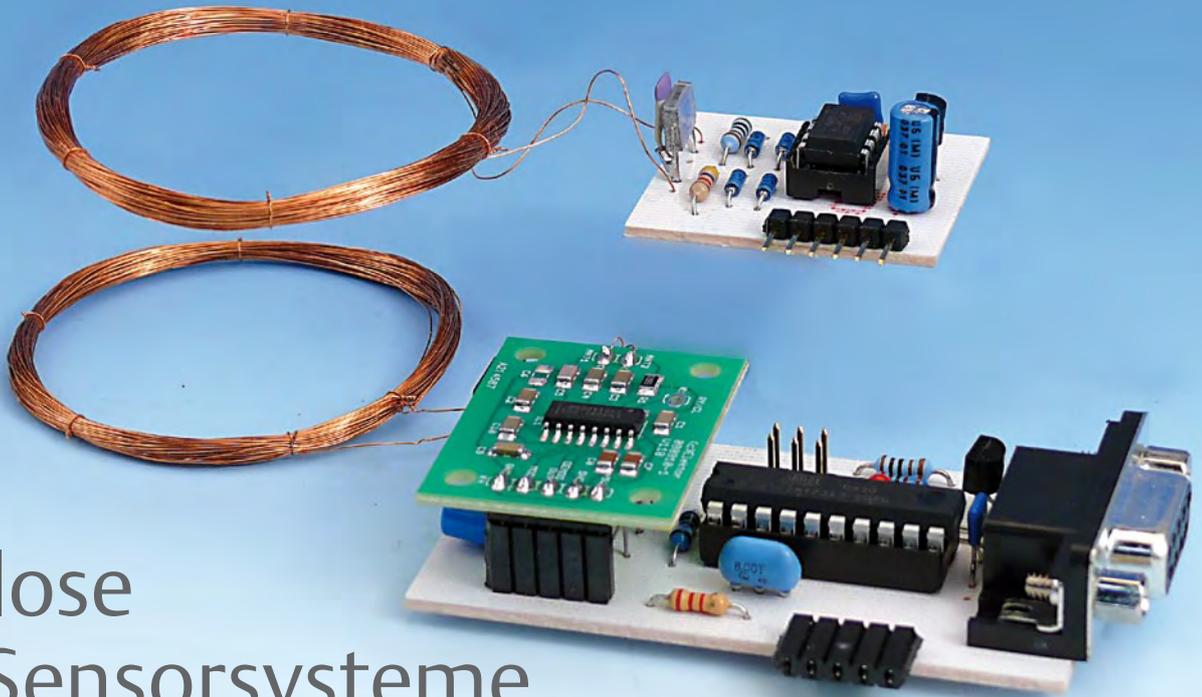
- 2-Kanal-Oszilloskop
- Spektralanalysator
- Transientenrecorder
- Funktionsgenerator
- Bode-Plotter



PCSGU 250 **154.00**

velleman

# Wireless Electricity meets RFID



## Drahtlose RFID-Sensorsysteme selbst gebaut

Von Martin Oßmann (D)

Dieses Projekt beschreibt nicht nur einen Selbstbau-RFID-Reader, sondern zeigt auch, wie man RFIDs selbst bauen kann. Noch interessanter ist dabei die Möglichkeit, eigene Mess-RFIDs zu entwickeln, indem man Sensoren an das Selbstbau-RFID anschließt. So erhält man kleine Messmodule, die ohne eigene Stromversorgung auskommen und ihre Messwerte zum RFID-Reader zur weiteren Auswertung übertragen.

RFIDs auf der Basis des EM4102-Chips sind auch in kleinen Mengen sehr preiswert und gut erhältlich. Elektor hat bereits im letzten Jahr einen Reader für diese Tags vorgestellt [1]. Bei diesem Projekt wurde eine kleine Platine mit dem Reader-IC EM4095 verwendet, um mit dem ATM18-Testboard RFIDs lesen zu können. Diese kleine und bereits SMD-bestückte Platine ist auch sehr gut geeignet, um mit einem ATtiny2313 einen RFID-Leser zu bauen. Dabei kommen selbst erstellte Routinen für das Lesen von EM4102-RFIDs zum Einsatz, die im Softwaredownload zu diesem Artikel mit enthalten sind. Damit sind solche Routinen frei

verfügbar. Der interessanteste Teil dieses Beitrags beschäftigt sich aber damit, RFIDs selbst zu bauen. Damit kann man RFIDs an persönliche Erfordernisse selbst anpassen. Weiter werden auch Sensor-RFIDs selbst gebaut. Bei diesen ist ein Sensor mit der RFID-Schaltung verbunden. Die vom Sensor erfasste Information wird an das RFID-Lesegerät übertragen. Damit kann man beispielsweise isolierte bewegte Sensoren aufbauen.

### Energieübertragung

Bei den EM4102-RFIDs wird die Energie durch induktive Kopplung mit einer Signal-

frequenz von 125 kHz vom Lesegerät zum RFID übertragen. Ist diese Energie groß genug, müsste man eigentlich auch selbst RFIDs bauen können, so der Gedanke des Verfassers. Da die Datenrate bei den EM4102-RFIDs auch nicht sehr hoch ist, müsste es eigentlich möglich sein, einen RFID mit einem einfachen Mikrocontroller zu realisieren.

Um zu ermitteln, welche Energie man aus einer Empfangsspule entnehmen kann, wurde die Schaltung in **Bild 1** verwendet. Der RFID-Leser wurde mit der geforderten Spule mit  $L=750 \mu\text{H}$  (85 Windungen mit



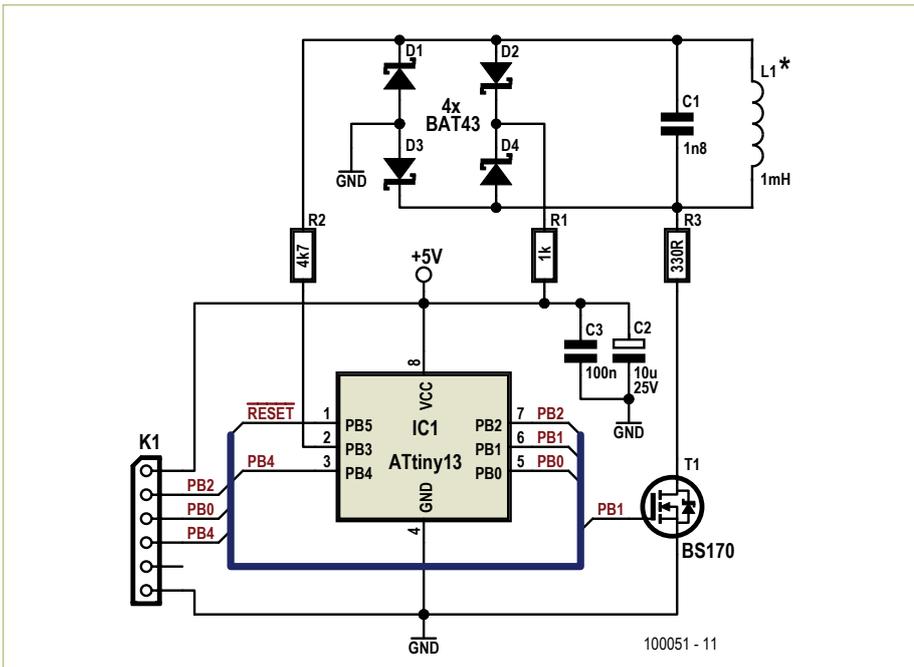


Bild 3. Schaltung des Selbstbau-RFIDs mit ATtiny13.

**Listing 1. Manchester Dekodierung**

```

if ( PIND & 4 ) { inBit=1
; }
if ( inBit==OldBit ) {
Duration +=1 ;
}
else {
if (Duration>=12) {
PutInFifo(OldBit) ; }
if (Duration>=4) {
PutInFifo(OldBit) ; }
Duration=1 ;
OldBit=inBit ;
}
    
```

EM4095-Platine angeschlossen (Bild 7). Die an den Anschlusspunkten ANT1 und ANT2 dieser Platine angeschlossene Spule sollte eine Induktivität von 750 µH haben. Sie ist allerdings nicht so kritisch, da der EM4095 mit einer internen PLL die Frequenz nachregelt. Allerdings passt dann die Frequenz nicht mehr optimal zum RFID-Transponder, der ja fest auf 125 kHz abgestimmt ist. Die Daten des RFIDs werden vom EM4095 [3] demoduliert und als Manchester codierter Datenstrom an den Controller weitergeleitet. Zuerst muss die Software die Bits zurückgewinnen. Dazu wird eine Interrupt-routine benutzt, welche 8 MHz/256=31250 mal pro Sekunde aufgerufen wird. Ein Bit ist

dann genau 16 Samples lang (Bild 8). Um den Manchester-Datenstrom zu decodieren, wird das Programmstück in Listing 1 benutzt. Das Programmstück ermittelt, wie lange ein gleichbleibender Pegel am Pin PortD.4 liegt. Dazu wird immer wenn ( inBit==OldBit ) true ist, die Variable duration erhöht. Wenn sich der Pegel ändert, sind ein oder zwei neue Halbbits empfangen worden, und zwar mit dem Wert OldBit. Dementsprechend werden abhängig von der Dauer ein oder zwei Halbbits mittels PutInFifo(OldBit) in die FIFO-Warteschlange getan. Die eigentliche Decodieroutine kann dann aus der FIFO-Warteschlange die Halbbits

entnehmen. Zuerst muss der Anfang eines Datenpakets erkannt werden. Dazu lässt die Software die Halbbits in ein Schieberegister einlaufen, bis sich im Schieberegister die Synchronisationssequenz befindet. Danach werden die eigentlichen Datenbits decodiert und via RS232 (19200 8N1) ausgegeben. Während der Ausgabe laufen gegebenenfalls schon weitere Halbbits ein, die in der FIFO gespeichert werden, bis das Hauptprogramm weitere Daten verarbeiten kann. Auf diese Weise geht keine Information verloren. Mit dem so aufgebauten RFID-Reader kann man handelsübliche RFID-Tags lesen, die mit dem EM4102 [4] kompatibel sind.

**Spulen**

Sowohl für den RFID-Reader als auch für die RFIDs ist es am einfachsten, die Spulen selbst zu wickeln, da geeignete fertige Spulen kaum zu bekommen sind (jedenfalls nicht einzeln). Auch ohne Induktivitätsmessgerät kommt man ans Ziel. In der Application-Note AN411 [5] von EM Microelectronic mit dem Titel „RFID made easy“ ist dankenswerterweise eine Formel angegeben, mit der man für diese Art von Luftspulen die Induktivität berechnen kann:

$$L = \frac{\mu_0 DN^{1.9}}{2} \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

d= Drahtdurchmesser,  
D=Spulendurchmesser,  
N=Anzahl der Windungen

**Stückliste Selbstbau-RFID**

**Widerstände:**

- R1 = 1 k
- R2 = 4k7
- R3 = 330 Ω

**Kondensatoren**

- C1 = 1n7 (siehe Text)
- C2 = 10 µ/25 V
- C3 = 100 µ/25 V

**Spule:**

- L1 = 1 mH (siehe Text)

**Halbleiter:**

- D1..D4 = BAT43
- IC1 = ATtiny13-20PU (programmiert)

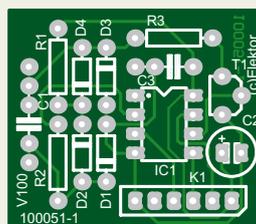


Bild 4. Die Platine zum Aufbau des RFIDs.

100051-41\*)

**Außerdem:**

- K1 = Stifteleiste gewinkelt, 6-polig

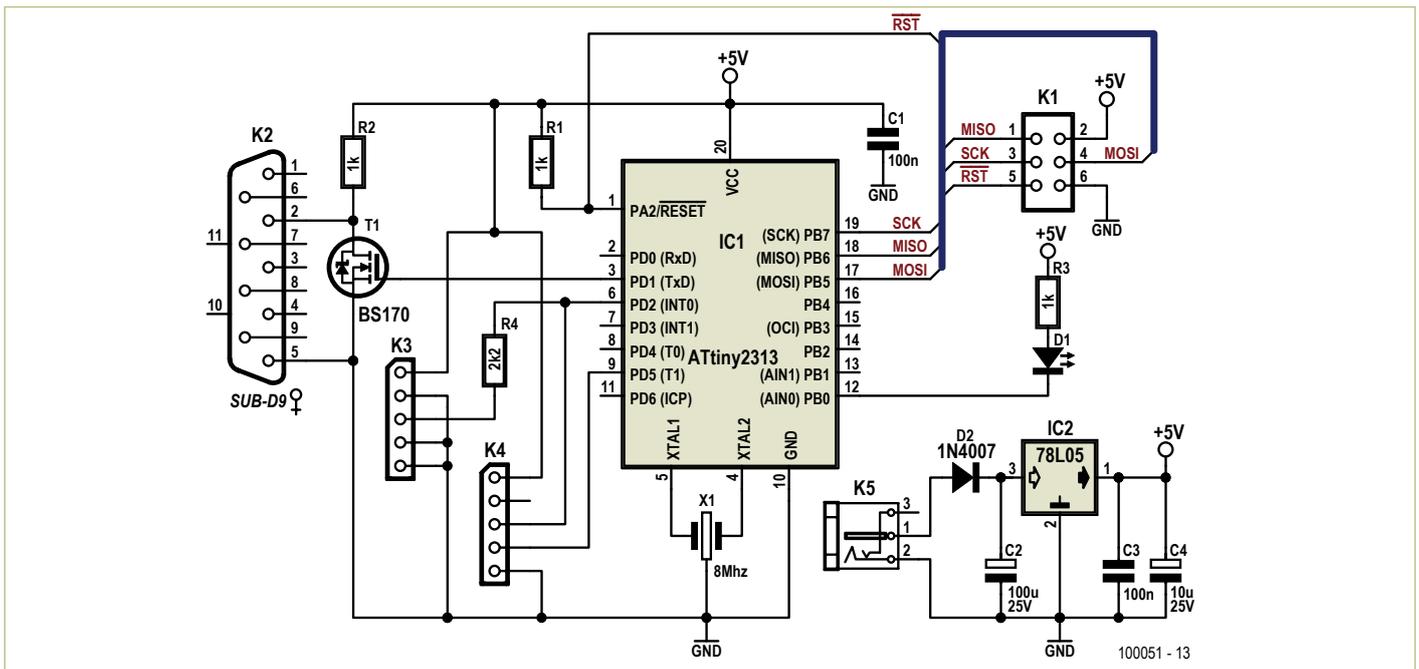


Bild 5. Schaltplan des RFID-Readers mit ATtiny2313. An K3 wird die EM4095-Platine angeschlossen.

Der Verfasser hat eine Reihe Spulen gewickelt und vermessen. In **Tabelle 1** sind die Ergebnisse dargestellt. Die Tabelle zeigt, dass die Ergebnisse der Formel nur um ca. 10 Prozent von den gemessenen Werten abweichen, was für die Praxis ausreicht. Gleichzeitig kann man anhand der Tabelle sehen, welche Induktivitäten erreicht werden, so dass man einen Ausgangspunkt für eigene Designs hat.

### RFID-Software

Der selbstgebaute RFID-Transponder wurde nun so programmiert, dass er sich wie ein Standard-RFID-Tag verhält. Die Taktrate ist 125 kHz und ein Halbbit dauert nur 32 Taktzyklen. Sehr komplizierte Berechnungen kann man daher zwischen den Bits nicht anstellen. Allerdings kann man die PWM-Möglichkeiten von Timer0 gut einsetzen. Man lässt den Timer immer bis 64 zählen ( d.h. OCR0A=64-1) und erzeugt eine PWM mit 50 Prozent Tastverhältnis, indem man OCR0B auf 32 setzt. Bei dem PWM-Generator für Timer 0 kann man dann einstellen, ob beim Zählerstand=32 die Low-High-Flanke oder die High-Low-Flanke erzeugt wird (vgl. Bild 8, unten der Timerstand, darüber die manchesterkodierten Daten). Das entspricht aber genau einer Null oder Eins des Manchestercodes. Man muss also einfach nur je nach Bit den PWM-Generator umschalten. Dies geschieht in einer Interruptroutine (**Listing 2**).

## Stückliste RFID-Reader

### Widerstände:

R1...R3 = 1 k  
R4 = 2k2

### Kondensatoren:

C1, C3 = 100 n  
C2 = 100 µ/25 V  
C4 = 10 µ/25 V

### Halbleiter:

D1 = LED 3mm rot  
D2 = 1N4007  
IC1 = ATtiny2313-20PU (programmiert 100051-42\*)  
IC2 = 78L05  
X1 = 8-MHz-Keramikresonator  
T1 = BS170

### Spule:

L1 = 1 mH (siehe Text)

### Außerdem:

K1 = Stiftleiste 2x3 Pin  
K2 = SUB-D-Buchse, 9-polig, gewinkelt, für Platinenmontage  
K3 = Buchsenleiste, 5-polig  
K4 = Buchsenleiste, 5-polig, gewinkelt  
K5 = Netzgerätebuchse für Platinenmontage, 2,1 mm

RFID-Modul 080910-91\* (SMD-bestückte EM4095-Platine)  
Platine 100051-3\*

\* Kit mit RFID-Modul 080910-91, den Platinen 100051-1, -2 und -3 und den programmierten Mikrocontrollern 100051-41 und -42: Best.-Nr. 100051-71 (erhältlich im Elektor-Shop, siehe Anzeige am Heftende und [www.elektor.de/100051](http://www.elektor.de/100051))

\*Software- und Platinenlayout-PDF: Kostenloser Download unter [www.elektor.de/100051](http://www.elektor.de/100051)

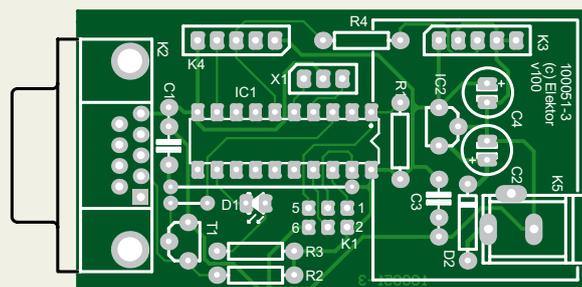


Bild 6. Die für den Reader entwickelte Platine.

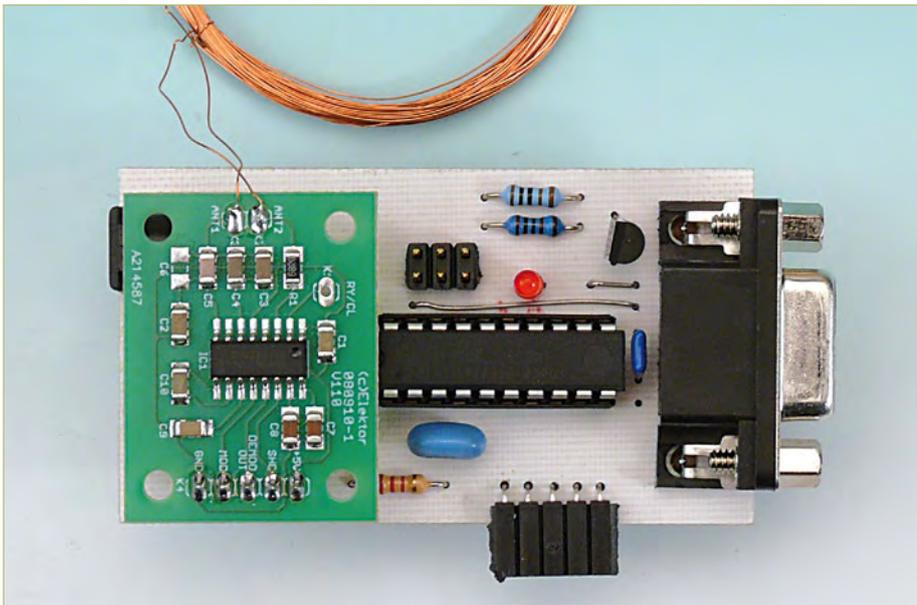


Bild 7. Das Labormuster des Readers.  
Die Empfangsspule wird an die EM4095-Platine angeschlossen.

Im Register IntBit steht das Bit, das gesendet werden soll, und IntMail=1 signalisiert, dass es abgeholt wurde. Im Hauptprogramm sind jetzt einfach die Bits inklusive der Prüfbits bereitzustellen. Damit die Schaltung auch bei schwankenden Versorgungsspannungen möglichst gut funktioniert, wurde die Brown-Out-Detection auf 1,8 V eingestellt und der Watchdog aktiviert.

### Datentelegramm und Nutzlast

Ein vollständiges Datentelegramm ist so aufgebaut wie in **Tabelle 2** dargestellt: Das Datenpaket beginnt mit neun Einsen. Diese Preamble kann nicht an anderer Stelle

im Paket vorkommen und kann daher zur Entdeckung des Starts eines neuen Pakets benutzt werden. Nach der Preamble kommt die eigentliche Information. Die „Nutzlast“ besteht aus 10 mal 4 Bits. Die ersten zwei Nibbles bilden die Hersteller-ID. Danach kommen 8 Daten-Nibbles. Nach jeweils 4 Bits (=1 Nibble) wird ein Zeilenparitätsbit gesandt. Nach den 10 Zeilen werden Spaltenparitätsbits gesandt, und danach noch eine Null. Damit ist ein Paket insgesamt  $9+10 \cdot (4+1)+4+1 = 64$  bit lang. Ein einzelnes Bit ist dabei 64 Taktzyklen des 125-kHz-Taktes lang. Die Bitrate ist also 1953,125 bit/sec und die Übertragung eines

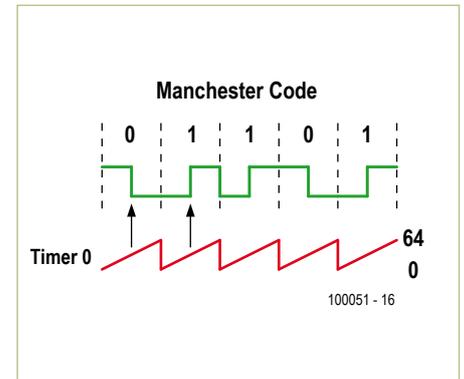


Bild 8. Manchester-Kodierung.

Paketes dauert 32,768 ms.

Für die Anwendung als Sensor-RFID stehen uns damit 8 Daten-Nibbles und 2 Customer-ID-Nibbles zur Verfügung, das sind also 10 Hexadezimalziffern oder 40 Bits. Damit können RFID-Sensoren schon eine ganze Menge an Daten übertragen. Wer möchte, kann natürlich auch ein anderes Protokoll für RFID und Reader benutzen, man hat ja jetzt alles selbst in der Hand.

### RFID-Aufbau und Möglichkeiten

**Bild 9** zeigt einen Mustersaufbau des Selbstbau-RFIDs auf der Platine in Bild 4 (entsprechend dem Schaltplan in Bild 3). Um den Schwingkreis leicht wechselbar zu machen, kann man Kondensator und Spule über Steckkontakte anschließen. Es können auch verschiedene Spulen verwendet werden. Die Praxis hat gezeigt, dass die Reichweite etwas höher wird, wenn man den Schwingkreiskondensator etwa 10 % größer wählt als theoretisch nötig.

Da die RFID-Software selbst geschrieben ist und der Quellcode zum Download unter [6] zur Verfügung steht, kann man sie natürlich modifizieren, um selbst gebaute RFIDs mit neuartigen Funktionen zu versehen. An die Stiftleiste K1 der Platine kann man dazu dann beispielsweise Schalter, Potis oder (andere) Sensoren anschließen. Diese können dann drahtlos über den Reader abgefragt werden. Diese Technik lässt sich beispielsweise verwenden, um Sensorsignale von rotierenden oder bewegten Teilen zu

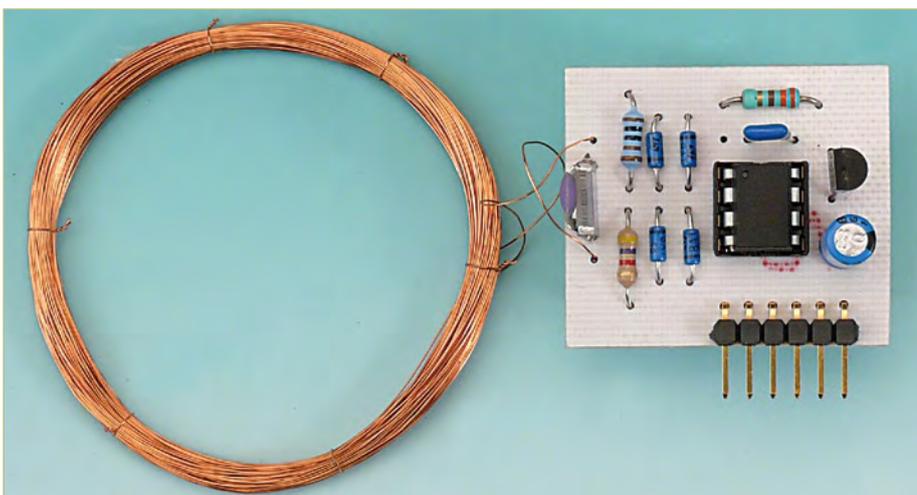


Bild 9. Die bestückte Selbstbau-RFID-Platine. An die Stiftleiste können Sensoren angeschlossen werden.

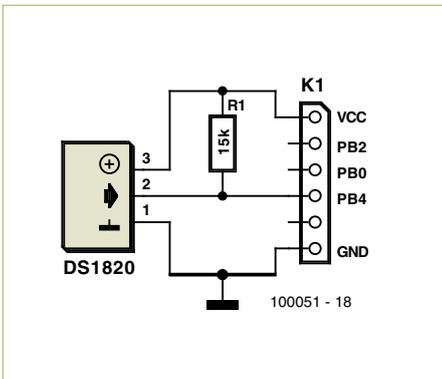


Bild 11. Anschluss eines DS1820-Temperatursensors an K1 des RFIDs.

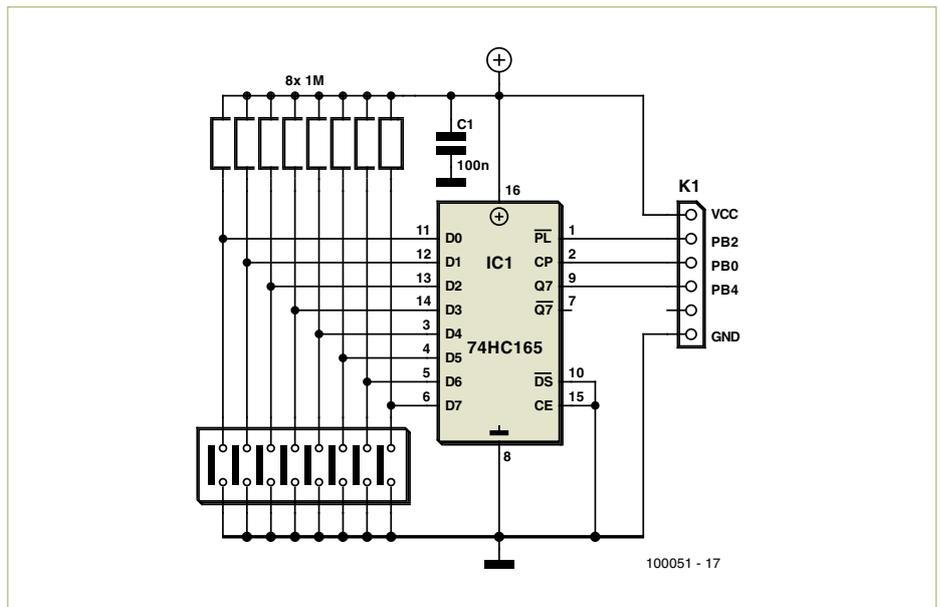


Bild 10. Mit dieser Erweiterung überträgt das RFID die Stellung der acht Schalter.

übertragen. Man kann die gleiche Idee auch dazu nutzen, um zum Beispiel galvanisch getrennt in Hochspannungssystemen zu messen. Man kann sich auch Sensoren in Flüssigkeiten vorstellen, die Informationen ins Trockene übertragen sollen.

Entfernungstests ergaben, dass bei 50 mm Spulendurchmesser und guter Abstimmung der Schwingkreise 60 mm gut überbrückt werden. Alles in allem kann man viele neuartige Konzepte mit solchen RFID-Sensoren realisieren. Im Folgenden stellen wir einige Beispiele vor, die in der **Software-Sammlung** (Download unter [6]) enthalten sind. Dort ist im Readme-Text eine Übersicht über die einzelnen Programme mit den zugehörigen Einstellungen enthalten.

### Wechselnde IDs und Statusabfragen

Als erstes wurde ein RFID programmiert, der immer zwischen zwei IDs wechselt. Mit einem derartigen Konzept lassen sich RFIDs realisieren, die sozusagen als Schlüssel auf mehrere Schlösser passen.

Bei der nächsten Version soll ein Schalter bestimmen, welche ID gesendet wird. Damit kann man zum Beispiel drahtlos einzelne Schalter abfragen oder ein RFID-Tag bauen, das auf Knopfdruck gewissermaßen seine Identität wechselt. Das zugehörige Programm ist ebenfalls in der Software-sammlung zum Artikel enthalten. Der Schalter ist an PINB.4 (Pin3 des Tiny13) und Masse anzuschließen.

Manchmal will man eine ganze Reihe von digitalen Eingängen abfragen. Da wir in unserem selbst programmierten RFID einen Mikrocontroller haben, lassen sich verschiedene Interface-Techniken verwenden, um die Zahl der Eingänge zu erhöhen.

Dabei muss man aber auf den Stromverbrauch achten, da die gesamte Schaltung ihre Energie ja aus der Sendespule bezieht. Eine einfache Möglichkeit ist die Verwendung eines Schieberegisters zur Parallel/Seriell-Wandlung. In **Bild 10** ist dafür eine Schaltung zum Anschluss an K1 der RFID-Platine angegeben.

### Zweifach-ADC-RFID

Da der Tiny13 über einen Analog/Digitalwandler verfügt, kann man natürlich auch RFIDs bauen, die analoge Spannungsmesswerte drahtlos übertragen. In unserer Software-sammlung gibt es eine Version, die Spannungen an zwei ADC-Eingängen wandelt und über die ID an den Reader sendet. Als Referenzspannung wird die Versorgungsspannung des Tiny13 benutzt. Das hat Vor- und Nachteile. Will man zum Beispiel zwei Potentiometer abfragen, schließt man diese einfach an die Versorgungsspannung des Tiny13 und die Schleifer jeweils an die ADC-Eingänge an. Damit wird der A/D-

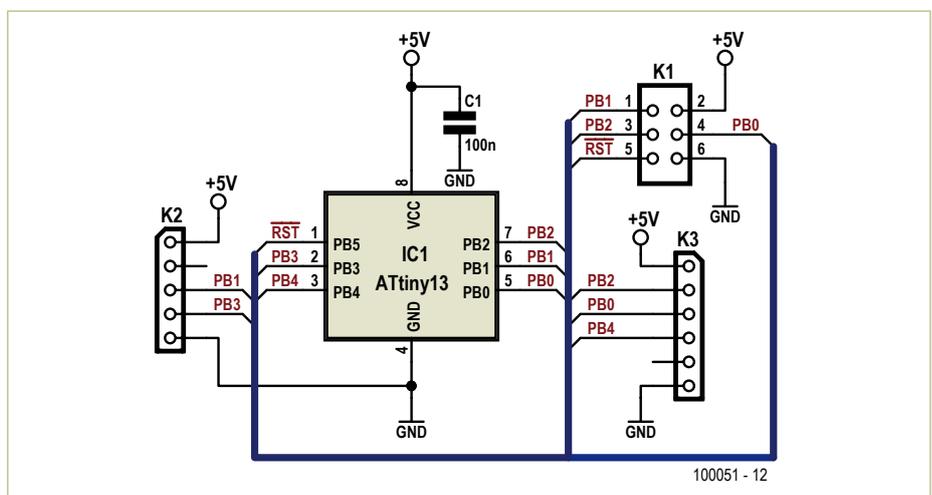


Bild 12. Schaltplan des Adapters zum Programmieren und Debuggen des ATtiny13-Controllers.

## Stückliste Programmier/Debugadapter

**Kondensatoren:**

C1 = 100 n

**Halbleiter:**

IC1 = ATtiny13-20PU (zum Programmieren/Debuggen)

**Außerdem:**

K1 = Stiftleiste 2x3 Pin  
 K2 = Stiftleiste gewinkelt 5-polig  
 K3 = Stiftleiste gewinkelt 6-polig  
 Platine 100051-2\*

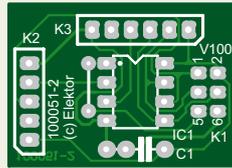


Bild 13. Bestückung der Adapterplatine.

gewandelte Wert unabhängig von der Versorgungsspannung, da Messwert wie Referenz zur Versorgungsspannung proportional sind. Sensoren, bei denen dies der Fall ist, nennt man auch ratiometrisch. Will man beispielsweise zwei Beschleunigungen messen, kann man den Sensor MMA7260 verwenden, der die Beschleunigungen als ratiometrische Spannung ausgibt. Es empfiehlt sich dann allerdings, eine Z-Diode oder einen kleinen 3V3-Spannungsregler zu verwenden, um die Betriebsspannung von Mikrocontroller und Sensor zu begrenzen.

Will man absolute Spannungen messen, hat man natürlich das Problem, dass die Versorgungsspannung unseres RFIDs - und damit auch die Referenzspannung - von der Entfernung abhängt. Man kann dann aber zum Beispiel mit einer Low-Power Referenz wie dem LM385 einem ADC-Kanal eine bekannte Spannung (2,5 V) zuführen, mit deren Hilfe man dann quasi die Versorgungsspannung messen kann. Damit lässt sich dann der zweite Kanal kalibrieren, so dass man mit ihm eine präzise Messung durchführen kann.

## Weblinks

[1] Fit mit RFID, Elektor Mai 2009

[www.elektor.de/080910](http://www.elektor.de/080910)

[2] Experimenteller RFID-Reader, ELEKTOR

September 2006

[www.elektor.de/060221](http://www.elektor.de/060221)

[3] Reader Chip 4095

[www.emmicroelectronic.com/webfiles/product/rfid/an/an404.pdf](http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/product/rfid/an/an404.pdf)

[4] EM4102 Datasheet

[www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/DS/EM4102\\_DS.pdf](http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/DS/EM4102_DS.pdf)

[5] RFIDs made easy

[www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/AN/AN411.pdf](http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/AN/AN411.pdf)

[6] Elektor-Webseite zu diesem Artikel

[www.elektor.de/100051](http://www.elektor.de/100051)

[7] Allgemeine RFID-Theorie

[www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/AN/Wireless.pdf](http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/AN/Wireless.pdf)

[8] Elektor Mikrocontroller-Special 4

[www.elektor-mc.de/4](http://www.elektor-mc.de/4)

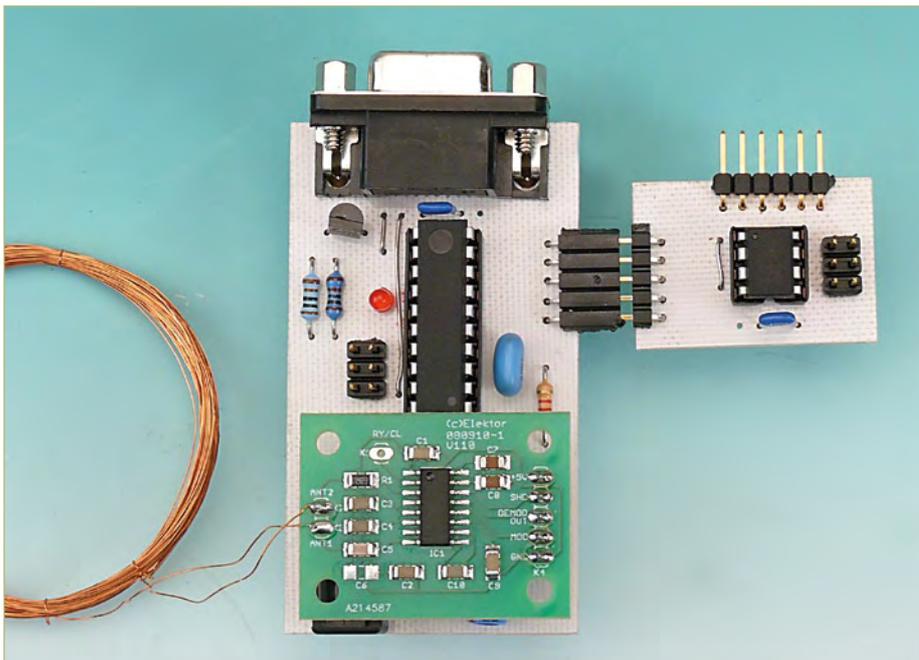


Bild 14. Die Adapterplatine kann zum Testen über eine Stiftleiste direkt mit der Readerplatine verbunden werden.

### Temperatursensor am RFID

Als letztes Beispiel soll der Anschluss eines Temperatursensors DS1820 von Dallas/Maxim mit 1-Wire-Interface vorgestellt werden. Das 1-Draht-Interface kann man gut in Software implementieren. Es ist aber relativ langsam. Während der Controller des RFIDs mit dem Temperatursensor DS1820 kommuniziert, kann er nicht gleichzeitig Daten senden. Er stoppt einfach damit. Das ist für den Reader kein Problem, da er in diesem Fall einfach länger auf die Präambel wartet. Nach der Kommunikation wird der Temperaturwert in eine Dezimalzahl gewandelt, welche in die ID eingebaut wird. So wird die RFID-Sensor-Temperatur vom Reader in Klartext ausgegeben. Bild 11 zeigt, wie ein DS1820 an die RFID-Platine angeschlossen wird. Prinzipiell kann man die Software natürlich auch erweitern, so dass mehrere Temperatursensoren oder andere 1-Draht-ICs ausgewertet werden.

### RFID-Sensor-Debugging

Die vorgestellten Beispiele zeigen, was mit dem Selbstbau-RFID alles möglich ist. Wenn

man eigene RFID-Ideen realisieren möchte, muss man die RFID-Software einfach testen und debuggen können. Am einfachsten geht das mit dem ISP Interface. Ein Problem dabei ist allerdings, dass der Controller des RFIDs nicht genügend Energie über die Spulen erhält, um ihn programmieren zu können.

Daher wurde die in **Bild 12** gezeigte Adapterschaltung entworfen. Der ATtiny13, in

Tabelle 1. Induktivität von runden Luftspulen				
D/mm	d/mm	N	L/μH (berechnet)	L/μH (gemessen)
50	0,25	100	1050	1000
50	0,25	75	608	577
50	0,25	40	184	170
25	0,12	150	1143	1000
25	0,12	100	529	470
25	0,12	80	346	310
25	0,12	75	306	273
23	0,12	80	313	275
20	0,12	100	405	360
30	0,12	50	175	160
100	0,25	65	1047	1130
D = Spulendurchmesser		d = Drahtdurchmesser		N = Windungszahl

**Listing 2. Interruptroutine für Codierung per PWM**

```

.org 3 ; timer 0 overflow jumps here
TIMOOV:
sbi PORTB,0 ; signalize interrupt routine starts
in SREGsave,SREG ; save status
cbi PORTB,0 ; end of test pulse
andi IntBit,1 ; test the bit
brne DOone ; and go to DOzero or DOone
DOzero:
out TCCR0A,PWMmode1 ; clear OC0B on compare match, set OC0B at TOP
ldi IntMail,1 ; signalize as fetched
out SREG,SREGsave ; restore status
reti
DOone:
out TCCR0A,PWMmode0 ; set OC0B on compare match, dclear OC0B at TOP
ldi IntMail,1 ; signalize as fetched
out SREG,SREGsave ; restore status
reti
    
```

dem die RFID- und Sensorsoftware steckt, kann über die ISP-Schnittstelle (K1 der Adapterplatine in **Bild 13**) programmiert werden, und an der Stiftleiste K3 können die gleichen Sensoren angeschlossen werden wie an K1 der RFID-Platine. Über die Buchsenleiste K2 wird der Adapter mit K4 der Reader-Platine verbunden. Der Reader versorgt dann den ATtiny13 mit dem 125-kHz-Takt und wertet die Daten aus, die der ATtiny13 auf PortB.1 ausgibt. Mit dieser Kombination erhält man eine gute Möglichkeit, die Software von Sensor-RFIDs zu testen.

(100051)

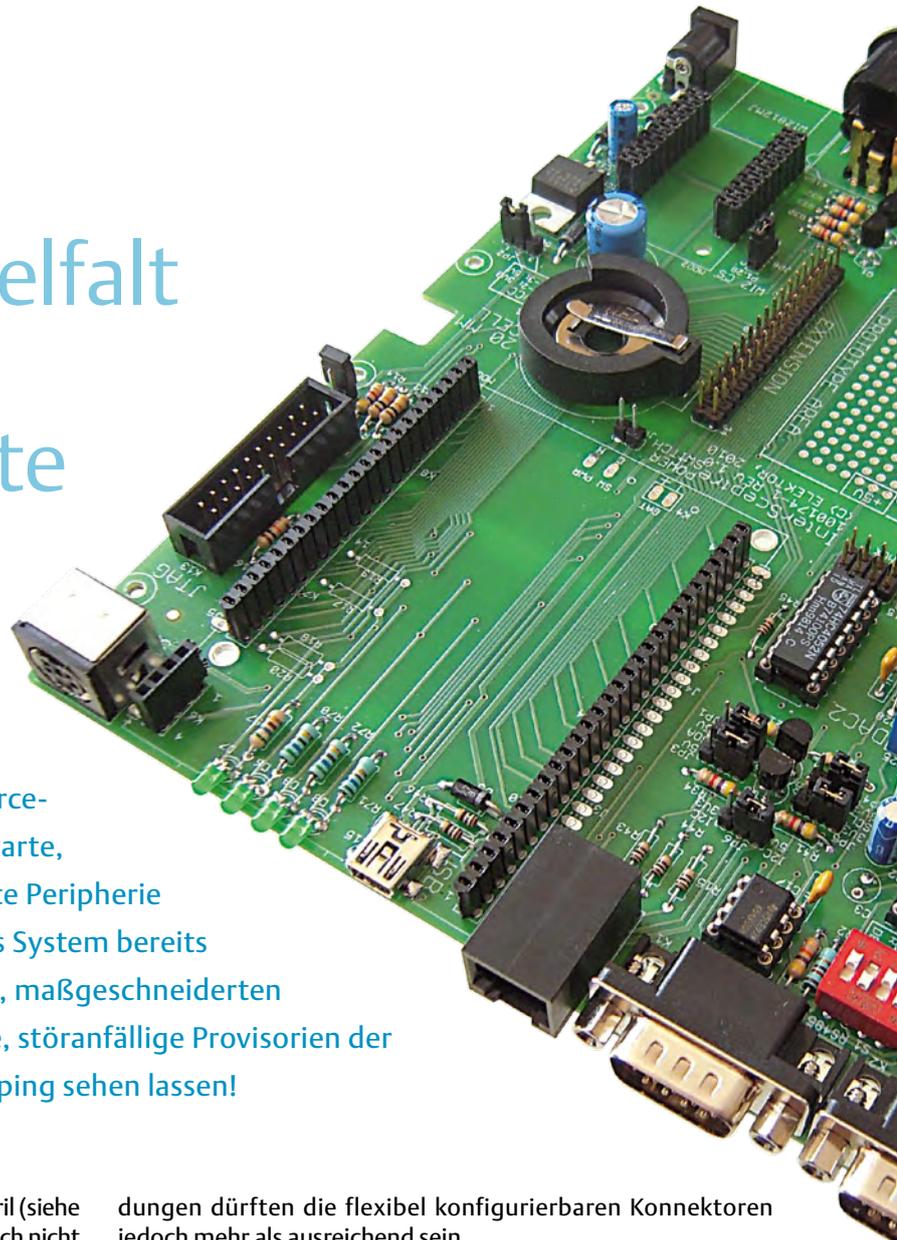
Tabelle 2. Datenformat der EM4102-RFIDs									
preamble	1	1	1	1	1	1	1	1	1
customer - id					0	0	0	0	0
					1	1	1	1	0
data0					0	0	0	1	1
data1					0	0	1	0	0
data2					0	0	1	1	0
data3					0	1	0	0	1
data4					0	1	0	1	0
data5					0	1	1	0	0
data6					0	1	1	1	1
data7					1	0	0	0	1
columnparity					0	1	1	0	0

# InterZepter

## Schnittstellen-Vielfalt auf der Erweiterungskarte

Von Clemens Valens (Redaktion F)

Im März und April dieses Jahres stellten wir das „Zepter“ vor, ein 32-bit-Mikrocontroller-System für Rapid Prototyping. Eine leistungsstarke Plattform ist dieses Open-Source-Projekt allemal. Doch mit einer Erweiterungskarte, die in vollem Umfang Zugriff auf die integrierte Peripherie erlaubt, wird noch viel mehr daraus. Wenn das System bereits im Entwicklungsstadium in einem schmacken, maßgeschneiderten Gehäuse untergebracht ist, gehören fliegende, störanfällige Provisorien der Vergangenheit an. So kann sich Rapid Prototyping sehen lassen!



Wenn Sie die Beiträge zum Thema „Zepter“ im März und April (siehe [1]) noch nicht gelesen haben, sollten Sie dies nachholen. Doch nicht nur für das Zepter, sondern auch für andere Mikrocontroller-Systeme ist „InterZepter“ eine universelle und vielseitige Ausbaustufe. Wünschenswert ist lediglich, dass die Platine des anderen Mikrocontroller-Systems auf den Platz passt, der für das Zepter vorgesehen ist. InterZepter arbeitet mit den Betriebsspannungen 3,3 V und 5 V, passend zu Systemen mit PIC-, AVR- und anderen verbreiteten Mikrocontrollern. Die Karte ist im Elektor-Shop erhältlich [6].

Die Ausstattung des InterZepter (Bild 1) lässt kaum Wünsche offen: Vorhanden sind zwei RS232-Ports, zwei RS485-Ports (oder ein RS422-Port), ein DMX512-Port, ein MIDI-Eingang und MIDI-Ausgang, ein I<sup>2</sup>C-Port, ein SPI-Port (oder PS/2-Port), Platz für ein WIZnet-Internetmodul, vier analoge Ausgänge (DAC), analoge Eingänge (ADC), digitale Eingänge und Ausgänge (GPIO, PWM), vier LEDs, eine JTAG-Schnittstelle, eine Knopfzellenfassung, ein kleines Versuchsfeld, ein multifunktionaler Erweiterungsport sowie die 5-V-Stromversorgung. Das alles befindet sich auf einer Platine, die in ein flaches Gehäuse mit den Abmessungen 18 x 20 x 5,4 cm passt.

Bevor wir in die Details gehen, noch ein Hinweis: Es lassen sich nicht sämtliche aufgezählten Funktionen gleichzeitig nutzen, denn die Anzahl der Anschlüsse ist begrenzt. Für die weitaus meisten Anwen-

dungen dürften die flexibel konfigurierbaren Konnektoren jedoch mehr als ausreichend sein.

### Im Detail

Wegen der vielen Schnittstellen und Anschlüsse ist die Schaltung des InterZepter (Bild 2) zwar umfangreich, jedoch nicht unübersichtlich.

#### RS232, RS485 und RS422

Die RS232- und RS485-Ports teilen sich zwei 9-polige D-Sub-Anschlüsse. Gewählt wurde die Stecker-Ausführung (männlich), damit die Kompatibilität zum seriellen PC-Port gewahrt bleibt. Das

Stecken von Verbindungen an K3 bis K6 ermöglicht es, den Mikrocontrolleranschlüssen die gewünschten COM-Ports flexibel zuzuweisen. Das Zepter ist lediglich mit zwei UARTs ausge-

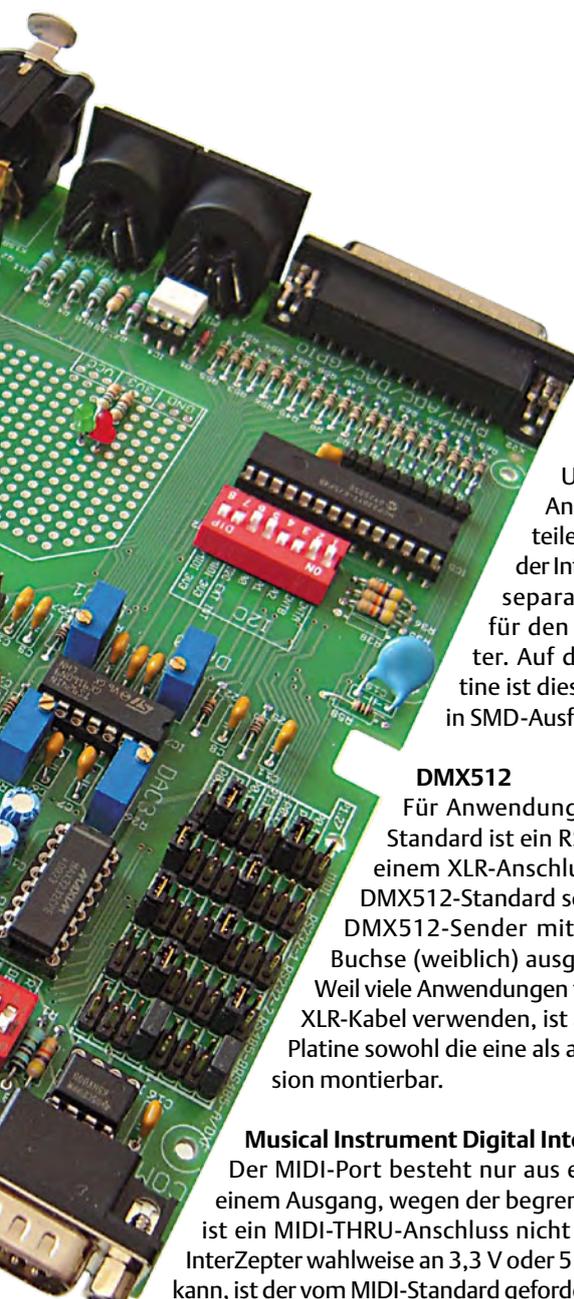
stattet, wobei ein UART primär für das Bluetooth-Modul reserviert ist. Notfalls kann das Bluetooth-Modul vom System abgekoppelt werden. Wenn die Anzahl der UARTs nicht reicht, sind weitere UARTs jederzeit durch Software implementierbar.

Arbeitet die Anwendung ausschließlich mit RS485-Schnittstellen, ist eine Konfiguration der Anschlüsse nicht notwendig. In diesem Fall müssen nur zwei DIP-Schalter in die passende Position gebracht werden. Mit zwei anderen DIP-Schaltern ist das Zuschalten von Abschlusswiderständen möglich. Da sich ein serieller Port und der

---

## Für fast alle Mikrocontroller

---



## Eigenschaften

- Für fast alle Mikrocontroller-Plattformen
- Anbindungsfähig an das Internet
- Zwei RS232-Ports, zwei RS485-Ports
- Kompatibel zu DMX512
- MIDI-Schnittstelle
- Vier analoge Ausgänge
- I<sup>2</sup>C, SPI, PS/2
- Digitale Eingänge und Ausgänge (CPIO, PWM)
- JTAG für das „Zepter“
- Betriebsspannungen 3,3 V und 5 V

USB-Port den USB-Anschluss des Zepfers teilen, befindet sich auf der InterZepter-Platine ein separater USB-Anschluss für den USB-Port des Zepfers. Auf der InterZepter-Platine ist dies das einzige Bauteil in SMD-Ausführung.

### DMX512

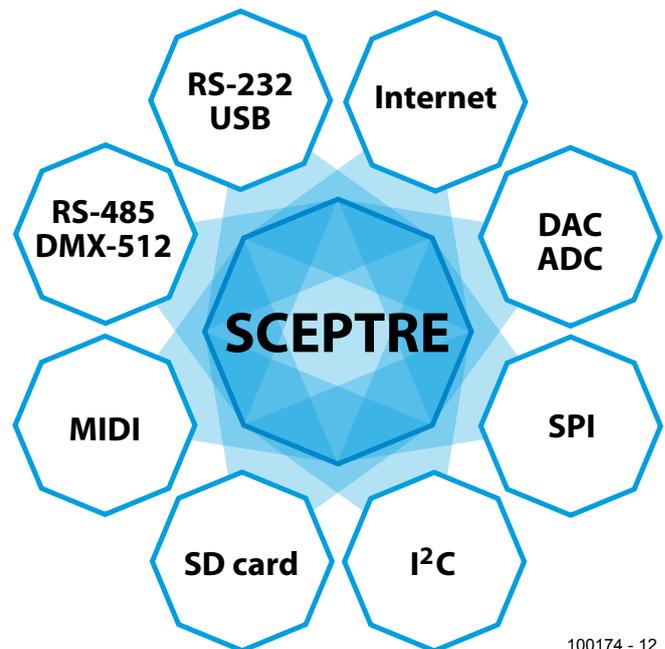
Für Anwendungen nach DMX512-Standard ist ein RS485-Port auch mit einem XLR-Anschluss verbunden. Der DMX512-Standard schreibt vor, dass ein DMX512-Sender mit einer fünfpoligen Buchse (weiblich) ausgestattet sein muss. Weil viele Anwendungen trotzdem dreipolige XLR-Kabel verwenden, ist auf der InterZepter-Platine sowohl die eine als auch die andere Version montierbar.

### Musical Instrument Digital Interface (MIDI)

Der MIDI-Port besteht nur aus einem Eingang und einem Ausgang, wegen der begrenzten Platinenfläche ist ein MIDI-THRU-Anschluss nicht vorhanden. Da das InterZepter wahlweise an 3,3 V oder 5 V betrieben werden kann, ist der vom MIDI-Standard geforderte Ausgangsstrom von 5 mA mit zwei DIP-Schaltern einstellbar. Wenn die DIP-Schalter in Position „3,3 V“ stehen, während die Karte an 5 V betrieben wird, sind trotz der höheren Spannung keine Defekte zu erwarten. In diesem Fall beträgt der Ausgangsstrom etwa 10 mA, ein Wert, den fast alle Optokoppler unbeschadet vertragen. Der MIDI-Port benutzt die gleichen Mikrocontroller-Ports wie die RS232- und RS485-Anschlüsse.

### SPI, PS/2 und Internet

Zum Sammeln praktischer Erfahrungen mit SPI-Ports bietet die InterZepter-Platine eine sechspolige Mini-DIN-Buchse an. Die Anschlussbelegung entspricht der PS/2-Buchse, hier können eine alphanumerische Tastatur, eine Maus oder beides angeschlossen werden. Der SPI-Port wird mit dem Internet-Modul WIZ812M geteilt. Die Eigenschaften dieses Moduls, in dem ein TCP/IP-Hardware-Stack implementiert ist, sind auf [2] nachzulesen. Für die Kommunikation mit Mikrocontrollern ist das WIZnet-Modul mit mehreren Schnittstellen ausgestattet, benutzt wird hier der SPI-Port. Die Betriebsspannung des Moduls beträgt 3,3 V, trotzdem sind an den Eingängen Signalspannungen bis 5 V zulässig. Allerdings können die Pegel der Ausgangssignale (MISO und INT) zu niedrig liegen, falls der Mikrocontroller an 5 V arbeitet. Aus diesem Grund wurden zwei einfache Pegelwandler hinzugefügt. Pegelwandler können die



100174 - 12

Bild 1. Übersicht über die Schnittstellen und Funktionen der „InterZepter“-Erweiterung.

maximale Übertragungsgeschwindigkeit herabsetzen. Von ihnen soll deshalb nur Gebrauch gemacht werden, wenn sie tatsächlich notwendig sind. Solange bei der Betriebsspannung 3,3 V keine Fehlfunktionen auftreten, werden die Transistoren Q1 und Q2 durch Drahtbrücken ersetzt.

Ferner ist zu beachten, dass die InterZepter-Platine keine Spannung von 3,3 V bereitstellt, denn diese Spannung ist bereits auf der Zepter-Platine vorhanden. Deshalb muss ein fremdes (an 5 V betriebenes) Mikrocontrollerboard ebenfalls eine Spannung von 3,3 V liefern können, falls es mit dem WIZnet-Modul zusammenarbeiten soll.

### DAC und MUX

An Bord des Zepfers befindet sich ein 10-bit-D/A-Wandler. Die Einsatzmöglichkeiten werden durch einen analogen Vierkanal-Demultiplexer erweitert. Damit erhält das InterZepter vier analoge Ausgänge, sie sind über den 25-poligen D-Sub-Steckverbinder K22 zugänglich. Die Betriebsspannung der Ausgangsstufen beträgt immer 5 V, so dass auch 3,3-V-Systeme analoge Ausgangssignale bis 5 V liefern können. Die Verstärkung lässt sich mit einem Mehrgang-Poti einstellen. Wenn die Verstärkung immer 1 betragen soll, ist das Mehrgang-Poti entbehrlich. In diesem Fall werden die invertierten Eingangssignale auf direktem Weg an die Ausgänge gelegt. Baustein IC6 ist ein zweifacher (De-)Multiplexer. Damit der zweite Multiplexer nicht brach liegt, ist er über einen achtpoligen Steckver-

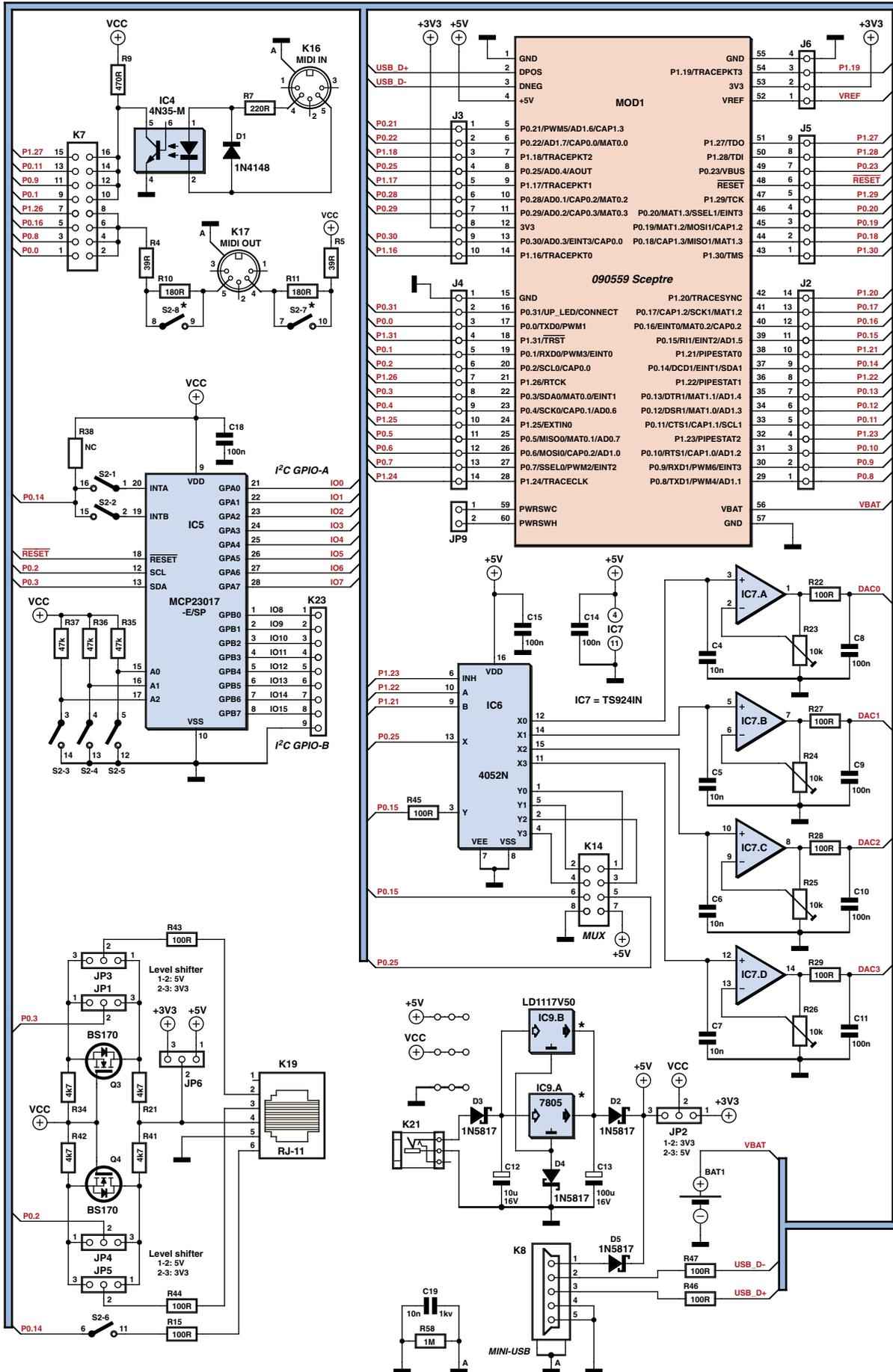
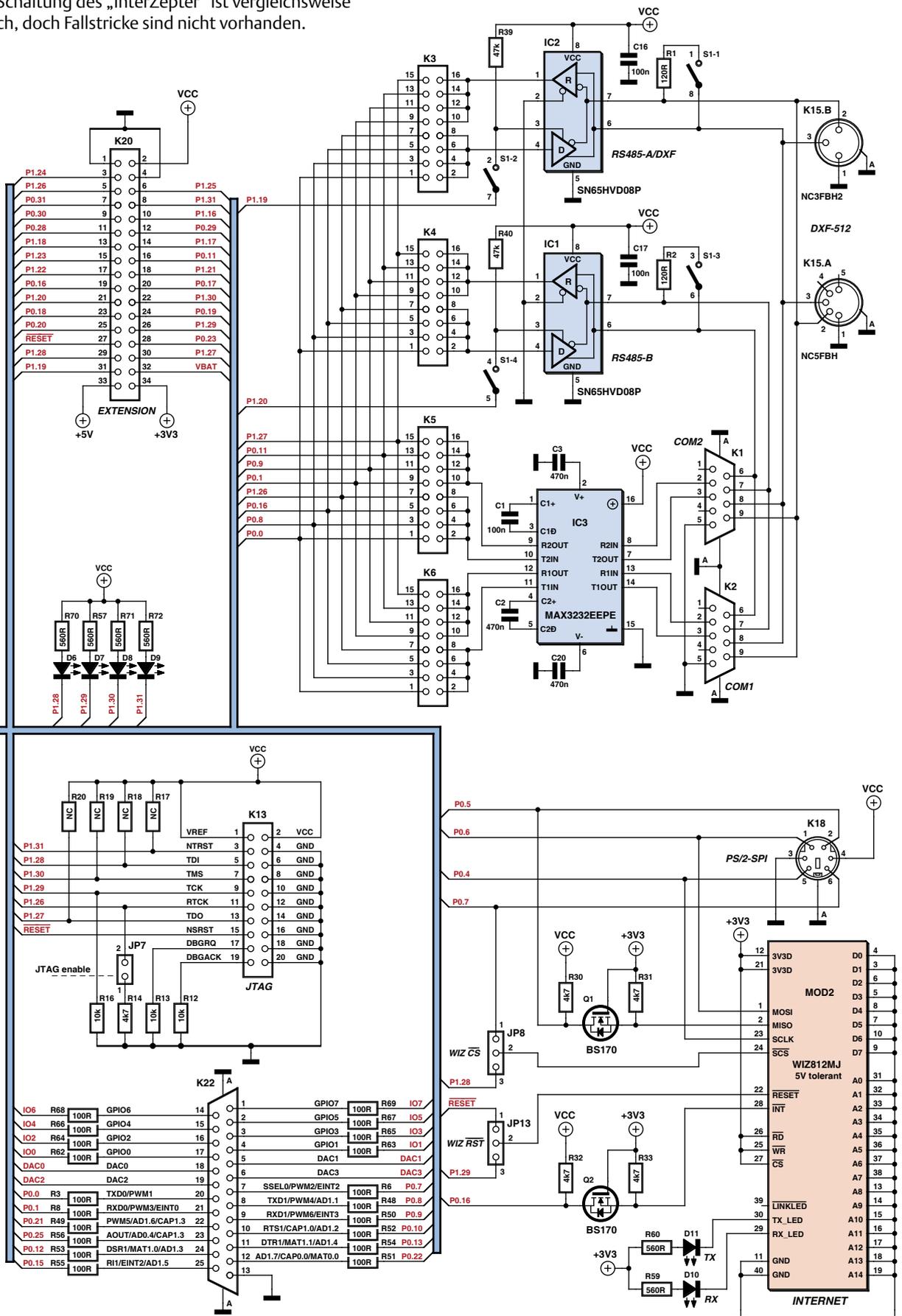


Bild 2. Die Schaltung des „InterZepfer“ ist vergleichsweise umfangreich, doch Fallstricke sind nicht vorhanden.



100174 - 11

binder zugänglich. Über den Steckverbinder kann dieser Multiplexer mit dem DAC-Ausgang oder einem analogen Eingang des Zepters verbunden werden, im Bedarfsfall auch mit beiden.

## I<sup>2</sup>C und GPIO

Ein I<sup>2</sup>C-Port des Zepters (zwei sind vorhanden) steht unabhängig von anderen Funktionen für beliebige Zwecke zur Verfügung. Dieser I<sup>2</sup>C-Port ist über eine Pegelanpassung an einer sechspoligen RJ11-Buchse zugänglich. Es ist möglich, ein externes, an 3,3 V arbeitendes Gerät mit I<sup>2</sup>C-Schnittstelle (beispielsweise einen Nunchuck-Controller des Nintendo Wii) an einer InterZepter-Platine anzuschließen, die an 5 V (oder 3,3 V) arbeitet, oder umgekehrt. Das **Portable Mini-Terminal** des auf [3] beschriebenen Modellbau-Motorenprüfstands, das an 5 V betrieben wird, ist zusammen mit dem an 3,3 V arbeitenden Zepter betriebsfähig. Das Mini-Terminal stellt ein vierzeiliges LC-Display, einen Dreh-Encoder, fünf Drucktaster und einen Beeper bereit, es wird über I<sup>2</sup>C gesteuert. Die Pegelanpassung geht auf einen Vorschlag von NXP (Philips) zurück [4]. Die Methode ist bemerkenswert, denn der Pegelwandler arbeitet bidirektional.

Als Beispiel soll das Signal SDA (P0.3) bei der Betriebsspannung  $V_{CC} = 3,3\text{ V}$  betrachtet werden, während die Spannung am Ausgang 5 V beträgt (alle Jumper haben die Positionen 1-2). Wenn SDA in seiner Funktion als Ausgang die Spannung 0 V an die Source von MOSFET Q3 legt, leitet Q3, so dass sein Drain-Anschluss ebenfalls auf 0 V liegt. Geht SDA auf 3,3 V, sperrt Q3, der Drain-Anschluss wird von Pullup-Widerstand R34 auf 5 V gezogen.

In umgekehrter Signalrichtung (SDA als Eingang) verhält sich die Pegelanpassung wie folgt: Wenn am Drain-Anschluss 0 V liegt, leitet die interne Diode des MOSFET Q3. Sein Source-Anschluss wird nach 0 V gezogen, so dass SDA an 0 V liegt. Das hat zur Folge, dass die Spannung  $V_{gs}$  steigt, der MOSFET wird leitend, und SDA bleibt auf 0 V. Wenn der Drain-Anschluss auf 5 V geht, sorgt R34 dafür, dass die Eingangsspannung an Eingang SDA 3,3 V beträgt.

Der I<sup>2</sup>C-Port ist ferner mit einem Port-Expander von Microchip verbunden, er ist mit den Signalspannungen 3,3 V und 5 V kompatibel. Hier ist eine Pegelanpassung nicht erforderlich. Der Baustein hat 16 programmierbare Eingänge oder Ausgänge, er ist fähig, Interrupts auszulösen und bietet vieles mehr. Da die Schnittstelle I<sup>2</sup>C-konform ist (auch eine SPI-Version wird angeboten), muss eine Adresse zugewiesen werden. Das geschieht mit drei Schaltern. Die oberen vier Bit sind im Baustein fest eingestellt, die Adresse lautet immer 0010xxx. Die Werte von „xxx“ sind mit den Schaltern einstellbar, so dass Adressen von hexadezimal 0x20 bis 0x27 gewählt werden können. Port A des Expander-Bausteins ist über den 25-poligen D-Sub-Steckverbinder zugänglich, während Port B an K23 liegt, einem 9-poligen Steckverbinder.

## JTAG, LEDs und andere Komponenten

Die Kontakte des JTAG-Anschlusses sind gemäß ARM-Spezifikation belegt, was bedeutet, dass zum JTAG-Anschluss 20 Leitungen mit

optionalen Pullup-Widerständen gehören. Damit das Zepter im JTAG-Modus arbeitet, muss Jumper JP7 gesteckt sein, bevor das System startet.

Bestimmte Signale des JTAG-Ports werden von vier LEDs sichtbar gemacht. Die LEDs müssen im 90°-Winkel unter dem Zepter montiert werden, weil sie sonst verdeckt sind. Falls die LEDs die JTAG-Kommunikation stören, muss auf sie verzichtet werden.

Der 25-polige D-Sub-Steckverbinder K22 ist mit diversen Mikrocontroller-Portleitungen verbunden. Dazu gehören die PWM-Ausgänge, bestimmte analoge Eingänge, analoge Ausgänge, Interrupt-Leitungen sowie allgemein verwendbare Eingänge und Ausgänge. Die Leitungen werden durch Widerstände gegen Überströme geschützt. Diese Maßnahme kann jedoch nicht vor allen Gefahren schützen, die beim Anschließen oder Trennen der Steckverbindung bei laufendem Betrieb bestehen.

Steckverbinder K20 ist für Erweiterungen vorgesehen, die 34 Leitungen stellen Verbindungen mit anderen Mikrocontroller-Anschlüssen her. Diese Leitungen sind ungeschützt, hier ist bei laufendem Betrieb noch höhere Vor-

sicht geboten. K20 ist gegenüber einem kleinen Versuchsfeld angeordnet, auf dem bei Bedarf weitere Komponenten montiert werden können. Auf jeder Kartenseite stellt eine Lötspur-Reihe den Zugang zu allen Mikrocontroller-Signalen her.

## Stromversorgung

Während der Entwicklung von Anwendungen ist das System in der Regel mit dem USB-Port eines Computers verbunden. Unabhängig davon, ob das USB-Kabel an der Zepter- oder InterZepter-Platine angeschlossen ist, übernimmt der Computer über das USB-Kabel die gesamte Stromversorgung. Nur für den Fall, dass keine USB-Verbindung möglich oder nötig ist, oder wenn der Strombedarf die zulässige Stromentnahme am USB-Port übersteigt, ist auf der InterZepter-Platine eine eigene 5-V-Stromversorgung vorhanden. Dort können wahlweise zwei Regler-Typen montiert werden, ein 7805 oder ein LDO-Regler wie der 1117. Leider besitzen beide Bauteile eine unterschiedliche Anschlussbelegung, bei der Montage ist unbedingt auf korrekte Positionierung zu achten!

Die Stromversorgung der Karte hat Vorrang vor der 5-V-Leitung der USB-Verbindung, denn Diode D4 hält die Regler-Ausgangsspannung ungefähr 0,3 V über der vom USB-Port kommenden Spannung. Die übrigen Dioden (D2, D5 sowie D2 auf der Zepter-Platine) leisten Unterstützung. Bei der Versorgung aus dem USB-Port beträgt die Betriebsspannung nicht 5 V, sie liegt bei 4,7 V, was für manche Anwendungen wichtig sein kann. Nur wenn die Betriebsspannung von der Stromversorgung auf der Platine bezogen wird, beträgt sie genau 5 V. Mit Jumper JP2 kann die Betriebsspannung  $V_{CC}$  der InterZepter-Platine gewählt werden. Wie schon erwähnt, wird die Spannung 3,3 V von der Zepter-Platine bezogen. Wenn anstelle des Zepters eine andere Mikrocontroller-Platine zum Einsatz kommt, muss (wenn nötig) die Spannung 3,3 V auf anderem Weg erzeugt werden.

Eine kleine Unvollkommenheit des Zepters besteht darin, dass die

# Open-Source-Hardware und -Software

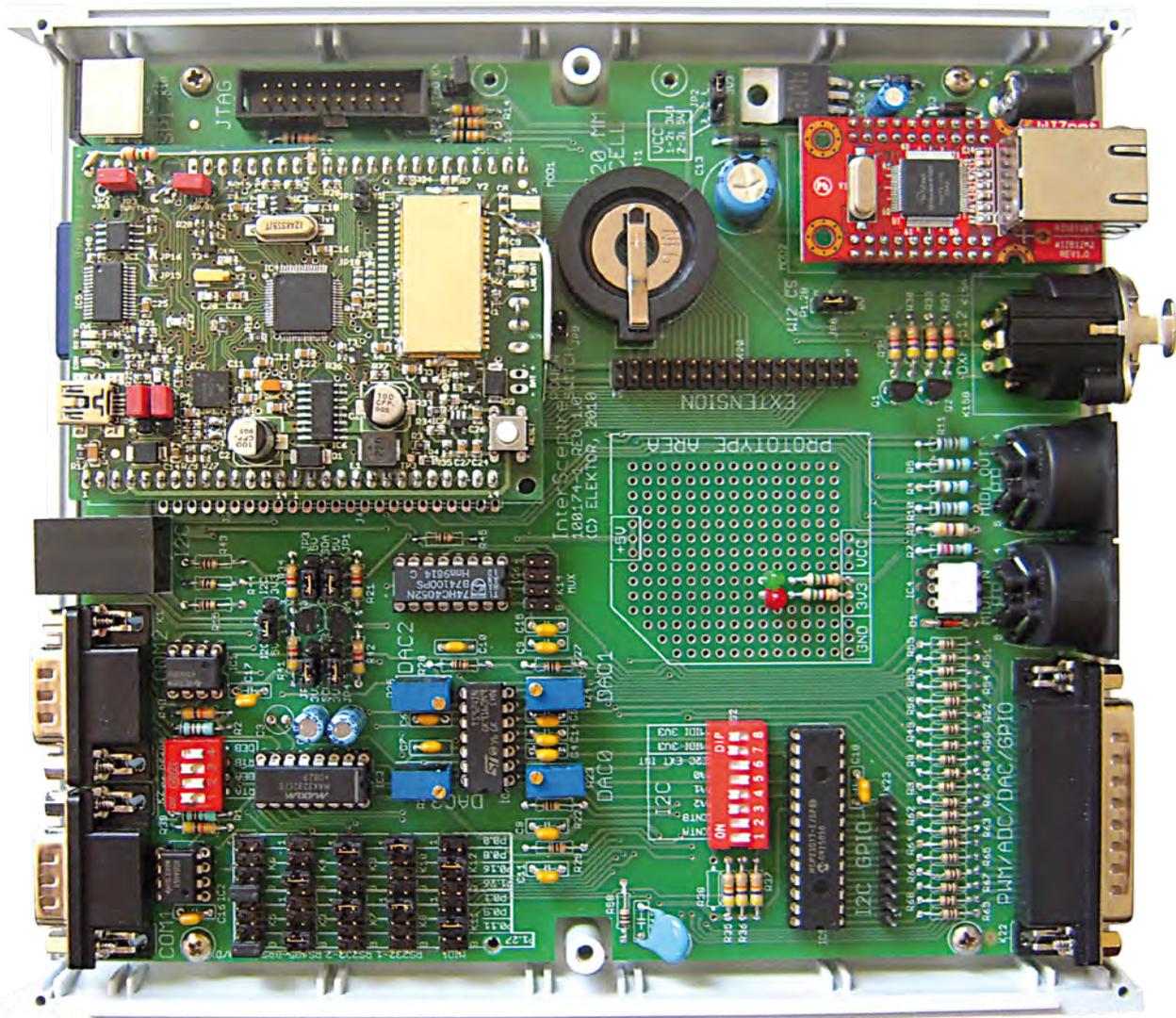


Bild 3. Hier sind das „Zepter“, die „InterZepter“-Karte und das Internetmodul WIZ812M) miteinander vereint.

Spannung des Akkus nicht auf einen Steckverbinder geführt ist. Für den Betrieb mit einer anderen Mikrocontroller-Karte ist auf dem InterZepter-Board ein Knopfzellenhalter vorhanden. Wichtig: Wenn der Akku des Zepters mit der InterZepter-Platine verbunden ist, darf sich im Halter keine Knopfzelle befinden!

An JP9 kann ein Schalter angeschlossen werden, der die Stromversorgung unterbricht. Der Schalter kann beispielsweise bei Akkubetrieb nützlich sein. Die Schalteranschlüsse des Zepters müssen mit den Schalteranschlüssen des InterZepter verbunden werden, sie befinden sich in übereinstimmenden Positionen.

### Letzte Hinweise

Auf der InterZepter-Platine sind außer der USB-Buchse keine SMD-Bauelemente vorhanden. Natürlich können nicht benötigte Bauelemente weggelassen werden, zum Beispiel unbenutzte Steckverbinder. Oft lassen sich dadurch nicht unerhebliche Kosten einsparen. Die InterZepter-Platine wurde für den Einbau in ein Gehäuse entworfen, das nicht nur Schutz bietet, sondern dem System gleichzeitig ein professionelles Aussehen gibt. Das Gehäuse ist das Modell 935.5 (weiß) oder 935.9 (schwarz) von Teko [5], das aus zwei Kunst-

stoffschalen (wichtig für Bluetooth!) und zwei Metallplatten für die Front- und Rückseite besteht.

Ebenso wie das Zepter ist auch die Erweiterungsplatine InterZepter ein Open-Source Hardware- und Software-Projekt. Auf der Elektor-Website [6] stehen die Eagle-Dateien der Schaltung und der Platine sowie die Stückliste zum freien Download bereit. Außerdem sind dort einige Tools zu finden, mit denen das InterZepter in Betrieb genommen und getestet werden kann.

(100174)gd

### Weblinks

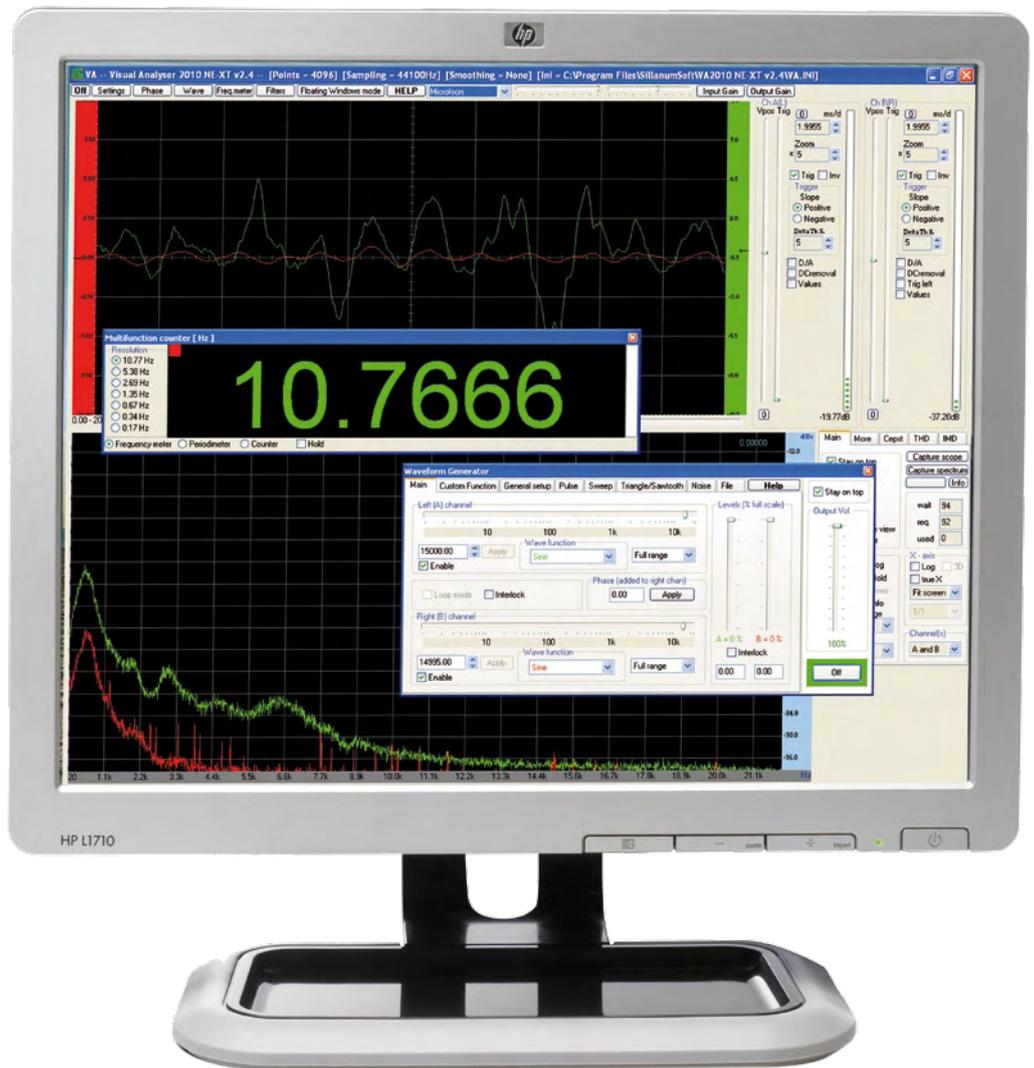
- [1] [www.elektor.de/090559](http://www.elektor.de/090559)
- [2] [www.elektor.de/090607](http://www.elektor.de/090607)
- [3] [www.elektor.de/080253](http://www.elektor.de/080253)
- [4] <http://ics.nxp.com/support/documents/interface/pdf/an97055.pdf>
- [5] [www.teko.it/en/prodotti/famiglia/FP/serie/30](http://www.teko.it/en/prodotti/famiglia/FP/serie/30)
- [6] [www.elektor.de/100174](http://www.elektor.de/100174)

# Messen zum Nulltarif

## Kostenlose Software für den PC

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Für den, der elektronische Systeme entwickelt, gehören Messgeräte zum notwendigen Handwerkszeug. Der Messgerätepark eines Entwicklungslabors kann ein Vermögen kosten, doch es gibt auch einiges umsonst. Zum Messen niederfrequenter Signale genügt oft der vorhandene PC, zusammen mit Programmen, die aus dem Internet frei heruntergeladen werden können.



In der Mess- und Regelungstechnik werden die Aufgaben zunehmend mit dem PC gelöst. Für den Einsatz in diesem Bereich sind viele spezielle Programme und Hardware-Module erhältlich. Auch autonome Mess- und Regelungssysteme gehen häufig diesen Weg. Entwickelt auf bewährten Computer-Plattformen bilden Hardware und Software nach außen geschlossene Systeme. Solange es nicht um hochfrequente oder breitbandige Signale geht, kann der vorhandene PC zusammen mit den richtigen Programmen ein messtechnisches System bilden. Der PC wird zum Signalgenerator, der unterschiedliche Signalformen erzeugt, oder er wird zum Oszilloskop, das die Sig-

nale großflächig darstellt. Die Frequenzen der generier- und darstellbaren Signale umfassen mindestens den Audio-Bereich. Nachfolgend stellen wir ausschließlich freie oder für den privaten Gebrauch kostenlose Software vor. Einige Programme sind für den privaten Gebrauch und den nicht kommerziellen Einsatz in Unterricht und Studium frei, während die kommerzielle Nutzung den Erwerb einer Lizenz voraussetzt.

### Was brauche ich?

Mit jedem PC, der einigermaßen dem Stand der Technik entspricht, ist das Messen niederfrequenter analoger Signale und das Erzeugen von Audio-Signalen möglich. Als Betriebs-

system ist Windows die beste Wahl, wobei der Version XP der Vorzug zu geben ist. Mit XP laufen selbst uralte Programme fast immer problemlos. Für andere Betriebssysteme wie Linux oder Mac OS ist das Angebot an Mess- und Regelungs-Software begrenzt.

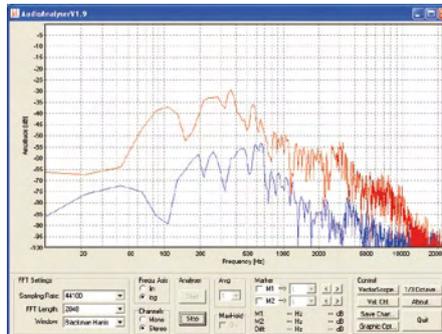
Im PC müssen ein Soundchip oder eine Soundkarte eingebaut sein. Von ihren Eigenschaften hängen maßgeblich die Grenzen ab, die dem PC als Messsystem gesetzt sind. Im Lauf der Jahre wurden die Soundchips und Soundkarten ständig weiterentwickelt. Sogar preiswerte PC-Hauptplatinen sind heute nicht selten mit Soundchips ausgestattet, deren Frequenzobergrenze bei 96 kHz liegt. Wer im Begriff ist, eine

Soundkarte anzuschaffen, sollte zu einem Exemplar mit der oberen Sample-Frequenz 192 kHz und der Auflösung 24 bit greifen. Solche Soundkarten sind gegenwärtig ab etwa 100 € erhältlich.

Die Sound-Anschlüsse des PC sind meistens als Klinken- oder Cinch-Buchsen ausgeführt, in der Messtechnik sind diese Buchsen ungebräuchlich. Zweckmäßig sind hier Adapterkabel, die auf der einen Seite mit 3,5-mm-Klinkensteckern und auf der anderen Seite mit BNC-Kupplungen bestückt sind. An eine BNC-Kupplung kann beispielsweise ein übliches Oszilloskop-Messkabel angeschlossen werden. Achtung: Der Messkabel-Tastkopf darf das zu messende Signal nicht abschwächen! Ein Adapterkabel „Klinkenstecker-nach-BNC“ ist auch für den Sound-Ausgang verwendbar, ebenfalls gute Dienste leistet ein Adapterkabel „Klinkenstecker-nach-Bananenbuchsen“. Wenn mit dem Soundchip oder der Soundkarte Messungen vorgenommen werden, muss unbedingt dem Eingangsspannungsbereich Rechnung getragen werden. Meistens liegt die Grenze bei  $\pm 0,5$  V, durch höhere Eingangsspannungen werden die A/D-Wandler übersteuert. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Eingangsimpedanzen vergleichsweise niedrig liegen. Sie betragen oft nur wenige  $k\Omega$ , so dass die Messobjekte wesentlich stärker als durch einen Oszilloskop-Eingang belastet werden. Zum Messen schwacher Signale bietet sich der Mikrofon-eingang an. Hier ist zu beachten, dass am Mikrofoneingang in der Regel eine Gleichspannung liegt, die ein angeschlossenes Elektret-Mikrofon versorgen muss.

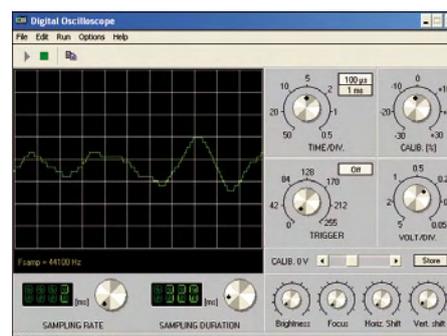
Die Ausgänge sind nur wenig belastbar, beispielsweise können Lasten mit der Impedanz  $50 \Omega$  nicht unmittelbar an einen Line-Ausgang angeschlossen werden. In solchen Fällen kann ein kleiner Endverstärker weiterhelfen. Das kann zum Beispiel der Verstärker einer ausgedienten aktiven PC-Lautsprecherbox sein. Die Frequenzcharakteristik des Verstärkers muss möglichst linear verlaufen, was mit einem der nachfolgend vorgestellten Programme überprüfbar ist.

**Oszilloskope und Audio-Analyser**  
**Audio Analyser V1.9 (1)** von Sebastian Dunst ist ein Spektrum-Analyser für Audio-Signale mit nützlichen Extras. Das Free-



ware-Programm führt Frequenzanalysen in Echtzeit durch. Die Sampling-Frequenz, die FFT-Länge und das FFT-Fenster lassen sich unkompliziert einstellen. Auf Wunsch werden Mittelwerte von Messergebnissen gebildet. Im Frequenzgang können zwei Marker gesetzt werden, bei den markierten Frequenzen werden die Signalamplituden kontinuierlich gemessen. Eine nützliche Hilfe ist das Vektorskop, das Phasendifferenzen zwischen linkem und rechtem Kanal sichtbar macht. Ein Dritteloktaven-Analyser gehört ebenfalls zum Zubehör. Die Messergebnisse können in einer Datei gespeichert werden. Die Reaktionszeit des FFT-Analysers ist erstaunlich kurz, insbesondere auf leistungsstarken Computern.

**BIP Oscilloscope (2)** heißt ein Programm von Marcel Veldhuijzen, das inzwischen mehr als zehn Jahre alt ist und verglichen mit anderen Programmen vielleicht etwas weniger Möglichkeiten bietet. Doch unter Windows XP läuft das Oszilloskop problemlos. Die Bedienung der Funktionen mit den virtuellen Drehknöpfen ist intuitiv. Beim Betrieb dieses Oszilloskops entsteht der Eindruck, dass es sich unter Windows XP



spürbar träger verhält als vergleichbare Programme. Auch die Signaldarstellung scheint weniger detailliert zu sein. Natürlich kann das daran liegen, dass das Programm schon etwas betagt ist.

**Funktionsgeneratoren**

**Audio Sweeppen (3)** ist ein übersichtliches Programm, das von seinem Autor



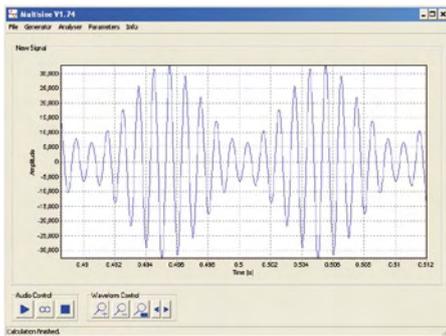
David Taylor speziell zum Generieren von Audio-Schwebungen geschrieben wurde. Das schwebende Signal kann Sinus- oder Rechteckform haben. Es gibt Einstellhilfen für häufig vorkommende Schwebungsbereiche, zum Beispiel für den Sprachbereich. Die Start- und Stoppfrequenzen lassen sich auch von Hand einstellen. Die Schwebungsgeschwindigkeit ist in weiten Grenzen variabel. Wahlweise verläuft die Schwebung logarithmisch oder linear. Ein zuschaltbarer Halboktaven-Marker ergänzt die Ausstattung.

Der **BIP Sine Wave Generator (4)** ist ein einfacher Sinusgenerator, bei dem die Frequenz und Amplitude mit virtuellen Drehknöpfen



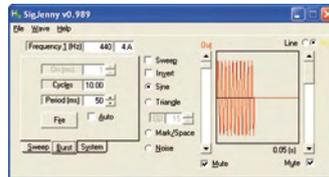
eingestellt werden (die Frequenz kann auch schweben). Das Programm stammt vom gleichen Autor und aus der gleichen Zeit wie das „Bip Oscilloscope“, es ist etwas in die Jahre gekommen. Trotzdem läuft es auf nahezu allen PCs problemlos. Beim Test haben wir gelegentliche Signalverformungen beobachtet, die sich stets durch Anklicken des Mute-Schalters beheben ließen.

Der Funktionsgenerator **Multisine V1.74** (5) ist ebenso wie der „Audio Analyzer V1.9“ ein Produkt von Sebastian Dunst. Das Programm



überzeugt durch seine überdurchschnittliche Vielseitigkeit. Schon der Bezeichnung „Multisine“ ist entnehmbar, dass das Programm Signale generiert, die aus mehreren Sinussignalen zusammengesetzt sind. Für jedes einzelne Grundsignal lassen sich die Frequenz, die Amplitude und die Phasenlage separat einstellen. Auch die für Funktionsgeneratoren typischen Standard-Signalformen Sinus, Rechteck, Dreieck und Sägezahn stehen zur Verfügung. Die Signale können zwischen zwei Frequenzen schweben, und sogar amplituden- und frequenzmodulierte Signale liegen im Bereich des Möglichen. Ferner kann das Programm weißes oder rosa Rauschen erzeugen. Der eingebaute Frequenz-Analyser gibt Aufschluss über die Frequenzverteilung des generierten Signals. Die Signalform wird in einem Fenster ähnlich einem Oszilloskop dargestellt.

**SigJenny** (6) ist ein kleiner Funktionsgenerator, der vielleicht zunächst etwas unscheinbar wirkt, doch der Schein trügt. Natürlich können auch hier Sinus-, Rechteck-, Dreieck- und Sägezahnsignale erzeugt werden. Eine Besonderheit liegt darin, dass sich die

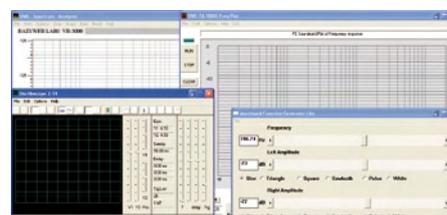


Form eines Dreiecksignals so verändern lässt, dass es kontinuierlich in die Form eines Sägezahnsignals übergeht. Signale können zwischen zwei Frequenzen schweben, die Schwebung kann linear oder logarithmisch in eine Richtung oder bidirektional verlaufen. Das Programm erzeugt Signal-Bursts, wobei die Burst-Frequenz, die Anzahl der Perioden eines Bursts sowie die Frequenz der Burst-Folge einstellbar sind. Ein kleines Fenster vermittelt eine Vorstellung von der Form des erzeugten Signals. Ein weiteres, nicht überall anzutreffendes Feature ist das Messen der Frequenzcharakteristiken von Lautsprechern mit Hilfe eines Mikrofons. Natürlich darf nicht höchste Präzision erwartet werden, doch für überschlägige qualitative Messungen reicht es allemal.

## Multifunktionspakete

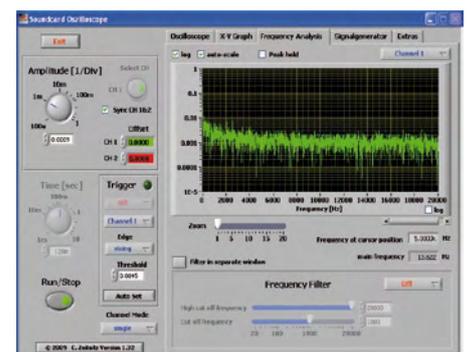
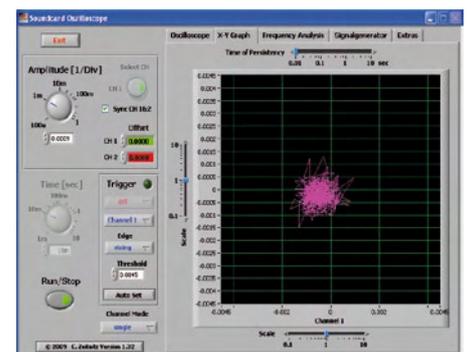
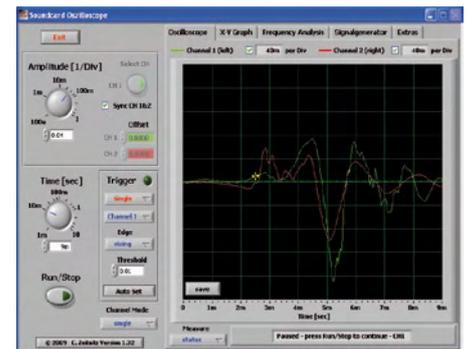
Damit sind Programmkombinationen gemeint, die mehrere virtuelle Geräte enthalten, zum Beispiel ein Oszilloskop und einen Funktionsgenerator.

**Audio Test Bench** (7) heißt ein kleines Bündel einzelner Programme, das der Internet-Shop „HigherFi.com“ zum kostenlosen Download bereitgestellt hat. Der Shop ist für sein beachtliches Angebot an High-end-Audio-Equipment bekannt. Das virtuelle Oszilloskop wurde vor Jahren von einem russischen Studierenden als Freeware veröffentlicht. Inzwischen kann es in einer überarbeiteten Version unter dem Namen „Zeloscope“ für einen geringen Betrag erstanden werden. Ferner gehören zum Programmpa-



ket ein Spektrum-Analyser, der von Dazyweb Labs stammt, ein einfacher Tongenerator, bei dem nur die Signalform, die Frequenz und die Amplitude einstellbar sind, sowie ein Frequenzplotter (ebenfalls von Dazyweb Labs), mit dem Frequenzverläufe aufgezeichnet werden können. Alle Programme sind zwar nicht brandneu, doch es kann sich lohnen, im Bedarfsfall darauf zurückzugreifen.

Das **Soundcard Scope** (8) ist eine bemerkenswerte messtechnische Applikation, die von Christian Zeitnitz vollständig in LabView entwickelt wurde. Das Erscheinungsbild ist einem realen Oszilloskop nachempfunden, alle gebräuchlichen Funktionen sind vorhan-





den. Die Empfindlichkeit und die Zeitbasis werden mit Drehknöpfen eingestellt, die mit der Maus bedienbar sind. Auf Änderungen des Eingangssignals reagiert das Programm so schnell, dass der Eindruck eines realen Oszilloskops entsteht. Ein Mausklick genügt, um von der klassischen Ansicht auf die X/Y-Darstellung umzuschalten, in der beispielsweise Lissajous-Figuren sichtbar werden. Ein anderer Mausklick schaltet auf das FFT-Fenster um, in dem das Programm eine Fourier-Analyse des Eingangssignals durchführt. Das nächste eingebundene Gerät ist ein Zweikanal-Funktionsgenerator, bei dem die Hauptfunktionen ebenfalls über virtuelle Drehknöpfe zu bedienen sind. Zur Wahl stehen die Signalformen Sinus, Rechteck, Dreieck, Sägezahn und weißes Rauschen. Die Signalfrequenzen können zwischen zwei Eckwerten schweben. Hinter den „Extras“ verbergen sich die Einstellungen der Soundkarte sowie ein Audio-Recorder, mit dem das gemessene oder generierte Signal im WAV-Format gespeichert werden kann.

**Visual Analyser** (9) hat ein italienischer Autor sein Projekt genannt, das durch die ungewöhnliche Vielzahl seiner Funktionen auffällt. Nach dem Start erscheinen auf dem Bildschirm zwei großflächige Fenster. Ein Fenster stellt ein virtuelles Zweikanal-Oszilloskop dar, während das andere Fenster die mitlaufende FFT-Analyse des gemessenen Signals wiedergibt. Auf Signaländerungen reagieren das Oszilloskop und der FFT-Analyser ohne störenden Verzug. Die vielfältigen Einstellmöglichkeiten sind zwar beeindruckend, doch manchmal dauert es eine Weile, bis das gesuchte Bedienelement gefunden ist. In einem aufrufbaren Fenster



wird der Phasenverlauf dargestellt, und ein weiteres aufrufbares Fenster präsentiert einen Frequenzmesser. Selbstverständlich steht auch ein gut ausgestatteter Signalgenerator zur Verfügung, der viele Schwingungsformen und auch das Schweben zwischen zwei Frequenzen beherrscht. Andere Features sind das Berechnen von THD-Verzerrungen und das Messen der Größen L, R

oder C mit Hilfe zusätzlicher Hardware, sie wird auf der Website des Autors beschrieben. Leider wirkt das Programm etwas unübersichtlich und überladen, und ferner hält es sich nicht immer an die Windows-Konventionen. Doch für den, der damit leben kann, hält es eine wahre Fülle an Möglichkeiten bereit.

(100175)gd

## Weblinks

Audio Analyser:

<http://softsolutions.sedutec.de/audioanalyser.php>

BIP Oscilloscope:

[www.electronics-lab.com/downloads/pc/002/index.html](http://www.electronics-lab.com/downloads/pc/002/index.html)

Audio Sweepgen:

[www.satsignal.eu/software/audio.html#SweepGen](http://www.satsignal.eu/software/audio.html#SweepGen)

BIP Sine Wave Generator:

[www.electronics-lab.com/downloads/pc/005/index.html](http://www.electronics-lab.com/downloads/pc/005/index.html)

Multisine:

<http://softsolutions.sedutec.de/multisine.php>

SigJenny V0.989:

[www.natch.co.uk/downloads/SigJenny/SigJenny.html](http://www.natch.co.uk/downloads/SigJenny/SigJenny.html)

Audio Test Bench:

[www.higherfi.com/software.htm](http://www.higherfi.com/software.htm)

Soundcard Scope:

[www.zeitnitz.de/Christian/scope\\_en](http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en)

Visual Analyser:

[www.sillanumsoft.org/prod01.htm](http://www.sillanumsoft.org/prod01.htm)

# Alle Elektor-Events auf einen Blick

Workshops • Seminare • Masterclasses

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



## AVR-Mikrocontroller in der Praxis

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  
Dortmund 24.06.2010  
München 20.10.2010

[www.elektor.de/pic18](http://www.elektor.de/pic18)

## Grafische AVR-Programmierung

Dortmund 12.06.2010

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

**NEU!** **Eagle PCB und Design**

Seligenstadt 21.06.2010

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

## 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)

**NEU!** **C-Programmierung für Mikrocontroller**

Seligenstadt 25.08. bis 27.08.2010

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

## Serielle (Geräte-)Bussysteme

Seligenstadt 15.09. bis 17.09.2010

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

**NEU!** **Fahrzeugdiagnose in der Praxis**

Dortmund 02.10.2010

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



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

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



**PCB-POOL**  
Beta LAYOUT

**zertifiziert!**  
UL-Zulassung **NEU!**

**dünnere!**  
1 mm Materialstärke **NEU!**

**flacher!**  
SMD Pads  
chemisch verzinkt **NEU!**

**schneller!**  
1 AT Service

**kostenlos!**  
Free Stencil

**unabhängig!**  
Reflow-Kit Shop

[www.pcb-pool.com](http://www.pcb-pool.com) **Beta**  
HOTLINE 0800 7227665 · E-Mail: info@pcb-pool.com



**Basista**  
Leiterplatten GmbH The PCB Company

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

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

[Basista.de](http://Basista.de)

Wir sind unschlagbar...  
im Halten unserer Versprechen!

**Einen Tag Lieferzeit**  
für Prototypen Multilayer Leiterplatten  
Letzter Produktionstag = Versandtag

# Zwei Oszilloskope mit und eines mit/ohne USB

Von Luc Lemmens (Elektor-Labor) und Jan Buiting (Elektor-Redaktion UK/USA)

USB-Oszilloskope erobern immer größere Marktanteile und bislang gab es dazu noch recht wenige Tests in Elektor. Vermutlich als Nachwirkung des letzten Oszilloskop-Reviews (Velleman und Pico) in der Mai-Ausgabe 2009 wurden wir von drei weiteren Herstellern kontaktiert, die der Ansicht waren, ein konkurrenzfähiges Produkt im Programm zu haben. Während es sich bei Pico und Velleman um europäische Hersteller handelt, hat Parallax seinen Sitz in den USA, CleverScope in Neuseeland und ScreenScope/Diamond Systems in Australien - dieses Mal also Elektronik aus aller Welt!

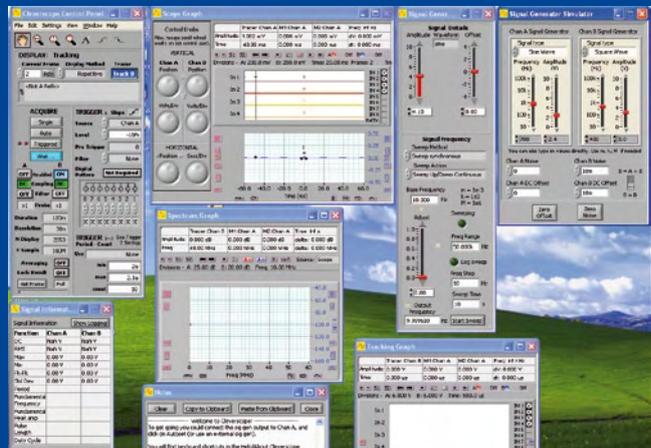
## Cleverscope CS328A

Das Cleverscope CS328A kommt nicht wie ein klassisches USB-Oszilloskop daher, sondern entspricht mit seinen weit über die Anzeige zweier analoger Kanäle hinausgehenden Funktionen eher einem Universal-Werkzeugkasten für Elektroniker. Die getestete Variante imponierte mit 12-bit-Auflösung sowie mit den vorinstallierten Modulen CS700A und CS800 (8 MB Speicher). Die Elektronik steckt in einem ABS-Gehäuse mit dem Maßen 180 x 150 x 38 mm. Das externe Netzteil liefert 2 A bei

Röhre. Für den Anfang hilfreich: Es wurde eine Meldung ausgegeben, dass man bitte einmal den Signalgenerator mit Kanal A verbinden und dann auf „Autoset“ klicken möge. Pure Magie, wie sich das System dann selbst kalibriert.

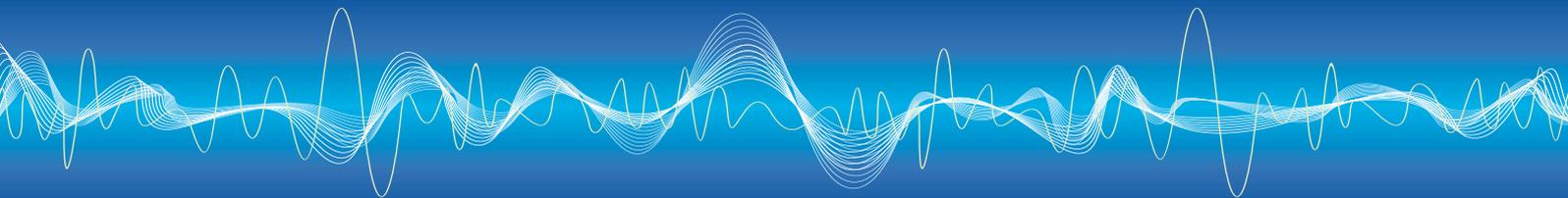
Es zeigte sich schnell, dass die Anordnung in mehreren Fenstern für die gebotene Menge an Funktionen die beste Form der Oberfläche darstellt. Man kommt so leicht an alle Bedienelemente heran - auf der anderen Seite kann die gebotene Vielfalt Anfänger und mit konventionellen Oszilloskopen aufgewachsene Elektroniker ganz schön verwirren, da ein falscher Klick Einstellungen zunichte machen oder gar die Anzeige verschwinden lassen kann. Klar braucht es zum Herbeizaubern der Anzeige nur einen weiteren Klick, doch ein „richtiges“ Oszilloskop kann man nicht so einfach von der Werkbank verschwinden lassen wie ein virtuelles Oszilloskop vom PC-Desktop...

Auch wenn man halbwegs firm in der Kulturtechnik „Computer-Bedienung“ ist, braucht es doch einige Übung, bis man mit der schier Menge an Knöpfen, Schaltern und Anzeigen zurechtkommt. Das zugehörige Handbuch findet man nicht etwa nur auf der CD, sondern man kann darauf bequem über das Internet auf der Webseite von Cleverscope zugreifen. Trotzdem dürfte es für dieses Produkt hilfreich sein, sich das Handbuch auszudrucken und diesen Ausdruck griffbereit zu halten. Beim virtuellen Oszilloskop kann man sich die typischen Köpfe anzeigen lassen und diese dann mit der Maus „drehen“. Die verwendeten Icons sind



9 V. Zwei Tastköpfe mit zuschaltbarer 1/10-Abschwächung gehören ebenso zum Lieferumfang wie vier Test-Clips für Digitalsignale und eine CD. Die Installation der Software gestaltet sich sehr einfach und entspricht dem üblicher USB-Peripherie. Von Cleverscope wird noch darauf hingewiesen, die neueste Software-Version von der Webseite zu laden. Für unseren Test installierten wir die Version 4.649 vom 11.03.2010. Erstaunlicherweise reißt sich die Software nicht den kompletten Bildschirm unter den Nagel, um das typische schwache Rauschen (bei offenen Eingängen) garniert mit einigen Software-Knöpfen darzustellen. Stattdessen zeigten sich zunächst vier Fenster auf dem Desktop: Das „Control Panel“, die Oszilloskop-Darstellung, der Signalgenerator und die „Notes“. Die Einstellmöglichkeiten im Control Panel unterscheiden sich stark von den gewohnten Köpfen eines Oszilloskops mit Braunsch

relativ klein geraten, selbst wenn man das Fenster maximiert. In punkto Genauigkeit, Bandbreite und Funktionalität ist das Cleverscope den beiden Konkurrenten sicherlich weit überlegen, was sich allerdings auch im Preis bemerkbar macht. Richtig vergleichbar sind die hier vorgestellten Oszilloskope also nicht. Wenn man sich beim Cleverscope die nötige Zeit nimmt und die Möglichkeiten wirklich auslotet, wird man immer wieder von der Leistungsfähigkeit und den vielfältigen Funktionen dieser grauen Plastik-Kiste überrascht werden. So kann man zum Beispiel problemlos Frequenz-Sweeps über einen Bereich von 10 Hz bis 50 kHz erzeugen, womit sich versteckte Instabilitäten (Oszillationen) oder sogar Zeichen von unerwünschter Mikrofonie in Röhrenverstärkern entdecken lassen. Auch überlagerte Bursts können gut im Ausgangssignal isoliert, vergrößert dargestellt und in der Frequenz bestimmt werden. Man kann also auch

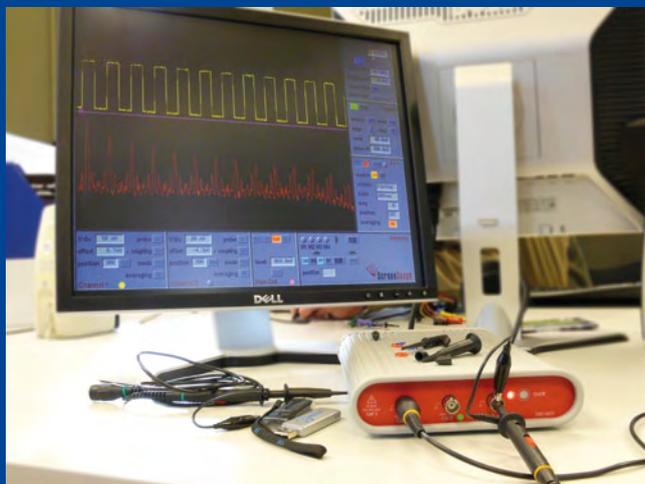


sporadisch auftretende Intermodulationsprobleme diagnostizieren. Als deutscher Distributor von Cleverscope fungiert Meilhaus Electronic.

### ScreenScope SSC-A531 - mit/ohne USB!

Kurz vor Redaktionsschluss traf in unserem Labor mit dem ScreenScope ein ganz spezielles Oszilloskop „mit/ohne“ USB ein. Es hat die lange Reise gerade noch geschafft, bevor der Himmel Nordeuropas von diesem unaussprechlichen isländischen Vulkan verdunkelt wurde.

Konventionelle Röhren-Oszilloskope, USB-Oszilloskope und Schmalspurlösungen auf Basis einer Sound-Karte haben wir alle schon einmal gesehen. Nichts Neues gibt es also unter der Sonne. Oder etwa doch? Diese Variante eines display-losen Oszilloskops kommt nicht nur mit/ohne USB daher, sondern



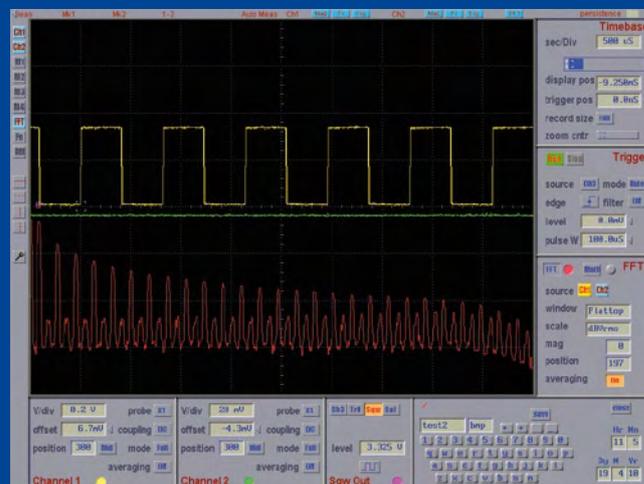
benötigt auch keinen PC! Und trotzdem besitzt man damit ein Oszilloskop mit einer riesigen Anzeige von 15" - wenn man einen solchen LCD-Monitor anschließt. Die Elektronik zeigt die angelegte Kurvenform nämlich im für Oszilloskope ungewöhnlichen Ausgabeformat von 1024 x 768 Pixeln mit 256 Farben bei 60 Hz via VGA-Kabel an. Eigentlich eine ziemlich geniale Idee, denn so klackert keine Festplatte und röhrt kein Lüfter. Man muss nicht booten, nichts updaten und das Oszilloskop fängt sich auch keine Viren ein. In gewisser Weise erinnert das ScreenScope an alte Röhren-Oszilloskope, doch ohne deren Größe, Gewicht und mit viel größerem Bildschirm ist es eine ziemlich intelligente Neuinterpretation dieses Gerätetyps. Statt anachronistischer Knöpfe bedient man das ScreenScope mit einer USB-Maus. Also doch USB? Mal sehen...

Auch optisch macht dieser Apparat etwas her: Sein eloxiertes Alu-Gehäuse mit den Maßen 227 x 160 x 42 mm hat abgerundete Ecken und steht auf Schock-Absorbern. Damit dürfte es eines der robustesten Ausführungen mit/ohne USB sein.

Auflösung des Rätsels: Das „ohne“ USB bezieht sich lediglich auf die fehlende Verbindung mit einem PC. Trotzdem sind auf der Rückseite sogar gleich zwei USB-Buchsen vorhanden. Eine ist mit „Memory“ und die andere mit „Mouse“ beschriftet. Der Memory-Anschluss ist nicht nur zum Sichern von aufgenommenen Kurven im .bmp-Format auf einen USB-Speicher-Stick da, man kann damit auch neue Firmware-Versionen aufspielen, was laut Hersteller normalerweise aber nicht nötig sein sollte. Die Anschlüsse sind vom langsamen Typ USB 1.1.

Etwas enttäuschend sind die maximal  $\pm 45$  V Eingangsspannung. Das ist nichts im Vergleich mit den 1,2 kV des 535er Tektronix-Oszilloskops aus Jans Sammlung. Andererseits sind mit den auf 1/10 abschwächenden Tastköpfen dann doch wieder Pegel möglich, die für die meisten Fälle ausreichen - allerdings auf Risiko des Anwenders. Wichtig ist, dass das ScreenScope nicht für Messungen am 230-V-Netz spezifiziert ist - unabhängig vom verwendeten Tastkopf. Abgesehen davon kommt Luc zumindest mit den  $\pm 45$  V ziemlich weit, denn höhere Spannungen sind sowieso nicht ganz ohne und den Umgang damit sollte man laut Luc denen überlassen, die sich damit auskennen.

Das ScreenScope ist ziemlich intuitiv zu bedienen. Etwas spezieller sind lediglich die Modi für FFT-Spektren und die mathematischen Funktionen. Es wird sogar ein gedrucktes Handbuch mitgeliefert, was heutzutage keine Selbstverständlichkeit mehr



ist. An Mathe beherrscht das Gerät die Funktionen +, -, x und / der Kanäle 1 und 2. Spektren sind mit Hamming-, Hanning-, Blackman-, Flattop- und Rechteck-Fenstern möglich.

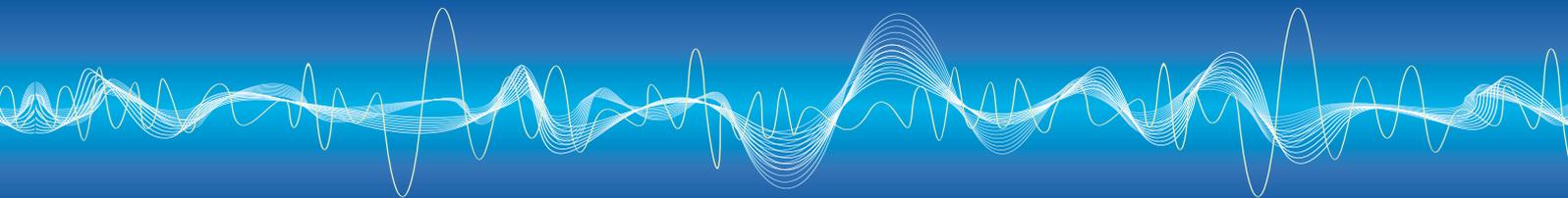
Kanal 3 hat eine Doppelfunktion. Einmal ist es ein digitaler Eingang mit TTL/CMOS-Pegel und einer Logik-Schwelle von 1,65 V. Außerdem kann Kanal 3 als Trigger-Quelle verwendet werden. In diesem Modus dient er auch zur Kalibration und zur Einstellung der Kompensations-Trimmer der Tastköpfe.

Als Maus tut es jedes USB-Exemplar mit zwei Tasten und Scrollrad. Anders als bei einigen virtuellen Lösungen ist hier keine Mausakrobatik notwendig, um Knöpfe unergonomisch mit einer Maus zu verdrehen. Dazu gibt es Schalter und Bedienelemente mit der Funktion +/- . Es wird nicht versucht, alte analoge Einstellmöglichkeiten zu simulieren. Die Marker kann man direkt „anfassen“ und verschieben.

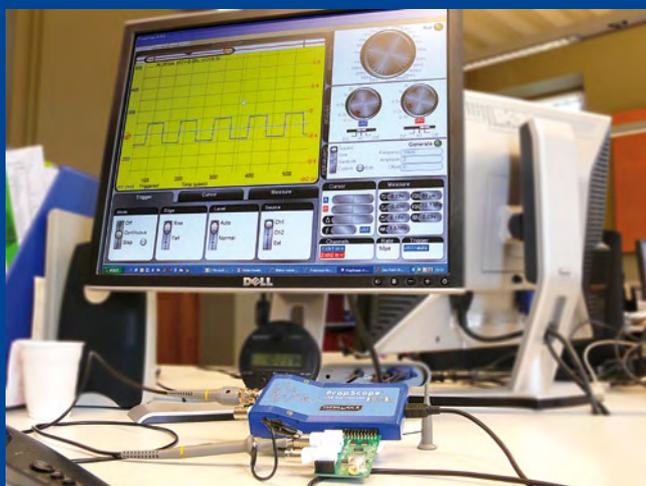
Die Firma Diamond Systems hat gerade erst damit angefangen, außerhalb von „down under“ für ihr Produkt zu werben. Es gibt im Moment noch nicht einmal einen Preis in Euro. Stattdessen wird davon ausgegangen, dass die ganze restliche Welt in US-Dollar bezahlt ;-) Ziemlich schade, dass es noch keinen Distributor für das ScreenScope gibt.

### PropScope: klein & fein

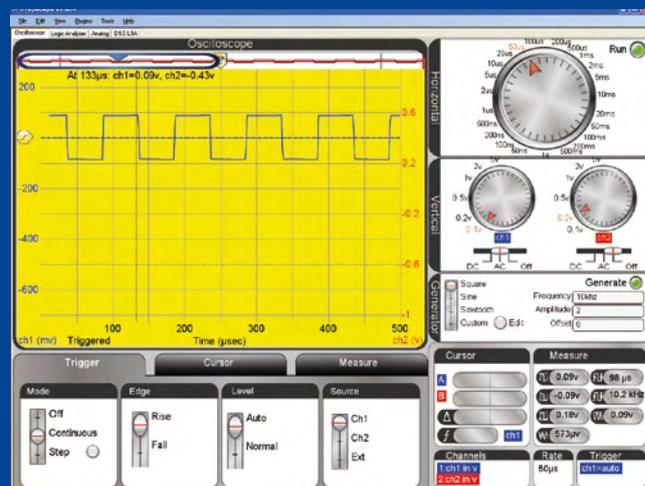
Dieses USB-Oszilloskop kommt in einem blauen Metallgehäuse daher und basiert auf dem Propeller-Mikrocontroller, über den in Elektor schon mehrfach berichtet wurde. Das PropScope ist



sicher das preiswerteste und kompakteste der hier vorgestellten Oszilloskope. Leider hat es auch die beschränktesten Fähigkeiten, gerade was die Bandbreite angeht. Man erhält mit dem PropScope einen zusätzlichen Funktionsgenerator, einen 4-Kanal-Logic-Analyser und einen 4-bit-NTSC/PAL-Video-Ausgang auf einer Tochterplatine, die auf das PropScope aufgesteckt werden kann. Gesteckt ist dann Kanal 2 des PropScope belegt. Mit im Paket sind zwei ansehnliche Tastköpfe, eine Einführung und ein USB-Kabel, über welches das PropScope gleich vom PC versorgt wird. Eine PC-Software sucht man vergebens in der Packung. So etwas muss man heute von der Webseite des Herstellers downloaden. Diese Software entschädigt für die sonstigen Einschränkungen damit, dass man via Help-Menü Zugriff auf ein Handbuch in PDF-Form erhält. Hier ist dann die Bedienung und die Arbeitsweise einiger komplexerer Funktionen



onen überschwemmt. Es ist alles ganz einfach und logisch. Die Oberfläche des Oszilloskops sieht zwar ziemlich spartanisch aus, aber dafür findet man sich beim Umstieg von einem alten Röhren-Oszilloskop auch sofort zurecht. Nicht nur die Optik erinnert an alte Zeiten: Beim Ändern der Verstärkung hört man auch die eingebauten Relais klackern... Das Zusatz-Modul mit Funktionsgenerator, Logic-Analyser und NTSC/PAL-Ausgang gibt sich geheimnisvoll, denn die Dokumentation schweigt sich ein Stück über die Eigenschaften dieses „Composite-Video“-Signals aus. Beim Anschluss eines größeren Fernsehers waren wir nicht gerade begeistert. Der Generator kann typische Rechteck-, Sinus und Sägezahnsignale liefern. Zusätzlich kann man eine eigene Kurvenform verwenden. Verglichen mit den beiden zuvor beschriebenen Exemplaren kann man beim PropScope nicht gerade von einem High-End-



erklärt. Kaum verzeihlich fehlen relevante Angaben zur Bandbreite oder die Daten des Funktionsgenerators. Auf der anderen Seite findet sich der komplette Schaltplan samt Beschreibung der Firmware auf der Webseite von Parallax. Die Installation der Software ist ein Klacks. Anschließend verbindet man das PropScope via USB-Kabel mit dem PC und startet das gerade installierte Programm. Sofort erscheint ein virtuelles Oszilloskop mit den typischen Einstellungen für Ablenkung, Trigger und Verstärkung der Kanäle. Anders als bei anderen (teureren) Lösungen wird man nicht von einer Flut von Opti-

Messgerät sprechen. Dazu sind seine Features zu limitiert und die Dokumentation an einigen Stellen zu unklar. Andererseits führt das PropScope besonders gut in die Möglichkeiten des Propeller-Controllers ein und der Preis ist relativ niedrig. Seine Kleinheit macht es auch zur idealen Ergänzung eines Laptops. Man erhält so für kleines Geld ein portables Oszilloskop. Gerade für Modellbauer könnte das ein Argument sein. An Distributoren von Parallax-Produkten ist im deutschsprachigen Raum kein Mangel. Das Internet hilft weiter.

(100281)

	Cleverscope CS328A	PropScope	Screenscope SSC-A531
Abtastrate in MS/s	100	25	240
Bandbreite in MHz	100	Nicht angegeben	50 (-3 dB)
Auflösung in bit	10, 12 oder 14	10	8 (Kanäle 1 & 2)
Kanäle	2 analog, 8 digital	2 analog	2 analog, 1 digital
Tastköpfe	2 (1/10 schaltbar)	2 (1/10 schaltbar)	1x und 1/10
Preis (Marktpreise können abweichen)	999 € bis 1948€	250 US-\$ (+ Steuern)	450 US-\$ (+ Steuern)
Zusätzliche Funktionen	Spektrum-Analyser, TrackingGraph, Multimeter, Funktionsgenerator	Logic-Analyser, Funktionsgenerator, Video-Ausgang (auf Tochterplatine)	
Webseite	www.cleverscope.com	www.parallax.com	www.screenscopetraces.com

# Audio-Kooperation

Von Harry Baggen (Elektor-Redaktion NL)

Jeder Elektroniker kennt den Spruch: „Wer misst, misst Mist“. Audiophile Zeitgenossen sind weniger durch Messartefakte gefährdet, denn sie vertrauen typischerweise eher ihrem Gehör als teuren Messgeräten. Auf jeden Fall sind Messungen an HiFi-Geräten keine triviale Angelegenheit. Zentral ist die Frage, ob wirklich die Aspekte gemessen werden, die für das Klangergebnis wichtig sind.

Diese Dilemmata sind das tägliche Brot von Rolf Hähle, der bei der Audio-Zeitschrift Stereo ([www.stereo.de](http://www.stereo.de)) arbeitet. Rolf ist verantwortlich für alle Messungen, die im Rahmen der dort veröffentlichten Tests vorgenommen werden. Hierfür steht ihm ein UP-Audio-Analyser der Firma Rohde & Schwarz zur Verfügung. Nach einem standardisierten Protokoll werden bei jedem Gerät stets die gleichen Messungen unter den gleichen Rahmenbedingungen vorgenommen. Rolf ist in diesen Dingen sehr erfahren und man kann seinen Messresultaten blind vertrauen. Das ist kein Wunder: Er war viele Jahre bei Elektor als Redakteur für die deutsche Ausgabe und für die Audio-Sonderhefte zuständig ;-). Letzthin erlebte er bei Messungen an einem teuren Klasse-D-Verstärker merkwürdige Phänomene: Besonders bei den Intermodulationsverzerrungen schienen sich viel zu hohe Werte zu ergeben. Laut Importeur war es unmöglich, dass die IMVs des Verstärkers mehrere Prozent betragen. Hier war eine unabhängige Meinung notwendig. Da Rolf immer noch gute Kontakte zur Elektor-Redaktion hatte und wusste, was bei Elektor für ein Messgerätepark steht, lag eine Anfrage an das Elektor-Labor nahe. Es wurde also eine gemeinsame Untersuchung verabredet und tatsächlich traf Rolf einige Wochen später bei uns ein, mit mehreren Verstärkern und dem Analyser des Stereo-Labors im Gepäck. Die drei Verstärker in der Preisklasse zwischen 5.000 und 11.000 Euro - darunter der „Problemverstärker“ - wurden vorsichtig im Elektor-Labor aufgebaut und zur Messung vorbereitet. Messgeräte waren der UP-Analyser von R&S sowie das Elektor-eigene Audio Precision System Two Cascade Plus 2722 Dual, das die Referenz für Audio-Messungen darstellen dürfte (siehe Foto).

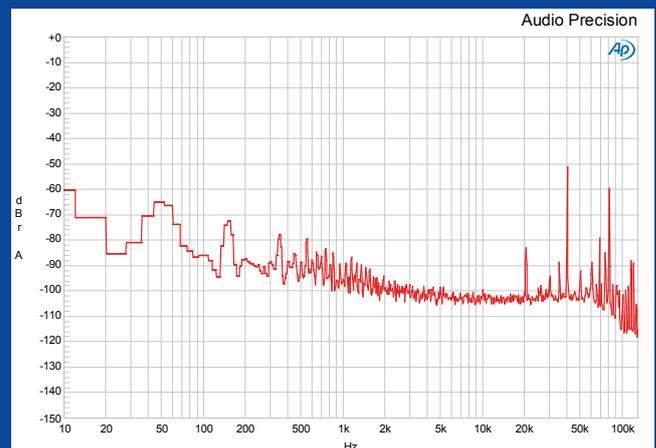
Das zentrale Problem bei Messungen an digitalen Verstärkern ist deren Schaltfrequenz. Typischerweise hat man es mit mehreren hundert kHz zu tun. Ein Ausgangsfilter unterdrückt die Signale des schnellen Umschaltens. Diese Unterdrückung ist nie vollständig und daher bleibt ein Rest an hochfrequenten Störsignalen, der durchaus Messungen beeinflussen kann. Genau in diese Richtung gingen auch die ersten Vermutungen der Elektor-Entwickler, denn das ist bei Elektor schon einmal bei der Entwicklung des ClariTy-Verstärkers im Jahre 2004 vorgekommen. Deshalb wurde seinerzeit ein spezieller Messfilter konstruiert (ein passiver Cauer-Filter neunter Ordnung), der alle Frequenzen >180 kHz stark unterdrückt. Im UP-Analyser von R&S ist schon ein sehr steiler Filter mit einer Grenzfrequenz von 100 kHz integriert, sodass seine Messungen eigentlich kaum von der Schaltfrequenz beeinträchtigt werden sollten. Unser AP-Analyser aber ist viel breitbandiger und profitiert daher enorm von einem guten externen Eingangsfiler. Und glücklicherweise war die Filterkonstruktion von 2004 noch nicht entsorgt.



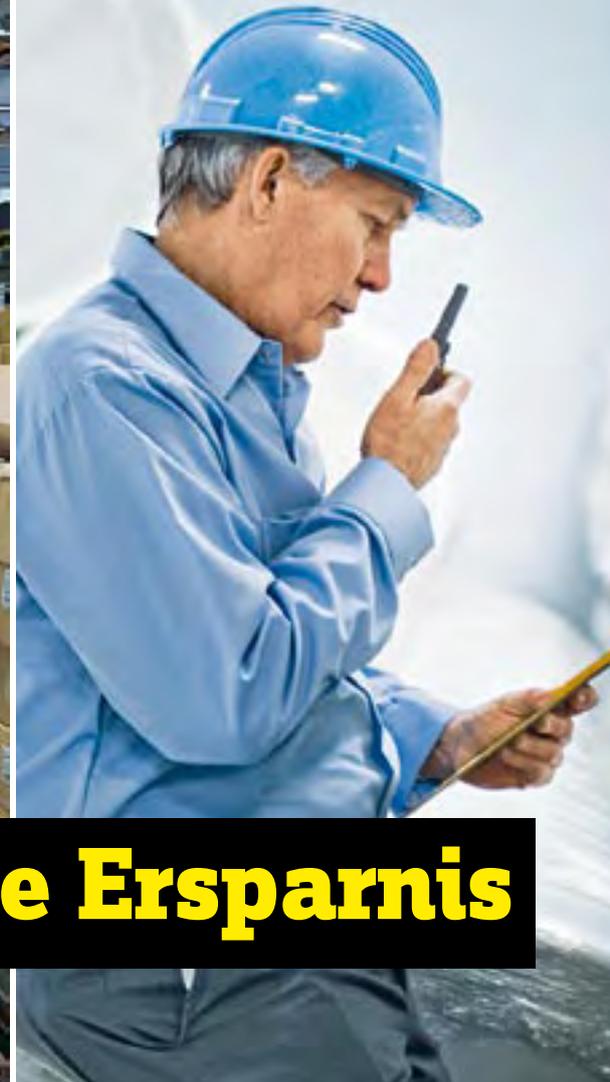
Zu den Messergebnissen: Zum Glück für Rolf brachte unser AP-Analyser keine niedrigeren IMVs zutage. Es wurden verschiedene Messanordnungen und Filterbandbreiten durchprobiert, doch unsere Ergebnisse fielen für den Verstärker meist noch schlechter als mit dem Analyser von R&S aus. Die FFT-Spektren brachten dann zutage, dass der Verstärker (oder sein Netzteil) Probleme mit tiefen Frequenzen hat - sogar schon bei recht geringen Ausgangsleistungen (das gezeigte Bildschirmfoto gibt das Rauschspektrum wieder - der Peak liegt bei 50 Hz). Dies erklärt dann die hohen IMV-Werte, da deren Messung darauf basiert, dass eine Frequenz von 8 kHz von einer zweiten Frequenz mit 60 Hz und vierfacher Intensität überlagert wird. Irgendwas in diesem Verstärker stimmt also nicht...

Nachdem wir weitere vergleichende Messungen an anderen Verstärkern vorgenommen hatten, waren wir uns auch sicher, dass beide Analyser in Ordnung waren und auch bei verschiedenen Messanordnungen zu vergleichbaren Ergebnissen kamen. Nachdem die teuren Verstärker wieder im Kofferraum von Rolfs Auto verstaut waren, kehrte Rolf bestätigt und um eine Erfahrung reicher nach Hause zurück. Und auch für uns war Rolfs Besuch interessant und aufschlussreich.

(100325)



# 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

# Duales U/I-Display

## ...für das symmetrische UniLab-Netzteil

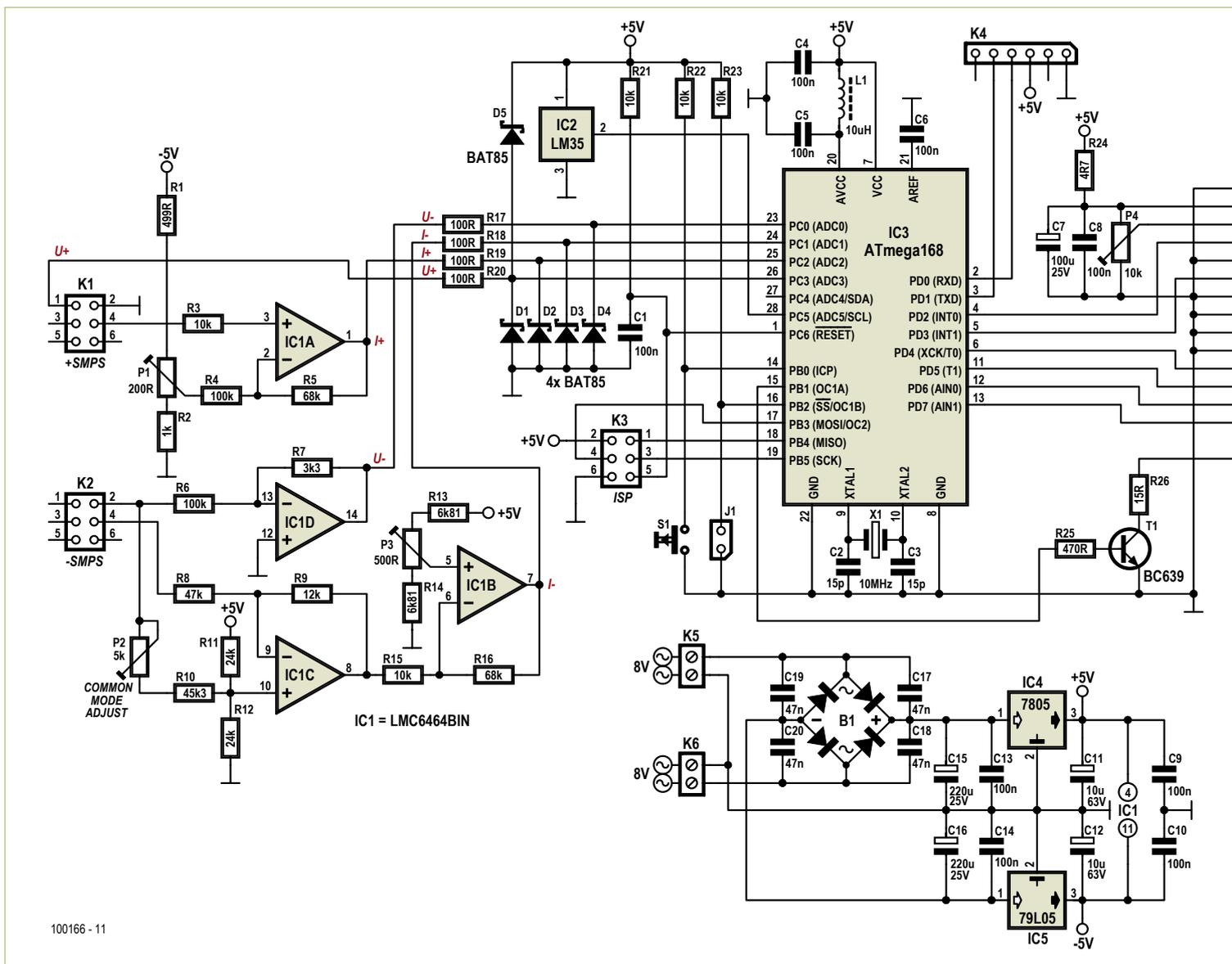
Von Ton Giesberts (Elektor-Labor)

Das „UniLab“ aus der April-Ausgabe ist ein einstellbares Schaltnetzteil, das für den Bau eines einfachen oder doppelt ausgeführten Labornetzgeräts gedacht ist. Für diese Anwendung hat das Elektor-Labor eine spezielle Schaltung mit vierzeiligem Display entwickelt, womit sich Strom und Spannung zweier UniLab-Platinen anzeigen lassen.

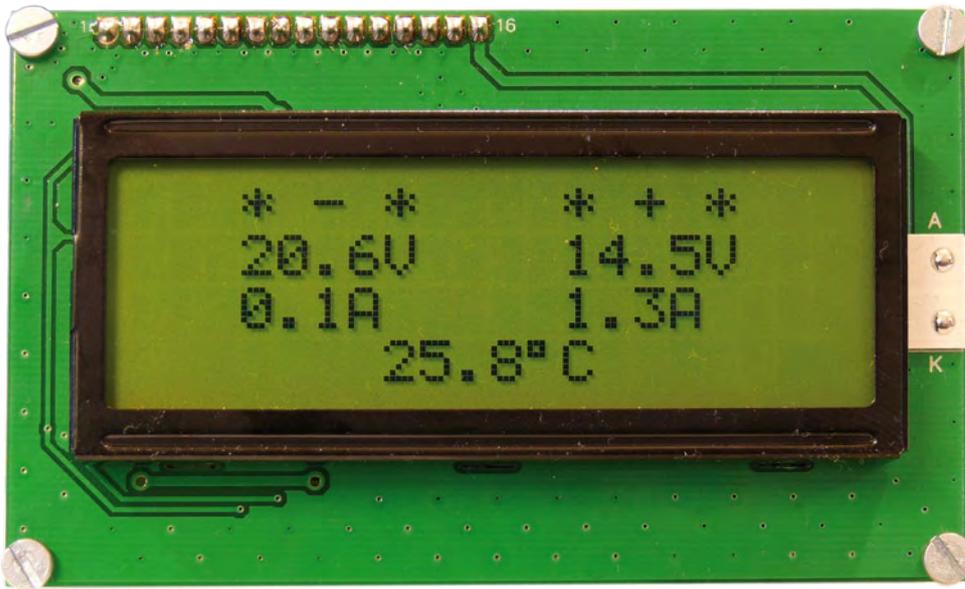
Für jedes einstellbare Labornetzteil ist eine Anzeige von Strom und Spannung elementar. Im Falle eines symmetrischen Labor-

netzteils wären also zwei mal zwei Messgeräte notwendig. Für solche Fälle gibt es preiswerte, vorgefertigte Module mit LCD-

oder LED-Anzeige. Diese haben allerdings ein paar Nachteile. Vier Stück davon sind nicht mehr ganz so preiswert, außerdem



100166 - 11



### Eigenschaften

- Anzeige auf großem, beleuchtetem LCD mit 20 x 4 Zeichen
- Anzeige von Spannung und Strom des positiven und negativen Zweigs
- Anzeige der Temperatur im Inneren des Gehäuses
- Temperatur umschaltbar zwischen °C und °F
- Speziell angepasst für den Einsatz mit zwei UniLab-Netzteilen
- Kalibrierung in Software
- Getrennte Stromversorgung: 3,3-VA-Trafo mit  $\geq 8\text{ V}$

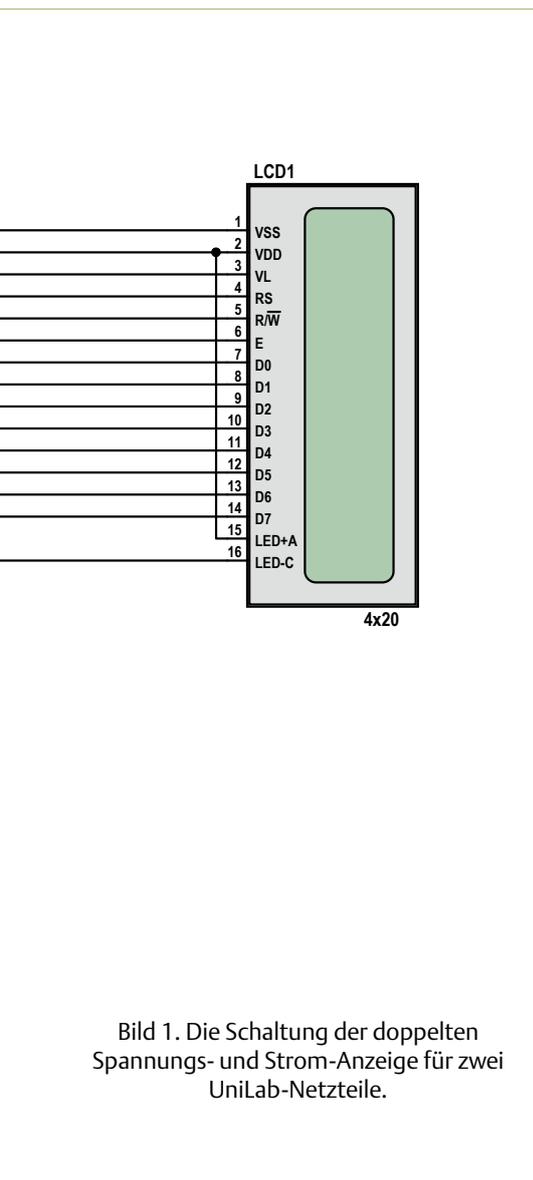


Bild 1. Die Schaltung der doppelten Spannungs- und Strom-Anzeige für zwei UniLab-Netzteile.

muss der Messbereich der Module zu den Daten des Netzteils passen (oder umgekehrt). Hinzu kommt, dass man bei der Verdrahtung auf gute Isolation achten muss und der Einbau in die Frontplatte auch nicht gerade trivial ist.

Damit es möglichst einfach wird, mit zwei UniLab-Platinen ([www.ektor.de/090786](http://www.ektor.de/090786)) ein symmetrisches Labornetzteil zu bauen, haben wir speziell dafür ein Mess- und Anzeigemodul entworfen. Ströme und Spannungen werden auf einem einzigen größeren LC-Display angezeigt. Außerdem informiert das Display über die im Gehäuse herrschende Temperatur. Insgesamt ist die Schaltung sicher nicht teurer als vier einzelne Fertigmodule, aber die hier vorgestellte Lösung sieht viel besser aus und funktioniert garantiert prima.

### Prinzip

Bevor es in die Details geht, zunächst zu **Bild 1**: Das zentrale Bauelement der Schaltung ist ein ATmega168. Diese Variante eines Atmel-Mikrocontrollers verfügt über sechs A/D-Konverter. Vier davon werden zur Erfassung von 2 x Strom und 2 x Spannung herangezogen. Der Controller wird von einem externen 10-MHz-Quarz getaktet. Die Beschaltung rund um die Opamps IC1.A...D passt die Spannungen der Strom- und Spannungsmessungen an den Messbereich der A/D-Konverter ADC0...ADC3 von IC3 an - dazu später mehr. Die Widerstände R17...R20 und die Dioden D1...D4 schützen die analogen Eingänge des Mikrocontrollers vor eventuell auftretenden negativen Spannungen. Gegen zu hohe Spannungen muss

lediglich ADC3 mit D5 geschützt werden, denn an den Ausgängen der Opamps können maximal +5 V auftreten.

Beim LC-Display handelt es sich um eine Ausführung mit 20 Zeichen und vier Zeilen, die vom Mikrocontroller gesteuert wird. P4 dient zur Kontrasteinstellung. PB1 kann über T1 die Hintergrundbeleuchtung nicht nur schalten, sondern via PWM auch in der Helligkeit einstellen. Die Software lässt die Hintergrundbeleuchtung bei Überlastung (Ausgangsstrom >3 A) blinken. Um Einstreuungen auf die analogen Eingänge des Controllers zu minimieren, ist die Versorgung des LCDs mit den Bauteilen R24, C7 und C8 effektiv entkoppelt.

Als kleines Bonbon steckt mit IC2 ein LM35 in der Schaltung, womit die Messung der Temperatur innerhalb des Gehäuses möglich wird. Die Auflösung dieses integrierten Thermometers beträgt 10 mV/°C. Wenn eine Anzeige in Fahrenheit gewünscht wird, kann Jumper J1 gesteckt werden.

K3 ist die ISP-Steckverbindung. Auf diese Weise kann man den Controller in der Schaltung bei Änderungen der Software neu flashen. K4 ist für das Debugging gedacht. Hier kann direkt das USB/TTL-Interface-Kabel von Ektor (EPS 080213-71) angesteckt werden.

### Spannungsanhebung

Für ein symmetrisches Labornetzteil werden zwei UniLab-Module (EPS 090786-1 oder -71) in Reihe geschaltet. Für diesen Zweck wird einfach der Minuspol des Moduls für die positive Spannung mit dem Pluspol des

## Stückliste

### Widerstände:

R1 = 499 Ω; 1 %/0,6 W  
 R2 = 1k00; 1 %/0,6 W  
 R3,R15,R21,R22,R23 = 10 k  
 R4,R6 = 100 k  
 R5,R16 = 68 k  
 R7 = 3k3  
 R8 = 47 k  
 R9 = 12 k  
 R10 = 45k3; 1 %/0,6 W  
 R11,R12 = 24k0; 1 %/0,6 W  
 R13,R14 = 6k81; 1 %/0,6 W  
 R17,R18,R19,R20 = 100 Ω  
 R24 = 4Ω27  
 R25 = 470 Ω  
 R26 = 15 Ω  
 P1 = 200 Ω Trimpotti; z.B. Vishay Spectrol M64W201KB40  
 P2 = 5 k Trimpotti; z.B. Vishay Spectrol M64W502KB40  
 P3 = 500 Ω Trimpotti; z.B. Vishay Spectrol M64W501KB40  
 P4 = 10 k Trimpotti; z.B. Piher PT10LV10-103A2020

### Kondensatoren:

C1,C4,C5,C6,C8,C9,C10,C13,C14 = 100 n; keramisch; RM 5 mm  
 C2,C3 = 15 pF; 2 %; keramisch; RM 5 mm  
 C7 = 100 μ/25 V; radial; RM 2,5 mm  
 C11,C12 = 10 μ/63 V; radial; RM 2,5 mm  
 C15,C16 = 220 μ/25 V; radial; RM 3,5 mm  
 C17,C18,C19,C20 = 47 n; keramisch; RM 5 mm

### Spule:

L1 = 10 μH/0Ω29; 10 %; axial; z.B. Epcos B78108S1103K

### Halbleiter:

D1,D2,D3,D4,D5 = BAT85  
 T1 = BC639  
 IC1 = LMC6464BIN  
 IC2 = LM35CZ  
 IC3 = ATmega168-20PU (im Bausatz programmiert enthalten)  
 IC4 = 7805  
 IC5 = 79L05  
 B1 = Gleichrichter B80C1500 (~ + ~ -); z.B. Semikron SKBB80C1500L5B

### Außerdem:

K1,K2,K3 = 2x3-poliger Pfostenstecker; RM 2,54 mm  
 K4 = 6-poliger Pfostenstecker; RM 2,54 mm  
 K5,K6 = 2-polige Schraubklemmen; RM 5 mm  
 J1,S1 = 2-poliger Pfostenstecker; RM 2,54 mm  
 LCD1 = 16-poliger Pfostenstecker; RM 2,54 mm  
 LCD1 = 16-poliger Pfostenbuchse (Display); RM 2,54 mm  
 X1 = Quarz 10 MHz, HC-49/S, 50 ppm, C<sub>load</sub> 12 pF  
 Vierzeiliges LCD mit je 20 Zeichen und Hintergrundbeleuchtung; Maße 60 x 98 mm; z.B. HTDISPLAY HC200401C-YF62L-VA

Platine EPS 100166-1

Software und Platinen-Layout als kostenloser Download

Kompletter Bausatz inklusive Platine, programmiertem Controller und LCD: EPS 100166-71

Siehe [www.elektor.de/100166](http://www.elektor.de/100166)

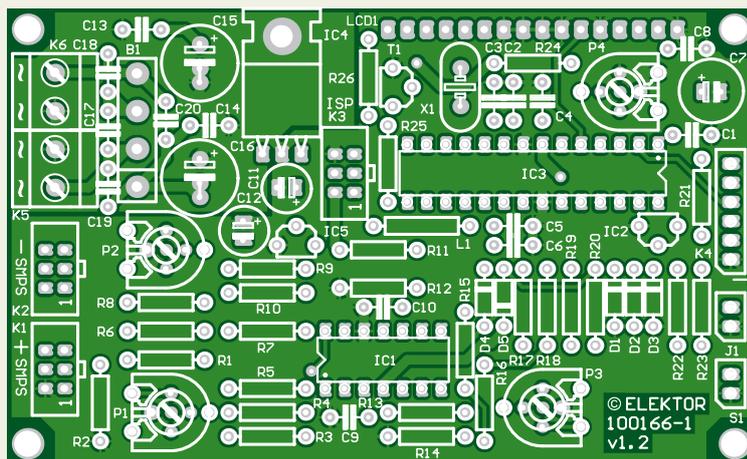


Bild 2. Die doppelseitige Platine ist exakt gleich groß wie das Display-Modul.

Moduls für die negative Spannung verbunden. Die Verbindung ist dann die gemeinsame Masse. Diese Maßnahme macht allerdings die Strommessung im negativen Zweig etwas komplizierter. Der Shunt-Widerstand für das Messen des Stroms

befindet sich ja in der Minus-Leitung dieses Moduls. Damit variiert die Spannung am Shunt gegenüber Masse mit der eingestellten Ausgangsspannung. Von daher muss die Ausgangsspannung des negativen Zweigs irgendwie kompensiert werden, damit der

Spannungsabfall über dem Shunt von IC3 gemessen werden kann. Auf der UniLab-Platine (EPS 090786-1) ist mit K3 ein gemeinsamer Anschluss für die Messung und Anzeige von Spannung und Strom vorgesehen. Beim positiven Zweig gibt es keine Probleme, denn an Pin 1 liegt die Spannung und an Pin 4 das Stromsignal mit passendem Potential relativ zu Masse. Pin 2 ist auf der UniLab-Platine mit dem Minuspol belegt und kann daher für das Anzeigemodul direkt als Masse-Anschluss verwendet werden. Im negativen Zweig liegt die Spannung an Pin 2 von K3 und der Strom wird als Spannung zwischen Pin 2 und Pin 4 messbar.

Um die Messgenauigkeit der A/D-Converter des Controllers möglichst groß zu machen, sollte die zu messende Spannung den Messbereich der A/D-Converter weitestgehend ausschöpfen. Der Controller ist auf die Verwendung der internen Spannung von 1,1 V als Referenz eingestellt und die Auflösung der analogen Eingänge beträgt 10 bit, was eine Genauigkeit von deutlich unter 1% erlaubt. Entscheidend für die Verwendung analoger Eingänge von Mikrocontrollern ist, dass sie keine negativen Spannungen messen können.

### Messen beim positiven Zweig

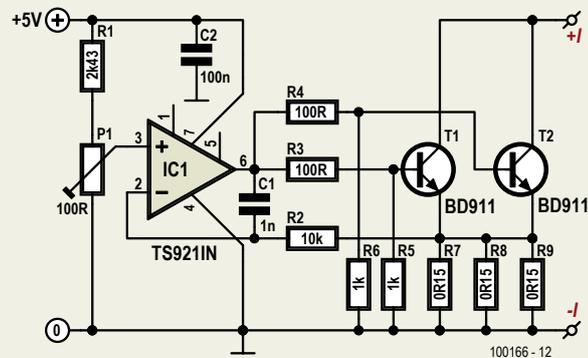
Da hier die Ausgangsspannung im Bereich 0...30 V liegen kann, benötigt man einen Spannungsteiler, der die maximale Spannung auf 1,1 V herab setzt. Ein einstellbarer Spannungsteiler aus R15 und P7 befindet sich bereits auf der UniLab-Platine. Indem man R15 der UniLab-Platine durch einen Widerstand von 5,6 kΩ (am besten ein Metallfilm-Typ) ersetzt, lässt sich P7 so einstellen, dass sich bei maximaler Ausgangsspannung auf jeden Fall eine Spannung von knapp unter 1,1 V an Pin 26 von IC3 einstellen lässt. Weitere Angaben folgen im Textkasten zur Kalibrierung.

Das Messen des Stroms ist weniger einfach. Im Netzteil gelangt der Spannungsabfall über dem Shunt R6 zunächst an die Verstärkerstufe um IC3.A, die das Signal etwa vierfach verstärkt. Das verstärkte Signal liegt dann an Pin 4 von K3 des UniLab-Moduls an. Leider aber bezieht sich diese Spannung nicht auf den Minuspol der Ausgangsspan-

## Stromquelle

Für den Abgleich der Trimpotis rund um IC1 und die anschließende Kalibrierung bietet sich der Aufbau einer einfachen einstellbaren Stromquelle an (siehe Schaltbild). Damit diese Hilfsschaltung auch bei niedrigen Ausgangsspannungen des Netzteils funktioniert, benötigt sie wenige mA aus einer zusätzlichen Hilfsspannung von +5 V, die von einem beliebigen anderen Netzteil zur Verfügung gestellt werden kann.

Es handelt sich um die klassische Ausführung einer Opamp-basierten Stromquelle. Der Opamp stellt die Spannung am Emitterwiderstand eines Transistors auf den Wert einer Referenz ein, die hier vom Schleifer von P1 stammt. Wegen der hohen anfallenden Leistung sind mit T1 und T2 statt einem einzigen gleich zwei parallel geschaltete Transistoren vorgesehen. Der Emitterwiderstand besteht aus drei parallel geschalteten 0,25-W-Widerständen von je 0,15 Ω. Damit lassen sich problemlos Ströme bis zu 4 A einstellen. Normalerweise haben parallel geschaltete Transistoren eigene Emitter-Widerstände. Hier wird die ungefähre Gleichverteilung des Laststroms durch getrennte Basis-Widerstände gewährleistet. Das funktioniert natürlich umso besser, je ähnlicher die Stromverstärkungen der Transistoren sind. C1 und R2 sorgen für eine stabile Gegenkopplung.



Wie schon erwähnt, wird ordentlich viel Energie verheizt. Bei 3,5 A an 34 V kommen schon 120 W zusammen. Das ist reichlich und deshalb müssen die beiden Transistoren auf einen ausreichend großen Kühlkörper geschraubt werden. Für unseren Prototypen haben wir einen kleineren Kühlkörper ausgesucht, der dafür von einem Ventilator angeblasen wurde.

Die beiden Transistoren von ST haben ein TO-220-Gehäuse. Als Opamp eignet sich der Rail-to-Rail-Typ TS921IN, da er mit 80 mA außergewöhnlich viel Strom für die Basen der Transistoren liefern kann.

Mit dem Spannungsteiler aus P1 und R1 lassen sich - abhängig von den Widerstandstoleranzen - etwa 4 A einstellen. Falls der Strom erhöht werden soll, kann man R1 verkleinern oder die Hilfsspannung erhöhen. Der Opamp sollte allerdings nicht mit Spannungen über 12 V versorgt werden.

nung, sondern auf die negative Hilfsspannung am Ausgang von UniLab-IC2. Folglich ist die Spannung an Pin 4 von K3 gegenüber dem Minuspol (=Masse des Labornetzteils) negativ. Je größer der fließende Strom, desto weniger negativ wird diese Spannung. Auf der Display-Platine ist also eine Schaltung erforderlich, die das Potential dieser Spannung anhebt und in den Messbereich des A/D-Konverters verfrachtet. Eine zusätzliche Verstärkung zwecks Ausnutzung des Messbereichs kann dabei gleich mit erledigt werden. Diese Rolle kommt hier IC1.A zu. Das Signal von Pin 4 wird hier um den Faktor 1,68 verstärkt. Da am Shunt bei 3 A die Spannung von 150 mV abfällt, ergibt sich daraus mit den Verstärkungen von UniLab-IC3.A und Display-IC1.A eine Spannung von etwa 0,97 V an ADC2. Wenn man bei 0 A mit Display-P1 hier die Spannung auf genau 0 V oder minimal mehr einstellt, läuft die Anzeige des Stroms nicht gleich über, wenn der fließende Strom die 3 A etwas überschreitet. Der maximal erfassbare Strom beträgt 3,4 A. Die Spannungsverschiebung mit R1, R2 und P1 nutzt dabei die 5-V-Versorgungsspannung.

### Messen beim negativen Zweig

Für die Spannung im negativen Zweig des Labornetzteils ist mit IC1.D lediglich ein invertierender Opamp notwendig. Durch die Beschaltung wird die negative Ausgangsspannung des Labornetzteils gleichzeitig passend für den A/D-Konverter ADC0 abgeschwächt. Bei -33 V ergeben sich damit  $(-33 \text{ V} / 100 \text{ k}\Omega) * 3,3 \text{ k}\Omega * -1 = 1,089 \text{ V}$ . Um das Signal für den Strom von Pin 4 (K2 des negativen Zweigs) in den passenden Bereich zu verschieben, muss noch mehr Aufwand getrieben werden. Da zwei gleiche UniLab-Module verwendet werden, sind auch die Signale am jeweiligen Pin 4 ihres K3 gleich aufgebaut. Für die Display-Schaltung kommt jetzt aber erschwerend hinzu, dass dieses Signal mit der negativen Ausgangsspannung variiert. Für solche vertrackten Fälle gibt es den Schaltungstyp des so genannten Instrumentenverstärkers, der hier ausnahmslos den Unterschied an seinen Eingängen erfasst und Gleichtaktsignale komplett unterdrückt. So eine Schaltung ist rund um IC1.C realisiert. Damit die Spannungen an den Eingängen des

Opamps trotz der Ausgangsspannung von unter -30 V sicher im Bereich der IC-Versorgung mit ±5 V bleiben, wurde die Eingangsbeschaltung entsprechend abschwächend gewählt, weshalb das Ausgangssignal etwa auf ein Viertel reduziert wird.

Die Widerstandswerte rund um IC1.C sind recht kritisch. Man muss sicherheitshalber davon ausgehen, dass die maximale negative Ausgangsspannung -33 V betragen kann. Bei -33 V ist durch die Widerstandskombination aus R10, R11, R12 und P2

gewährleistet, dass die Spannung am positiven Eingang von IC1C nicht niedriger als -4 V werden kann. Durch die Abschwächung dieser Stufe ist dann eine weitere Verstärkerstufe notwendig, die das Resultat des Instrumentenverstärkers so vergrößert, dass es den Messbereich von ADC1 gut ausnutzt. Mit P3 lässt sich außerdem das Niveau des Ausgangssignals von IC1.B so anheben, dass der Wert 0 A mit einer Spannung von 0 V an ADC1 korrespondiert. P2 ist dazu da, bei IC1.C das Verhältnis der Abschwächung am positiven Opamp-Eingang genau gleich

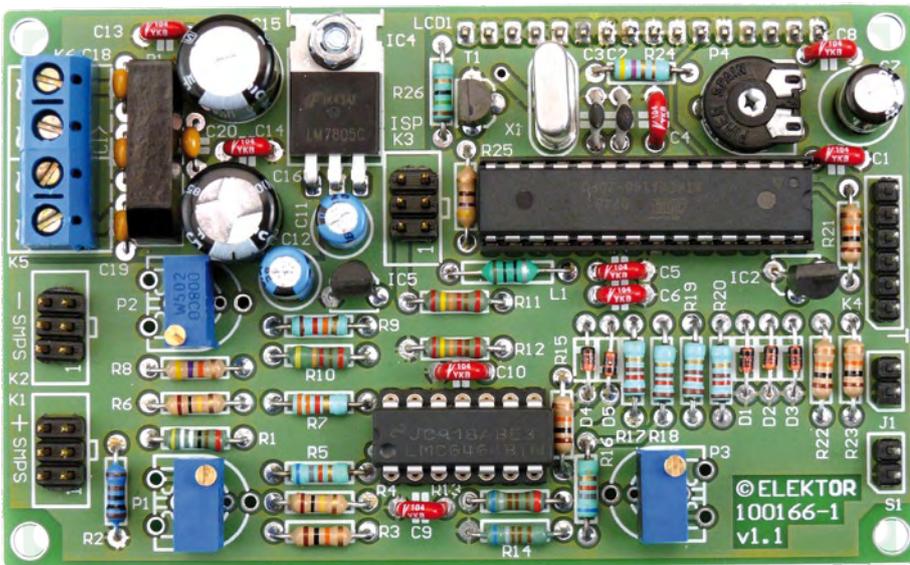


Bild 3. Foto des Prototypen. Es können auch andere Trimpoti-Ausführungen bestückt werden.

einzustellen wie das durch R9 und R8 verursachte am negativen Eingang.

Als Opamp ist ein Typ von National Semiconductor gut geeignet, der neben Rail-to-Rail-Eigenschaften außerdem wenig Strom benötigt und mit CMOS-Eingängen ausgestattet ist. Zwar sind weder der Stromverbrauch noch andere Aspekte wie Bandbreite oder Slew-Rate von Belang, da es hier um Gleichspannungen geht, doch die Rail-to-Rail-Fähigkeit, gute Offset-Eigenschaften ( $1,5 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) mit geringen Bias-Strömen (typ.  $150 \text{ fA}$ ) sowie ein besonders niedriger Temperaturkoeffizient dienen durchaus der Messgenauigkeit. Restliche vorhandene Offset-Spannungen werden durch die Kalibrierung ausgeschaltet.

### Stromversorgung

Die Betriebsspannung der Display-Platine muss galvanisch von den UniLab-Modulen getrennt sein. Hierzu ist also ein eigenes kleines Netzteil erforderlich. Ein kleiner Trafo mit zwei 8-V-Sekundärwicklungen, ein Brückengleichrichter, einige Elkos und zwei integrierte Spannungsregler erzeugen eine symmetrische Versorgung mit  $\pm 5 \text{ V}$ . Da im +5-V-Zweig mehr Strom benötigt wird (die Hintergrundbeleuchtung des Displays verbraucht mit bis zu  $100 \text{ mA}$  weit mehr als die Elektronik), kommt hier ein 7805 zum Einsatz, der durch die Verschraubung mit den Kupferflächen der Platine ausreichend gekühlt wird. Die analoge Versorgungsspannung von IC3 wird durch die Spule L1

und den Kondensator C5 von der digitalen Versorgung entkoppelt. Für die  $-5 \text{ V}$  genügt ein 79L05 bei weitem.

Der Trafo ist mit  $3,3 \text{ VA}$  ausreichend dimensioniert. Sollte ein Exemplar mit 8-V-Wicklungen nicht erhältlich sein, kann man auch eines mit  $2 \times 9 \text{ V}$  einsetzen. Bei unserem Prototyp haben wir eine etwas ungewöhnliche Lösung gewählt: Da die beiden UniLab-Module bei unserem Aufbau von einem Ringkern-Trafo versorgt wurden, konnten wir ganz einfach und bequem zwei zusätzliche Wicklungen aufbringen. Hierzu misst man zunächst testweise die mit fünf oder 10 Windungen erzielbare Spannung. Anschließend bringt man so viele Windungen auf, dass sich eine Spannung von  $8 \text{ V}$  ergibt. Wenn man die Länge einer Windung misst, kann man leicht die für die komplette Wicklung notwendige Drahtlänge ausrechnen. Bei unserem Prototypen waren für  $8 \text{ V}$  gerade 32 Windungen nötig, wofür  $5,5 \text{ m}$  Draht ausreichten. Wenn man zwei Drähte parallel wickelt, erhält man nahezu exakt gleiche Ausgangsspannungen. Man muss übrigens nicht unbedingt Kupferlackdraht verwenden. Normale dünne Litze mit Kunststoffisolierung tut es prima für diesen Zweck.

### Aufbau

Die Bestückung der in Bild 2 gezeigten doppelseitigen Platine sollte kaum Probleme machen, da Bauteile mit richtigen Anschlussdrähten/Beinchen und keine

SMDs vorgesehen sind. Wie schon angedeutet wird der 7805 platt auf die Platine gelegt und mit dieser verschraubt, wodurch die Kühlung gewährleistet ist. Für die Trimpoti können liegende und stehende Versionen verwendet werden. Die in der Stückliste angegebenen Exemplare sind auch im Prototypen von Bild 3 zu sehen. Die 16-polige Pfostenbuchse kommt auf die Rückseite der Platine.

Das Display wird auf der Rückseite mit einem komplementären 16-poligen Pfostenstecker versehen, sodass man Platine und Display zusammenstecken kann. Mit Hilfe von  $12\text{-mm}$ -Abstandsbolzen ergibt sich dann ein stabiles und kompaktes Anzeige-Modul.

Bevor man aber die Anzeige in Betrieb nehmen kann, muss der Controller mit seiner Firmware versehen werden. Hierzu schließt man einen passenden Programmer an den ISP-Anschluss K3 an. Der C-Source-Code und die entsprechende Hex-Datei ist wie immer kostenlos von der Elektor-Website downloadbar. Auch ein fertig programmierter Mikrocontroller ist unter EPS 100166-41 erhältlich (zu beidem siehe [www.elektor.de/100166](http://www.elektor.de/100166)).

Beim Einbau von zwei UniLab-Modulen samt Anzeige in ein Gehäuse darf man die Verbindung des Minus-Pols des Ausgangs (K2) des positiven Zweigs mit dem Pluspol des negativen Zweigs mit einem Stück Schalterdraht nicht vergessen. Dieses ist dann der Massepunkt des Netzteils - auch für das Display-Modul. Ebenfalls nicht in Vergessenheit geraten sollte der Ersatz des Widerstands R15 im positiven Zweig durch ein Exemplar mit  $5,6 \text{ k}\Omega$ . Dann müssen nur noch die sechspoligen Anschlüsse K3 der UniLab-Module korrekt mit den entsprechenden Anschlüssen K1 und K2 auf der Display-Platine verbunden werden. Am einfachsten nimmt man hierzu Flachbandkabel mit aufgequetschten sechspoligen Buchsen. Wie man die UniLab-Module weiter verdrahtet, das entnimmt man der Beschreibung in der April-Ausgabe ([www.elektor.de/090786](http://www.elektor.de/090786)). Was jetzt noch bleibt ist lediglich die Verbindung von Trafo (oder den Extra-Wicklungen des gemeinsamen Trafos) mit K5 und K6 der Display-Platine.

(100166)

## Einstellung und Kalibrierung

Nach Aufbau und Überprüfung der Bestückung kann das Labornetzteil eingeschaltet werden. Als erster Schritt kommt der Abgleich von P1... P3 an die Reihe. Hierzu stellt man zunächst den positiven Zweig auf maximale Ausgangsspannung und misst dann die Spannung an einem der beiden Anschlüsse von R20 gegen Masse. P7 auf der positiven UniLab-Platine wird nun so eingestellt, dass die Spannung knapp unter 1,1 V liegt. Möglicherweise muss hierzu P7 auf Maximum eingestellt werden.

Nun kommt der Abgleich der Strommessung im positiven Zweig. Hierzu stellt man die Spannung an Display-R19 mit Display-P1 auf exakt 0 V. Es sollte dabei keine Last am Ausgang angeschlossen sein. Die Spannung an R19 gegen Masse sollte letztlich bei einem Strom von 3 A unter 1,1 V liegen. Um einen Strom von 3 A zu erzeugen, muss man nicht unbedingt bei voller Ausgangsspannung messen. Man kann auch kleinere Widerstände anschließen und kommt dann z.B. bei einem Lastwiderstand von 1  $\Omega$ /10 W mit 3 V aus.

Für den negativen Zweig muss bei der Spannung nichts abgeglichen werden. Dafür ist der Abgleich der Strommessung ein Stück komplizierter. Zunächst muss die Kompensation der Ausgangsspannung optimiert werden, wofür Display-P2 zuständig ist. Hierzu eignet sich als Hilfsmittel die im Kasten abgebildete einstellbare Stromquelle. Der experimentelle Aufbau dieser Stromquelle ist dann auch noch für die anschließende Kalibrierung der Software hilfreich. Man schaltet dann ein Amperemeter im 10-A-Bereich in Serie mit der Stromquelle und schließt die Kombination als Last an den negativen Zweig des Netzteils an. Bei einer Spannung von einigen Volt stellt man mit P1 der Stromquelle einen Strom von 3 A ein. Mit UniLab-P1 variiert man dann die Ausgangsspannung mehrfach zwischen -2 V und -25 V. Dabei sollte der durch die Stromquelle fließende Strom konstant bleiben. Das Amperemeter kann entfernt und im Falle eines Multimeters fortan als Voltmeter eingesetzt werden. Nun misst man die Spannung an Display-R18 gegen Masse. Display-P2 wird jetzt so eingestellt, dass die gemessene Spannung unabhängig von der Ausgangsspannung des negativen Zweigs konstant bleibt. Man sollte zwischen den Spannungsänderungen etwas warten, da die interne Verarbeitung in IC3 etwas Zeit braucht, bis neue Werte stabil im Display erscheinen. Anschließend entfernt man die Stromquelle. Da nun kein Strom mehr

fließt, sollte die Spannung an R18 mit Display-P3 auf genau 0 V oder minimal mehr eingestellt werden. Dann folgt die Kalibrierung.

Nach dem Einschalten sind drei Zustände möglich:

1. In der Schaltung steckt ein durch Elektor programmierter Controller.
2. Der Controller ist von Ihnen selbst programmiert.
3. Die Kalibrierung wurde bereits durchgeführt.

Im ersten Fall stecken im EEPROM des Controllers eine Anzahl vorläufiger Parameter und es muss noch eine richtige Kalibrierung durchgeführt werden. Für 5 s nach dem Einschalten sollte dann eine Meldung auf dem Display zu sehen sein, die auffordert, S1 zu betätigen. Ist diese Zeit ohne Druck auf S1 verstrichen, werden auf dem Display die unkalibrierten Messwerte zu sehen sein. Als Erinnerung daran, dass noch etwas zu tun ist, steht am Anfang der untersten Zeile „[uncal]“. Nach einer Kalibrierung verschwindet dieser Hinweis.

Beim mit der Elektor-Hex-Datei selbst programmierten Controller stehen ebenfalls schon Werte im EEPROM. Falls man den Controller mit einer selbst erstellten Hex-Datei programmiert hat, gibt es vermutlich noch keine Parameter und das Display meldet nach dem Einschalten, dass eine Kalibrierung durchgeführt wird, denn ganz ohne halbwegs sinnvolle Parameter kann auch keine vernünftige Anzeige erfolgen.

Bei schon absolvierter Kalibrierung wird das Display nach einer Begrüßung die korrekten Messwerte anzeigen.

### Kalibrierung

Hierfür ist S1 zuständig. Da dieser Taster nicht auf der Platine sitzt, muss man für die Kalibrierung extern ein Exemplar anschließen. Nach einem Tastendruck wird eine eventuelle Anzeige von Spannung, Strom und Temperatur durch folgenden Text ersetzt:

```
CALIBRATION STEP 1
set outputs to 0V
then press S1
```

Mit dem nächsten Druck auf S1 werden die ersten vier Parameter für den Nullwert von Strom und Spannung festgelegt. In der Software sind diese als U1L, I1L, U2L und I2L bezeichnet, wobei die Ziffer 1 den negativen Zweig

repräsentiert.

Beim nächsten Druck auf S1 folgt die zweite Stufe der Kalibrierung:

```
CALIBRATION STEP 2
set outputs to 25V
draw 3A from -PSU
then press S1
```

Hier werden mit U1H und U2H zwei Parameter für die maximalen Ausgangsspannungen bestimmt (25 V minimal). Der Parameter I1H steht für den maximalen Nennstrom von 3 A des negativen Zweigs. Hier kann sich die schon aufgebaute Stromquelle noch einmal nützlich machen. Ohne Stromquelle muss man sich mit Leistungswiderständen behelfen. Zwölf Widerstände mit 100  $\Omega$ /10 W ergeben an 25 V ebenfalls 3 A. Aber Achtung: dabei werden gut 75 W verheizt! Bevor man zum Speichern der Werte auf S1 drückt, sollte man nachmessen, ob die Ausgangsspannung noch genau 25 V beträgt. Nach Betätigung von S1 kommt die dritte und letzte Stufe::

```
CALIBRATION STEP 3
draw 3A from +PSU
then press S1
```

Hier wird mit I2H der achte und letzte Parameter festgelegt. Man belastet hierzu den positiven Zweig mit 3 A - die Spannung ist dabei uninteressant. Bei Verwendung der Stromquelle sollte man deren P1 erst einmal auf 0 A einstellen, bevor man auf 3 A aufdreht. Anschließen oder Abtrennen in der Stellung 3 A ist nicht so empfehlenswert. Durch das getrennte Speichern von I1H und I2H braucht man zur Kalibrierung der Ströme nur einen Satz Widerstände oder eine einzige Stromquelle. Ein weiterer Druck auf S1 schließt die Kalibrierung mit der folgenden Meldung ab:

```
CALIBRATION DONE!
press S1
```

Der letzte Druck auf S1 setzt den Controller zurück, womit die neuen Messungen mit den neuen Parametern kalibriert werden. Man sollte die angezeigten Werte aber durchaus noch einmal mit einem Multimeter kontrollieren. Falls die Werte nach dem Einbau ins Gehäuse leicht abweichen, kann man die Kalibrierung anschließend noch einmal wiederholen.

Ab sofort zeigt das Display nach dem Einschalten eine Sekunde lang die Meldung:

```
SMPS display v1.0.0
```

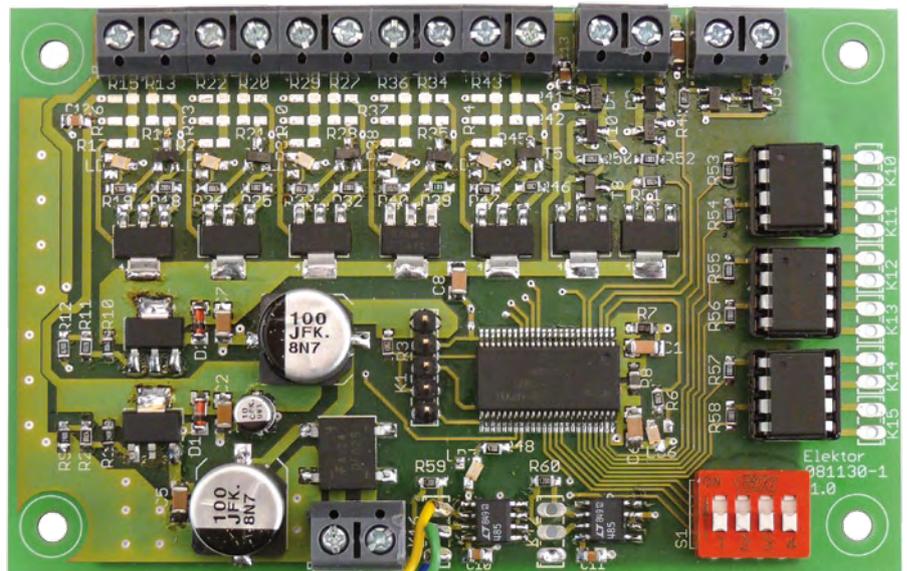
Die Versionsnummer kann bei Updates abweichen.

# DMX512-Steuerinterface

## Grafisch konfiguriert - dank PSoC-Controller

Von Markus Wagener (D)

Das DMX512-Protokoll ist ein professioneller Standard zur Licht-Steuerung. Wirklich universelle DMX-Steuerinterfaces sind allerdings nicht ganz billig. Diese Schaltung bietet die unterschiedlichsten Ausgänge; als Herz kommt ein PSoC zum Einsatz, der grafisch programmiert werden kann. Die gewünschte Konfiguration lässt sich dann auf einfachste Weise erstellen!



Egal, ob private Party oder größere Feier, die richtige Stimmung kommt nur auf, wenn neben dem Sound auch das Licht stimmt. Zur Ansteuerung aller möglichen Lichteffect-Geräte hat sich bei Profis das DMX512-Protokoll durchgesetzt, das auf RS485 basiert und bei dem die Steuerbytes von bis zu 512 Kanälen zyklisch hintereinander übertragen werden [1][2]. Auch ein größerer Gerätepark lässt sich dann über ein einziges Kabel ansteuern. Bedient werden kann das Ganze etwa per Lichtmischpult, günstiger geht's, wenn man ein preiswertes DMX-USB-Interface (z.B. von Elektor [3], siehe **Bild 1**) und das kostenlose PC-Programm DMXControl nutzt [4]. Diese unbestrittenen Vorteile hatten auch den Autor überzeugt: Zur Steuerung der eigenen Lichteffecte sollte ein möglichst preiswertes, über DMX512 ansteuerbares Schaltinterface her. Die meisten Lösungen, die er fand, boten jedoch nur 5-V-Ausgänge mit und ohne PWM. Das war dem Autor bei weitem zu wenig, besaß er doch auch Geräte, die mit 10 V angesteuert werden mussten. Ein paar potentialfreie Schaltausgänge dürften es ebenfalls sein, dazu wäre eine Ansteuerung für einen DC-Motor (mit Rechts-/Linkslauf) schön gewesen. Und eine Lüftersteuerung würde das Ganze noch perfekt machen! Kurzerhand beschloss der Autor, eine solche Schaltung selbst zu entwickeln. Ein solch universelles Steuerinterface verlangt natürlich nach einer flexiblen Konfiguration beziehungsweise Programmierung – dies sollte aber einfach und schnell und ohne aufwändige Zusatz-Hardware möglich sein. Als Herz des Schaltinterfaces wurde daher ein PSoC-Mikrocontroller von Cypress ausgewählt, der sich



mit Hilfe der kostenlosen Software „PSoC Designer“ grafisch programmieren lässt. Da die Entwicklungsumgebung bereits viele fertige und geprüfte Funktionsblöcke mitbringt (unter anderem auch einen DMX512-Empfänger), ist ein entsprechendes Programm wirklich im Handumdrehen erstellt. Zum Upload in den PSoC-Baustein wird der preiswerte USB-Programmierer „MiniProg“ eingesetzt; ein Kit aus Programmiergerät, Testplatine, USB-Kabel und Software ist bei verschiedenen Distributoren für ungefähr 20 Euro erhältlich [5]. In Deutschland ist das Kit etwa bei Farnell zu haben [6], Privatleute können bei HBE ordern [7].

### Die Schaltung

Der Schaltplan ist in **Bild 2** zu sehen. Die Spannungsversorgung (X2) kann sowohl mit Gleich- als auch mit Wechselspannung erfolgen. Die Eingangsspannung darf dabei im Bereich von 13 V bis 18 V (DC) bzw. 9 V bis 12 V (AC) liegen. Die beiden für die Schaltung benötigten Spannungen von 5 V und 10 V werden mit den einstellbaren Spannungsreglern vom Typ LM317 erzeugt. Bei Bedarf kann die in der Schaltung auf 10 V ausgelegte Spannung durch Änderung der Widerstände R11 und R12 angepasst werden. Dies kann beispielsweise nötig sein, wenn man ein Gerät mit 12-V-Steuereingängen

## Eigenschaften

- Vielseitige Ausgangskonfiguration
- Grafische Programmierung des Controllers
- Entwicklungsumgebung kostenlos
- DMX512-Eingang
- DMX512-Ausgang (durchgeschleift oder Repeater)
- DMX-Status-LED
- 4-poliger DIP-Schalter zur Konfiguration
- Temperaturfühler für Lüftersteuerung
- Spannungsversorgung 13 V bis 18 V (DC) oder 9 V bis 12 V (AC)

### Ausgänge:

- 1 Lüfter (Motor-) Ansteuerung
- 1 DC-Motoransteuerung mit Rechts- und Linkslauf
- 5 Ausgänge konfigurierbar (1 Status-LED pro Kanal):
  - Open-Collector (gegen 5 V oder 10 V)
  - Schalter / Impuls / PWM
  - Hi-Side-Switch (10 V)
  - Schalter / Impuls / PWM / Analog 0-10 V
- 6 Schaltausgänge (Potentialfrei / Solid-State-Relays)

anschließen möchte.

Der Empfangsstecker für das DMX-Signal (üblicherweise ein 3- oder 5-poliger XLR-Stecker) wird mit K16 verbunden. Einer der großen Vorteile des DMX-Standards ist, dass mehrere Geräte in einer Daisy-Chain aneinandergelängt werden können. Daher wird das Signal an K17 wieder ausgegeben, wo eine XLR-Buchse angeschlossen werden kann (die Nummerierung der Pins auf der Leiterplatte stimmt mit den Pinbezeichnungen der XLR-Verbindungen überein). Um eine möglichst zuverlässig arbeitende DMX512-Übertragung zu gewährleisten, ist die Schnittstelle als Repeater ausgeführt. Das hat zum einen den Vorteil, dass beide Leitungsenden spezifikationsgemäß abgeschlossen sind, zum anderen ist das Signal nach dem Durchlaufen dieser Stufe wieder „frisch“. So können mehr Geräte angeschlossen und längere Übertragungsstrecken überbrückt werden. Wer auf dieses Feature verzichten möchte, kann dies durch Brücken der DMX-Signale zwischen Ein- und Ausgang erreichen. In diesem Fall müssen die Bauteile R59, R60 und IC4 entfernt werden.

### Ausgänge

Auf der Platine stehen fünf konfigurierbare Ausgänge (K3...K7) zur Verfügung, zur Kontrolle gibt es jeweils eine Status-LED. Man sehe sich **Bild 3** an: Je nachdem, an welchem der Punkte A bis E die Brücken gesetzt werden, sind folgende Konfigurationen möglich:

- Open-Collector-Schalter gegen +5 V (A und D)
- Open-Collector-Schalter gegen +10 V (B und D)
- Hi-Side-Schalter +10 V gegen GND (C und E)

Alle Ausgänge lassen sich nach Bedarf mit PWM ansteuern, so dass Dimm-Effekte und vieles mehr möglich werden. Natürlich können an Stelle der Brücken auch Widerstände (z.B. als Vorwiderstand für LEDs oder zur Strombegrenzung) eingesetzt werden.

Um eine möglichst universelle Verwendung des Schaltinterfaces zu gewährleisten, sind **6 potentialfreie Schaltausgänge** vorhanden (EFF1...EFF6, K10...K15). Hier kommen Solid-State-Relays vom Typ ASSR-4128-002 zum Einsatz. Die Vorteile gegenüber mechanischen Relais sind die schnelleren Schaltzeiten (>100 Hz) und die verschleißfreie Arbeitsweise. Die Strombelastbarkeit ist mit maximal 100 mA pro Kanal für Steueraufgaben mehr als ausreichend.

Zur **Ansteuerung eines DC-Motors** ist K8 vorgesehen. Hier kann zwischen Aus, Rechts- und Linkslauf umgeschaltet werden. Um nicht versehentlich beide Richtungen gleichzeitig zu aktivieren und so einen Kurzschluss zu verursachen, verriegeln sich die Signale für die Laufrichtungen über T8 gegenseitig. Die Versorgung des Motors erfolgt über die 10-V-Spannung. Die maximale Stromaufnahme darf 500 mA nicht übersteigen.

Der Spannungsteiler aus R7 und dem PTC R8 liefert eine temperaturabhängige Spannung. Diese Spannung kann mit Hilfe des im PSoc integrierten A/D-Umsetzers als Steuersignal zur **Ansteuerung eines**

**Lüfters** genutzt werden (als Statusanzeige ist im Schaltplan eine eigene LED vorgesehen). Im Beispielprogramm (siehe unten) wird der Lüfter allerdings abhängig von den via DMX aktivierten Schaltausgängen hinzugeschaltet. Für den Betrieb des Lüfters an K9 wird die unregelmäßige Versorgungsspannung von rund 12 V verwendet. Falls das Projekt später mit einer geregelten Ansteuerung des Lüfters arbeiten soll, könnte es, je nach Konfiguration, zu Problemen bei der Pinzuweisung kommen. Daher sind Pin 3 und Pin 41 des PSoc verbunden, so dass die Ansteuerung über beide Pins erfolgen kann. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass immer nur einer dieser beiden Pins als Ausgang konfiguriert wird!



Bild 1. Das DMX-USB-Interface von Elektor (Schaltung in der XLR-Buchse!) und die kostenlose Software DMXControl machen den PC zum Lichtmischpult [3].

Die **4 DIP-Konfigurationsschalter** können zum Beispiel zur Festlegung der DMX-Adresse oder zum Umschalten zwischen verschiedenen Softwarekonfigurationen dienen.

Last not least dient eine **DMX-Status-LED** (D12) zur Kontrolle, ob Daten empfangen werden.

### Softwarebeispiel

In unserem Beispielprojekt werden Daten auf 10 DMX-Kanälen empfangen. Die Zuordnung der Kanäle zeigt die Tabelle 1. Der Konfigurationsschalter bleibt im Beispiel ungenutzt. Die fertigen Projektfiles sind von der Elektor-Website downloadbar [8], damit man die Zusammenhänge versteht und eigene Programme entwickeln kann, wird die Entwicklung des Beispiels im Folgenden schrittweise gezeigt.



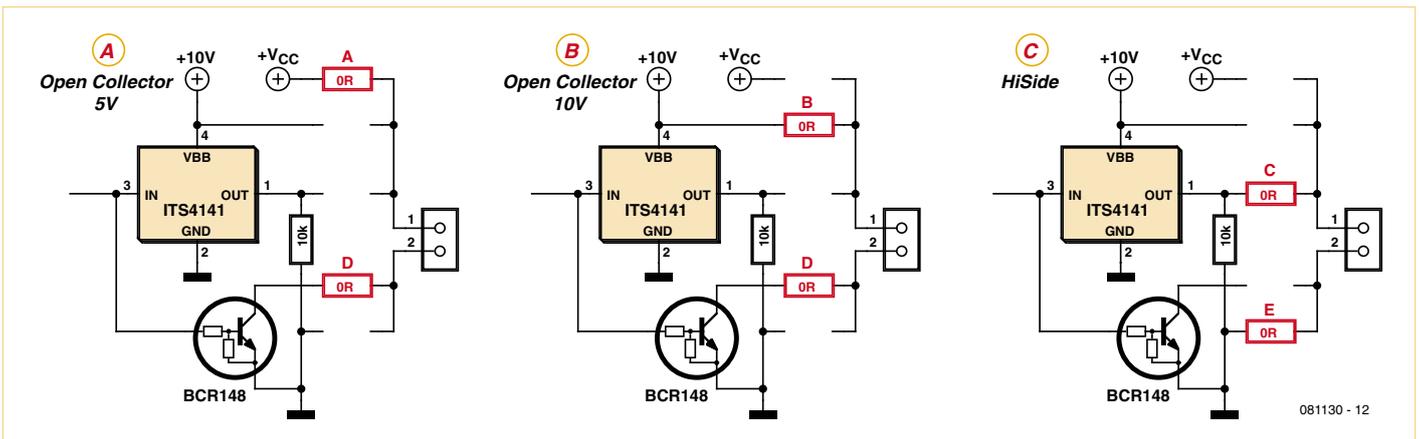


Bild 3. Die Ausgänge K3...K7 lassen sich über Drahtbrücken zwischen den Punkten A, B, C, D und E flexibel konfigurieren. Die Schaltplanausschnitte zeigen dies für einen Open-Collector-Schalter gegen 5 V und gegen 10 V, sowie für einen Hi-Side-Switch.

Benötigt werden die Entwicklungsumgebung „PSoC Designer 5.0 Service Pack 6“ und der „PSoC-Programmer 3.10“ (oder höhere Versionen), beides kann bei Cypress kostenlos heruntergeladen werden [9]. Nach der erfolgreichen Installation beider Programmpakete wird der PSoC-Designer gestartet. Danach muss man im Menü „New Project“ wählen, „System-level Project“ selektieren, einen Projektnamen („DMX1“) angeben und mit „Ok“ bestätigen. Es erscheint eine leere Arbeitsfläche. Am linken Bildschirmrand ist eine Übersicht der vordefinierten Funktionsblöcke – sortiert nach Funktionsgruppen – zu sehen. Die benötigten Funktionsblöcke werden nun einfach per Drag & Drop auf die Arbeitsfläche gezogen:

- Auswahl „Valuators“, Interface
- Für jeden zu empfangenden DMX-Kanal einen „Discrete“-Block auf die Arbeitsfläche ziehen und Blocknamen definieren („V0“...„V9“).
- Auswahl „Interfaces“, Communication, I2C
- Einen Slave auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnung definieren (IIC).
- Dieser Block wird nur für das Debugging benötigt.
- Auswahl „Interfaces“, Communication, DMX512
- Einen Receiver auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnung definieren (DMX1). Blockeigenschaften festlegen (Starting slot: 97 / Number of slots: 10), siehe hierzu **Bild 4**.
- Auswahl „Inputs“, Digital Input, Banked Input
- Einen Block vom Typ „InternalPullDown“ auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnung definieren (ADR). Anzahl der Bits festlegen (4).
- Dieser Block kann später zur Adress- und/oder Konfigurationseinstellung genutzt werden.
- Auswahl „Outputs“, PWM, Variable Duty Cycle
- Fünf Blöcke vom Typ „Vdd, 10mA High Side“ auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnungen („PWM0“... „PWM4“), Initialzustand (Off) und Frequenz (8000 Hz) definieren.
- Auswahl „Outputs“, Digital Output, DC Switch
- Sechs Blöcke vom Typ „Vdd, 10mA High Side“ auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnungen („EFF1“... „EFF6“) und Initialzustand (Off) definieren.
- Diese Ausgänge steuern die sechs Solid-State-Relays an.
- Auswahl „Outputs“, Digital Output, DC Switch

- Für die Motoransteuerung zwei Blöcke vom Typ „Vdd, 10mA High Side“ auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnungen („MOT1“ und „MOT2“) und Initialzustand (Off) definieren.
- Auswahl „Outputs“, Digital Output, DC Switch
- Einen Block vom Typ „Vdd, 10mA High Side“ auf die Arbeitsfläche ziehen. Blockbezeichnung („FAN\_DRIVE“) und Initialzustand (Off) definieren.
- Auswahl „Outputs“, Display, LED, SingleColor
- Zwei Blöcke vom Typ „On/Off with blink“ hinzufügen. Blockbezeichnungen („TEMP\_LED“ und „DMX\_LED“), BlinkRate (2), CurrentMode (Sourcing) und Initialzustand (Off) definieren.

Nachdem alle Funktionsblöcke platziert sind, sollte die Arbeitsfläche wie in **Bild 5** aussehen.

### Übertragungsfunktionen

Nun geht es darum, die via DMX in den „Valuators“ abgelegten Werte zu verarbeiten und die Ausgänge entsprechend anzusteuern. Dazu stellt der PSoC Designer verschiedene „Transfer Functions“

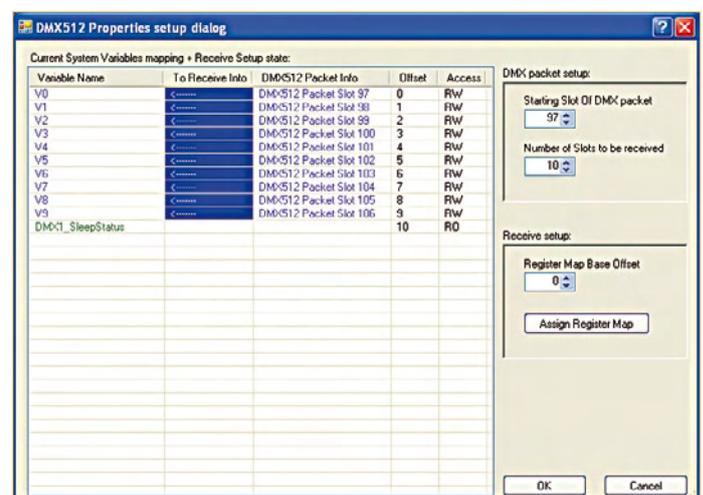


Bild 4. Der PSoC-Designer bringt schon einen fertigen DMX-Empfängerbaustein mit; die Kanalbytes lassen sich in Variablen speichern.

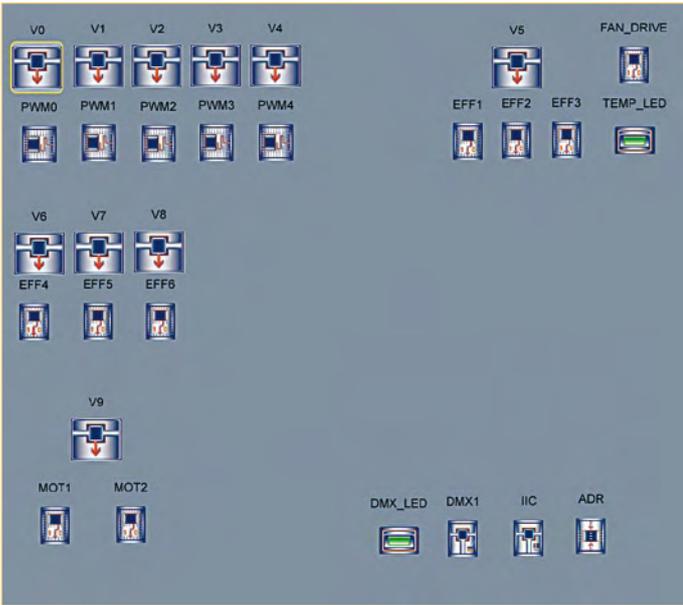


Bild 5. Hier sind alle Funktionsblöcke auf der Arbeitsfläche angeordnet.

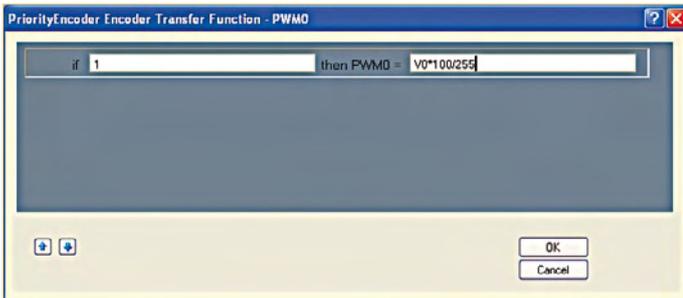


Bild 6. Mit Hilfe von Übertragungsfunktionen lässt sich festlegen, wie die DMX-Eingangskanäle die Ausgänge beeinflussen.

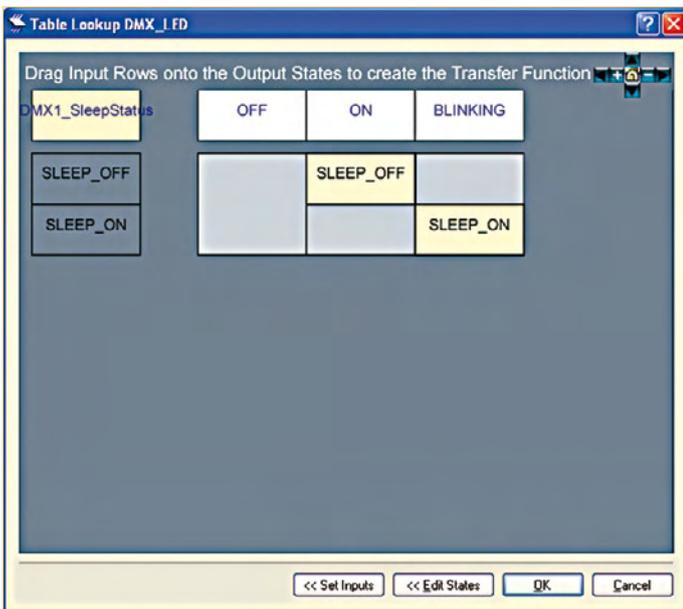


Bild 7. Wenn keine Daten ankommen, soll die DMX-Status-LED blinken.

Zuordnung der DMX-Kanäle im Softwarebeispiel		
DMX Kanal	Wertebereich	Funktion
97 bis 101	0...255	PWM 0%...100%
	für die Universalausgänge PWM0 bis PWM4	
102	0...63	Ausgänge EFF1, EFF2, EFF3 aus
	64...127	Ausgang EFF1 ein
	128...191	Ausgang EFF2 ein
	192...255	Ausgang EFF3 ein
103	0...127	Ausgang EFF4 aus
	128...255	Ausgang EFF4 ein
104	0...127	Ausgang EFF5 aus
	128...255	Ausgang EFF5 ein
105	0...127	Ausgang EFF6 aus
	128...255	Ausgang EFF6 ein
106	0...99	DC-Motor aus
	100..199	DC-Motor Rechtslauf
	200...255	DC-Motor Linkslauf

bereit, die über das Kontextmenü des entsprechenden Ausgangs zu erreichen sind.

Die beiden im Beispielprojekt genutzten Übertragungsfunktions-typen sind

- PriorityEncoder für alle DMX-gesteuerten Ausgänge und
- TableLookup für die LED-Ansteuerung.

Beginnen wir mit der Definition der Übertragungsfunktion für die PWM-Ausgänge. Dazu (mit einem Rechts-Klick auf das Symbol) das Kontextmenü des entsprechenden Ausgangs öffnen und „Transfer Funktion... / PriorityEncoder“ wählen.

Der folgende Dialog (siehe Bild 6) ermöglicht in der ersten Spalte die Eingabe einer Bedingung. Da in diesem einfachen Beispiel der Ausgangswert ohne Bedingung berechnet wird, wird hier einfach eine „1“ eingetragen.

In der zweiten Spalte trägt man die Formel zur Berechnung des Ausgangswerts ein. Hier muss der DMX-Wertebereich 0...255 in das PWM-Tastverhältnis 0 %...100 % umgerechnet werden. Die entsprechende Formel lautet dann:  $V0 * 100 / 255$ .

Diese Formel wird (für V1 bis V4 entsprechend angepasst) in die Felder für die Übertragungsfunktionen der Ausgänge PWM0... PWM4 eingetragen.

Nun zu den Ausgängen EFF1...EFF3. In unserem Beispiel wird ein gemeinsamer DMX-Kanal (102) zur Ansteuerung genutzt (siehe Tabelle). Mit Hilfe der entsprechenden „PriorityEncoder“-Dialogfenster wird die Abbildung des DMX-Wertebereichs 0...255 auf drei digitale Eingänge umgesetzt:

```

EFF1
    if V5<64 then EFF1 = 0
    if V5<128 then EFF1 = 1
    if 1 then EFF1 = 0

EFF2
    if V5<128 then EFF2 = 0
    if V5<192 then EFF2 = 1
    if 1 then EFF2 = 0

EFF3
    if V5<192 then EFF3 = 0
    if 1 then EFF3 = 1
    
```

Nanu, die Ausdrücke können sich widersprechen? Ganz einfach: Was oben steht, hat Priorität. Diese elegant einfache Schreibweise spart einige „<“-Zeichen.

Auch der Lüfter wird in unserem Beispiel mit einem „PriorityEncoder“ in Abhängigkeit von V5 gesteuert. Sobald einer der Ausgänge EFF1...3 aktiv ist, soll auch der Lüfter laufen.

```

FAN_DRIVE
    if V5<64 then FAN_DRIVE = 0
    if 1 then FAN_DRIVE = 1
    
```

Die Ausgänge EFF4...EFF6 werden den Valuator V6...V8 zugeordnet. Da wir uns hier pro Ausgang einen DMX-Kanal genehmigen, sieht die Übertragungsfunktion etwas einfacher aus:

```

EFF4
    if V6<128 then EFF4 = 0
    if 1 then EFF4 = 1
    
```

USW.

Für die Motoransteuerung sehen die Übertragungsfunktionen so aus:

```

MOT1
    if V9<100 then MOT1 = 0
    if V9<200 then MOT1 = 1
    if 1 then MOT1 = 0

MOT2
    if V9<200 then MOT2 = 0
    if 1 then MOT2 = 1
    
```

Weisen wir nun der DMX-Status-Leuchtdiode ihre Übertragungsfunktion zu. Die LED soll leuchten, wenn DMX-Daten empfangen werden und blinken, wenn keine Daten ankommen. Dazu mit einem Rechts-Klick das Kontextmenü der „DMX\_LED“ öffnen und „Transfer Function... / TableLookup“ wählen. Als Datenquelle wird im nächsten Dialog „DMX1\_SleepStatus“ selektiert.

Nun können aus der linken Spalte im sich öffnenden Fenster die Werte der Datenquelle per Drag & Drop den möglichen Zuständen der LED zugewiesen werden. Mit der Maus wird also der Status „SLEEP\_OFF“ in die Spalte „ON“ gezogen und „SLEEP\_ON“ in der Spalte „BLINKING“ abgelegt (siehe Bild 7).

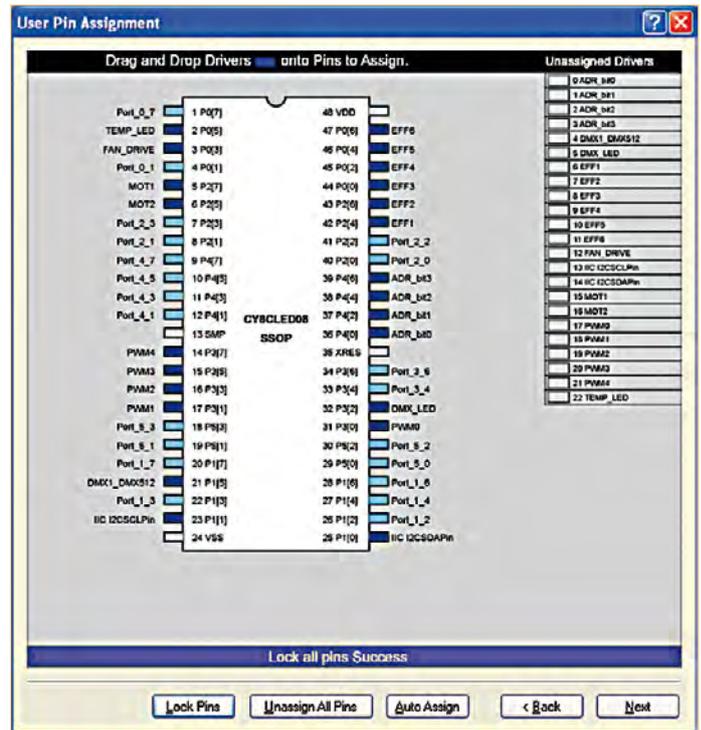


Bild 8. Hier werden die Signale der einzelnen Funktionsblöcke den Pins zugewiesen.

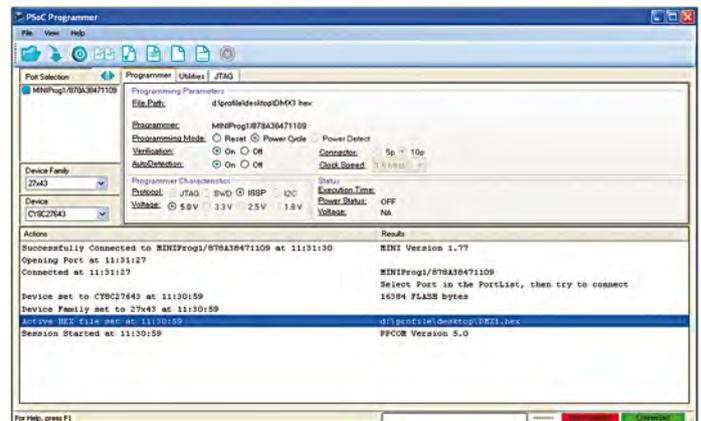


Bild 9. Vor der Übertragung des Programms in den PSoC müssen noch ein paar Einstellungen vorgenommen werden.

## Pins & Programmierung

Nachdem nun alle Funktionsblöcke platziert und die benötigten Übertragungsfunktionen definiert sind, kann das Projekt im nächsten Schritt übersetzt und in die Zielhardware geladen werden. Als erstes wird der Build-Prozess mit der Taste F6 gestartet. In dem sich öffnenden Fenster wird der PSoC-Typ „CY8CLED08, 48 Pin“ ausgewählt. Die anderen Einstellungen werden unverändert übernommen.

Mit dem Next-Button geht es weiter zur Pin-Zuweisung (Bild 8). Hier wird zunächst die automatisch erzeugte Zuweisung aufgehoben. Dies geschieht durch einen Klick auf „Unassign All Pins“. Anschlie-

## Stückliste

### Widerstände:

(alles SMD 0805)  
 R1,R9,R10 = 240 Ω  
 R2,R6,R19,R26,R33,R40,R47,R48,R51 = 470 Ω  
 R3,R18,R25,R32,R39,R46 = 10k  
 R7 = 910 Ω  
 R8 = PTC LT731K0JTG (Tyco Electronics)  
 R11,R12 = 820 Ω  
 R13,R17,R20,R24,R27,R31,R34,R38,R41,R45 = 0R (siehe Text)  
 R14,R15,R16,R21,R22,R23,R28,R29,R30,R35,R36,R37,R42,R43,R44 = 0R (siehe Text)  
 R49,R50 = 1k5  
 R52,R53,R54,R55,R56,R57,R58 = 1k  
 R59,R60 = 120 Ω

### Kondensatoren:

C1,C2,C5,C6,C7,C8,C9 = 1 μ/25 V (1206)  
 C3 = 10 μ/16 V (4 x 5,8)  
 C4,C14 = 100 μ/63 V (10 x 10)  
 C10,C11,C12,C13 = 100 n (0805)

### Halbleiter:

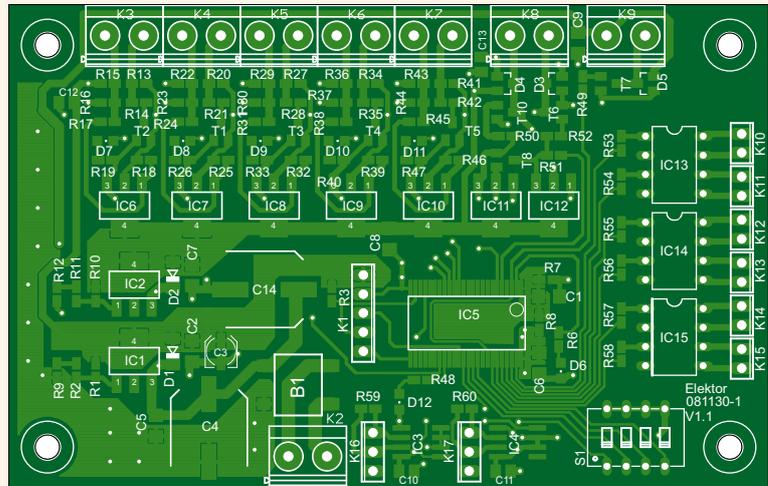
D1,D2 = BAS285-GS18  
 D3,D4,D5 = BAS40-04  
 D6,D7,D8,D9,D10,D11,D12 = LED (0805)  
 B1 = DF02S  
 T1,T2,T3,T4,T5,T8 = MUN2211LT1G  
 T6,T7,T10 = BC817-40  
 IC1,IC2 = LM317EMP

IC3,IC4 = LTC4855  
 IC5 = CY8CLEd08-48PVX1  
 IC6,IC7,IC8,IC9,IC10,IC11,IC12 = ITS4141N  
 IC13,IC14,IC15 = ASSR-4128-002

### Außerdem:

S1 = 4-fach DIP-Schalter  
 K1 = 5x1-Pin-Stiftleiste (2,54 mm)

K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9 = 2-polige Schraubklemme (RM 5,08 mm)  
 K10,K11,K12,K13,K14,K15 = 2x1-Pin-Stiftleiste (RM 2,54 mm)  
 K16,K17 = 3x1-Pin-Stiftleiste (RM 2,54 mm)  
 Platine 081130-1 (siehe [www.elektor.de/081130](http://www.elektor.de/081130))



Bei der Montage werden die Signale aus der Box rechts im Bild entsprechend der Definition im Schaltplan per Drag & Drop auf die Pins des Prozessors gelegt.

Ist die Pinzuweisung abgeschlossen, wird mit dem Next-Button der Projektgenerator gestartet. Nachdem das Projekt erfolgreich übersetzt wurde, kann das Programm direkt in die Hardware geladen werden.

Dazu muss zunächst der Programmieradapter mit dem PC und der Zielhardware (K1) verbunden werden. Praktisch dabei ist, dass das Schaltinterface beim Programmieren nicht mit einer Spannungsquelle verbunden sein muss. Die Stromversorgung übernimmt der MiniProg.

Nun wird der PSoC-Programmer gestartet, anschließend der MiniProg-Adapter ausgewählt und verbunden. Nun die Programmdatei („DMX1.hex“) laden. Für den Upload des Programms müssen folgende Einstellungen aktiviert sein (siehe **Bild 9**):

Programming Mode:	Power Cycle
Verification:	On
Auto Detection:	On

Protocol: ISSP  
 Voltage: 5.0V  
 Besonders wichtig ist es, dass „Auto Detection“ selektiert ist.

Der PSoC-Programmer erkennt in der momentan vorliegenden Version den CY8CLEd08 nicht korrekt. Anstatt dessen wird automatisch der CY8C27643 gewählt. Das macht nichts – es funktioniert trotzdem.

Mit F5 wird der Programmiervorgang gestartet. Nach etwa 20 Sekunden ist das Programm übertragen und die Hardware einsatzbereit.

Dieses einfach gehaltene Beispielprojekt kann natürlich problemlos modifiziert und erweitert werden. So steht neben der hier vorgestellten Konfiguration ein weiteres Beispielprojekt zum Download bereit [8]. Dieses umfasst z.B. einen zeitgesteuerten Nachlauf für den Lüfter und einen „Notbeleuchtungsmodus“ für die PWM-Ausgänge im Fall eines DMX-Signalausfalls.

(081130)

## Weblinks

- [1] [www.elektor.de/010035](http://www.elektor.de/010035)
- [2] [http://de.wikipedia.org/wiki/DMX\\_\(Lichttechnik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/DMX_(Lichttechnik))
- [3] [www.elektor.de/060012](http://www.elektor.de/060012)
- [4] [www.dmxcontrol.de/downloads/software.html](http://www.dmxcontrol.de/downloads/software.html)
- [5] [www.cypress.com/?rID=3412](http://www.cypress.com/?rID=3412)

- [6] <http://de.farnell.com/cypress-semiconductor/cy3217/programmer-psoc-miniprogrammer/dp/1472439>
- [7] [www.hbe-shop.de](http://www.hbe-shop.de)
- [8] [www.elektor.de/081130](http://www.elektor.de/081130)
- [9] [www.cypress.com/?rID=34517](http://www.cypress.com/?rID=34517)

# Basista

Leiterplatten GmbH The PCB Company

Heute schon nach  
Sonderangeboten  
geschaut?



Leiterplatten  
der Sparklasse

Individuell  
auf Ihren Bedarf  
zugeschnitten!



Basista.de

Wir sind unschlagbar...  
im Halten unserer Versprechen!

**Der Preisbrecher** für Leiterplatten  
**Gleicher Preis = mehr Ware**

50% Versandkosten sparen mit dem Wochenend-Bonus "happy hour"

## BESSER GLEICH ONLINE KALKULIEREN.

STARRE UND FLEXIBLE LEITERPLATTEN.



**LEITON**  
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Schluss mit umständlichen Rechenoperationen! Bei uns kalkulieren Sie auch Ihre weitestgehenden 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

## 2-tägiger Intensivkurs AVR-Mikrocontroller in der Praxis

NEU!

### ➔ 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:

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!**



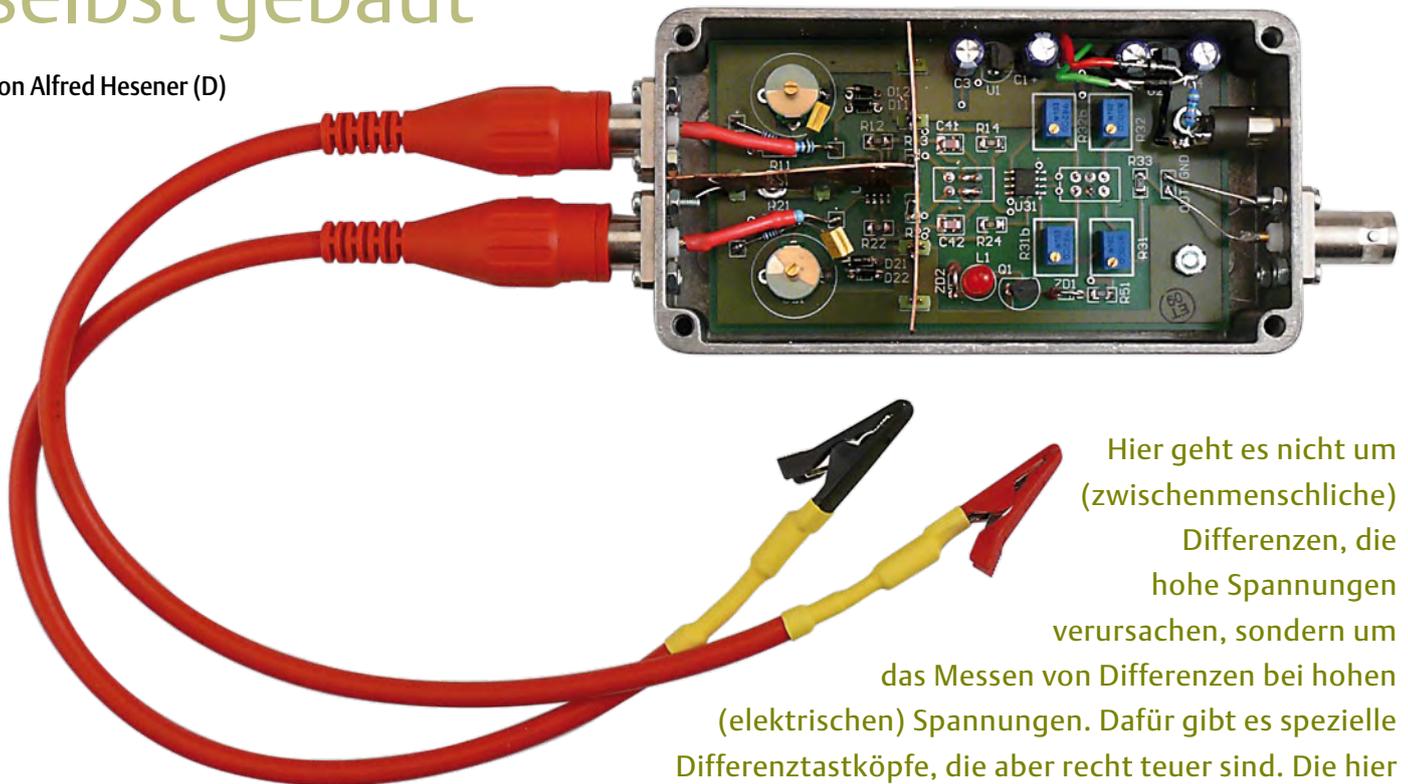
Im Preis sind jeweils Mittag-  
buffet, Dokumentation (Hand-  
outs/Seminarunterlagen) und  
Aushändigung des Teilnahme-  
zertifikats inbegriffen.

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

# Hohe Spannungen und Differenzen

## Hochspannungs-Differenzastkopf selbst gebaut

Von Alfred Hesener (D)



Hier geht es nicht um (zwischenmenschliche) Differenzen, die hohe Spannungen verursachen, sondern um das Messen von Differenzen bei hohen (elektrischen) Spannungen. Dafür gibt es spezielle Differenzastköpfe, die aber recht teuer sind. Die hier vorgestellte Selbstbau-Lösung kommt ohne kostspielige Bauteile aus und vermittelt viel praktisches Schaltungs-Know-how.

Es gibt viele Schaltungen mit hohen Spannungen. Die beiden bekanntesten Beispiele sind Schaltnetzteile und Röhrenschaltungen. Eine relativ neue Anwendung sind Hybrid- und Elektrofahrzeuge, die mit hohen Batteriespannungen arbeiten, um die Leitungsquerschnitte und Verluste zu reduzieren.

Während für das Messen hoher Spannungen jedes bessere Multimeter ausreicht, ist es nicht so einfach, wenn es darum geht, kleine Gleichspannungsänderungen oder auch Wechselfspannungen zu messen, die Hochspannungen überlagert sind. Häufig interessiert auch nicht der Absolutwert der hohen Spannung, sondern die Differenz zwischen zwei Hochspannungswerten, wie zum

Beispiel zwischen den Anodenspannungen eines Gegentaktverstärkers oder an den beiden Schaltknoten eines Phasenschieber-Vollbrückenwandlers (Schaltnetzteil-Topologie für höhere Ausgangsleistungen).

### Ansätze

Eine Lösung kann darin bestehen, zwei Standard-Hochspannungs-Tastköpfe (nicht zu teuer, aber mit brauchbaren Eigenschaften) in Verbindung mit einem digitalen Oszilloskop zu verwenden und die Signaldifferenz mit den mathematischen Funktionen zu berechnen. Diese Methode hat drei Nachteile:

1. Man benötigt zwei Kanäle des Oszilloskops, was es schwieriger macht, mehrere Signale gleichzeitig zu sehen.

2. Beide Signale werden mit der Auflösung des Oszilloskops digitalisiert (vielfach höchstens 8 bit), so dass sich Fehler addieren. Die Subtraktion von zwei großen, fast identischen Spannungswerten ist immer schwierig und erhöht den Messfehler.

3. Da die zeitliche Korrelation zwischen den beiden Messkanälen von Faktoren wie Kabeln und Erdschleifen abhängt und die mathematische Funktionen innerhalb des Oszilloskops zufällige und deterministische Abweichungen aufweisen können, ist der Timing-Information des Signals kaum zu trauen, vor allem nicht bei höheren Signalfrequenzen.

Abhilfe schafft ein so genannter Hochspannungs-Differenzastkopf. Er besteht im

## Eigenschaften

- Differenzabschwächung in zwei Stufen umschaltbar (-20 dB/-40 dB)
- Bandbreite 1 MHz, schaltbare Begrenzung auf 500 kHz
- Maximale Eingangsspannung +/- 1000 V (Scheitelwert)
- Maximale Ausgangsspannung +/- 10 V (bei min. Abschlussimpedanz 1 k $\Omega$ )
- Gleichtaktunterdrückung 55 dB bei 6 kHz, 35 dB bei 600 kHz

Wesentlichen aus einem Differenzverstärker, der sehr hohe Spannungen an den Eingängen akzeptiert und nur die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Eingangspins verstärkt, während Gleichtaktsignale (Signale, die an beiden Eingängen gleich groß sind) unterdrückt werden.

Das hört sich so an, als ob ein einfacher Differenzverstärker mit Spannungsteilern an den Eingängen ausreichen könnte, aber der Teufel steckt wie immer im Detail. Das wird durch die Tatsache unterstrichen, dass kommerzielle Differenzastköpfe für diese Art von Messungen sehr teuer sind. Ein gutes Beispiel ist der Differenzastkopf P5202 von Tektronix. Auf der Tektronix-Website [1] findet man ein lesenswertes Whitepaper über Funktionsweise und Anwendung. Die maximale Differenz-Eingangsspannung ist im Datenblatt mit  $\pm 1300$  V und die Bandbreite mit 25 MHz angegeben. Der interessante Wert bei genauerer Betrachtung der Daten ist die Gleichtaktunterdrückung CMRR (Common Mode Rejection Ratio). Der beeindruckende Wert von 80 dB bei 60 Hz sinkt bei höheren Frequenzen schnell ab, zum Beispiel auf 50 dB bei 100 kHz, was immer noch sehr gut ist. Ein kleines Differenzsignal ist also umso schwieriger zu messen, je höher die Frequenz des Gleichtaktsignals ist. Bei einem Frequenzsweep des Gleichtaktsignals wird das Ausgangssignal fälschlicherweise mit der Frequenz des Gleichtaktsignals zunehmen. Weil bei höheren Frequenzen ein größerer Teil des Gleichtaktsignals über (parasitäre) kapazitive Kopplung an den Ausgang gelangt, ist es sehr schwierig, die CMRR für hohe Frequenzen zu verbessern.

### Tastköpfe und Oszilloskope

Ein Oszilloskop ist ein sehr nützliches Messgerät. Es kann aber auch sehr irreführend sein, wenn man nicht darüber nachdenkt, was man auf dem Bildschirm sieht. Es kann sich auch um eine Ansammlung von Messfehlern handeln.

Erst recht muss man bei Verwendung eines Differenzastkopfs mitdenken.

Die Spezifikationen des einfach und preiswert zu bauenden Differenzastkopfs sind unter „Eigenschaften“ zusammengefasst. Die umschaltbare Abschwächung ist prak-

tisch, wenn das zu messende Differenzsignal klein und das Gleichtaktsignal sehr groß ist. Man muss darauf achten, dass der Tastkopf noch linear arbeitet, also nicht übersteuert wird. Auf eine Übersteuerungsanzeige wie bei kommerziellen Differenzastköpfen wurde zwecks Vereinfachung verzichtet. Die Beschränkung der Bandbreite ist bei Messungen mit hochfrequenten Störsignalen wie bei Schaltnetzteilen wichtig. Die Frequenzgänge sind in **Bild 1** dargestellt. Die oberen beiden Kurven zeigen das Ausgangssignal bei -20-dB-Abschwächung mit (orange) und ohne (grün) Bandbreitenbegrenzung. Die blaue Linie ist die -40-dB-Einstellung bei eingeschaltetem 500-kHz-Filter. Wie erwartet ist der Frequenzgang sehr linear mit einer maximalen Eckfrequenz von ca. 1 MHz. Die rote Linie zeigt das Gleichtakt-Ausgangssignal in Abhängigkeit von der Frequenz. Daraus ergibt sich rechnerisch eine Gleichtaktunterdrückung (CMRR) von etwa 55 dB bei tiefen Frequenzen, die auf etwa 35 dB bei hohen Frequenzen absinkt. Dieser Abfall beginnt bei ca. 6 kHz und ist

zuerst durch parasitäre Kopplung im Inneren des Tastkopfs bedingt. Er setzt sich bei hohen Frequenzen bedingt durch parasitäre Kopplung innerhalb der Operationsverstärker fort.

Die maximale Eingangsspannung von  $\pm 1000$  V wurde im Labor mit statischer Spannung über längere Zeit getestet. BNC-Buchsen und Kabel sind entsprechend spezifiziert. Ebenfalls für hohe Spannungen muss der Eingangswiderstand der Schaltung ausgelegt sein. Die verwendeten Widerstände (R1 in **Bild 3**) sind bis 1600 V spezifiziert, bei Standard-Widerständen sind es maximal 250 V. Alternativ kann man auch mehrere Widerstände mit geringerer Spannungsfestigkeit in Reihe schalten, um die Spannung (bei gleichen Widerstandswerten) aufzuteilen.

Hier noch ein Hinweis zu den Messkabeln: Die Kabel an den beiden Differenzeingängen sollten möglichst identisch sein, da Ungleichheiten Fehler bei der Differenz-

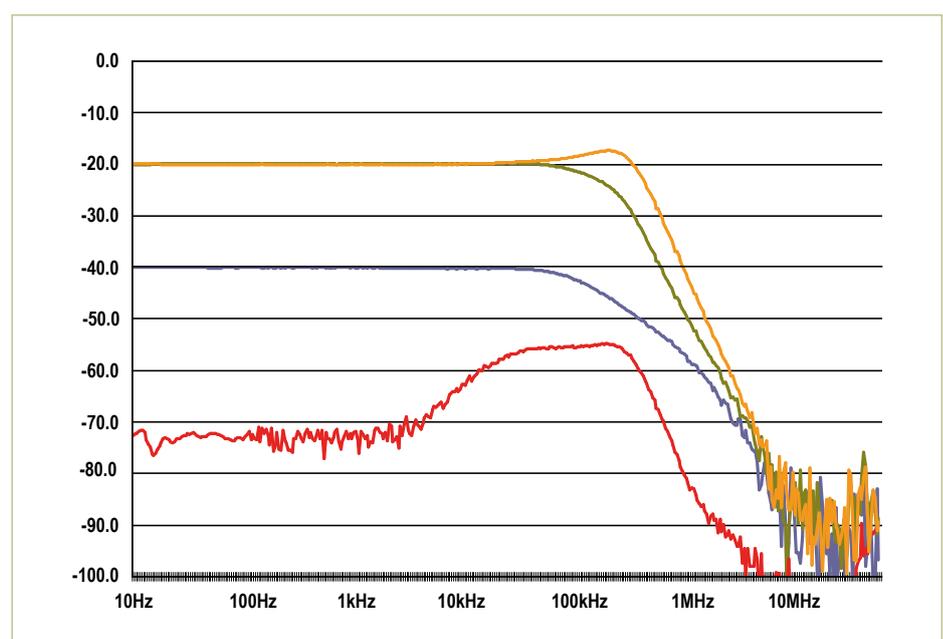


Bild 1. Frequenzgang in den beiden Stellungen der Verstärkung und jeweils mit und ohne 500-kHz-Filter. Die unterste Kurve zeigt die Gleichtaktunterdrückung.



Bild 2. Die Messkabel mit vollständig isolierten Krokoklemmen.

messung verursachen. Beim Muster wurde ein kurzes BNC-Kabel (Koax-Kabel) in gleich lange Hälften geteilt, am Ende mit einer isolierten Krokoklemme versehen und der Übergang mit Schrumpfschlauch isoliert (siehe Bild 2). Natürlich stellen diese Kabel eine kapazitive Last für die Messstelle dar, weshalb sie so kurz wie (praktisch) möglich sein sollten.

**Prinzip- und Eingangsschaltung**

Die Grundsaltung (Bild 3) ist ein Differenzverstärker mit drei Opamps, der in der Literatur als Instrumentenverstärker bezeichnet wird. A1 und A2 stellen hochohmige Eingänge zur Verfügung und verstärken differentiell, während A3 der eigentliche (klassische) Differenzverstärker ist. Die Schaltung bietet gegenüber dem klassischen Differenzverstärker einen interessanten Vorteil: Während die CMRR beim einfachen Differenzverstärker von der Übereinstimmung der Widerstände Z2 abhängt, ist sie hier um den Faktor  $\gamma^* (1 + \alpha + \beta)$  höher. Daraus ergibt sich aber auch Verstärkung und damit die Gefahr der Übersteuerung bei großem Gleichtakt-Signal. Man muss daher Verstärkung und Eingangsspannungsteiler so dimensionieren, dass im linearen Arbeitsbereich der Opamps maximale CMRR erzielt wird. In der Schaltung wurden  $\alpha$  und  $\beta$  mit 1 gewählt, während  $\gamma$  in den beiden Abschwächerstufen 0,657 (bei -40 dB) und 6,57 (bei -20 dB) beträgt. Z1 und Z2 wurden mit 1 k $\Omega$  relativ niedrig eingestellt, das hat aber den Vorteil, dass sich der Einfluss parasitärer Kapazitäten in der Schaltung verringert. Die Formeln für die Berechnung der Werte sind im Formelkasten aufgeführt. Bei der Berechnung muss man beachten, dass die Opamp-Ausgangsspannungen im Bereich von  $\pm 12$  V bleiben müssen.

**Hochspannung = Lebensgefahr!**  
 Alle Arbeiten mit hohen Spannungen erfordern gute Vorbereitung, sorgfältiges Vorgehen und die Beachtung aller notwendigen Sicherheitsmaßnahmen, auch wenn es zu umständlich erscheint und Sie wenig Zeit haben. Ihr Leben ist es wert. Bevor Sie eine Schaltung wie den hier vorgestellten Hochspannungs-Tastkopf verwenden, müssen Sie sich mit den Sicherheitsregeln vertraut machen. Bei Betriebsspannungen über 50 V Wechselspannung oder 120 V Gleichspannung sind Arbeiten an Teilen, die unter Spannung stehen, nur dann gestattet, wenn diese aus wichtigen Gründen nicht spannungsfrei geschaltet werden können (wie zum Beispiel beim Messen). Solche Arbeiten dürfen nur Elektrofachkräfte mit Zusatzausbildung ausführen, nicht aber Auszubildende (DIN VDE 0105).

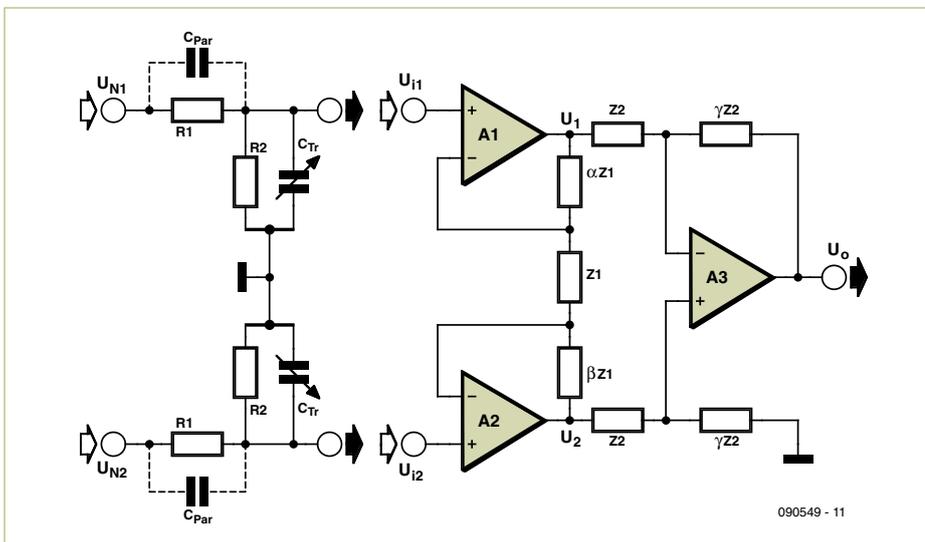


Bild 3. Prinzipschaltbild mit Eingangsabschwächer (links) und Instrumentenverstärker (rechts).

$$\text{Eingangsspannungsteilerverhältnis: } DR_{1,2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Ausgangsspannung des ersten Opamps: } U_1 = (1 + \alpha + \beta) \times U_{in1} \times DR_1$$

$$\text{Ausgangsspannung des zweiten Opamps: } U_2 = (1 + \alpha + \beta) \times U_{in2} \times DR_2$$

$$\text{Tastkopf-Ausgangsspannung: } U_{out} = (U_1 - U_2) \times \gamma$$

R1 und R2 bilden den Eingangsspannungsteiler. R1 muss für einen hohen Eingangsspannungsbereich und eine geringe Messsignalbelastung sehr hochohmig sein. Da die parasitäre Kapazität  $C_{par}$  das Teilverhältnis bei hohen Frequenzen reduziert, liegt zur Kompensation parallel zu R2 ein Trimmkondensator. R1 wurde mit 10 M $\Omega$  und R2 mit 51 k $\Omega$  gewählt, so dass eine Kompensation mit einem 5-30-pF-Trimmer erfolgen kann. Das Teilverhältnis liegt bei  $\approx 198$ .

Der Abgleich des Trimmers erfolgt wie bei anderen Tastköpfen auch auf optimale Kurvenform eines angelegten Rechtecksignals. Viele Oszilloskope verfügen dafür über einen eingebauten Rechteckgenerator.

### Aufbau

**Bild 4** zeigt den Aufbau der Eingangsstufe. Die beiden Eingangswiderstände sind zur Verringerung von Leckströmen mit Schrumpfschlauch isoliert. Bei den beiden Trimmkondensatoren sind zusätzliche Keramik Kondensatoren parallel geschaltet, um den Kompensationsbereich zu erweitern.

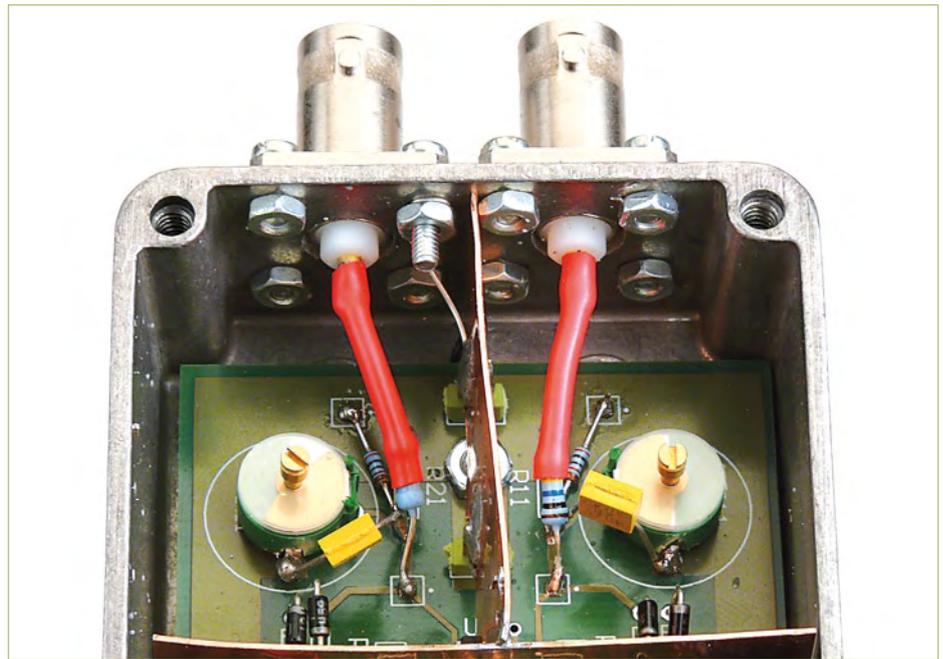


Bild 4. Der Aufbau der Eingangsstufe.

Die vollständige Schaltung (mit Ausnahme der beiden 10-M $\Omega$ -Eingangswiderstände) ist in **Bild 5** zu sehen. Auf der linken Seite sind die zusätzlichen Keramik Kondensatoren parallel zu den Trimmern und dem zweiten Teilerwiderstand zu sehen. Die Dioden an den Eingängen (D11/12 bzw. D21/22) dienen als Überspannungsschutz, ihre Kapazität ist viel geringer als bei Z-Dioden, und sie sind viel schneller. Die hohen Eingangs-

widerstände (10 M $\Omega$ ) begrenzen zuverlässig die bei Überspannung über Dioden und Stromversorgung abfließenden Ströme. Für einen guten Frequenzgang ist es sehr wichtig, die parasitären Kapazitäten dieses Knotens im Layout zu minimieren. Auf die Verstärker U11.A und U11.B mit

ihren Gegenkopplungs-Widerständen folgt der Differenzverstärker mit U31.A. Hier sind die Gegenkopplungswiderstände als Präzisions-Trimpotentiometer ausgeführt, um Verstärkung und CMRR optimal abgleichen zu können. Der Ausgang ist mit einem 50- $\Omega$ -Widerstand terminiert.

## Kalibrierung

Die Kalibrierung wird in mehreren Schritten durchgeführt:

1. Netzteil anschließen, rote LED muss leuchten. Betriebsspannungen ( $\pm 15$  V) und Ausgangsspannungen der Opamps (einige mV) überprüfen.
2. Oszilloskop an den Ausgang anschließen (Ausgang mit 50  $\Omega$  abschließen).
3. R31 und R31b mittig einstellen und ein 1-kHz-Rechtecksignal mit einer Amplitude von rund  $10 V_{SS}$  an einen der beiden Eingänge anschließen – der genaue Wert ist nicht so wichtig.

Das Rechtecksignal sollte auf dem Oszilloskop erscheinen. Trimmkondensator des betreffenden Eingangs auf optimale Rechteckkurvenform abgleichen. Am besten das Rechtecksignal am Eingang zum Vergleich und zur Triggerung auf den zweiten Oszilloskop-Kanal legen. Wenn der Einstellbereich nicht ausreicht, kann man noch kleine Kera-

mikkondensatoren parallel zum Trimmkondensator schalten. Ist der Trimmkondensator zu groß und verhält sich der Eingangsspannungsteiler als Tiefpass, kann man den Spannungsteiler niederohmiger machen (z.B. mit 3,3 M $\Omega$  für R1 und 16 k $\Omega$  für R2). Lässt sich kein schönes Rechtecksignal erzielen, ist der mechanische Aufbau zu ändern (parasitäre Kapazität zu groß).

4. Den zweiten Eingang auf gleiche Weise abgleichen (Rechtecksignal nur an diesem Eingang).
5. Stellen Sie nun R31 und R31b so ein, dass die Ausgangsspannung genau der Eingangsspannung um den eingestellten Faktor abgeschwächten Eingangsspannung entspricht. Bei einem Eingangssignal von  $10 V_{SS}$  muss das Ausgangssignal in der -20-dB-Stellung von S1 genau  $10 V_{SS}$  und in der -40-dB-Stellung 100 mV $_{SS}$  sein.
6. Legen Sie nun das gleiche Signal an beide Eingänge und gleichen Sie R32 und R32b

so ab, dass das Ausgangssignal so klein wie möglich wird (je kleiner, desto besser).

7. Die Schritte 5 und 6 sind ein paar Mal zu wiederholen, da sie sich gegenseitig beeinflussen. Versuchen Sie sehr sorgfältig, mit R32/R32b die maximale Gleichtaktunterdrückung zu erzielen – das ist wichtiger, als eine exakt eingestellte Abschwächung mit R31 und R31b.

Es ist wichtig, die Schritte 3 und 4 ordnungsgemäß erledigt zu haben, bevor man weiter abgleicht. Ohne einen guten Frequenzgang am Eingangsspannungsteiler sind die folgenden Schritte bedeutungslos. Die Messung mit dem Signal erst an einem und dann an beiden Eingängen sollte für verschiedene Frequenzen von Gleichspannung bis zu hohen Frequenzen wiederholt werden. So erhält man auch einen Eindruck davon, wie sich der Tastkopf bei unterschiedlichen Signalen verhält.

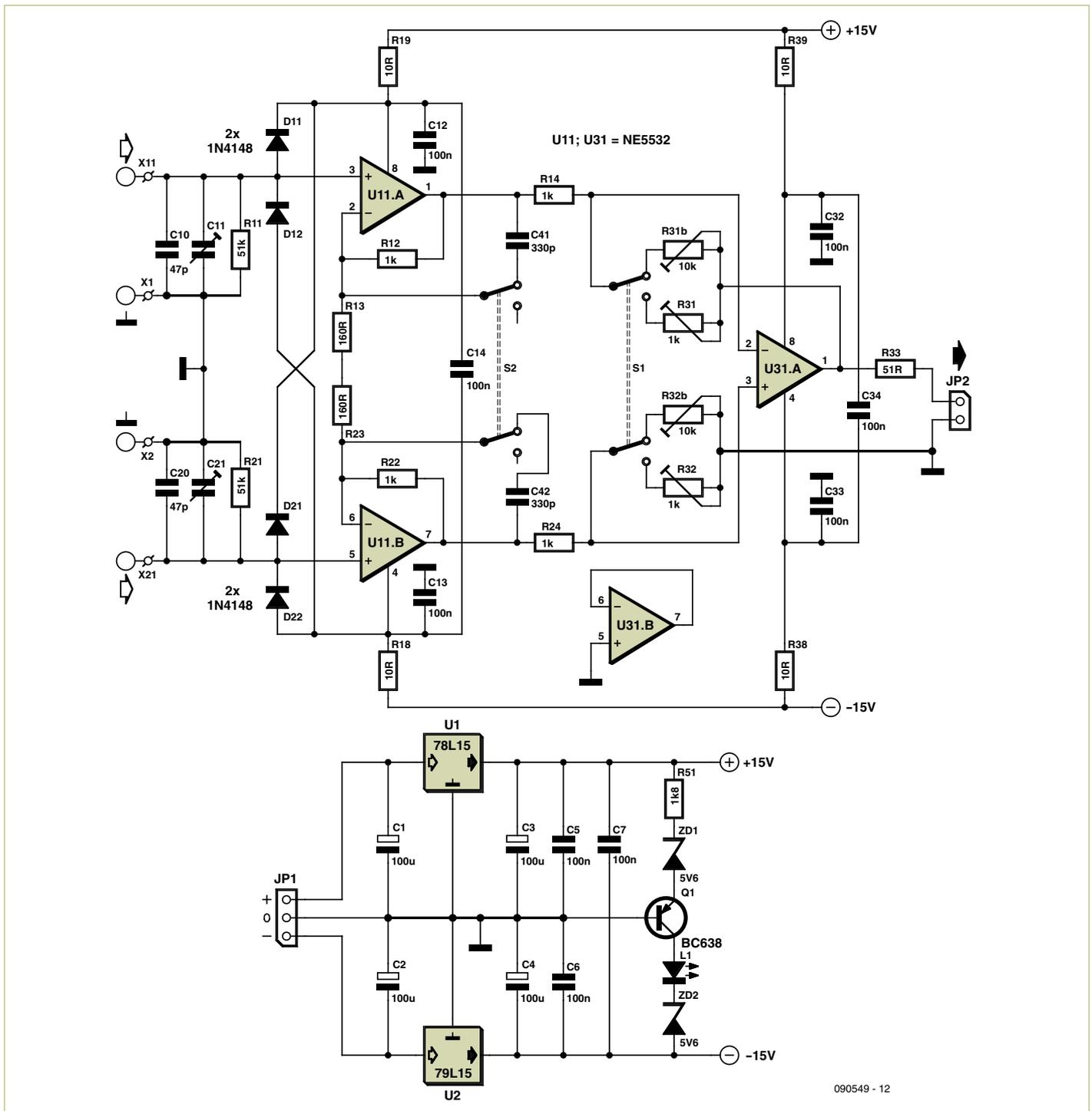


Bild 5. Die vollständige Schaltung (mit Ausnahme der beiden 10-M $\Omega$ -Eingangswiderstände).

Mit S1 wird die Verstärkung und damit die Abschwächung des Tastkopfs umgeschaltet. S2 schaltet die Bandbreitenbegrenzung mit 330-p-Kondensator parallel zu den Gegenkopplungswiderständen der ersten Stufen ein.

Die einzige Besonderheit der Stromversorgung mit den Spannungsreglern U1 und

U2 ist die Schaltung mit Q1 und LED L1, die beide Spannungen überwacht. An den Opamps werden die Versorgungsspannungen noch jeweils mit 10  $\Omega$  und 100 nF entkoppelt.

Das Platinenlayout kann von der Elektor-Website herunter geladen werden, dort findet sich auch eine Bauteilliste und eine

Beschreibung der Feinheiten des Layouts, aus der man auch für eigene Entwicklungen Nutzen ziehen kann.

In Bild 6 ist der Aufbau der Schaltung mit der in ein Alu-Druckgussgehäuse eingebauten Platine zu sehen. Die Eingangsstufe (links) ist durch Kupferfolie unterteilt und vom Haupt-Differenzverstärker rechts getrennt, um kapazitive Kopplung zu minimieren

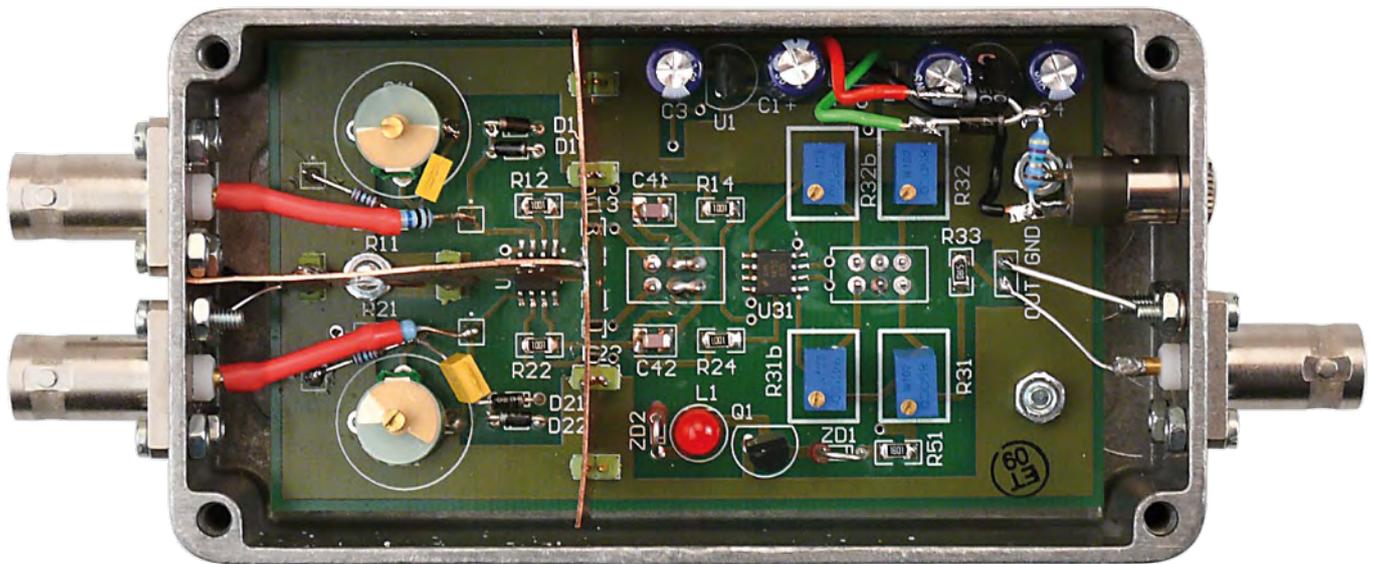


Bild 6. Aufbau der Schaltung mit der in ein Alu-Druckgussgehäuse eingebauten Platine.

Die Kupferstreifen sind mit Massepins auf der Platine verlötet. Bei den Eingängen ist wegen der hohen Spannungen auf ausreichende Abstände und Isolation der Leitungen zu achten. Aus diesem Grund wurden die 10-M $\Omega$ -Eingangswiderstände und deren Anschlüsse zusätzlich mit Schrumpfschlauch isoliert.

Die beiden Schalter sind auf der Platinenunterseite montiert und können auf der Gehäuseunterseite betätigt werden. In der rechten oberen Ecke der Platine befinden sich die Bauteile der Stromversorgung und rechts die BNC-Ausgangsbuchse und die Netzgerätebuchse zur Versorgung mit etwa  $\pm 18$  bis  $\pm 20$  V.

Die Verwendung von SMD-Widerständen und Kondensatoren hält parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten gering. Der Nachteil der größeren Toleranzen wird durch den Feinabgleich mit den Wendeltrimmern ausgeglichen. Der mit 5-%-Bauteilen bestückte Musteraufbau konnte auf eine CMRR von über 60 dB bei niedrigen Frequenzen abgeglichen werden, was einer Widerstandstoleranz von unter 0,1 % entspricht.

### Anwendungen und Optionen

Inbetriebnahme und Abgleich sind Schritt für Schritt im Textkasten „Kalibrieren“ beschrieben. Denken Sie beim Messen immer daran, dass hohe Spannungen lebensgefährlich sind! Bevor Sie etwas am Messaufbau ändern oder berühren, immer die Spannung abschalten und sicherstellen, dass auch keine Spannung mehr vorhanden ist (Kondensatoren!). Immer nur mit einer

Hand arbeiten (alte Regel: Eine Hand in der Hosentasche!).

Die hohe Eingangsimpedanz macht die Verwendung des Tastkopfs einfach, die Messpunktbelastung ist gering. Beim Ablezen des Skops muss man immer die eingestellte Abschwächung (-20 oder -40 dB) einrechnen.

Die eingestellte Bandbreite (0,5 oder 1 MHz) bestimmt, inwieweit hochfrequente Schwingungen auf dem Oszilloskop zu sehen sind. Die Eingangskapazität des Tastkopfs ist zwar klein, kann aber (wie jede Kapazität) an besonders kritischen Punkten einer Schaltung zu einer Veränderung des Signals oder sogar zu einer Oszillation führen.

Sollte das gemessene Signal oben und unten abgeflacht erscheinen, ist zu prüfen, ob der Tastkopf noch linear arbeitet oder schon übersteuert wird, weil die Abschwächung zu gering und/oder das Eingangssignal zu groß ist. Sinnvoll messen kann man bei Übersteuerung nicht.

Der Messbereich des Differenzastkopfs lässt sich durch Änderung des Teilverhältnisses anpassen, zum Beispiel auf  $\pm 100$  V für niedrigere Spannungen. Für höhere Spannungen müsste das mechanische Design geändert und die Isolation (z.B. Spannungsfestigkeit der Eingangsbuchsen) verbessert werden. Mit einem Kondensator in Reihe zu R14 und R24 lässt sich die Gleichspannungskomponente des Signals entfernen, was eine Erhöhung der Verstärkung zur Messung kleiner Signale ermöglicht, die hohen Gleichspan-

nungen überlagert sind. Kondensatoren an dieser Stelle beeinflussen die CMRR nur geringfügig.

Die Kondensatoren könnten auch zwischen den Eingangs-Teiler-Knotenpunkten und den Opamp-Eingängen geschaltet werden, aber dann braucht man am Opamp-Eingang noch einen zusätzlichen Widerstand nach Masse für den Bias-Strom, was den Aufwand erhöht und die CMRR verringert. Ein Kondensator in Reihe zu dem 10-M $\Omega$ -Eingangswiderstand müsste eine ausreichend hohe Spannungsfestigkeit aufweisen, was große Bauform und Induktivität bedeutet.

Unterm Strich bietet der Differenzastkopf eine einfach zubauende und kostengünstige Alternative zu teuren kommerziellen Produkten, die für Frequenzen bis 1 MHz gut ausreicht. Im Labor des Autors hat sich der Tastkopf unter anderem für Audio-Anwendungen gut bewährt und findet regelmäßig Verwendung.

(090549)

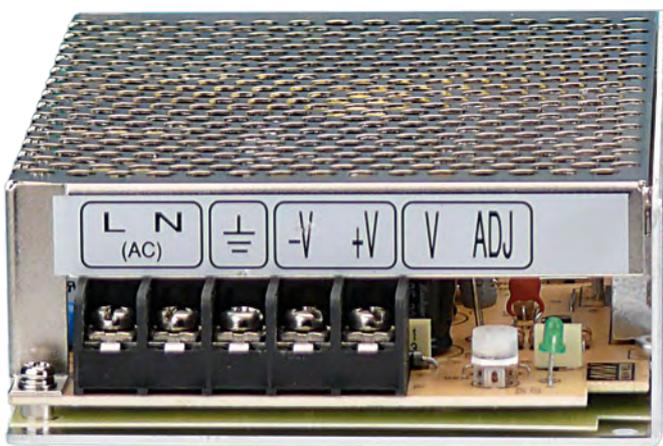
[1] [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

### Der Autor

Alfred Hesener ist Diplom-Ingenieur und als Direktor für Applikation und Marketing bei Fairchild Semiconductor verantwortlich für den europäischen Markt.

# Alternative HiFi-Stromversorgung

## Eignen sich Standard-Schaltnetzteile für Audio-Anwendungen?



Von Ton Giesberts (Elektor-Labor) & Thijs Beckers (Elektor-Redaktion NL) nach einer Idee von Dr. Thomas Scherer

Warum nicht einfach zwei preiswerte Industrie-Schaltnetzteile koppeln und daraus eine stabile, symmetrische Stromversorgung für Audio-Endstufen machen? Was sind dabei die Knackpunkte? Worauf muss man achten? Und entscheidend: Taugt diese Lösung in punkto Qualität?

Jeder (End-)Verstärker braucht eine Stromversorgung. Typischerweise wählt man hierfür eine Kombination aus Ringkerntrafo, Brückengleichrichter und ein paar Elkos. An Schaltnetzteile wagt man sich selbstbauenderweise eher nicht heran. Von daher wird das immer teuer, denn so ein Ringkerntrafo entsprechender Leistung erleichtert das Portemonnaie um einige Euros. Und das Gleiche gilt für ordentlich große Puffer-Elkos...

### Sparmöglichkeiten

Es müsste doch noch andere Wege geben? Zwar gibt es haufenweise industrielle Schaltnetzteile, doch in Sachen Anpassung an Selbstbausaltungen sieht es eher mau aus. Normalerweise liefern solche preiswerten Module fest eingestellte Spannungen von 12, 15, 24 oder 48 V. Warum nicht einfach zwei kombinieren und daraus eine symmetrische Stromversorgung machen? Allein der schon fast absurd niedrige Preis einer solchen Lösung verführt zum Ausprobieren. Aus diesen Überlegungen heraus warteten vor kurzem gleich vier Schaltnetzteile in unserem Labor darauf, auf Audiofähigkeiten geprüft zu werden.

### Prinzipielles

Wie schon erwähnt, verfügen solche Schaltnetzteile über bestimmte feste Ausgangsspannungen. Man muss also erst einmal kalkulieren, welche Spannung für welche Leistung bei welcher Lautsprecher-Impedanz (4 oder 8  $\Omega$ ) geeignet ist. Bei einem typischen 24-V-Modell muss das Netzteil an 8  $\Omega$  mindestens 3 A liefern können. In der Praxis ist bei jeder Endstufe mit Spannungsabfällen von gut 3 V an den Endtransistoren zu rechnen, weswegen eine Netzteil-Belastbarkeit von 2,6 A ausreicht.

Vom Hersteller Mean Well [1] hatten wir je zwei Exemplare des Typs S-60-24 und LPS-75-24 bestellt, sodass wir zwei symmetrische Anordnungen testen konnten. Industrie-Netzteile werden in bestimmten Leistungsklassen hergestellt. Das Modell S-60-24 kann 60 W bei 24 V liefern. Das Modell LPS-75-24 liefert bei der gleichen Spannung 75 W und ist deshalb etwas schwerer.

### Messanordnung

Als Basis unserer Messungen an diesen Industrie-Netzteilen haben wir den IGBT-Leistungsverstärker aus der September-Ausgabe

1995 herangezogen. Eigentlich wird diese Endstufe mit  $\pm 43\text{ V}$  versorgt, sodass Anpassungen bei der Einschaltverzögerung für den Betrieb mit niedrigeren Spannungen vorgenommen werden mussten. Ursprünglich war die Schaltschwelle nämlich mit R35 auf 30 V Wechselfspannung eingestellt. Indem die Masse der Einschaltverzögerung mit der Masse der Endstufe und der positive Anschluss von C13 direkt mit der Betriebsspannung verbunden wird, schaltet der Verstärker auch bei niedrigeren Betriebsspannungen ein. Das rechtzeitige Abfallen des Relais beim Abschalten der Versorgungsspannung funktionierte dann nicht mehr gut. Für unsere Messungen ist das aber ohne Bedeutung. Als Last haben wir eine Batterie größerer Leistungswiderstände angeschlossen.

**Praxis**

Wie die meisten Endstufen benötigt auch der IGBT-Leistungsverstärker eine symmetrische Stromversorgung. Hierzu wurden zwei einfache Schaltnetzteile in Reihe geschaltet. Die Verbindung der beiden Netzteile fungiert als Masse. Die beiden übrigen Anschlüsse bieten dann eine positive und eine negative Versorgungsspannung. Wie fast alle derartigen Schaltnetzteile haben auch die von uns verwendeten einen „schwebenden“ Ausgang. Das bedeutet, dass keine Ausgangsleitung eine galvanische Verbindung mit dem Gehäuse etc. aufweist. Dies ist wichtig, da andernfalls Kurzschlüsse entstehen könnten.

Bei der Auswahl der Netzteile gingen wir davon aus, dass sie in begrenztem Maße kurzfristig überlastbar sind, bevor die Ausgangsspannung einbricht. Um dies zu überprüfen wurde an das Modell S-60-24 direkt die normale 8- $\Omega$ -Last angeschlossen. 8  $\Omega$  an 24 V haben 72 W zur Folge! Dabei blieb die Spannung noch stabil. Selbst bei einer Last von 7  $\Omega$  brach die Spannung nur auf 22 V ein, was für eine Strombegrenzung bei 3,15 A spricht. Das macht dieses Netzteil für unser Vorhaben gut brauchbar.

Auf der Platine des IGBT-Leistungsverstärkers befinden sich zwei Elkos mit je 10.000  $\mu\text{F}$ , welche die Stromversorgung dicht bei den Endtransistoren entkoppeln. Bei Vollaussteuerung des Verstärkers mit tiefen Frequenzen um die 20 Hz sind diese Elkos nicht ausreichend, wodurch sich ordentliche Spannungsschwankungen aufgrund des periodischen Einbrechens und Nachladens ergeben. Die Spitzenströme zum Nachladen der Elkos werden dabei durch die Strombegrenzung der Netzteile im Zaum gehalten. Wenn man diese Elkos weglässt, dann gibt es natürlich größere Verzerrungen. Ein Kompromiss wäre, Elkos mit einer auf 1.000  $\mu\text{F}$  reduzierten Kapazität einzusetzen. Die Verzerrungen mit 1 W an 8  $\Omega$  bei einer Bandbreite von 80 kHz sind dann mit 0,042 % an Stelle von 0,032 % nur leicht höher.

Bei gleicher Bandbreite und Versorgung mit einem konventionellem „analogem“ Netzteil fallen die Verzerrungen mit lediglich 0,002 % deutlich niedriger aus. Eine Spektralanalyse des Ausgangssignals zeigt, warum das so ist. In **Bild 1** ist das komplette Spektrum bis 130 kHz zu sehen. Was auffällig sind die Signale oberhalb von 20 kHz. Diese werden fast vollständig von den Schaltnetzteilen verursacht. Sie liegen zum Glück ein Stück außerhalb des Audio-Frequenzbe-

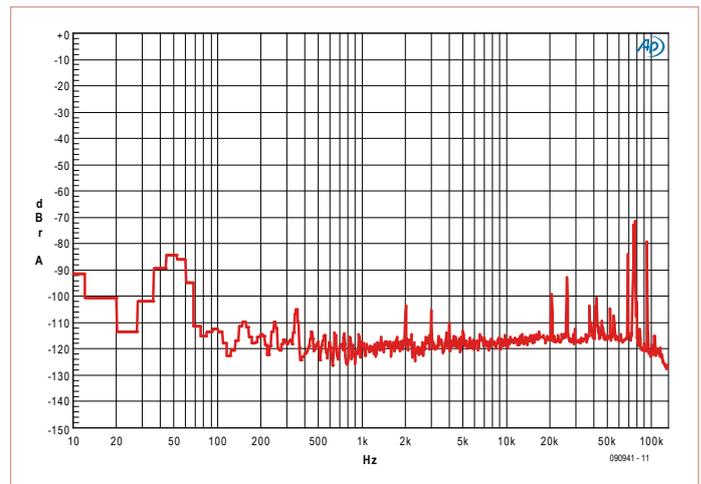


Bild 1. Spektrum der Ausgangssignale des IGBT-Leistungsverstärkers, der mit zwei 60-W-Schaltnetzteilen versorgt wurde. Die größten Störpegel liegen immer noch mehr als 70 dB unter dem Nutzsignal und dann auch noch weit außerhalb des relevanten Frequenzbereichs.

reichs. Laut Datenblatt beträgt die Schaltfrequenz der 60-W-Netzteile 77 kHz, was sich klar im Spektrum abbildet.

Bei höheren Ausgangsleistungen spielen diese Frequenzanteile allerdings eine geringere Rolle. Hier wirken sich die harmonischen Oberwellen des Audiosignals deutlicher aus. Alle unerwünschten Signalanteile liegen mindestens 70 dB unter der Referenz (welche zwecks niedrigerem Grundrauschen im Spektrum unterdrückt wurde). Die Energie der Störanteile beträgt weniger als 0,1  $\mu\text{W}$ !

**Bild 2** zeigt eine Ausschnittsvergrößerung des Spektrums. Man sieht, dass die beiden in Serie geschalteten Netzteile nicht exakt die gleiche Schaltfrequenz aufweisen. Die Quelle von zwei weiteren Peaks bei 69 und 93 kHz ist nicht eindeutig - aus den Schaltnetzteilen stammen sie aber auf alle Fälle.

Typischerweise fallen die höchsten Ausgangsleistungen in den Bereich niedriger Frequenzen. Von daher ist es interessant zu sehen, wie sich der Verstärker bei 20 Hz verhält. Bei den 60-W-Netzteilen

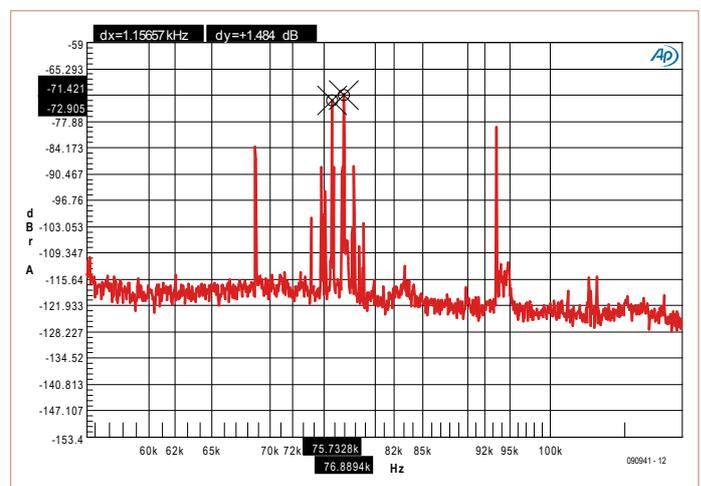


Bild 2. Ausschnittsvergrößerung von Bild 1, rund um die Schaltfrequenzen der beiden Netzteile.

## STROMVERSORGUNG

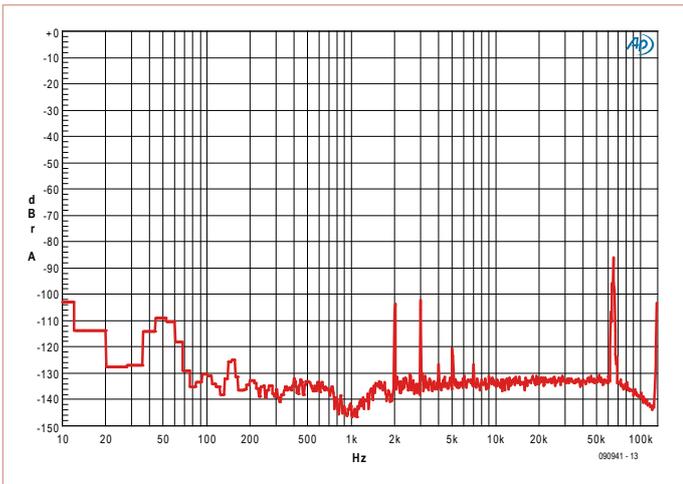


Bild 3. Versorgt man den Verstärker mit Netzteilen vom Typ LPS-75-24, sieht das Spektrum besser aus. Die Reste der Schaltfrequenz sinken auf Pegel von -88 dB gegenüber dem Referenzsignal.

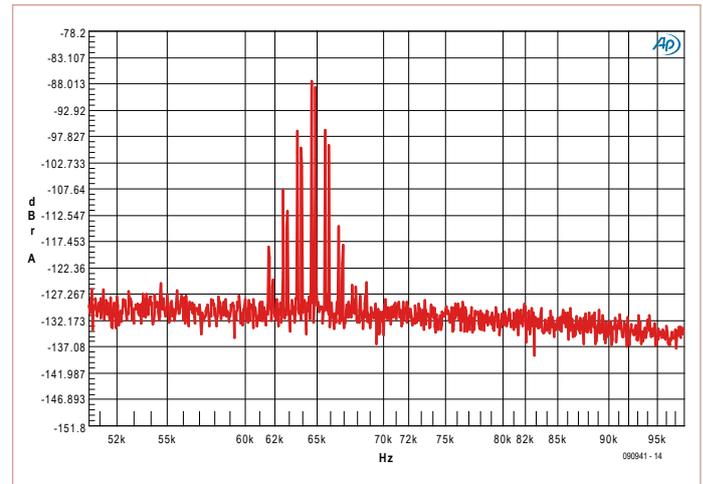


Bild 4. Die Ausschnittvergrößerung von Bild 3 zeigt, dass kaum Reste der Schaltfrequenzen vorhanden sind.

betragen die maximalen Ausgangsleistungen 30 W an 8  $\Omega$ , 39 W an 6  $\Omega$ , 42 W an 5  $\Omega$  und 44 W an 4  $\Omega$  (bei THD+N = 0,1 %). Bei 100 Hz an 4  $\Omega$  sind immerhin 54 W drin und bei 1 kHz an 4  $\Omega$  sogar 57 W. Wenn man niedrige Impedanzen anschließt, bricht die Versorgungsspannung bei den Spitzen der Ausgangsleistung ein. Das ist der Punkt, an dem die Netzteile eine Grenze setzen.

### Vergleich

Um eine Idee davon zu bekommen, ob die gemessenen Spektren typisch für diese Art Schaltnetzteile sind, haben wir auch noch den zweiten Netzteil-Typ mit 75 W Belastbarkeit und einem nominellen Spitzenstrom von 3,2 A angeschlossen. Auch hier wurde die Last mit Leistungswiderständen simuliert. Der Typ LPS-75-24 bekam erst Probleme, wenn der fließende Strom 4 A überschreiten wollte. Dann brach auch seine Ausgangsspannung ein. Bei beiden Netzteiltypen kann man also mit einer Stromreserve von etwa 25 % rechnen. Beim stärkeren Netzteil lassen sich dann problemlos niedrigere Belastungsimpedanzen anschließen.

Wie zuvor wurden zwei Netzteile für eine symmetrische Speisung in Serie geschaltet und das entsprechende Spektrum von **Bild 3** aufgenommen. Auffallend ist hier das „schönere“ Spektrum oberhalb von 20 kHz. Die Ausschnittvergrößerung von **Bild 4** zeigt wieder die Schaltfrequenzen der Netzteile. Hier sind weniger Peaks und geringere Amplituden als bei den schwächeren Netzteilen zu sehen.

### Verbesserungen?

Die Unsauberkeiten der Ausgangsspannung fallen beim Modell S-60-24 mit 200 anstatt 150 mV (ohne Spikes) größer aus als im Datenblatt angeben. Eine erste Idee für bessere Resultate wäre, eine gewöhnliche Entstörspule in Reihe zur Versorgungsspannung zu schalten. Übliche Ausführungen mit 64  $\mu$ H und 3 A Belastbarkeit brachten allerdings keine Verbesserungen, sondern erzeugten sogar größere Verzerrungen. Auch extra Elkos wirkten sich eher nachteilig aus. Eine Lösung nach dem Motto „quick & dirty“ ist also nicht drin.

Wir wollen allerdings nicht behaupten, dass solche Schaltnetzteile nicht für Audio-Anwendungen taugen. Außer den gegenüber analogen Netzteilen größeren Peaks bei hohen Frequenzen bis 80 kHz ist von den Auswirkungen der Schaltfrequenzen auf das Audiosignal nicht viel zu sehen – und unserer Ansicht nach auch nicht viel zu

hören. Die Störpegel fallen mit lediglich 100 nW zu schwach und mit 77 kHz zu hochfrequent aus.

Laut unseren Messungen wäre der Typ LPS-75-24 dem S-60-24 vorzuziehen. Wir denken, dass die Unterschiede größtenteils auf das unterschiedliche Platinen-Layout der beiden Netzteil-Typen zurück gehen. Beim 60-W-Modell sitzt der Bereich mit Netzspannung sehr dicht bei dem für die Ausgangsspannung. Beim 75-W-Netzteil sitzen die Klemmen für Netz- und Niederspannung an den entgegengesetzten schmalen Seiten einer länglichen Platine. Die Abschirmung bringt daher bei der 60-W-Ausführung weniger. Um so schlimmer ist es, dass sich Netz- und Niederspannung hier auf der gleichen Klemmleiste befinden. Vorbildlich hingegen die 75-W-Ausführung: Hier sind schon auf der Platine die beiden Hälften mit Netz- und Ausgangsspannung sauber getrennt.

Ein Unterschied von Schaltnetzteilen gegenüber konventionellen Ausführungen ist, dass Erstere für die Belastung mit einem Gleichstrom konzipiert sind. Bei einer mit einem Sinus-Signal betriebenen Endstufe aber beträgt der mittlere Gleichstrom einer Versorgungsleitung nur etwa ein Drittel des Spitzenstroms ( $I_{top}/\pi$ ). Die mittlere Leistungsaufnahme einer Versorgungsleitung liegt bei etwa der Hälfte der Ausgangsleistung (Wirkungsgrad 50 % total). Bei  $\pm 24$ -V-Versorgung und 4  $\Omega$  Last muss man daher mit einer mittleren Leistungsaufnahme von etwa 30...40 W pro Schaltnetzteil rechnen. Leider aber muss das Netzteil auch dazu in der Lage sein, im Extremfall die dreifach höhere Spitzenleistung zu liefern. Man muss daher bei Schaltnetzteilen kräftig überdimensionieren und im Zweifel das kräftigere Netzteil wählen. Oder aber man setzt gleich ein speziell für Audio-Anwendungen konzipiertes Schaltnetzteil ein, das wie das Modell SAPS-400 [2] entsprechend hohe Spitzenströme liefern kann.

Letztlich ist der Einsatz der getesteten Netzteile zwar nicht ganz ideal, aber dafür immerhin recht preiswert. Wir bezahlten etwa 20 Euro pro Stück. Das macht diese Lösung deutlich preiswerter (und einfacher) als die konventionelle Variante.

(090941)

### Weblinks

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

[2] [www.elektor.de/070688](http://www.elektor.de/070688)



# electronica

konzentrieren wir uns auf morgen.

Automotive

e-Mobility

Displays / e-Signage

Embedded Systeme / Software

Medical / MEMS

Photovoltaik

**Zeit für Elektronik. Zeit für Zukunft.**

Die entscheidenden Themen, Trends und Technologien. Die neuesten Komponenten, Systeme und Anwendungen. Besuchen Sie die **electronica 2010**, die Weltleitmesse, die bereits heute zeigt, was morgen zählt und so starke Impulse für echtes Wachstum gibt.

Parallelveranstaltung: hybridica. Messe für hybride Bauteilfertigung. [www.hybridica.de](http://www.hybridica.de)

get the whole picture



**electronica 2010**  
components | systems | applications

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

# Accelerometer und Rütteltisch

Von Ed Simon (USA)

Einem Accelerometer begegnet man in der Akustik ziemlich selten, denn es ist recht teuer. Und doch ist es eines der Dinge, ohne die man nicht mehr sein möchte, wenn man sie einmal benutzt hat. In diesem Leserprojekt geht es nicht nur um die Technik und den Selbstbau. Hier geht es auch darum, die Vibrationsfestigkeit von Audio-Bauteilen zu bestimmen - mit Hilfe eines alten Basslautsprechers!

Das sollte bekannt sein: Änderung einer Strecke pro Zeiteinheit = Geschwindigkeit. Und außerdem: Änderung der Geschwindigkeit pro Zeiteinheit = Beschleunigung. Im Digikey-Katalog kostet das Bauteil mit der Nummer #MSP1001 knapp 50 Dollar. Dabei handelt es sich um ein Keramik-Gehäuse mit drei Anschlüssen, das nicht zum Schrauben, sondern zum Aufkleben auf eine zu untersuchende Oberfläche gedacht ist. Dem Bauteil war ein kleiner Kalibrationszettel beigelegt, dem zu entnehmen war, dass es 9,3 mV/g liefert. Auf der Webseite des Herstellers kann man eine Vorverstärker-Schaltung finden, die dieses Signal auf einen verwertbaren Pegel bringt.

## Der Vorverstärker

Meine Variante dieser Schaltung zeigt **Bild 1**. Die originale Schaltung wurde so modifiziert, dass am Ausgang wahlweise 0,1 V/g oder 1 V/g anliegen. Man kann den zweiten OpAmp auch als Integrator beschalten, wenn man ein Maß für die Geschwindigkeit am Ausgang benötigt.

In meiner Bauteile-Sammlung fand sich ein 4-Pin-Miniatur-Steckverbinder von Lemo, der sich prima für die Eingangssignale eignete. Für den Ausgang wählte ich eine robuste BNC-Buchse.

Ich entwarf eine Platine mit einem Jumper, der entweder die 0,1 V/g oder die 1 V/g an den BNC-Ausgang legt. Bislang war die höhere Verstärkung mit 1 V/g ausreichend, da noch keine Beschleunigungen über 1 g zu messen waren.

Ein kleines Steckernetzteil mit 12 V Wechselspannung genügte zur Stromversorgung. **Bild 2** zeigt den fertig bestückten Vorverstärker.

## Montage des Sensors

Der Sensor wurde mit Epoxidkleber auf einem kleinen Stück Holz befestigt. Da Hartholz am besten geeignet ist, wählte ich ein kleines Reststück Ebenholz. Ein Stück Nussbaum, Esche oder hartes Ahornholz hätte es ebenfalls getan.

Dann kam ein kleiner Testlautsprecher an die Reihe, den ich auf Shock-Absorbern platzierte. Nachdem ich mit verschiedenen Befestigungs-

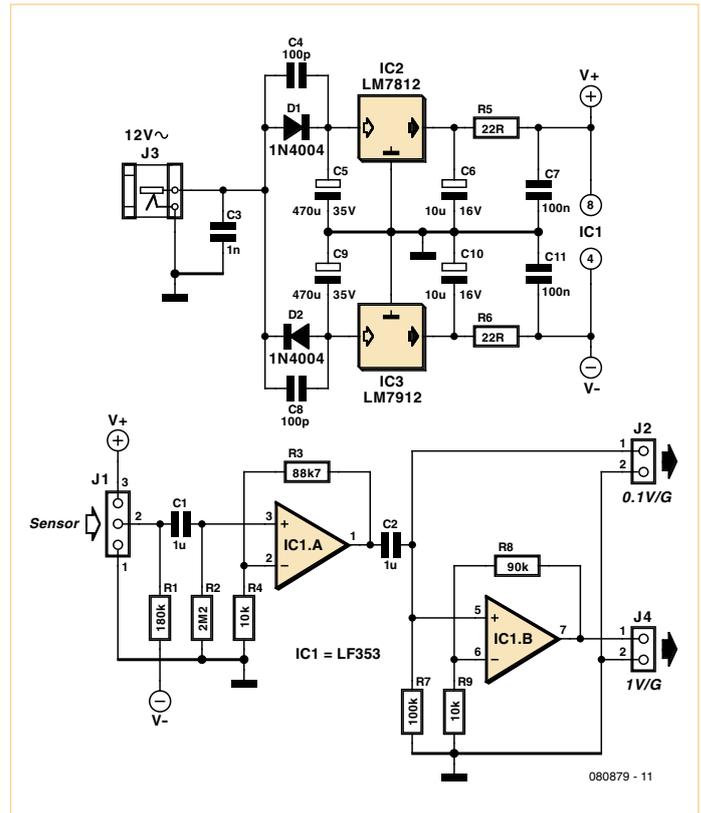


Bild 1. Der Vorverstärker erhöht den Pegel des Accelerometers auf 1 V/g oder 0,1 V/g.

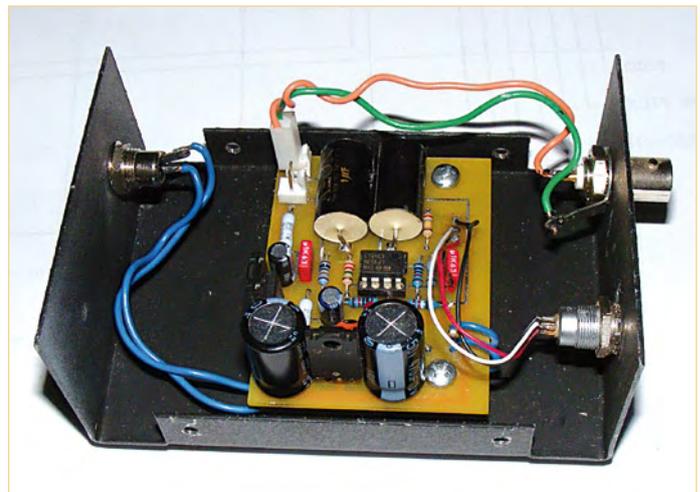
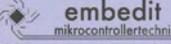


Bild 2. Fertig aufgebauter Vorverstärker im Gehäuse. Mit auf der Platine sitzt die symmetrische Stromversorgung.

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)



Aktive, passive und mechanische Bauteile AVR Controller, Module und Prototype Boards. AT91SAM7 Controller, AT32UC3 Controller ATNGW100 nur 89,95€, AVRISP mkII nur 39,-€ Versand in Deutschland nur 3,95€, EU nur 8,90€  
 Embedit Mikrocontrollertechnik, Kiefernweg 7, 36100 Petersberg  
 Tel: 0661/2911047 Fax: 0661/2911048 <http://shop.embedit.de>

## Alles Spule!

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



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

## U2DIL, U4DIL



USB-AVR im DIL-Format  
 • ATMEGA32U2 u. -U4  
 • USB-, ISP-Anschluss  
 • austauschbarer Quarz  
 • Platine, Bausatz, Fertigmodul  
<http://produkte.reworldneu.de>

## LOETRONIC

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



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)

Anzeigenschluss:  
**20. 07. 2010**

Erscheinungstermin:  
**16. 08. 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)



## Laehn-Versand.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: Entwicklerboards, SchnittstellenAVR, AVR32, ARM7, ARM9, PIC, DSP, MSP430, Programmer, Debugger



**3,95 EUR** Preis pro Stück

**xmega**  
 Und viele weitere Boards!

embedded projects GmbH  
 Holzbachstraße 4 | 86152 Augsburg  
 Tel. +49 921 279599-0 | Fax -20  
<http://www.epruo.de>



[www.epruo.de](http://www.epruo.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.  
**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](http://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** ELV Elektronik  
 04422 955 333 0491 6008 88  
[www.reichelt.de](http://www.reichelt.de) [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 Schrittmotorendstufen 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)

## VTS – ELEKTRONIK GbR

Preiswerter Leiterplatten Service  
[info@vts-elektronik.de](mailto:info@vts-elektronik.de)  
[www.vts-elektronik.de](http://www.vts-elektronik.de)

## Roboter-Bausätze mit AVR-Mikrocontrollern



**NIBObee** + ATmega16  
 + ATtiny44

**NIBO 2** + ATmega128  
 + ATmega88

<http://nibo.nicai-systems.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**

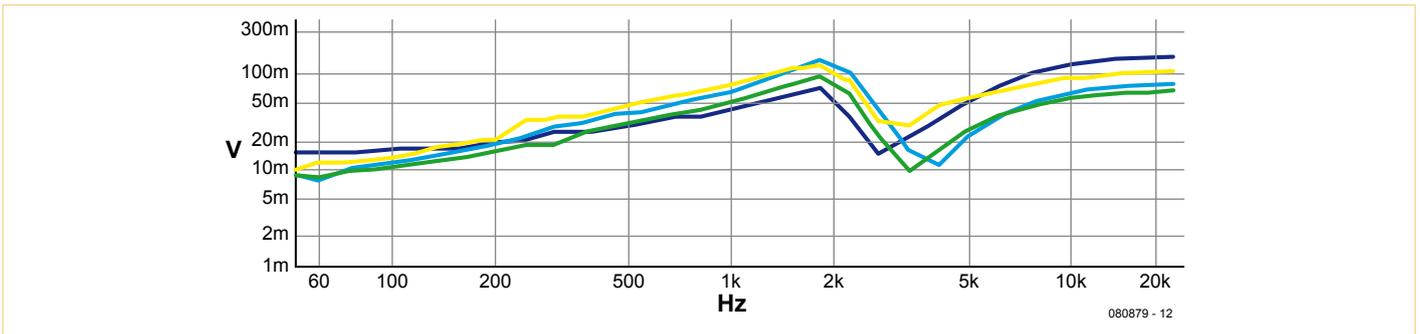


Bild 3. Frequenzgang-Messungen

Zweiwege-Kompaktlautsprecher; Sensor oben mittig	Blau
Zweiwege-Kompaktlautsprecher; Sensor seitliche Wand mittig	hellblau
Zweiwege-Kompaktlautsprecher; Sensor seitlich, hinten mittig an der Kante	Grün
Zweiwege-Kompaktlautsprecher; Sensor rückseitig	Gelb



Bild 4. Mit diesem Selbstbau-Rütteltisch kann man elektronische Bauteile testen.

methoden experimentiert hatte, entschied ich mich für doppelseitiges Klebeband. Ich platzierte den Sensor nacheinander an verschiedenen Positionen des Lautsprecher-Gehäuses, doch die Ergebnisse wichen kaum voneinander ab. Der gemessene Minimalwert, der einer Art Hintergrundvibration entspricht, lag bei 5...6 mg.

**Bild 3** zeigt die Ergebnisse von vier Messungen. Es zeigte sich, dass

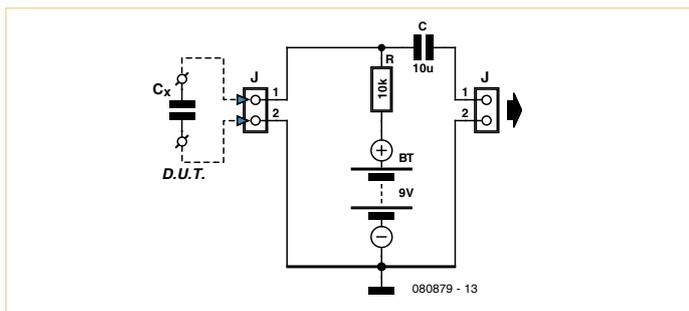


Bild 5. Erzeugung einer Vorspannung für die zu testenden Kondensatoren.

das Gehäuse stabil war und keine ausgeprägten Resonanzen auftraten. Die Übergangsfrequenzen der Weiche sind klar zu erkennen.

### Vibrations

Das passende Gegenstück zu einem Accelerometer ist etwas, das andere Dinge in Vibrationen versetzen kann. Auf diese Aufgabe wartete ein 12"-Basslautsprecher vom Typ JBL 2206, der sowieso schon ein Loch in der Membran aufwies. Bevor ich die Membran ersetzen ließ, konnte ich ihn gut als Rütteltisch missbrauchen. Ich entfernte den größten Teil der restlichen Membran sowie die Staubschutzkappe und klebte an deren Stelle eine 3 mm starke Sperrholzplatte über die Spule.

Der dort testweise angebrachte Accelerometer-Sensor bestätigte, dass ich einen ordentlichen Rüttler gebaut hatte. Es war mir möglich, dort angebrachte elektronische Bauteile wie Kondensatoren und Widerstände mit Amplituden zwischen 0,2 und 0,5 g (abhängig von der Frequenz) vibrieren zu lassen. Via Gegenkopplung wäre es möglich, ziemlich lineare Amplitudenverläufe zu erzeugen.

Mit Hilfe von Lautsprecher-Zement konnte ich ein Sortiment von Kondensatoren und den Sensor auf der Sperrholzplatte befestigen (**Bild 4**). Eine 9-V-Batterie legte über einen 10-k $\Omega$ -Metallfilm-Widerstand eine Vorspannung an den zu untersuchenden Kondensator (**Bild 5**). Den Ausgang dieser „Schaltung“ legte ich über einen Folienkondensator an den Eingang meiner Audio-Messgeräte. Ein ordentlicher Verstärker diente als Antrieb für den selbstgebaute Rütteltisch.

Die Rüttelmaschine schüttelt Teile recht heftig durch. Zum Vergleich: Ein Netzteiltrafo kann Amplituden von bis zu 0,2 g generieren, wenn man die Beschleunigung direkt daneben misst. Bauteile auf einer realen Platine aber erleben deutlich geringere Vibrationen.

Noch eine Überlegung: Ein System aus Endstufe und Vorverstärker kommt auf Gesamtverstärkungen von bis zu 90 dB. Wenn nun ein mit 0,5 g geschüttelter Kondensator eine ungewollte Spannungsamplitude von 0,5 mV produziert, gelangen selbst bei kleinen mechanischen Erschütterungen von 5 mg immerhin Störgeräusche mit bis zu 150 mV an die Lautsprecher!

**Bild 6** zeigt die Ergebnisse von zwei verschiedenen Montagemethoden bei zwei unterschiedlichen Kondensatoren. Große Elkos sind weniger vibrationsempfindlich als andere Kondensatoren. Bei quaderförmigen Kondensatoren scheint die Schmalseite am unempfindlichsten zu sein. Runde Exemplare sind nicht unempfindlicher. Erstaunlicherweise schlagen sich Miniatur-Cs schlechter als größere Exemplare.

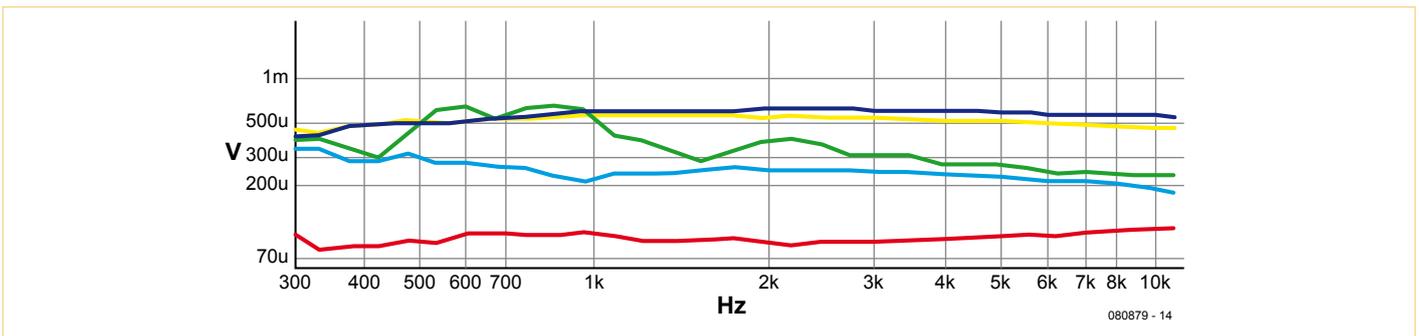


Bild 6. Kondensatoren auf dem Rütteltisch.

	Seitliche Montage	Aufrechte Montage
1 µ/100 V, ECQE-Serie von Panasonic, Polyester-Kondensator, rechteckiges Gehäuse	hellblau	grün
10 µ/25 V, VR-Serie von Nichicon, Alu-Elkos, Miniatur-Radialgehäuse	gelb	blau
Gekürzte Testleitungen		rot

Selbstverständlich gibt es bei Kondensatoren noch andere Unterschiede als die reine Vibrationsempfindlichkeit. Letzteres wird aber in der Praxis oft vernachlässigt.  
 Fazit: Man vermeide vibrationsempfindliche Bauteile soweit wie möglich. Man montiere schwingungsempfindliche Kondensatoren so, dass ihre schmalste Seite in Richtung der höchsten mecha-

nischen Amplitude liegt. In aktiven Lautsprechersystemen sollte die Elektronik samt Weiche von mechanischen Schwingungen entkoppelt werden, genauso wie der Trafo. Erschütterungsempfindliche Bauteile haben am Eingang von Verstärkern nichts zu suchen.  
 (080879)

Anzeige

### 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 Sourcen!
- Anpassung an Ihre Anforderungen möglich!

**Nur € 79,-**

über 4000 verkaufte Exemplare

Kostenloser Katalog

**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

### Termine für Elektor Nr. 9 / 2010

Anzeigenschluss:  
 ↓  
 20. 07. 2010

Erscheinungstermin:  
 ↓  
 16. 08. 2010

**Anzeigen:**  
 Verlagsbüro ID  
 Telefon: (0511) 61 65 95-0  
 E-Mail: service@id-medienservice.de  
 Internet: www.id-medienservice.de

**www.elektor.de**

## 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)

# Elekterterminal (1978)

Von Antoni Gendrau (Spanien)

Vor vielen Jahren waren Computer recht simpel gestrickt, mit einer primitiven Grafikausgabe und fest gerastertem Text. In den frühen 1980ern besaß ich einen Computer vom Typ Superboard II mit 6502-Mikroprozessor von Rockwell. Die Bildschirmausgabe hatte eine „extreme“ Auflösung von 30x30 Zeichen. Eine Besonderheit war der BASIC-Interpreter von Microsoft, der in sage und schreibe 8 kB ROM passte und vermutlich sogar von Bill Gates höchstselbst stammte. Der Rechner diente mir eine Zeit lang als Programmier-, Spiel- und Schreibmaschine, doch die 30 Zeichen pro Zeile waren arg einschränkend.

Während ich darüber grübelte, wie ich das Display verbessern könnte, fiel mir ein, dass ich irgendwo eine Elektor-Ausgabe vom Dezember 1978 haben müsste, die einen Artikel über ein „Elekterterminal“ enthielt. Dabei handelt es sich um eine „unintelligente“ ASCII-Anzeige mit 16 Zeilen zu 64 Zeichen und serieller Schnittstelle. Mit beeindruckenden 64 Zeichen/Zeile war ich zum ersten Mal in der Lage, Text übersichtlich zu schreiben; so ließ sich auch Programmcode besser überblicken. Dank der seriellen Schnittstelle konnte ich den Computer in meinem Labor stehen lassen und ihn dennoch mit dem Terminal überall im Haus bedienen. Letzteres wurde zunehmend wichtiger, denn dank ständiger Erweiterungen wuchs sich mein Superboard zu einer voluminösen Computer-Anlage aus.

Nach der Entscheidung zum Bau eines Elekterterminal stand ich vor drei Problemen: Bauteile, Platine und ein seltsames IC namens PROM. Die vier Buchstaben las ich zum ersten Mal.

Erstaunlicherweise konnte ich alle Bauteile direkt in örtlichen Elektronik-Läden kaufen. Zu dieser Zeit war Elektronik das, was heute PCs sind: An jeder Ecke war ein Elektronik-Laden - nur ihr Sortiment ließ gewöhnlich zu wünschen übrig.

Für eine fertige Platine war mein Budget dann schon zu knapp. Glücklicherweise druckte Elektor das Layout mit ab und so beschloss ich, die Platine selbst zu ätzen. Wie damals üblich kopierte ich das Layout auf einen Film und belichtete damit eine fotoempfindlich beschichtete Platine mit UV-Licht - in Form kostenloser Sonnenstrahlung von 45 s Dauer. Anschließend war das Ätzbad mit Salzsäure plus Wasserstoff-Peroxid an der Reihe, und fertig war eine perfekte einseitige Platine.

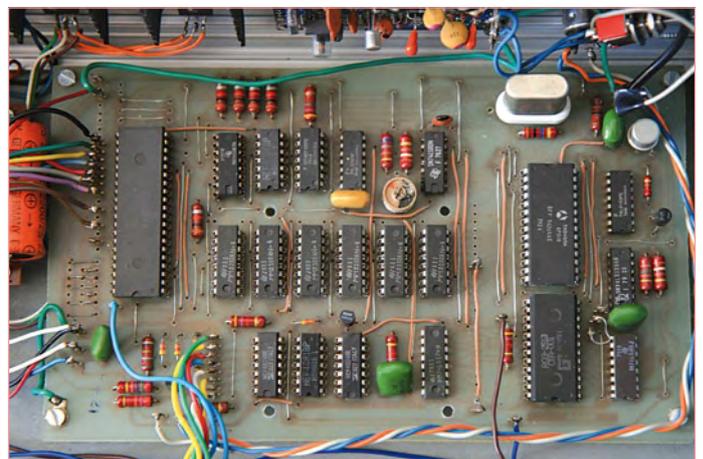
Dann das PROM: Es sollte angeblich den CRTC-Chip unterstützen, den Bildschirm löschen (CLS), Zeilen schalten (LF) und andere Spezialfunktionen enthalten. Bloß hatte ich keinen PROM-Programmer! Die insgesamt 1.024 Bit einzeln, manuell und das auch noch fehlerfrei zu programmieren, schien unmöglich. Was dann? Beim Problemwälzen zeigte sich, dass die erste Hälfte des Adressraums leer war und in der zweiten Hälfte lediglich 34 Zeichen (= 136 Bit) programmiert werden mussten. Das war zu packen. Um ein einzelnes Bit zu programmieren, musste ein sehr kurzer Puls an einen PROM-Pin gelegt werden. Ich versuchte es mit einem gewöhnlichen Taster, den ich so kurz



wie möglich betätigte. Und das funktionierte tatsächlich!

Die Bestückung der Platine war einfach. Ich packte sie in ein passendes Gehäuse, was ein durchaus akzeptables Gerät ergab, wie man auf dem Foto sehen kann. Normalerweise steigt die Spannung, wenn man ein selbstgebautes Gerät zum ersten Mal einschaltet. Aber ich kann versichern, dass es genau so spannend war, als ich mein Elekterterminal für diesen Beitrag entstaubte und zur Überprüfung noch einmal einschaltete. Auch hier: Funktion auf Anhieb! Der altbekannte vollgemüllte Bildschirm leuchtete mich an. Grund hierfür ist, dass das Elekterterminal beim Einschalten zunächst nicht den Speicher löscht. Inspiriert vom Beitrag über Heim-Automation in Elektor Dezember 2009 und der Übertragung von Information über das Lichtnetz, benötigte ich mit wenig Aufwand kein langes serielles Kabel mehr: Ich übertrug die Daten mit 1.200 Baud mit einer ziemlich einfachen Schaltung zum Elekterterminal. Das Vorhandensein einer bestimmten Frequenz wurde als „1“ und ihr Nichtvorhandensein als „0“ gewertet. Zurzeit arbeite ich an der Automatisierung meines Hauses. Als portables Programmiergerät erhält mein Elekterterminal dabei eine neue, sinnvolle Aufgabe.

(100117)





Interaktiv berechnen, simulieren und überprüfen:

# Virtuelles Elektronik-Labor

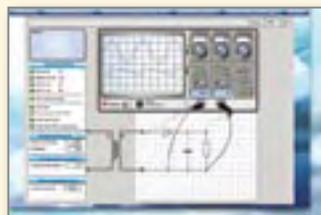


Im „**Virtuellen Elektronik-Labor**“ arbeiten Schüler, Studierende und Lehrer online unter laborähnlichen Bedingungen. Die Darstellung der Messgeräte und deren Bedienung entsprechen dem Standard. Der Anwender kann elektrotechnische Grundschaltungen am Rechner zur Simulation aufrufen. Zusätzliche Arbeitsbücher 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)

# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Jetzt kommt der Sommer – und da zieht es ja selbst eingefleischte Elektroniker nach draußen. Und doch ist bestimmt auch noch ein wenig Zeit für unser Hexadoku übrig. Wer überall die (richtigen) Zahlen in die Kästchen gefüllt hat, sollte uns die Lösung gleich einsenden. Denn hier warten vier schöne Elektorgutscheine auf die Gewinner!

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

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

Wer das Rätsel löst - sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet - kann wie jeden Monat einen Hauptpreis oder einen von drei Trostpreisen gewinnen!

### Mitmachen und gewinnen!

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

### Einsenden

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:  
 Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen  
 Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de  
 Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!  
 Einsendeschluss ist der 30. Juni 2010!

### Die Gewinner des April-Hexadokus stehen fest!

Die richtige Lösung ist: DFB12.

Der Elektor-Gutschein im Wert von 100 € geht an: Gerhard Dum aus Wien.

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Anton Loffeld, Gabi & Thomas Riester und Mark A. Saywell.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

(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!



Grundlagen und der Aufbau von Programmstrukturen

## AVR-Programmierung 1

Dieses Buch ist der erste Band einer Buchreihe, die der Programmierung von AVR-Mikrocontrollern gewidmet ist. Da es die Grundlagen präsentiert, beginnend mit Bits und Bytes, ist es für Leser geeignet, die sich in das Gebiet erst einarbeiten wollen. Aber auch wer AVR-Prozessoren in C programmiert, wird von der Lektüre profitieren, weil die Besonderheiten sorgfältig herausgearbeitet werden, die man zu beachten hat, wenn gute Assemblerprogramme entwickelt werden sollen. Beispielsweise wird ausführlich auf die besondere Rolle eingegangen, welche die Statusbits in Assemblerprogrammen spielen.

Das Buch führt den Leser vom Aufbau eines einfachen Maschinenprogramms bis hin zur Entwicklung eines interruptgesteuerten, im Hintergrund ablaufenden Messgeräteprogramms. Auf dem Weg dorthin wird auf verständliche Weise vorgestellt, was im näheren und im weiteren Sinn mit Programmstrukturen zu tun hat.

255 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-229-1 • € 42,00 • CHF 66,00

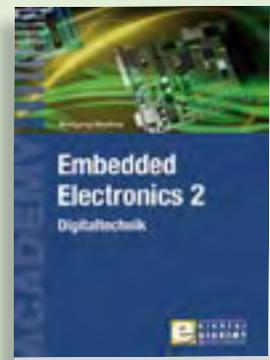


Schaltungsentwurf mit FPGA-Bausteinen

## Hardware-Design mit FPGA

Dieses Buch gibt 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 werden ebenfalls erläutert.

274 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-209-3  
€ 42,00 • CHF 66,00

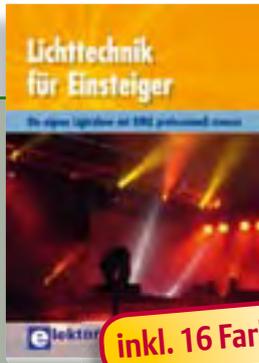


Der 2. Band der neuen Buchreihe

## 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 Grundsicherungen der Digitaltechnik.

384 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-186-7  
€ 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



Der professionelle Ratgeber

### **Funkempfänger-kompodium**

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



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



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

Weitere Informationen zu unseren Produkten sowie das gesamte Verlagssortiment 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!**

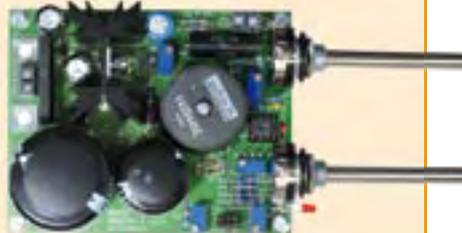
### dsPIC-Controller-Board

(Elektor Mai 2010)

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

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 090073-91 • € 159,00 • CHF 249,70



### 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



**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



**Preissenkung!**

### 32-bit-ARM-Board (Zepter)

(Elektor März 2010)

Dieses Open-Source-Projekt ist mehr als ein Board mit leistungstarkem 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 leistungstarker 32-bit-Controller LPC2148 von NXP.

Bestückte und getestete Platine mit vorprogr. Test-Software (ohne Bluetooth-Modul)

Art.-Nr. 090559-91 • € 99,95 • CHF 157,00

**Juni 2010 (Nr. 474)** €

**OBD2-Mini-Simulator für PWM/ISO/KWP2000**  
080804-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen  
inkl. Platine und progr. Controller ..... 99,95

**RFID-Sensorsystem im Selbstbau**  
100051-71 ..... Kit bestehend aus RFID-Tag-, Programmer-  
und Reader-Platine, progr. Controllern  
-41 und -42 sowie RFID-Modul 080910-91 ..... www.elektor.de

**Duales U/I-Display für UniLab-Netzteil**  
100166-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine,  
progr. Controller und LCD ..... www.elektor.de

**InterZepter**  
100174-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... www.elektor.de

**Mai 2010 (Nr. 473)**

**dsPIC-Controller-Board**  
090073-91 ..... Bestückte und getestete Platine ..... 159,00

**Mobiles CO<sub>2</sub>-Messgerät**  
100020-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Sensor und LCD ..... 154,00  
100020-72 ..... Passendes 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 (ohne Bluetooth-Modul) .. 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 ..... Fertiggerät 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

# Bestseller

Bücher	1	<b>Hardware-Design mit FPGA</b> ISBN 978-3-89576-209-3 ..... € 42,00 ..... CHF 66,00	
	2	<b>Digitale Elektronik im Experiment</b> ISBN 978-3-89576-220-8 ..... € 29,80 ..... CHF 46,80	
	3	<b>Funkempfängerkompendium</b> ISBN 978-3-89576-224-6 ..... € 49,00 ..... CHF 77,00	
	4	<b>Röhrenverstärker-Schaltungen</b> ISBN 978-3-89576-222-2 ..... € 46,00 ..... CHF 72,30	
	5	<b>Embedded Electronics 2</b> ISBN 978-3-89576-186-7 ..... € 49,00 ..... CHF 77,00	
Bausätze & Module	CD- & DVD-ROMs	1	<b>Elektor-DVD 2009</b> ISBN 978-90-5381-251-8 ..... € 27,50 ..... CHF 43,20
		2	<b>ECD 5</b> ISBN 978-90-5381-159-7 ..... € 29,50 ..... CHF 46,40
		3	<b>LED-Toolbox</b> ISBN 978-90-5381-245-7 ..... € 32,50 ..... CHF 52,20
		4	<b>Workshop-DVD Fahrzeugdiagnose</b> ISBN 978-3-89576-225-3 ..... € 29,80 ..... CHF 46,80
		5	<b>Workshop-DVD Röhrenverstärker</b> ISBN 978-3-89576-226-0 ..... € 29,80 ..... CHF 46,80
Bausätze & Module	1	<b>Bluetooth für OBD-2-Analyser NG</b> Art.-Nr. 090918-71 ..... € 29,95 ..... CHF 47,10	
	2	<b>Geschaltetes Labornetzteil</b> Art.-Nr. 090786-71 ..... € 71,50 ... CHF 112,30	
	3	<b>32-bit-ARM-Board (Zepter)</b> Art.-Nr. 090559-91 ..... € 99,95 ... CHF 157,00	
	4	<b>Class-D-Stereo-Vollverstärker (Modulo D)</b> Art.-Nr. 090563-71 ..... € 79,95 ... CHF 125,60	
	5	<b>OBD-2-Analyser NG</b> Art.-Nr. 090451-71 ..... € 99,00 ... CHF 155,50	

**Bestellen Sie jetzt einfach und bequem online unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop) oder mit der portofreien Bestellkarte am Heftende!**



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



## Halbleiterheft 2010 - Die große Sammlung von Schaltungen, Ideen und Tipps

Mit der Juli/August-Ausgabe steht wieder das bekannte Sommer-Doppelheft vor der Tür - eine einzigartige Inspirationsquelle für Elektroniker! Die Redakteure und die Entwickler des Elektor-Labors haben wieder eine Vielzahl interessanter Beiträge gesammelt. Neben neuartigen Schaltungen sind neue ICs, Schaltungstricks sowie Software- und Entwicklungstipps zahlreich vertreten. Diese extra-starke Elektor-Ausgabe erscheint nur einmal im Jahr - also nicht verpassen!

### Hier ein kleiner Vorgeschmack auf den Inhalt:

Neigungsmesser	Tiny-Pulser	Wobbelgenerator	Fahrrad-Rücklicht	Preiswerter Zapper
FM-Testgenerator	Gitarren-Kompressor	Lithium-Akkulader	Magnetzug	Kondensatortester
Spannungswächter	3D-Pyramide mit USB	Kabeltester	Quarzabgleich	Magnet-Tester

### Hauptprojekt im Halbleiterheft: DSP-Weltempfänger

Auf Basis des DSP-Chips SI4735 wurde ein kleiner Weltempfänger mit vielfältigsten Möglichkeiten entwickelt. Das Radio ist mit einem zweizeiligen LCD ausgestattet und für den Empfang von Lang-, Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellen geeignet - bei UKW natürlich in Stereo. Sogar RDS ist vorhanden! Der Empfänger verfügt über eine automatische Abstimmung der Vorkreise, eine umschaltbare AM-Bandbreite und eine sehr genaue Feldstärkemessung in dBµV. Im Halbleiterheft wird der erste Teil dieses modernen Bauprojekts veröffentlicht.



Elektor Juli/August erscheint am 23. Juni 2010.

Elektor gibt es im Bahnbuchhandel, 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!



#### 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 (zzgl. Porto)	€ 13,90

#### 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.

**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.

#### Bankverbindungen

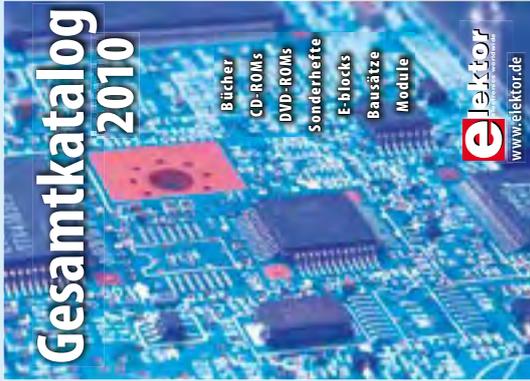
**Commerzbank Aachen**  
Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)  
IBAN: DE89 3904 0013 0120 1102 00  
BIC: COBADEFFXXX

#### Postgiro Köln

Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)  
IBAN: DE17 3701 0050 0229 7445 07  
BIC: 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!

## INSERENTENVERZEICHNIS JUNI 2010

Aaronia AG . . . . . www.aaronia.de . . . . . 88 Basista . . . . . www.basista.de . . . . . 42, 61 Beta Layout . . . . . www.pcb-pool.com . . . . . 42 BTB Elektronik . . . . . www.btb-elektronik.de . . . . . 9 Cadsoft Computer . . . . . www.cadsoft.de . . . . . 17 Conrad . . . . . www.conrad.biz . . . . . 47 electronica 2010 . . . . . www.electronica.de . . . . . 71 Emis . . . . . www.emisgmbh.de . . . . . 75	Eurocircuits . . . . . www.eurocircuits.de . . . . . 87 LeitOn . . . . . www.leiton.de . . . . . 61 LPKF . . . . . www.lpkf.de/prototyping . . . . . 15 Markt . . . . . 73 mikroElektronika . . . . . www.mikroe.com . . . . . 2 Pico . . . . . www.picotech.com/scope2010 . . . . . 13 Reichelt . . . . . www.reichelt.de . . . . . 23 RS Components . . . . . www.rsonline.de/edp . . . . . 3
---	--

### PCB Spezialist für Prototypen & Kleinserien

PCB proto	spezieller Prototypen Service
STANDARD pool	große Auswahl 1-8 Lagen
Neu TECH pool	100µ Technologie
Neu IMS pool	aluminium Prototypen im Pooling
On demand	alle Optionen bis 16 Lagen

Rufen Sie uns an: +49 (2681) 4662 Email: euro@eurocircuits.com  
 Testen Sie unsere neuen Services

Besuchen Sie uns auf der SMT/HYBRID/PACKAGING 2010 – Halle 9 – Stand 329

#### ALLE SERVICES

- Preise sofort online
- Online Bestellung
- Attraktive Pooling Preise
- Keine Einmalkosten
- Lieferung ab zwei Werktagen
- Schablonen Service

www.eurocircuits.de

# Seminar CC2-ATmega



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)

Weltrekord in Handheld-Empfindlichkeit: -170dBm(Hz) DANL @5,555GHz

## ECHTE Handheld Spektrum Analyser & mehr ...

Messung von: UMTS, GSM, Tetra, WLAN, WiFi, ISM...



### EMV-Pakete (1Hz-9,4GHz)

Eigene EMV-Tests durchführen!  
Mit unseren EMV-Paketen, bestehend aus Spektrum-Analysern, Antennen und Profi Echtzeit-Software.

ab €599,95€ bis €6980,00  
9 Pakete



### Spektrum Analyser 1Hz-9,4GHz

inklusive KOSTENLOSER Profi-Analyse-Software und LogPer Antenne. Lieferung im Alu-Koffer!

ab €299,95 bis €1498,00

12 Modelle

## EMV Antennen & Probes

Inklusive ausführlichen KALIBRIERDATEN



LogPer Antennen  
380MHz-18GHz

ab €149,95 bis €1998,00  
24 Modelle (Aktiv/Passiv)



BicoLog EMV-Antennen  
20MHz-3GHz

ab €499,95 bis €1998,00  
12 Modelle (Aktiv/Passiv)



EMV, EMVU Probe-Set  
100kHz-3GHz

€1498,00

Inklusive **kostenloser** Analyse-Software!

PROFI Spektrum-Analyse-Software für SPECTRAN HF & RF Analyser

- Windows  
- LINUX  
- MAC



Besuchen Sie uns auf der  
**electronica** 2010  
14. - 16. November München

WWW.AARONIA.DE  
MADE IN GERMANY

**AARONIA AG**

WWW.AARONIA.DE

Aaronia AG  
Gewerbegebiet Aaronia AG  
DE-54597 Strickscheid, Germany

Email: mail@aaronia.de

WWW.SPECTRAN.COM  
WWW.AARONIA.DE

Telefon: 06556-93033

Fax: 06556-93034