

# e

# elektor

www.elektor.de

**Seriellles Interface  
für Android-  
Smartphones und Tablets**



## AndroPod

**+ RFID-Reader-Hacks**  
*Personalausweis-Basisleser umgebaut*

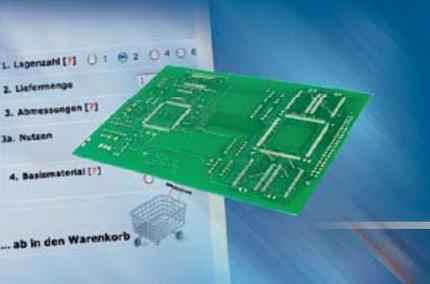
## Pico C-Plus & Pico C-Super



**Upgrades für das  
pF-Kapazitätsmessgerät**



# Oft kopiert – doch nie erreicht:

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

Hi Michay  
 wenn du einfach nur  
 billig suchst probier mal:  
  
[www.jackaltac.com](http://www.jackaltac.com)

Das Original seit 1994!

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

# ARM<sup>®</sup> compilers

Sie haben die Wahl! Lernen Sie die mächtigen **mikroC**, **mikroBasic** und **mikroPascal**-Compiler für ARM<sup>®</sup>-Cortex<sup>™</sup>-M3 Mikrocontroller kennen. Eine intuitiv zu bedienende IDE vereinfacht die Entwicklung. Über **500 Bibliotheksfunktionen** mit Beispielen und einer ausführlichen Beschreibung verkürzen die Zeit bis zum fertigen Projekt. Die Compiler verfügen über mächtige Datentypen und eine intelligente **SSA-Optimierung**, was die Ausführungsgeschwindigkeit erhöht und die Codegröße um 20 bis 40 % reduziert. Zum Preis des Compilers erhalten Sie **freien Support** und freie **Upgrades** bis zum Ende der Produkt-Lebenszeit. Es gibt keinen anderen ARM<sup>®</sup>-Compiler auf dem Markt, der **so viel für das gleiche Geld bietet**. Ein **starker und verlässlicher** Verbündeter bei der Entwicklung!

 ab **\$199<sup>00</sup>**



**Stark und  
verlässlich.**

## Willkommen!

Sicher kennen Sie es: Sie sind Mitglied in einem Sportverein, Berufsverband oder sonstigem Club und daher flattert Ihnen jeden Monat eine Zeitschrift ins Haus (auch das auflagenstärkste Magazin in Deutschland fällt in diese Kategorie). Ob Sie an einem solchen Zwangs-Abo Spaß haben, bemisst sich oft daran, wie aktiv Sie Ihre Mitgliedschaft ausüben. Wer mit Leidenschaft seinem Hobby frönt, erfreut sich an den Berichten von Mitstreitern genauso wie an Artikeln, die einen über die neuesten Entwicklungen auf dem Laufenden halten.

Auch wenn Sie einmal unsere Zeitschrift durchblättern, werden Sie viele Artikel von Gleichgesinnten finden. Egal ob Amateur- oder Profientwickler - der Antrieb dieser Autoren ist das schöne Gefühl, andere Elektroniker am eigenen Werk teilhaben zu lassen. Bisher war eine solche Veröffentlichung leider eine Einbahnstraße. Nur im Forum oder per Leserbrief erreichte den Schaltungsentwickler ein wenig Feedback. Im kleinen Rahmen konnten wir die Leser dann auch auf das eine oder andere Update hinweisen.

Wie viel es bringen kann, dass man nicht im stillen Kämmerlein, sondern gemeinsam mit anderen an einem Projekt arbeitet, hat unser ElektorBus bewiesen. Die Mitglieder der ElektorBus Google Group haben nicht nur Hunderte von Tipps, Links und Verbesserungsvorschlägen beigesteuert. Es wurde auch aktiv zusammen an C-Code gearbeitet, dazu kamen verschiedene Anwendungen, um sich gegenseitig zu inspirieren. Und das über Ländergrenzen und sogar Kontinente hinweg!

Die Möglichkeit zur Kooperation wollen wir in 2012 nun allen unseren Lesern bieten. Geplant ist eine Online-Plattform, auf der man gemeinsam mit anderen an Projekten arbeiten kann. Hier wird auch Platz sein, die eigene Entwicklung einmal ganz ausführlich vorzustellen – egal ob wir diese in Elektor veröffentlichen konnten oder nicht. Schließlich und endlich kann man auch einfach zu Gleichgesinnten Kontakt aufnehmen, welche die eigenen Fähigkeiten passend ergänzen.

Auf diese Weise werden Sie Mitglied eines Netzwerks, das aus rund 200.000 Elektronikern in 80 Ländern besteht. Willkommen im Elektor-Club!

Jens Nickel

# elektor

## 6 Impressum

Who is who bei Elektor

## 8 News

Neuheiten, Nachrichten und Updates

## 14 Advertorial

Die neue EAGLE Version 6

## 16 AndroPod (1)

Die Interface-Platine AndroPod bringt einen Seriell-TTL- und einen RS485-Ausgang mit und verfügt über diverse Möglichkeiten der Stromversorgung.

## 24 Pico C-Plus und Pico C-Super

Pico C aus dem letzten Aprilheft ist ein Kapazitätsmessgerät für den Selbstbau. Jetzt gibt es mit „Pico C-Plus“ und „Pico C-Super“ sogar zwei neue Versionen des Geräts.

## 30 Interface für Breitband-Lambdasonde (2)

Die im letzten Heft vorgestellte Interface-Platine für Breitband-Lambda-Sonden lässt sich sowohl „stand-alone“ als auch zusammen mit einem Rechner zur Messung des Sauerstoffgehalts im Abgas verwenden.

## 34 RFID-Reader-Hacks

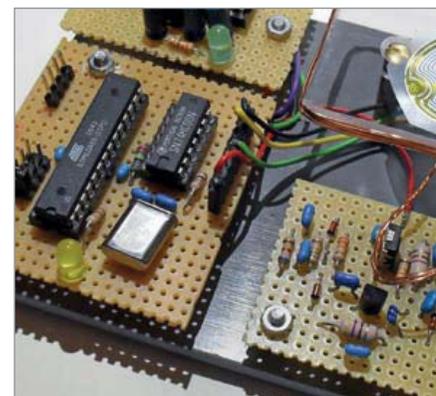
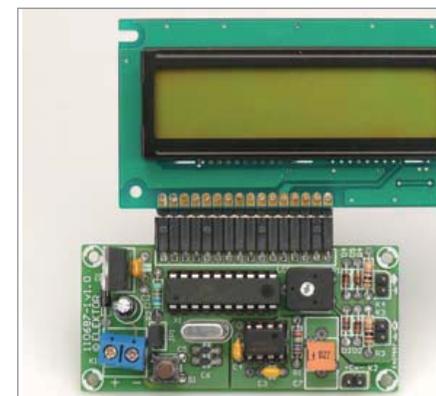
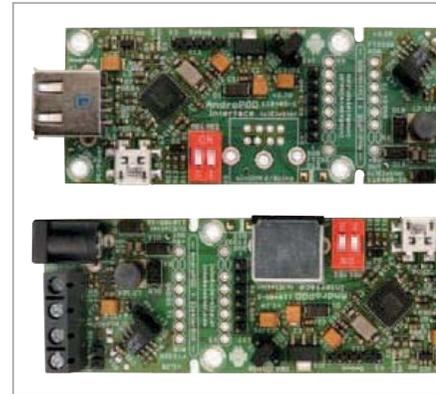
Der in Deutschland eingeführte neue Personalausweis ist mit einem RFID-Tag versehen. Der Artikel beschreibt den Hack des einfachen „Basis-Lesers“ zum Bau eines MIFARE ISO1443-Readers.

## 40 Belastungsanzeige für Notstrom-Aggregate

Notstrom-Aggregate helfen, einen Stromausfall zu überbrücken, sie dürfen allerdings nicht überlastet werden. Mit einer Lastanzeige ist man auch im Notfall auf der sicheren Seite.

## 43 Labcenter

Fast null Ohm  
Die vielen Gesichter von Elektor  
Die Max32-Hausaufgabe





## 16 AndroPod

### Ein serielles Interface für Android-Smartphones und -Tablets

Hochauflösender Touchscreen, Rechenleistung satt, WLAN und Telefoniefunktionen: Android-Smartphones und Tablets sind geradezu prädestiniert, als Schaltzentrale in eigenen Projekten eingesetzt zu werden. Bisher war es allerdings nicht ganz einfach, die Geräte an externe Elektronik anzuschließen. Das ändert sich nun mit der Interface-Platine AndroPod, die einen Seriell-TTL- und einen RS485-Ausgang mitbringt.



## 24 Pico C-Plus und Pico C-Super

### Zwei Upgrades für Elektors pF-Kapazitätsmessgerät

Pico C aus dem letzten Aprilheft ist ein Kapazitätsmessgerät für den Selbstbau, mit dem man sogar noch 10-pF-Kondensatoren messen kann. Dies freut nicht nur Funkamateure, da so kleine Werte oft außerhalb des Messbereichs anderer Geräte liegen. Dafür ist das Originalprojekt bei größeren Werten nur begrenzt verwendbar: Der Maximalwert beträgt rund 2,5 nF. Das animierte unseren Leser Jon Drury zur Verbesserung der Software. Jetzt gibt es mit „Pico C-Plus“ und „Pico C-Super“ sogar zwei neue Versionen des Geräts.



## 34 RFID-Reader-Hacks

### Lesen von ISO14443- und ISO15693-RFIDs

Der in Deutschland eingeführte neue Personalausweis ist mit einem RFID-Tag versehen. Um die Bürger mit der neuen Technologie bekannt zu machen, hat das deutsche Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) viele Tausende Reader quasi verschenkt. Der Artikel beschreibt den Hack dieses Geräts für den Bau eines MIFARE ISO14443-Readers. Wer kein Original besitzt, kann den Reader auch komplett selbst bauen.



## 56 Eclipse Sensor

### Licht messen unter extremen Bedingungen

In diesem Beitrag wird gezeigt, wie die grafische Programmiersprache Flowcode und die modulare E-blocks-Hardware zur Konstruktion eines Messsystems eingesetzt werden können. Das Beispiel, um das es hier geht, ist ein Messgerät für extrem unterschiedliche Lichtverhältnisse, wie sie bei Sonnenfinsternissen auftreten. Wer so ein Naturschauspiel fotografieren will, muss zwei Aufgaben meistern: Zum einen muss das Messgerät über die nötige Messdynamik verfügen, zum zweiten müssen die Messprozedur und die Kamerasteuerung vollautomatisch ablaufen.

## 48 Benchmark für Mikrocontroller-Entwicklungs-Kits

Auf dem Markt sind alle denkbaren Arten von Entwicklungs- und Evaluations-Tools, unter denen sich der Anwender die passenden aussuchen muss. An diesem Punkt kommt Elektor ins Spiel!

## 52 Zurück zu den Wurzeln (2)

In dieser Serie wollen wir zurück zu den Grundlagen: Diesmal machen wir ein paar interessante Versuche mit Transistoren. Dazu gibt's ein Quiz.

## 56 Eclipse Sensor

Das Messgerät für extrem unterschiedliche Lichtverhältnisse leistet im Bereich der Fotografie wertvolle Dienste.

## 62 Audio-DSP Kurs (8): Digitaler Dynamikprozessor

Bei Orchester- und Big-Band-Musik muss das Musikschrift oft verdichtet werden, wobei Dynamikprozessoren helfen. Ein digitales Exemplar lässt sich mit unserem DSP-Board realisieren.

## 69 Bit-Bang und das FTDI-USB-Modul

Dieser Artikel beschreibt Elektronik und Software für ein Code-Schloss: Bestehend aus einer numerischen Tastatur, einem LC-Display, einem Relais zur Ansteuerung eines Türöffners sowie einem USB-Interface. Das Projekt demonstriert die Fähigkeiten des FTDI-Chips FT232RL und seines Bit-Bang-Modes.

## 72 Entwicklungstipps

LED ersetzt Glühlämpchen  
Schnell noch speichern!

## 74 Retronik

Elektor-Vorverstärker „Consonant“ (1978)

## 78 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

## 84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

## Unser Team

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

## Unser Netzwerk



## Internationale Teams

 <b>Großbritannien</b> Wisse Hettinga +31 (0)46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Spanien</b> Eduardo Corral +34 91 101 93 95 e.corral@elektor.es	 <b>Indien</b> Sunil D. Malekar +91 9833168815 ts@elektor.in
 <b>USA</b> Hugo Vanhaecke +1 860-875-2199 h.vanhaecke@elektor.com	 <b>Italien</b> Maurizio del Corso +39 2.66504755 m.delcorso@inware.it	 <b>Russland</b> Nataliya Melnikova 8 10 7 (965) 395 33 36 nataliya-m-larionova@yandex.ru
 <b>Deutschland</b> Ferdinand te Walvaart +49 (0)241 88 909-0 f.tewalvaart@elektor.de	 <b>Schweden</b> Wisse Hettinga +31 46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Türkei</b> Zeynep Köksal +90 532 277 48 26 zköksal@beti.com.tr
 <b>Frankreich</b> Denis Meyer +31 (0)46 4389435 d.meyer@elektor.fr	 <b>Brasilien</b> João Martins +55 11 4195 0363 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>Südafrika</b> Johan Dijk +27 78 2330 694 / +31 6 109 31 926 J.Dijk@elektor.com
 <b>Niederlande</b> Harry Baggen +31 (0)46 4389429 h.baggen@elektor.nl	 <b>Portugal</b> João Martins +351 21413-1600 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>China</b> Cees Baay +86 (0)21 6445 2811 CeesBaay@gmail.com

### IMPRESSUM

43. Jahrgang, Nr. 494 Februar 2012  
Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

Verlag

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

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

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

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

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

## Die Elektor Community

273283

Mitglieder in

04

Ländern...

**Noch kein Mitglied?**[www.elektor.de/community](http://www.elektor.de/community)


**Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!**

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

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

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



## Unsere Partner und Sponsoren

 AudioXpress <a href="http://www.cc-webshop.com">www.cc-webshop.com</a> . . . . . 87	 FH Oberösterreich <a href="http://www.fh-ooe.at">www.fh-ooe.at</a> . . . . . 11
 Beta Layout <a href="http://www.pcb-pool.com">www.pcb-pool.com</a> . . . . . 2	 Jackaltac <a href="http://www.jackaltac.com">www.jackaltac.com</a> . . . . . 13
 Cadsoft Computer <a href="http://www.cadsoft.de">www.cadsoft.de</a> . . . . . 14, 15	 LeitOn <a href="http://www.leiton.de">www.leiton.de</a> . . . . . 33
 DesignSpark chipKIT™ Challenge . . . . . <a href="http://www.chipkitchallenge.com">www.chipkitchallenge.com</a> . . . . . 51	 MikroElektronika <a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a> . . . . . 3
 Emis <a href="http://www.emisgmbh.de">www.emisgmbh.de</a> . . . . . 41	 Pico <a href="http://www.picoscopemso.com/126">www.picoscopemso.com/126</a> . . . . . 33
 Eurocircuits <a href="http://www.elektorpcbservice.com">www.elektorpcbservice.com</a> . . . . . 29	 Reichelt <a href="http://www.reichelt.de">www.reichelt.de</a> . . . . . 88

**Sie möchten Partner werden?**

Kontaktieren Sie uns bitte unter [service@id-medienservice.de](mailto:service@id-medienservice.de) (Tel. 0511/616595-0)  
bis zum 24. Januar 2012.

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Auch wird für diese Gegenstände keine Haftung übernommen. Nimmt der Herausgeber einen Beitrag zur Veröffentlichung an, so erwirbt er gleichzeitig das Nachdruckrecht für alle ausländischen Ausgaben inklusive Lizenzen. Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des

Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent- oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit

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



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

# Vom Steckbrett zur Platine

## Elektor PCB Service — DER ONE STOP PCB SHOP

Sie sind sicher nicht der erste Leser, dessen Projekt am Entwurf einer Platine hakt. Solange Neuentwicklungen auf Steckbrettern oder als „Fliegende Schaltungen“ existieren, ist es nicht schwierig, Fehler auszumerzen und Modifizierungen vorzunehmen. Doch der Entwurf einer Platine hat oft ähnlichen Umfang wie die vorangegangene Entwicklungsarbeit. Am Anfang steht die Wahl eines CAD-Programms, beispielsweise Eagle/Cadsoft, DesignSpark oder Altium. Dazu kommt das Heraussuchen der Bibliotheken abhängig von den Komponenten, wobei die Frage zu entscheiden ist, ob das Projekt mit SMDs oder konventionellen Bauelementen aufgebaut werden soll. Müssen Leistungshalbleiter gekühlt werden? Treten hochfrequente Signale auf, die möglichst kurzer Wege bedürfen? Wo sollen eine USB-Buchse oder eine Buchse für die Betriebsspannung platziert werden? Auch solche Fragen warten auf Antworten.

Uns wundert nicht, dass ein Großteil der Leser die Beantwortung dem Elektor-Labor überlässt. Tatsächlich, so lehrt die Erfahrung, spart der Erwerb einer gebrauchsfertigen Platine erheblich Zeit und Geld. Früher nannten wir unseren Service „EPS“, was für „Elektor Print Service“ stand. Für zahlreiche Elektor-Entwicklungen wurden Platinenlayouts entworfen, Platinen in hohen Stückzahlen ließen wir beim Spezialisten Eurocircuits fertigen. Der Leser konnte die Platinen mit der Bestellpostkarte am Heftende, telefonisch, per Fax sowie später über unsere Website bestellen. Auch ältere Elektor-Platinen waren lieferbar, Eurocircuits vertrieb sie über seinen „PCB-Shop“.

Weil die Vergabe von Aufträgen an mehrere Platinenlieferanten nicht immer unproblematisch war, haben wir uns entschlossen, die Platinenaufträge zu bündeln und uns auf Eurocircuits zu konzentrieren. Schon heute können Sie nicht nur jede Elektor-Platine unmittelbar von Eurocircuits beziehen, sondern dort auch eigene Platinenentwicklungen fertigen lassen. Nach wie vor bietet unsere Website [www.elektor.de](http://www.elektor.de) den Elektor-PCB-Service an, die Abwicklung liegt nun jedoch in vollem Umfang bei Eurocircuits. Die Service-Seite ist auch unmittelbar über die Webadresse [www.elektorpcbservice.com](http://www.elektorpcbservice.com) erreichbar. Diese Seite und ihre Links



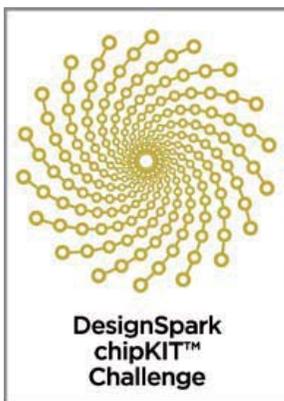
informieren über die Verfahren der Platinenfertigung, was recht lesenswert ist, über die Platinen zu aktuellen Elektor-Projekten und natürlich über die Bestell- und Lieferwege. Ein Fachbegriff, der dort auftaucht, ist das *Poolen*. Poolen bedeutet, dass Einzelaufträge in der Produktion auf großen Leerplatinen („Nutzen“) zusammengefasst werden, später werden diese an den Grenzen der Einzelplatinen getrennt. Nur so ist die effiziente Nutzung der Fertigungskapazitäten möglich.

Eurocircuits PCB-Service bietet sechs Produktarten an:

- **Standard-Pool** (8 Layer in einem Arbeitsgang),
- **PCB Proto** (zwei Platinen, zwei oder vier Layer),
- **Tech Pool** (100-µm-Technologie),
- **IMS Pool** (Insulated Metal Substrate, speziell für Komponenten mit hoher Wärmeemission),
- **On Demand** (Fertigung mit Kundenoptionen) sowie
- **Elektor PCB Service** (Elektor-Platinen).

Der *ONE STOP PCB SHOP* ist bereits eröffnet, er hat schon viele Tausend zufriedener Kunden...

(120090)gd



# Update zum DesignSpark & chipKIT™ Wettbewerb

Im nunmehr dritten Monat des DesignSpark & chipKIT™ Wettbewerbs für energieeffiziente Anwendungen zeigen sich innovative und ungewöhnliche Projekte.

Von Ian Bromley (UK)

Wir sind hoch erfreut über das Ausmaß an enthusiastischem Feedback beim Wettbewerb mit DesignSpark & chipKIT™ — auch die Qualität und die Originalität der Ideen, die uns bisher erreichten, hat uns tief beeindruckt. Als Erinnerung oder für die, welche zum ersten Mal von diesem Wettbewerb hören: Der Wettbewerb mit DesignSpark & chipKIT™ wurde im November 2011 anlässlich der Veranstaltung Elektor Live! gestartet und soll Ingenieure, Studenten und Elektronik-Interessierte dazu anregen, neue und energieeffiziente Anwendungen zu entwickeln. Das ausgelobte Preisgeld beträgt 10.000 \$, wobei der erste Preis mit 5.000 \$ honoriert wird. Es muss wohl nicht nochmals begründet werden, dass wir eine nachhaltigere Energieversorgung sowohl auf lokaler wie globaler Ebene benötigen. Innovative und energieeffiziente Mikrocontroller-gestützte Elektronik kann einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung dieses Ziels liefern. Worauf ich schon im letzten Monat hinwies: Es geht nicht allein um die Entwicklung neuer Technologien auf Bauteile-Ebene, wie etwa extrem energiesparende Mikrocontroller oder andere Bauelemente. Gerade auf Anwendungsebene existieren sehr viele Optimierungsmöglichkeiten. Beispielsweise würden Lampen mit besserem Wirkungsgrad zwar Energie sparen, doch noch höhere Einspareffekte ließen sich durch eine Steuerung mit einem Heimautomations-System erreichen, das die Beleuchtung intelligent steuert und Lampen ausschaltet, wenn sie nicht benötigt werden.

Beim Start des Wettbewerbs auf der Elektor Live! veranstalteten wir ein paar sehr erfolgreiche Workshops, die sich durch einen hohen Grad an Kooperation der Teilnehmer auszeichneten. Außerdem war ich nicht allein: Jeroen Hobbelmans von Microchip und Clemens Valens von Elektor unterstützten mich vorbildlich – von daher an dieser Stelle ein herzliches Dankeschön! Die einzigen auftretenden Probleme betrafen USB-Treiber zur Verbindung der chipKIT-Boards mit den PCs. Aus diesen Erfahrungen deshalb nun ein paar Hinweise für die, die sich erst anschließend zur Teilnahme entschlossen haben und vielleicht auf ähnliche Probleme stoßen: In der Tool-Library der Open-Source-MP-IDE (Multi-Platform Integrated Development Environment) gibt es eine ganze Reihe an FTD-Treibern, mit denen sich die meisten Probleme fixen lassen. Gelegentlich (nicht immer) klemmt es auch beim Betrieb unter Windows 7, was sich einfach durch die Verwendung des Windows-XP-Kompatibilitäts-Modus umgehen lässt, wenn vorhanden.

Mittlerweile arbeiten viele Teilnehmer fleißig an ihren Entwicklungen und nutzen für chipKIT™ die Max32™-Entwicklungs-Plattform

von Digilent, die Microchips 32-bittige PIC32-Mikrocontroller unterstützt. Bei dieser Plattform handelt es sich um eine 32-bit-Arduino-kompatible Lösung, die Anwender mit einem unterschiedlichen Level an Vorkenntnissen einfach und preiswert bei der Integration von Elektronik in ihre Projekte hilft. Die chipKIT™-Hardware ist mit den existierenden 3,3-V-Arduino-Shields und ihren Applikationen kompatibel. Man kann sie mit einer modifizierten Version der Arduino-IDE und den vorhandenen Arduino-Ressourcen wie Code-Beispielen, Libraries, Referenzen und Tutorien verwenden.

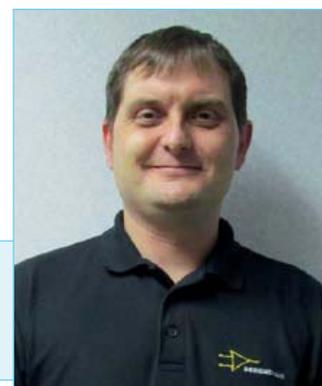
Von den Wettbewerbsbeiträgen, die wir bislang zu sehen bekommen, drehen sich einige um Heimautomation, Energieüberwachung, Lade-Controller für Solaranlagen und intelligente Monitore für Windräder. Ein paar exotischere Beiträge beschäftigen sich mit unbemannten Unterwasser-Gleitern (AUV = Autonomous Underwater Vehicles) oder auch mit Verbrauchsanzeigen für ältere Autos oder Oldtimer, damit man auch mit diesen Fahrzeugen ökonomischer fahren kann.

Wichtig: Alle Beiträge müssen eine Erweiterungskarte enthalten, die mit dem kostenlosen Platinen-Layout-Programm DesignSpark von RS Components entwickelt wurde. Ihr Code muss mit der MPIDE-Software von Digilent kompiliert worden sein. Als Nebenaspekt des bis Ende März 2012 dauernden Wettbewerbs sind alle Teilnehmer dazu aufgerufen, sich online in der DesignSpark-Community unter [www.designspark.com](http://www.designspark.com) zu engagieren, indem sie Informationen und Updates zu ihren Projekten zu Verfügung stellen oder anderen Teilnehmern mit Kommentaren oder Ideen helfen. Die Teilnehmer qualifizieren sich automatisch für die Community Choice Awards, zusätzlich also zu einer Extraziehung eines Preises für die beste Zusammenarbeit. Hierfür werden Gutscheine vergeben, die gegen Bauteile von RS Components / Allied Electronic eingelöst werden können.

Die Wettbewerbsbeiträge werden nach dem Grad an Energieeffizienz und der Qualität des Platinen-Designs der Erweiterungskarte beurteilt. Einsendeschluss ist der 27.03.2012; die Gewinner werden Anfang April 2012 benachrichtigt.

(120117)

Weitere Details und die Registrierung für den DesignSpark & chipKIT™-Wettbewerb finden sich unter [www.chipkitchallenge.com](http://www.chipkitchallenge.com).



Ian Bromley ist Ingenieur bei RS Components und der Projektleiter der Platinen-Layout-Software DesignSpark. Vor seiner Tätigkeit für RS war er viele Jahre im Support von Texas Instruments sowie als Field Applications Engineer tätig.

## Reparatursystem aus Kleber und UV-LED



Seit November 2011 neu auf dem Markt ist ein innovatives Reparatursystem zum Reparieren, Fixieren, Modellieren und Isolieren. Mit BONDIC lassen sich selbst kleinste Bruchstellen, etwa ein kaputtes Brillengestell, einfach, schnell und vor allem unsichtbar reparieren. Das Besondere: Der Kunststoff bleibt über Jahre flüssig und härtet nur aus, wenn er mit einer UV-LED bestrahlt wird. Dann ist der Kunststoff jedoch in vier bis fünf Sekunden gehärtet und hoch belastbar. Ein echter Vorteil bei der Reparatur kleiner Bruchstellen: Da der Kleber, anders als etwa Sekundenkleber, ohne Druck funktioniert, lassen sich auch Gegenstände mit geringer Kontaktfläche mühelos dauerhaft verbinden.

Gebrochene Gehäuse oder ein zerstörter Stecker können dank des Systems ganz leicht repariert werden: Das Produkt wird aufgetragen und Schicht um Schicht ausgehärtet - solange bis die ursprüngliche Form des Gehäuses wiederhergestellt ist. Anschließend noch mit der Feile in Form bringen - fertig. In nur wenigen Minuten können

auch Kabelbrüche im Niedrigvoltbereich repariert werden. Daneben eignet sich der flüssige Kunststoff als unsichtbarer Schutz für Kanten wertvoller Geräte oder auch zum Anbringen von Dekoration oder anderen Gegenständen auf schwierigen Oberflächen, beispielsweise auf Glas. Eine Box für 19,95 Euro enthält zwei Clean-Pads zum Entfetten von Oberflächen, eine Feile mit drei verschiedenen Körnungen, die 6-Volt-UV-LED und den BONDIC-Stift für präzises Auftragen.

www.bauhaus.info

Anzeige

# Controller Area Network Projects

➔ Neues Fachbuch in englischer Originalsprache

Das unter „CAN“ bekannte „Controller Area Network“ wurde ursprünglich als Bus-System für PKWs entwickelt. Heute gibt es CAN-Controller von über zwanzig Herstellern, und CAN wird zunehmend auch in anderen Gebieten wie der Medizintechnik, der Luftfahrt und bei industriellen Steuerungen eingesetzt.

Dieses Buch behandelt Mikrocontroller-basierte CAN-Bus-Knoten, den Aufbau eines CAN-Bus-Systems, die Entwicklung von Software in Hochsprachen und den Datenaustausch in Echtzeit über den CAN-Bus. Auch auf den Bau von Mikrocontroller-Hardware und den Anschluss von LEDs, LCDs, und A/D-Wandlern wird eingegangen.

Die dem Buch beiliegende CD-ROM enthält eine spezielle Version des mikroC-Compilers enthält, der die wichtigen Mikrocontroller-Klassen PIC, dsPIC, PIC24, PIC32 und AVR unterstützt.

Das Buch wurde für Studenten und praktisch tätige Ingenieure sowie ganz allgemein für alle interessierten Elektroniker konzipiert, die mehr über den CAN-Bus und seine Anwendungen wissen wollen.

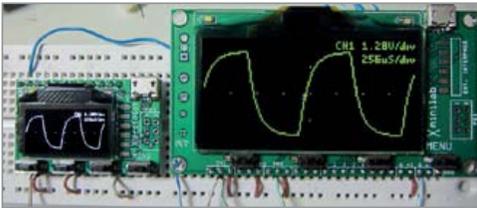


259 Seiten (kart.), inkl. CD  
Format 17 x 23,5 cm  
ISBN 978-1-907920-04-2  
€ 34,50 • CHF 42,80

Weitere Infos & Bestellung unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop)

## Mini-Oszilloskop für nur 64 Dollar

Die amerikanische Firma Gabotronics stellt mit dem XMEGA-Xminilab ein kleines Elektronik-Labor auf einer Platine vor. Das Modul ist zudem mit den Abmessungen von lediglich 8,38 x 4,45 cm sehr klein. Als DIP-Modul kann es direkt in ein Steckbrett gedrückt werden und schon hat man ein Mixed-Signal-Oszilloskop, einen Signal-generator für beliebige Wellenformen, einen Protokoll-Sniffer und, und, und. Das Xminilab eignet



sich zudem auch sehr gut als Entwicklungs-Board für AVR-XMEGA-Mikrocontroller und ist mit einem Preis von nur 64 \$ ausgesprochen preiswert.

Zentraler Baustein des Xminilab ist ein Mikrocontroller vom Typ ATXmega32A4U, der über 32 KB Flash-Speicher für Programme, 4 KB SRAM und 1 KB EEPROM verfügt. Das zugehörige 2,4"-OLED-Display hat 128 x 64 Pixel. Außerdem verfügt das Modul über 8 digitale und 2 analoge Eingänge, 1 externen Trigger-Eingang und vier Tasten. Es gibt zur Tonausgabe einen analogen Ausgang und die Verbindung zu einem PC wird über ein PDI-Interface hergestellt, denn das USB-Interface befindet sich noch in Entwicklung. Das Oszilloskop bietet zwei analoge Eingänge mit einer Sample-Rate von 2 MSamples/s, was für eine analoge Bandbreite von 200 kHz ausreicht. Der Eingangs-

spannungsbereich beträgt -14 V bis +20 V. Es können der Mittel- und Spitzenwert des Signals sowie seine Frequenz angezeigt werden. Selbst eine Spectrum-Analyzer-Funktion ist enthalten. Der Logic-Analyzer bietet 8 digitale Eingänge, die ebenfalls mit bis zu 2 MSamples/s abgetastet werden können. Außerdem ist eine Protokoll-Sniffer-Funktion für UART, I<sup>2</sup>C und SPI integriert. Der Tongenerator arbeitet bei 1 MSamples/s mit einer analogen Bandbreite von 44,1 kHz und 8 bit Auflösung. Ein Wellenzug kann aus 256 Werten bestehen. Frequenz-Sweeps sind ebenfalls möglich.

Es geht aber noch kleiner und noch preiswerter: Das Entwicklungsboard XMEGA-Xprotolab misst nur 4,1 x 2,57 cm, beherbergt ein 0,96"-OLED-Display mit ebenfalls 128 x 64 Pixeln und kann im Prinzip das Gleiche wie das Xminilab – kostet aber nur 49 \$ und kann schon via USB mit Updates versehen werden.

[www.gabotronics.com/development-boards/xmega-xminilab.htm](http://www.gabotronics.com/development-boards/xmega-xminilab.htm)

[www.gabotronics.com/development-boards/xmega-xprotolab.htm](http://www.gabotronics.com/development-boards/xmega-xprotolab.htm)

## CAN/LIN-Protokollanalyse

Der Messgerätehersteller Hameg hat auf der diesjährigen „productronica“ seine Produktneuheiten vorgestellt. Mit dabei: Die neue Option H0012, welche das Triggern und Decodieren von CAN- und LIN-Protokollen erlaubt und laut Hersteller für alle Oszilloskope der HMO-Serie nachrüstbar ist. Die Geräte HMO3524/3522/2524 sind mit dieser Option sogar in der Lage, zwei CAN-Busse gleichzeitig zu decodieren, was vor allem für

chaotischen Figuren nebst Klängen (eher Geräuschen) hinzugefügt, generiert vom (leicht modifizierten) Elektor Chaos-Generator. Viel Spaß damit...

[www.youtube.com/user/qrti?feature=mhee#p/u](http://www.youtube.com/user/qrti?feature=mhee#p/u)

Kurt Schuster

### MAILBOX

#### Videos vom Chaos

Die Chaos-Maschine, Elektor 10/2011, S. 75 (110546)

Ich habe meinem YouTube Channel eine Reihe von Lorenz-Attraktoren und sonstigen

### UPDATES & ERGÄNZUNGEN

#### Verbesserter Strahlungsmesser

Elektor 11/2011, S. 18 (110538)

Das im Heft abgedruckte Platinen-Foto zeigt zwei falsche Widerstands-Werte. R7 und R5 müssen den Wert 10k haben. Auf der Platine (V1.24, auch Bestandteil des bei Elektor erhältlichen Kits) sind schon die

korrekten Werte aufgedruckt.

#### Programmierbares Hygrometer

Elektor 1/2012, S. 66 (081033)

Die Formel  $V_{OUT} = V_S \times ((0,00062 \times RH) + 0,16)$  ist falsch, es muss  $V_{OUT} = V_S \times ((0,0062 \times RH) + 0,16)$  heißen.



Zugegeben,  
es ist nicht alles ein  
“Embedded System”

Bachelor-Studium  
Hardware-Software-Design

Master-Studium  
Embedded Systems Design

Kombinierte Kompetenz  
in Hard- und Software

Automotive Electronics <<  
Smart Mobile Systems <<  
Energy Efficiency <<  
Mobility <<  
Medical Technology <<  
Avionics <<  
Industrial Applications <<

Direktlink:  
[www.fh-ooe.at/hsd](http://www.fh-ooe.at/hsd)

>> Andropod  
Interface in  
diesem Heft



[www.fh-ooe.at](http://www.fh-ooe.at) Studium mit Zukunft



Systementwickler interessant sein dürfte. Durch eine neu implementierte Tabellarische Darstellung der decodierten Werte lassen sich alle Informationen eines Nachrichtentelegrammes in einer Zeile darstellen, wobei spezielle Triggereigenschaften die gezielte Isolierung einzelner Nachrichten zulassen. Für die Nutzung der Option ist allerdings eine neue Firmware notwendig, die nach Angaben des Herstellers ab 01.01.2012 heruntergeladen werden kann und zusätzlich neue Such- und Filterfunktionen bereitstellt. Als Einführungsaktion gibt es die Option H0012 bis Ende Februar 2012 zu jedem bestellten Oszilloskop der HMO-Serie gratis dazu.

Passend zur Analyse des differentiell ausgeführten CAN-Busses stellt Hameg außerdem neue Tastköpfe zur Messung differentieller Signale vor. Die Differenzköpfe HZO40 (200 MHz Bandbreite) und HZO41 (800 MHz Bandbreite) zeichnen sich mit 3,5 pF bzw. 1 pF Eingangskapazität sowie 1 MΩ bzw. 200 kΩ Eingangswiderstand durch sehr gute elektrische Eigenschaften aus, die belastungsarme Messungen ermöglichen.

Preislich richten sich die neuen Produkte an Anwender mit begrenztem Budget. Für die Tastköpfe gibt der Hersteller einen Listenpreis von 1250 € (HZO40) bzw. 2150 € (HZO41) an, für die Option H0012 müssen 480 € investiert werden (Preise ohne MwSt.).

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

## Development-Kit für bürstenlose Gleichstrommotoren

Texas Instruments (TI) hat ein Entwicklungs-Kit für die Motorsteuerung mit dem Stellaris Cortex-M3-Mikrocontroller vorgestellt. Mit diesem Kit zur Entwicklung von Motorcontrollern für 3-phasige bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC) lässt sich ein

funktionsfähiger Prototyp zum Testen in einer Anwendung innerhalb von wenigen Minuten realisieren. Das Kit nutzt die von TI entwickelte InstaSPIN-BLDC-Motor-Technologie, mit der man auch Motoren, deren Parameter nicht bekannt sind, innerhalb von wenigen Sekunden zum Laufen bringen kann.



Das neue Entwicklungs-Kit enthält einen 32-bit-50-MHz-Stellaris-LM3S818-Mikrocontroller mit 64 KB Flash-Speicher, 8 KB SRAM und sechs PWM-Generatoren, der es Entwicklern ermöglicht, komplexe Motorsteuerungen mit geringem Platzbedarf zu realisieren. Der Motortreiber DRV8312 A liefert ohne Kühlkörper einen Strom von bis zu 6,5 A. Das Kit umfasst eine intuitive grafische Benutzeroberfläche (GUI) von Crosshair Embedded, die sich leicht an die Bedürfnisse des Benutzers anpassen lässt. Das neue Entwicklungs-Kit von TI ist für 299 US-Dollar erhältlich, darin enthalten ist auch ein 3-Phasen-BLDC-Motor 24 V/3,5 A.

<http://newscenter.ti.com>

## Fliegender Ball

Einen ersten Eindruck der weltweit ersten flugfähigen Kugel gab es schon im Juni dieses Jahres. Im Spätherbst gab es dann in Tokyo eine erste öffentliche Demonstration des federführenden japanischen Verteidigungsministeriums. Und wie man in Videos sehen kann, ist das Fluggerät geradezu sensationell wendig.

Interessanterweise wiegt der Flugball trotz eines Durchmessers von 42 cm nur 350 g. Der Apparat kann senkrecht starten und landen, wie angenagelt auf der Stelle schweben und ist unglaubliche 60 km/h schnell. Und das alles mit einem einzigen elektrisch angetriebenen Propeller im Inneren des Kugelgehäuses. Wie man auf den Videos erkennen kann, erfolgen Drehmomentausgleich und Steuerung durch relativ große Klappen, die sich im Luftstrom hinter bzw. unter dem Propeller befinden.

Wird solch eine Flugplattform mit einer Kamera ausgestattet, ergibt sich eine sehr leicht handhabbare Drohne für die vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten. Dank der intelligenten Steuerung und des Aufbaus des Flugkörpers kann er auch dann weiterfliegen, wenn er gegen ein Hindernis stößt. Der Prototyp ist weitgehend aus handelsüblichen Bestandteilen aufgebaut – die Materialkosten betragen deshalb insgesamt lediglich 1.400 US-\$.  
[www.youtube.com/watch?v=pFouLnMoQZA](http://www.youtube.com/watch?v=pFouLnMoQZA)  
[www.youtube.com/watch?v=mvCkXxM01A](http://www.youtube.com/watch?v=mvCkXxM01A)

## Digital-Audio-Entwicklungssystem von Atmel



Die für ihre AVR-Mikrocontroller bekannte Firma Atmel hat ein Paket aus Hardware und Firmware zur vereinfachten Entwicklung von Anwendungen im Bereich Digital-Audio für Consumer-, Automotive- und industrielle Anwendungen vorgestellt. Das Paket basiert auf den Mikrocontrollern der Reihe AVR UC3 und eignet sich vor allen Dingen für Geräte wie zum Beispiel USB-Docking-Stationen für Smartphones und sonstige Player.

Das System umfasst bestimmte Mikrocontroller, Evaluation-Kits sowie die in der Firmware enthaltene Technologie. Die Firmware unterstützt zudem Streaming-Interfaces für verbreitete Smartphones und portable Medien-Abspielgeräte sowie MP3-, WMA- und AAC-Decoder, USB-Protokoll-Stacks und ein komplettes Dateisystem, das dem Entwickler den Zugriff auf Speichermedien wie USB-Flash-Sticks oder SD-Karten erleichtert. Die Digital-Audio-Plattform von Atmel eignet sich somit sehr gut als Grundlage von Docking-Stationen, USB-Speichermedien, SD-Karten, USB-Lautsprechern, Mikrofonen und vielen weiteren Teilen der Audio-Kette.

Die kommerzielle Lizenz für die Nutzung der Firmware erlaubt die Vertraulichkeit des eigenen Source-Codes. Die beiden Entwicklungs-Kits EVK1104AU und EVK1105AU enthalten je ein Board mit einem passenden AVR-Controller sowie kostenlos downloadbaren Source-Code.

[www.atmel.com/microsite/audio/](http://www.atmel.com/microsite/audio/)

Von Phil Knurhahn

Nachrichten aus Forschung und Technik, interessante Produkt-Neuheiten und vieles mehr findet man aktuell unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

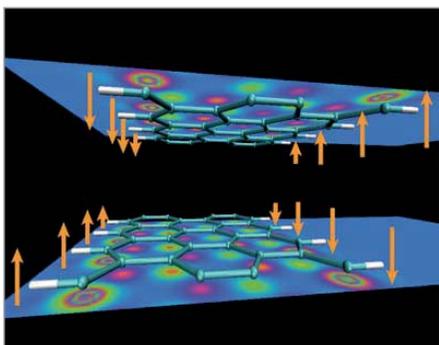
## Gehirnbaustein in Silizium

Neurowissenschaftler am Massachusetts Institute of Technology (MIT) haben einen Computerchip entworfen, mit dem man die neuronalen Prozesse beim Lernen des Gehirns simulieren kann. Der Chip modelliert die Kommunikation zwischen zwei Neuronen untereinander über eine Synapse; er ist aus 400 Transistoren aufgebaut. Das menschliche Gehirn verfügt allerdings über etwa 100 Milliarden Neuronen, die über Synapsen miteinander verbunden sind. Die Entwicklung ist ein erster Schritt zu einem besseren Verständnis der Funktionsweise des Gehirns. Die Arbeiten entstanden an der gemeinsamen Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology.

<http://web.mit.edu/newsoffice/2011/brain-chip-1115.html>

## Ersatz für Kupfer

Kupfer spielt derzeit noch immer eine überraschende Rolle in der Elektronik. Doch die immer kleiner werdenden Strukturen machen dem wichtigen Elektronen-Leiter schwer zu schaffen: Mit abnehmender Leiterbahnbreite steigt der elektrische Widerstand, damit sinkt die Effizienz. Das begrenzt die Leistung bei der Informationsübertragung. Wichtigster Kandidat für eine mögliche Ablösung ist das Gra-



phen geworden, eine 1-Atom-dünne Schicht aus Kohlenstoff, mit der man sich fast überall in der Welt beschäftigt. Einen großen Schritt nach vorn brachten jetzt Simulationen am Supercomputer des Rensselaer Polytechnic Institute in Troy, US-Bundesstaat New York (Bild: Nayak, Rensselaer). Professor Saroj Nayak und sein Team fanden heraus, dass man durch Übereinanderlagern solcher einatomarer Schichten die elektrischen und elektronischen Eigenschaften erheblich verbessern kann. Damit lassen sich solche „Graphenbänder“ als Verbindung zwischen den Bausteinen auf den Chips nutzen.

[http://news.rpi.edu/update.do?artcenterkey=2944&setappvar=page\(1\)](http://news.rpi.edu/update.do?artcenterkey=2944&setappvar=page(1))

## Ein neuer Weg zur Thermophotovoltaik

Die Thermophotovoltaik ist neben der Photovoltaik und Solarthermie ein dritter Weg zur Stromerzeugung aus Sonnenenergie. Die Sonnenwärme wird mit Hilfe von thermoelektrischen Materialien direkt zur Stromgewinnung genutzt. Bisher waren hierfür aber Spiegel nötig, welche die infrarote Strahlung auf eine kleine Fläche konzentrierten. Forscher am MIT (Bild: Autor) fanden nun einen Weg, wie man solche Materialien daran hindert, die einfallende Wärme schnell wieder an die Umgebung abzugeben, bevor sie technisch genutzt wurde. Entscheidender Baustein ist ein photonischer Kristall mit präzise angeordneten Löchern an der Oberfläche. Infrarote Strahlung von der Sonne dringt so über die geometrisch passenden Löcher in den Baustein, jedoch nur wenige reflektierte Strahlen können wieder durch das Loch zurück. Die meisten werden so abgelenkt, dass sie im Material bleiben und dies aufheizen. Jetzt werden verschiedene Materialien untersucht, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu



erzielen. Für konventionelle thermophotovoltaische Elemente liegt der Wirkungsgrad heute bei etwa 10 %. Die MIT-Forscher um Peter Bermel aus dem Research Laboratory of Electronics gehen davon aus, dass man mit dem neuen Verfahren einen Wirkungsgrad von 35 % erreichen könnte.

<http://web.mit.edu/newsoffice/2011/thermo-photovoltaics-1202.html>

## Handy mit Geigerzähler

Die japanische Sanwa Corp. bietet ab sofort einen einfachen Geigerzähler an, der ängstlichen Bewohnern der nördlichen Regionen Japans eine Kontrolle der aktuellen Strahlendosis ermöglicht. Es kann (zunächst nur) an ein Apple iPhone angeschlossen werden, ist flach und nur 14 x 5 cm<sup>2</sup> groß. Die Hardware und die passende App sollen unter 100 € kosten, wie die Presseagentur Japan Today meldete. Entwickelt wurde das Gerät von einem jungen Forscher, der die bis dahin erhältlichen, professionellen Geigerzähler mit einem Preis von fast 600 € als viel zu teuer empfand. In Kürze sollen auch andere Smartphones mit dem kleinen Geigerzähler ausgestattet werden können.

Anzeige



**PCBs**  
**Muuuch Cheaper...**

**No-frills policy**

**16.94 EURO\***

5 pcs, 100 mm x 100 mm  
\*per piece, incl. VAT (21%)  
+ shipping costs e. g. Germany 10.71 EURO



**Jackaltac**  
COM

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

# Die neue EAGLE-Version 6

## Stark – verbessert - noch mehr Features

Die neu erschienene Version 6 der Platinen-Layout-Software EAGLE ist das Ergebnis einer über 20-jährigen ambitionierten Entwicklungsgeschichte, die mit den Funktionen wesentlich teurerer CAD-Software aufwarten kann und weltweit wohl eines der populärsten Programme dieser Gattung darstellt. EAGLE V6 bringt nicht nur Optimierungen bestehender Funktionen, sondern steigert mit innovativen Neuerungen die Flexibilität und Produktivität.

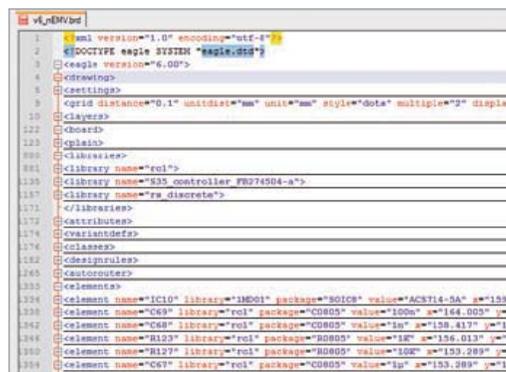
EAGLE kann mit seiner großen Benutzerfreundlichkeit, der schnellen Erlernbarkeit und der hohen Flexibilität so unterschiedliche Ansprüche wie die Verwendung im Hobby-Bereich bis hin zum professionellen Einsatz im Entwicklungslabor abdecken. Die große Anpassungsfähigkeit verdankt EAGLE nicht zuletzt unzähligen so genannten ULPs (User Language Program), die den Anwendern neben den schon in EAGLE standardmäßig integrierten über die Webseite von CadSoft ([www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)) frei zur Verfügung gestellt werden. ULPs sind C-ähnliche Programme zur Funktionserweiterung, die beispielsweise den Export und den Import von Daten sowie die Simulation und die Definition von Befehlsabfolgen ermöglichen.

Die Flexibilität auf eine neue Stufe hebend ist als besonderes Highlight die neue XML-basierte Datenstruktur zu nennen, die das Schreiben von Scripts zur Manipulation von mit EAGLE erstellten Dateien sehr vereinfacht. Änderungen, Datenimport aus anderen Projekten oder Formatkonvertierungen werden so zum Kinderspiel. EAGLE setzt damit als einer der ersten im Bereich der professionellen ECAD-Software auf das XML-Text-Format, was den innovativen Charakter dieser Platinen-Design-Lösung von CadSoft unterstreicht.

Nachfolgend werden die wichtigsten Neuerungen der Version 6 beschrieben:

### XML-Datenstruktur

Die neue auf XML basierende Datenstruktur ermöglicht die Erstellung von Scripts, mit denen sich Designs im EAGLE-Format auch außerhalb von EAGLE bearbeiten lassen. Diese Form des Zugriffs auf Daten ermöglicht dem Anwender große Produktivitätsvorteile. Man kann auf diese Weise Designs



```

1 <xml version="1.0" encoding="utf-8" />
2 <DOCTYPE eagle SYSTEM "eagle.dtd">
3 <eagle version="6.00">
4 <drawing>
5 <centring>
6 <grid distance="0.1" unitDist="mm" unit="mm" style="dotted" multiple="2" display="on" />
7 <layers>
8 <board>
9 <plane>
10 <libraries>
11 <library name="rel">
12 <library name="535 controller PRO74504-a">
13 <library name="rs discrete">
14 </libraries>
15 <attributes>
16 <classdef>
17 <class>
18 <designrules>
19 <autorouter>
20 <elements>
21 <element name="IC10" library="13801" package="SOIC8" value="ACST14-5A" x="159.14" y="159.14" />
22 <element name="C69" library="rel" package="C0805" value="100n" x="164.000" y="164.000" />
23 <element name="C68" library="rel" package="C0805" value="10n" x="158.417" y="164.000" />
24 <element name="R123" library="rel" package="R0805" value="10k" x="158.417" y="164.000" />
25 <element name="R127" library="rel" package="R0805" value="10k" x="153.209" y="164.000" />
26 <element name="C61" library="rel" package="C0805" value="1p" x="153.209" y="164.000" />

```

Bild 1. Die XML-Daten bestehen aus purem editierbarem Text.

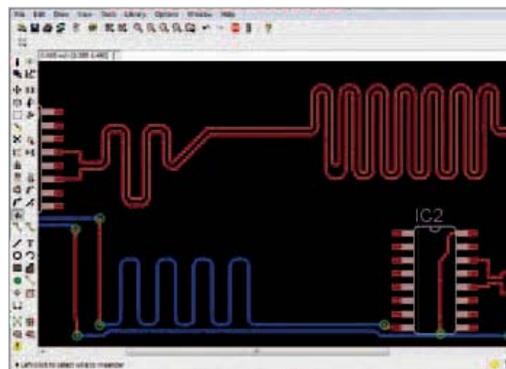


Bild 2. Automatisch erzeugte Mäander für optimale Signallaufzeiten.

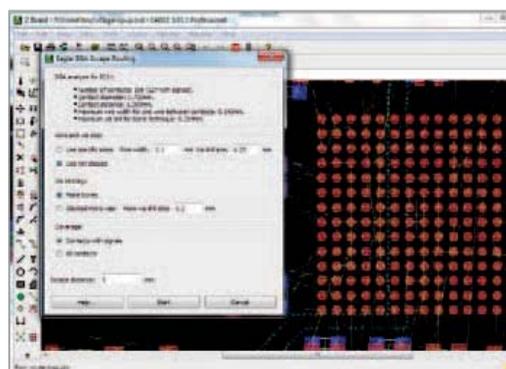


Bild 3. Escape-Routing von BGA-Gehäusen in EAGLE V6.

ändern, Daten aus anderen Projekten importieren oder auch die Daten in andere Formate konvertieren. Mit der XML-Datenstruktur betritt EAGLE Neuland im Bereich ECAD-Software. Gerade diese Neuerung hebt EAGLE in puncto Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit und Produktivität aus den verfügbaren Tools im Umfeld kommerzieller PCB-Layout-Software besonders hervor.

### Designs wiederverwenden

EAGLE erlaubt die Kombination einmal erstellter Designs mittels Copy & Paste unter Beibehaltung der Konsistenz. Man kann also ein bereits früher fertig gestelltes Projekt, das aus einem konsistenten Paar von Schaltplan und Layout besteht, einfach in ein anderes Projekt kopieren. Dabei wird die Nummerierung der Bauteile und Signale in Schaltplan und Layout identisch sein, damit die Übereinstimmung erhalten bleibt. Dieses Feature erleichtert die Erstellung von Multi-Channel-Projekten. Man muss lediglich Schaltplan und Layout für einen Kanal erstellen und dann schlicht vervielfältigen.

### Verbessertes Routing

Das neue Undo/Redo-Logging macht jeden einzelnen Schritt des Editierens einsehbar und gibt so volle Kontrolle über die Schritte, die man rückgängig gemacht oder wiederholt hat.

Durch eine Erhöhung der programm-internen Auflösung auf 1/64 mil (etwa 0,4 µm) sind nahezu fehlerfreie Umrechnungen zwischen metrischem und imperialem (angloamerikanischem) Maßsystem möglich. Bei der Arbeit mit beiden Maßsystemen werden dadurch die sonst auftretenden Probleme und Ungenauigkeiten beim Umschalten zwischen metrischem und imperialem Raster weitestgehend vermieden.



Das Differential-Pair-Routing und das automatische Mäandern erlaubt das Verlegen besonderer Signale mit exakt der gleichen Länge. Differential-Pair-Routing wird auf Signalpaare (gleich und gegenläufig) auf der Leiterplatte angewendet, um ein ausgewogenes Übertragungssystem zu schaffen. Mit automatisch erzeugten Mäandern kann ein Signal auf der Platine eine definierte Länge erhalten, da sich diese zum Beispiel bei High-Speed-Signalen relevant auf deren Laufzeit auswirkt.

ICs im BGA-Gehäuse können mehr als 1.000 Pins haben. Es ist sehr schwierig und mühsam, all diese Kontakte anzuschließen, Durchkontaktierungen zu setzen und über die verwendeten Layer zu entscheiden. Ein spezielles ULP für BGA-Escape-Routing hilft dabei, alle Leitungen sauber an einem BGA-Chip anzuschließen.

### Optimierter Bibliotheks-Editor

In Version 6 ist es nun möglich, entweder einen Pin des Schaltplan-Symbols mit mehreren Pads des zugehörigen Gehäuses (sie führen dann das gleiche Signal) oder aber nur mit einem aus einer Anzahl von Pads zu verbinden. Damit werden nun Bauteile unterstützt, die eine interne Verbindung zwischen mehreren Pads aufweisen.

Man kann jetzt beliebige Pad-Formen erzeugen. Wenn man ein PAD als Grundlage nimmt, kann man die endgültige Kontur mit dem WIRE- oder POLYGON-Befehl zeichnen. Da diese Objekte als Teil des Pads betrachtet werden, gibt es beim Design-Rule-Check keine Fehlermeldungen mehr.

In der Vorversion war die maximale Anzahl von Technologien und Package-Varianten in einer Bibliothek limitiert. Bei Erreichen des Limits mussten die Bauteile

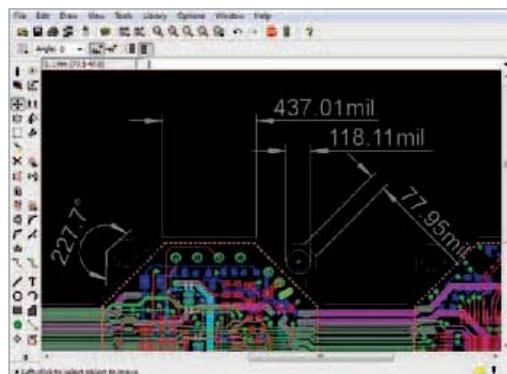


Bild 4. Automatische Bemaßung ausgewählter Objekte.

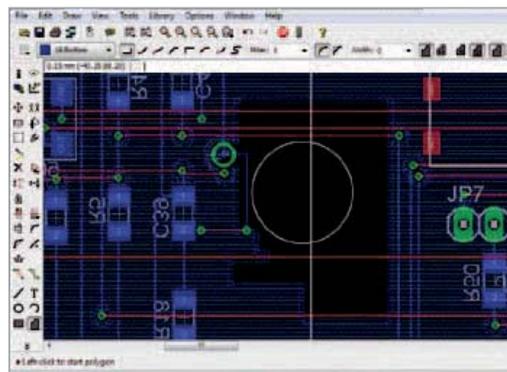


Bild 5. Sperrflächen für Kupfer werden mit Polygonen definiert.

Name	Value	Technology	Description	Revision1		
				Value	Technology	Value
J			AMP connector	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K1	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K2	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K3	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K4	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K5	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K6	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K7	06A-345	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K8	06A-234P	"	RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LED1	green	"	LED	<input checked="" type="checkbox"/>	red	yellow
LED2	green	"	LED	<input checked="" type="checkbox"/>	red	green
R1	2,2K	"		<input checked="" type="checkbox"/>	100K	
X1	SUB-D15 male	"	SUB-D	<input checked="" type="checkbox"/>		
X2	SUB-D15 F	"	SUB-D	<input checked="" type="checkbox"/>		
X3	SUB-D15 male	"	SUB-D	<input checked="" type="checkbox"/>		

Bild 6. Jetzt sind mehrere Bestückungsvarianten einer Platine möglich.

daher auf zwei Bibliotheken verteilt werden. Version 6 kennt hier keine Grenzen mehr.

### Erweiterter Layout-Editor

Dank automatischer Bemaßung kann man mit wenigen Mausklicks bestimmen, was bemaßt werden soll.

Äußere und innere Signal-Layer können jetzt mit individuellen Sperrflächen, in denen kein Kupfer erlaubt ist, versehen werden. Man zeichnet einfach ein Polygon und definiert es als „cutout“.

EAGLE V6 unterstützt jetzt Projekte mit unterschiedlichen Bestückungsvarianten. Die neuen Platzierungsmöglichkeiten von Texten links, oben, unten, rechts, mittig oder zentriert mit einem Mausklick, wie man es von Texteditoren kennt, verbessern neben Aussehen und Lesbarkeit auch die Bearbeitbarkeit von Designs.

### Kommentare und Beschreibungen

Dateibeschreibungen geben Auskunft über den Inhalt von Schaltplänen, Layouts oder Symbolen. Sie werden im Control-Panel angezeigt, ohne die Datei im Editor laden zu müssen. Dies macht die Projektverwaltung übersichtlicher, da man Informationen sieht, ohne die Dateien extra laden zu müssen (gilt auch für die einzelnen Seiten eines mehrseitigen Schaltplans).

### Eigene Kontext-Menüs

Selbst-definierte Inhalte in einem Kontextmenü können die Arbeit merklich beschleunigen. Es lassen sich häufig benutzte Befehle oder ganze Befehlssequenzen ins Kontextmenü integrieren, was die Anzahl notwendiger Mausklicks massiv reduzieren kann.

(110735)

# AndroPod (1)

## Ein serielles Interface für Android-Smartphones und -Tablets



Von Bernhard Wörndl-Aichriedler und Julian Nischler (Entwicklung) und Jens Nickel (Text)

Hochauflösender Touchscreen, Rechenleistung satt, WLAN und Telefoniefunktionen: Android-Smartphones und Tablets sind geradezu prädestiniert, als Schaltzentrale in eigenen Projekten eingesetzt zu werden. Bisher war es allerdings nicht ganz einfach, die Geräte an externe Elektronik anzuschließen. Das ändert sich nun mit der Interface-Platine AndroPod, die einen Seriell-TTL- und einen RS485-Ausgang mitbringt.

In den letzten Jahren ist der Smartphone-Markt regelrecht explodiert – jeder kann nun einen kleinen Computer mit sich herumtragen, der sich mit einer Taktfrequenz von bis zu 1,6 GHz und Doppelkernprozessor vor so manchem Notebook nicht zu verstecken braucht. Darüber hinaus sind die mobilen Rechner mit einem hochauflösenden Touchscreen, vielerlei Sensoren, WLAN, einem SD-Karten-Anschluss und natürlich Telefoniefunktionen wie SMS ausgestattet. Da inzwischen diverse Geräte im Preisbereich zwischen 100 und

200 Euro erhältlich sind, drängt sich die Frage auf, ob man diese auch als Schaltzentrale in eigenen Elektronikanwendungen einsetzen kann. Hier könnte man zum Beispiel an die Hausautomatisierung denken oder an die Steuerung eines selbst entwickelten Messgeräts. Vielleicht benötigt man aber auch einfach nur ein User-Interface oder einen Datenlogger, den man bei Bedarf an die eigene Schaltung anschließt. Weitere faszinierende Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich in den Bereichen Robotik und Modellbau.

Für Elektroniker, die selbst entwickeln und programmieren möchten, kommt fast nur das Betriebssystem Android von Google in Frage – die Konkurrenten Apple und Microsoft haben selbstentwickelten Apps leider große Beschränkungen auferlegt. Das Angebot an Android-Hardware (von verschiedenen Herstellern) und Software ist riesig, darüber hinaus ist das Betriebssystem open-source. Zu Android gehört ein mächtiges Programmierframework, das Zugriff auf fast alle Hardwarefunktionen bietet und mit dem sich wirklich

### Elektor Produkte & Service

- Andropod mit RS485-Erweiterung, Platine bestückt und getestet 110405-91
- USB/TTL-Konverter BOB FT232, bestückt und getestet 110553-91
- RS485/USB-Konverter, bestückt und getestet 110258-91
- USB-A/Micro-B-Kabel 120103-92
- Netzteil für Smartphones mit Micro-B-USB-Stecker 120103-94
- Software-Download (gratis)

Alle Produkte und Downloads sind über die Website zu diesem Artikel erhältlich: [www.elektor.de/110405](http://www.elektor.de/110405)



schöne und benutzerfreundliche Anwendungen programmieren lassen.

## Schnittstellen

Bis vor kurzem war es jedoch fast unmöglich, ein Android-Smartphone an eigene Elektronik anzuschließen. Lässt man exotische Lösungen wie die Benutzung des Audio-Ausgangs einmal weg (siehe letztes Heft [1]), so stehen als drahtgebundene Schnittstelle lediglich ein USB-Port und im Wirelessbereich WLAN und Bluetooth zur Verfügung. Die drahtlosen Schnittstellen sind jedoch nicht ganz einfach zu bedienen, darüber hinaus ist eigene Elektronik dann zwingend mit einem kostenträchtigen Transceiver-Modul auszurüsten. Überdies muss man sich Gedanken um die Störsicherheit machen. Bluetooth weist darüber hinaus prinzipbedingte Latenzzeiten auf. Bleibt die USB-Schnittstelle, die bei Smartphones allerdings „nur“ als USB-Slave/Device-Port ausgelegt ist. An ein Handy wird ja im Regelfall der PC angeschlossen, welcher die USB-Master/Host-Funktion übernimmt. Wenn man mit einem Android-Smartphone über USB kommunizieren will, muss die eigene Elektronik also mit einem Controller ausgerüstet sein, der als USB-Host fungieren kann. Auf dem Markt gibt es neuerdings mehrere Boards verschiedener Hersteller, die mit einem entsprechenden Chip bestückt sind; einige davon sind Arduino-kompatibel. Google hat in die Android-Versionen ab 2.3.4 eine Software-Schnittstelle namens Open Accessory API eingebaut, mit der sich diese Platinen über den USB-Anschluss ansteuern lassen. Diese Schnittstelle ist jedoch nur in den allerneuesten Handys ab Werk nutzbar. Darüber hinaus muss man auf Seiten der eigenen Elektronik zwingend eine USB-Library einsetzen.

## Die Idee

Es trifft sich gut für uns, dass zwei Studenten der Fachhochschule Hagenberg (Österreich) im Rahmen des Studiengangs Hardware-Software-Design eine spezielle Aufgabe bekamen: Entwickelt ein kostengünstiges, stabiles und schnelles Smartphone-Interface, mit dem sich externe Elektronik ansteuern lässt. Beim Programmieren der ersten Test-Apps bemerkten die beiden, dass beim Betätigen des Debug-Buttons in

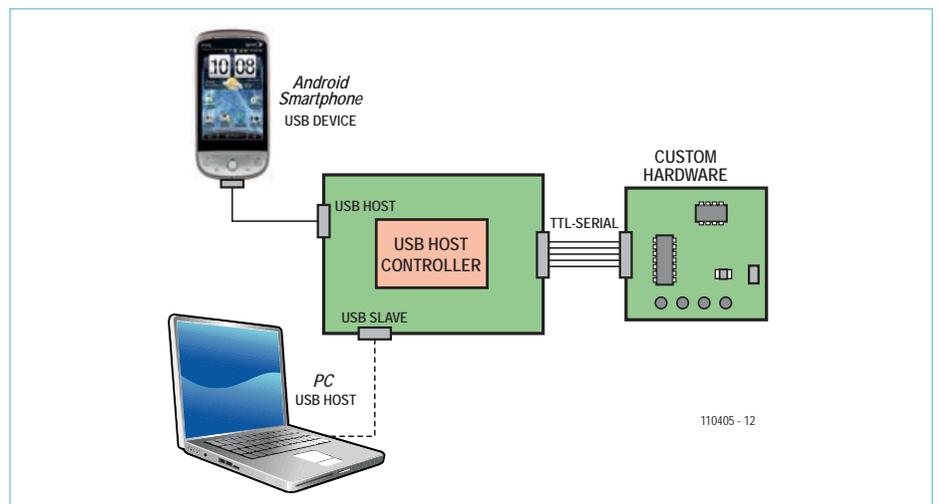


Bild 1. Der USB-Controller bietet zwei USB-Schnittstellen, hier lassen sich gleichzeitig das Smartphone und ein PC zum Debuggen anschließen.

der verwendeten IDE immer kurz eine Statusmeldung zum Aufbau einer TCP-Verbindung aufblitzte [2]. Die etwas überraschten Entwickler wurden neugierig und begannen, in die Tiefen des quelloffenen Android-Betriebssystems hineinzutauchen. Und sie wurden fündig! Jedes Gerät mit Android ab der Version 1.5 (d.h. nahezu jedes Smartphone und Tablet auf dem Markt) enthält einen USB-Treiber für die sogenannte Android Debug Bridge (ADB) [3]. Bei einem genaueren Blick auf die Fähigkeiten dieser Schnittstelle stellte sich heraus, dass sie eine einfache Möglichkeit bietet, TCP-Verbindungen über USB aufzubauen. Die ADB dient zur Fehlersuche in Android Apps (sowie dem Betriebssystem selbst und dem Bootloader). Um einfach integriert werden zu können, wurde das Protokoll denkbar einfach ausgelegt (siehe Kasten).

Die Schnittstelle und der USB-Treiber verbergen die Details des ADB-Protokolls sowie die USB-„Verpackung“ vor dem Programmierer. Um Daten zu übertragen, muss auf Seiten der Android-App nur ein kleiner TCP-Server aufgesetzt werden. Das hört sich schlimmer an als es ist, denn man kann hierzu mächtige und gut dokumentierte Java-Klassen nutzen (wie zum Beispiel *java.net.ServerSocket*). Das reduziert den Programmieraufwand auf einige wenige Codezeilen – mehr darüber im nächsten Heft.

## Die Hardware

Auf Seiten der externen Elektronik benötigt man einen Controller, der als USB-Host fungieren kann und genug Flash mitbringt, damit das ADB-Protokoll und die nötigen

TCP-Funktionen in Code gegossen werden können. Die Wahl der beiden Studenten fiel auf einen Vinculum II USB-Host-Controller von FTDI [4]. Dieser auch VNC2 genannte Chip verfügt über zwei USB-Ports, welche sowohl als Host als auch als Device arbeiten können. Der Kern des Controllers ist eine mit 48 MHz getaktete 16-bit-CPU, dazu kommen gut ausreichende 256 KB Flash und 16 KB RAM.

Der Vinculum-Chip bringt genügend frei belegbare Pins mit, um dort externe Elektronik anschließen zu können. Die Entwickler entschieden sich dafür, den programmierbaren Hardware-UART als Schnittstelle zu nutzen – mit den üblichen Pins RXD, TXD und GND. Mit den ebenfalls vorhandenen Handshake-Leitungen RTS und CTS lässt sich – nach einer entsprechenden Pegelwandlung – sogar eine vollwertige RS232-Schnittstelle realisieren.

Ein grobes Anschluss-Schema zeigt **Bild 1**: Die zwei USB-Ports erlauben es, gleichzeitig ein Android-Gerät (an dieser Stelle muss der Port als USB-Host konfiguriert sein) und einen PC anzuschließen (USB-Slave-Schnittstelle). Der PC kann dann zum Beispiel zur Stromversorgung dienen, aber nicht nur das. Die beiden österreichischen Studenten haben es geschafft, dass die ADB gleichzeitig zweckentfremdet und in ihrer ursprünglichen Funktion verwendet werden kann: Nämlich zum Debuggen einer Android-App vom PC aus. Das ist quasi durch den Vinculum-Chip „hindurch“ möglich – in der Firmware dieses Chips wurde ein Router realisiert, der die Byte-Pakete entsprechend verteilt. Zur Unterscheidung wird der TCP-Port genutzt, über den Daten gesendet werden:

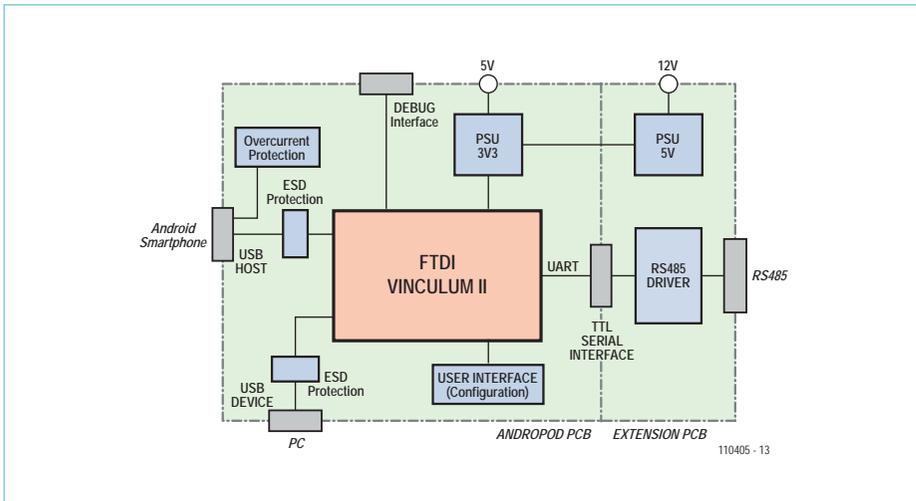


Bild 2. Die Platine bietet diverse Anschlüsse (unter anderem ein UART-TTL- und ein RS485-Interface) sowie vielfältige Varianten der Stromversorgung.

Bild 4. Das mit dem Handy mitgelieferte USB-A/Micro-B-Kabel dient zur Verbindung von Smartphone und Andropod.

Port 1337 haben die beiden Entwickler für die Elektronik-Steuerung reserviert. Dieses Feature leistet unschätzbare Dienste beim Entwickeln einer eigenen App, da dies nun bei angeschlossener externer Elektronik geschehen kann.

## Platine

Der Vinculum II, die beiden USB-Anschlüsse und die serielle Schnittstelle sind die wesentlichen Elemente der Interface-Platine, die von den Studenten *AndroPod* genannt wurde (siehe **Bild 2**). Als weiterer Schaltungsblock kommt eine 3,3-V-PSU (Power Supply Unit) hinzu, welche die USB-Spannung von 5 V auf 3,3 V heruntersetzt, denn dies ist die Versorgungsspannung des Vinculum-Chips. An die Debug-Schnittstelle kann ein VNC2-Debugger-Modul angeschlossen werden (im Normalbetrieb nicht nötig, da die Firmware bereits fertig entwickelt ist). Zwei Status-LEDs und zwei kleine Schalter, mit denen man Einstellungen vornehmen kann, bilden ein kleines „User-Interface“.

Damit das AndroPod noch flexibler genutzt werden kann, kam von Elektor noch eine RS485-Erweiterung hinzu. Antoine Authier aus dem Elektor-Labor hatte die Idee, diese Erweiterung abtrennbar auszulegen. Wer RS485 nicht benötigt, kann das Stückchen Platine einfach absägen.

## Schaltung

Bei der Entwicklung des AndroPods ließen sich die beiden Studenten vom VINCULO-Board von FTDI inspirieren. Um kompakter zu werden, wurde aber ein VNC2 im 32-Pin-QFN-Gehäuse verwendet. Wie der Schaltplan in **Bild 3** zeigt, kommt diese Version überdies mit wenigen externen Bauelementen aus.

Für den richtigen Takt benötigt der Chip einen frequenzstabilen externen Quarz. An jedem der Versorgungspins des Prozessors sollte außerdem ein Abblockkondensator angebracht werden. Der Vinculum II benötigt neben einer stabilisierten 3,3-V-Versorgung noch eine spezielle Versorgungsspannung für die PLL (VREGOUT). Diese wird aber bereits intern generiert; sie muss nur noch extern gestützt und mit einem anlognen Filter gegen Störungen versehen werden.

Die Beschaltung des USB-Host- und -Slave-Ports ist simpel, im Grunde genommen besteht sie aus 27-Ohm-Widerständen (diese Werte sind dem Datenblatt zu entnehmen) und einer passenden USB-Buchse. Als Host-Buchse zum Anschluss des Smartphones wurde eine Standard-USB-A-Ausführung verwendet (K2). So ist es möglich, das bei den Telefonen mitgelieferte USB-A/

Micro-B-Kabel zu verwenden (**Bild 4**). Beim Anschluss des Handys ist zu beachten, dass dieses immer gleichzeitig geladen werden will. Die AndroPod-Platine muss also zwingend 5 V/500 mA liefern. Am einfachsten führt man diese Energie über die USB-Slave-Buchse zu (K1). Hier wurde eine Micro-B-Buchse verwendet, so dass sich dort der mit dem Smartphone mitgelieferte Netzadapter anschließen lässt.

Falls an K2 ein Gerät angeschlossen wird, das mehr als 500 mA zieht, dann ist die Platine gut geschützt, nämlich über IC2. Dieser Spezial-Chip wurde speziell für den USB entwickelt und stellt sicher, dass maximal 500 mA abgegeben werden. Dioden und Ferritinduktivitäten erhöhen die Robustheit gegenüber externen EMV-Einflüssen.

## Stromversorgung

Die AndroPod-Platine (**Bild 5**) ist von Elektor fertig bestückt und getestet erhältlich (ohne optionale Bauteile, die im Schaltplan mit einem Stern versehen sind). Das Board bietet diverse Möglichkeiten der Stromversorgung. Generell kann sowohl die AndroPod-Hauptplatine die RS485-Erweiterung speisen, es geht aber auch umgekehrt. Um dies narrensicher auszuführen, sind zwingend zwei 5-V-Verbindungsleitungen nötig,

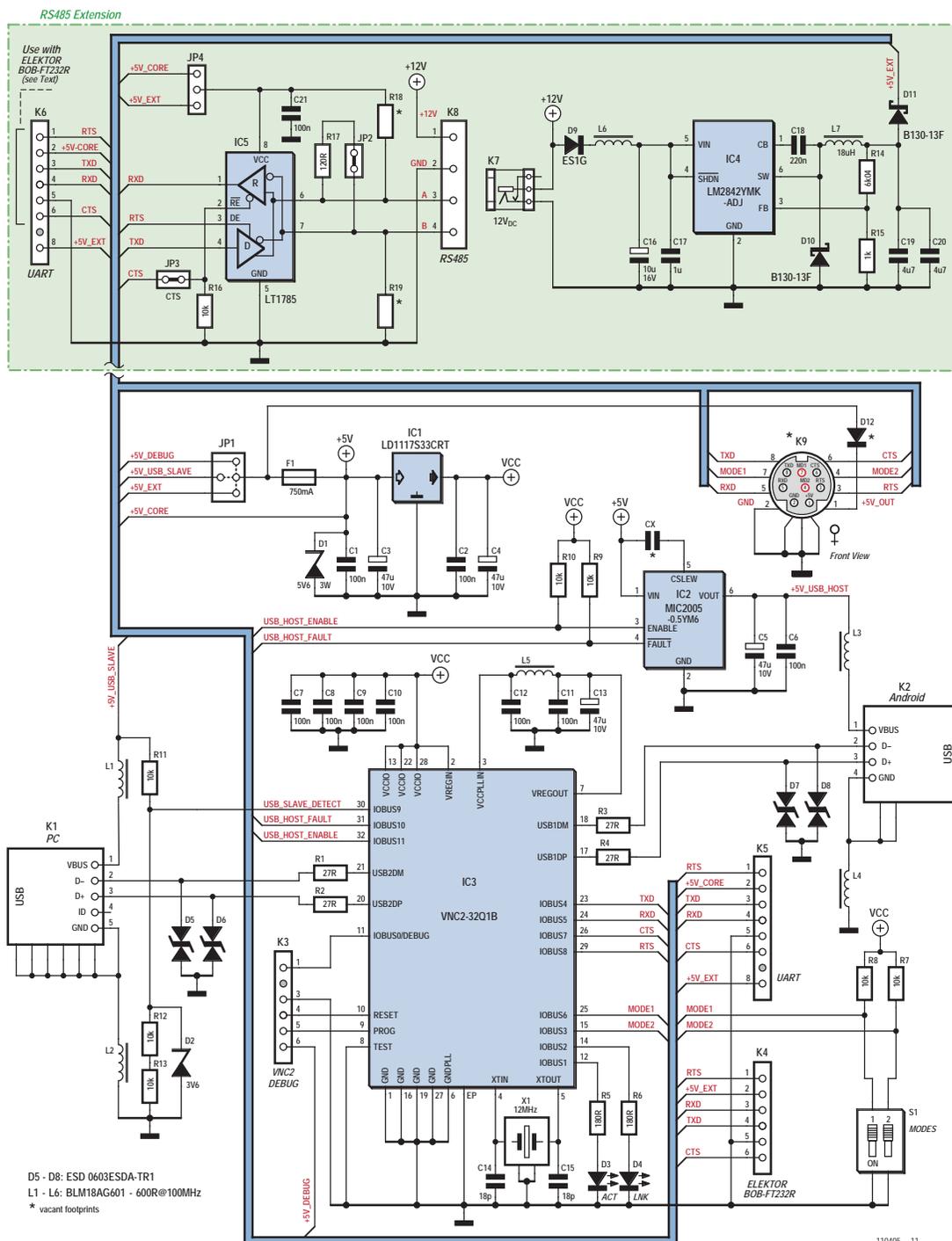


Bild 3. Das Schaltbild des Andropod mit der RS485-Erweiterung (grün hinterlegt).  
 Die mit einem Stern bezeichneten Bauelemente sind optional.

## Stückliste

### Widerstände (1%, 0603):

- R1..R4 = 27 Ω
- R5,R6 = 180 Ω
- R7..R13,R16 = 10 k
- R14 = 6,04 k
- R15 = 1 k
- R17 = 120 Ω
- R18,R19 = 680 Ω (Empfohlener Wert)

### Kondensatoren:

- C1,C2,C6..C12,C21 = 100 n / 50 V (10 %, X7R, Keramikvielschicht 0603)
- C3..C5,C13 = 47 μ / 10 V (20%, ESR 0,7, Tantal, Gehäuse B 1210)
- C14,C15 = 18 p / 50 V (5%, COG/NP0, Keramikvielschicht 0603)
- C16 = 10 μ / 16 V (10 %, Tantal, Gehäuse B 1210)

- C17 = 1 μ / 25 V (10 %, X7R, Keramikvielschicht 0805)
- C18 = 220 nF / 25 V (10 %, X7R, Keramikvielschicht 0603)
- C19,C20 = 4,7 μ / 10 V (10 %, X5R, Keramikvielschicht 0805)
- Cx = Nicht bestückt

### Induktivitäten:

- L1-L6 = Ferritperle 600 Ω @ 100 MHz, 500 mA (0603)
- L7 = 18 μH Drosselspule (1,25 A)

### Halbleiter:

- D1 = Z-Diode 5,6 V / 3 W
- D2 = Z-Diode 3,6 V / 375 mW
- D3 = grüne LED (0603)
- D4 = gelbe LED (0603)

- D5..D8 = Bipolare Suppressordiode (0603)
- D9,D12 = ES1G Diode Ultraschnell 1 A / 400 V
- D10,D11 = B130-13-F Schottkydiode 1 A / 30 V
- IC1 = LDO-Regler 3,3 V / 1,3 A (SOT-223)
- IC2 = MIC2005 Feststrombegrenzter Leistungsverteiler 0,5 A (SOT-23-6L)
- IC3 = Vinculum II USB-Host-Controller (QFN32)
- IC4 = LM2842 600 mA Step-Down DC/DC-Regler (TSOT-6)
- IC5 = LT1785 RS485-Transceiver (SOIC8)

### Außerdem:

- X1 = 12 MHz Quarz (18 pF / 30 ppm)
- F1 = 750 mA Polyfuse
- S1 = 2 x 2-pol.-Stiftleiste mit Jumper oder 2fach-DIP-Switch
- K1 = USB-Micro-B-Buchse
- K2 = USB-A-Buchse
- K3 = 6-pol. Stiftleiste (2,0 mm)
- K4 = 6-pol. Stiftleiste (2,54 mm)
- K5,K6 = 8-pol. Stiftleiste (2,54 mm)
- K7 = 2,0 mm Hohlsteckerbuchse
- K8 = 4-pol. Schraubklemmenblock (5,00 mm)
- K9 = 8-pol. Mini-DIN-Buchse
- JP1 = 3-pol. Stiftleiste (2,54 mm) + 1 einzelner Stiftleisten-Pin + Jumper
- JP2 = 2-pol. Stiftleiste (2,54 mm) mit Jumper
- JP3 = Lötbrücke
- JP4 = 3-pol. Stiftleiste (2,54 mm) mit Jumper

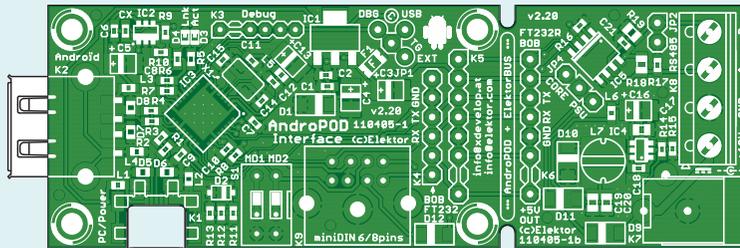
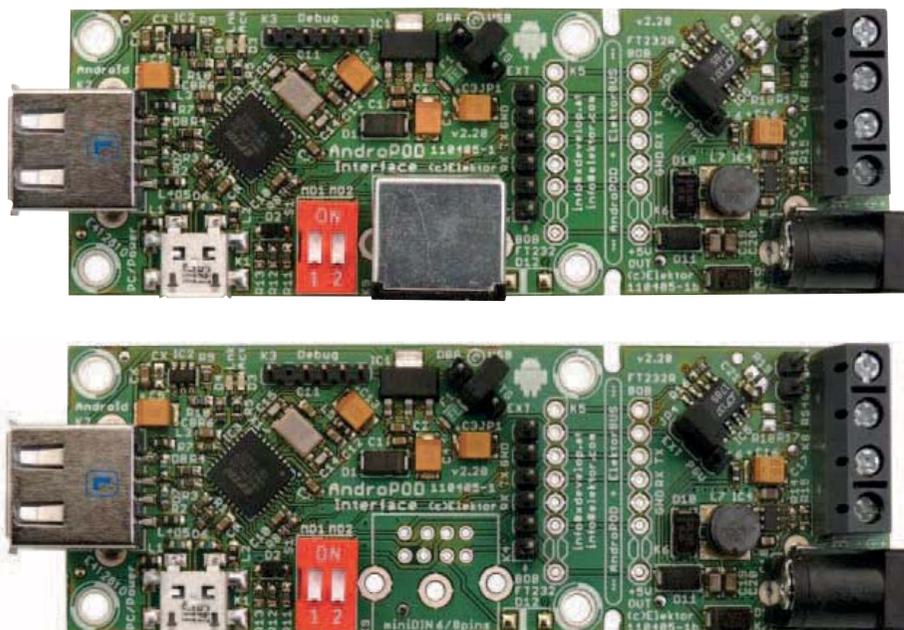


Bild 5. Die kompakte Multilayer-Platine ist bei Elektor bestückt und getestet erhältlich (ohne optionale Bauelemente).

im Schaltplan sind diese als +5V\_CORE und +5V\_EXT bezeichnet. Wie schon erwähnt, lässt sich das AndroPod über K1 versorgen, es geht aber auch über das Debug-Interface K3. Eine dritte Mög-

lichkeit bilden die Pins +5V\_EXT der Steckverbinder K4, K5 oder K6. Unbedingt ist hier aber an die 500-mA-Vorgabe zu denken! An dem „Drei-Wege-Jumper“ JP1 wird ein-

gestellt, welche der drei Möglichkeiten genutzt wird. Die Spannung gelangt nun über eine Sicherung auf die erwähnte +5V\_CORE-Leitung. Sie wird von IC1 auf 3,3 V herabgesetzt, um den Vinculum-Chip zu versorgen. Gleichzeitig kann man die 5 V aber auch an den Steckverbindern K5 oder K6 abgreifen (und zwar jeweils an Pin 2), um dort angeschlossene Elektronik zu versorgen. Dasselbe ist auch über einen optionalen Mini-DIN-Stecker K9 möglich, hierzu ist an der Stelle von D12 eine Lötbrücke anzubringen. Wer stattdessen die Diode bestückt, kann den Mini-DIN-Stecker narrensicher machen. Ohne Diode ist es nämlich möglich, über Pin 1 eine 5-V-Spannung nicht nur abzugreifen, sondern auch einzuspeisen. Dann darf aber keinesfalls ein Jumper bei JP1 gesteckt sein! Bei bestückter Diode ist allerdings der Spannungsabfall zu beachten, es stehen dann keine vollen 5 V mehr an Pin 1 von K9 zur Verfügung. Die +5V\_CORE-Spannung gelangt darüber hinaus auf die Erweiterungsplatine und kann dort den RS485-Treiber versorgen. Die RS485-Erweiterung lässt sich jedoch auch über die 5-V-PSU rund um IC4 speisen, welche 12 V an der Schraubklemme bzw. der Hohlsteckerbuchse auf





## Die Android Debug Bridge

Jedes über USB übermittelte ADB-Paket sieht wie folgt aus:

Adresse	Länge	
0x00	4 Byte	Kommando
0x04	4 Byte	Argument 1
0x08	4 Byte	Argument 2
0x0C	4 Byte	Daten Länge
0x10	4 Byte	Daten Checksumme
0x14	4 Byte	Magic Number (Kommando mit 0xFFFFFFFF EXOR verknüpft)
0x18	-	Daten

Das Kommando kann zum Beispiel „CNXN“ (Verbindungsinitialisierung), „OPEN“ (Verbindungsaufbau), „WRTE“ (schreiben) oder „OKAY“ (Bestätigung) sein.

Nach der Implementierung dieses Protokolls ist es sehr einfach, eine TCP-Verbindung aufzubauen, zum Beispiel auf Port 1337 (PC->Smartphone, Smartphone->PC).

Kommando	Arg.1/Arg.2 (vereinfacht)	Daten (vereinfacht)	Kommentar
CNXN	-	host:xxxx:xxxx	Verbindungsaufbau mit dem Smartphone
CNXN	-	device:xxxx:xxxx	Smartphone bestätigt
OPEN	PC Verbindungs-ID/0	tcp:1337	TCP-Verbindung auf Port 1337 öffnen
OKAY	ADB Verbindungs-ID/PC Verbindungs-ID		Smartphone bestätigt offenen TCP-Port
WRTE	PC Verbindungs-ID/ADB Verbindungs-ID	Hello to Phone	Daten auf den TCP-Port senden
OKAY	ADB Verbindungs-ID/PC Verbindungs-ID		Smartphone bestätigt Daten-Empfang
WRTE	ADB Verbindungs-ID/PC Verbindungs-ID	Hello to PC	Smartphone sendet Daten zum PC
OKAY	PC Verbindungs-ID/ADB Verbindungs-ID		PC bestätigt Daten

5 V umsetzt und über eine Diode in die Leitung +5V\_EXT einspeist. Die zwei Möglichkeiten sind an Jumper JP4 einstellbar. Und +5V\_EXT kennen wir ja schon, die Spannung kann wie oben beschrieben zur Versorgung des AndroPod und der externen Elektronik eingesetzt werden.

### Anschlüsse

Genauso flexibel wie die Stromversorgung sind auch die Anschlussmöglichkeiten des AndroPod und der Erweiterungsplatine. UART-TTL-Signale sind an K5 abgreifbar. K5 und K6 sind intern verbunden; wer die Teil-Platinen auseinandersägt, kann sie später wieder über die beiden Steckverbinder elektrisch zusammenführen.

Die Pins 1 bis 6 von K5 (serielle Schnittstelle plus 5 V zur Versorgung externer Elektronik) sind auch auf Pads geführt, wo eine acht-polige Mini-DIN-Buchse angelötet werden kann. Es ist geplant, später andere Boards von Elektor mit einer ebensolchen Buchse auszurüsten. Zu denken wäre etwa an Mess-Elektronik, die auf diese Weise vom Smartphone oder Tablet gesteuert werden kann. Außerdem sind die Signalleitungen MODE1 und MODE2 an der Mini-DIN-

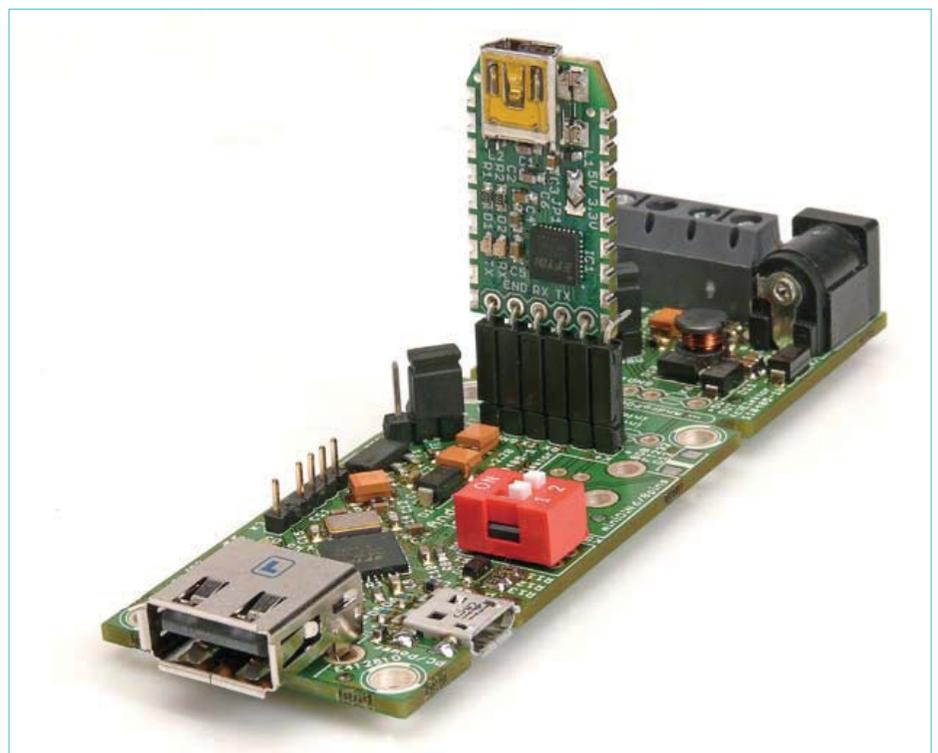


Bild 6. Mit Hilfe des BOB FT232 lassen sich Firmware-Updates aufspielen. Das kleine USB/TTL-Interface ist bei Elektor fertig bestückt erhältlich.

Buchse abgreifbar. Wer eigene Vinculum-Firmware aufspielen will, kann das Debug-Interface, aber auch K4 nutzen, wenn man dort wie in **Bild 6** gezeigt den USB/TTL-Konverter BOB-FT232 [5] ansteckt, der bei Elektor erhältlich ist [6]. Sowohl das Flashen per Debug-Modul als auch über die serielle Schnittstelle sind in [7] beschrieben.

Kommen wir nun zur RS485-Erweiterung. Die Schraubklemme besitzt die Anschlüsse 12 V, GND, A und B. Hier kann zum Beispiel die Hardware des ElektorBus [8] angeschlossen werden. Wer schon einen oder mehrere „Experimental-Knoten“ (110258-1) besitzt, sollte auf die geänderte Reihenfolge der Anschlüsse achten.

Über JP2 lassen sich die Busleitungen vorschriftsmäßig terminieren. Die optional zu bestückenden Pullup/Pulldown-Widerstände R18 und R19 ziehen die Busleitungen auf definierte Spannungspiegel, falls alle Knoten inaktiv sind (Failsave Biasing). Es ist zu empfehlen, solche Widerstände an einer Stelle entlang des RS485-Busses anzubringen, da die Empfindlichkeit gegenüber Einstreuungen während dieser inaktiven Phasen sonst stark zunimmt [9].

Die Signale RX, TX und RTS der seriellen Schnittstelle steuern den aus dem ElektorBus-Projekt bekannten Treiber LT1785 an (das RTS-Signal ist für den Driver-Enable-Pin DE zuständig, so dass eine Halbduplex-Kommunikation möglich wird). Im Normalzustand empfängt der RS485-Treiber alle selbst ausgesendeten Bytes (Echo). Über die CTS-Leitung kann dies unterdrückt werden, die jetzige Version der Vinculum-Firmware unterstützt diese Möglichkeit allerdings nicht.



Bild 7. Die frei downloadbare PC-Software AdifController installiert Treiber, konfiguriert das Andropod und überträgt Dateien aufs Telefon.

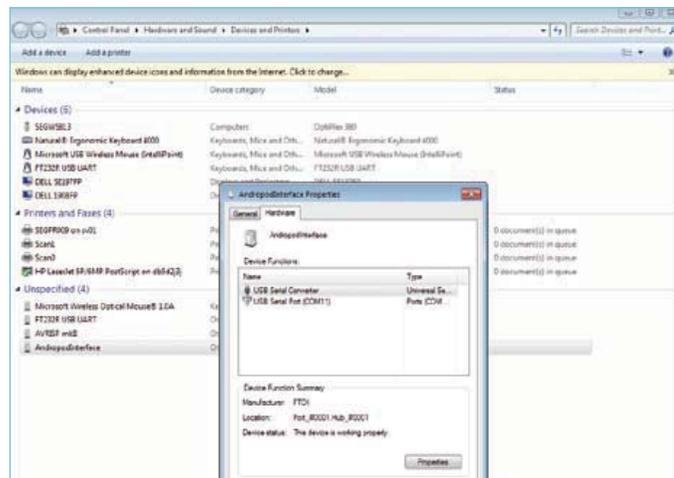


Bild 8. Während der Konfiguration arbeitet das Andropod als USB/Seriell-Konverter. Dies kann man mit einem Doppelklick auf den Eintrag „AndropodInterface“ im Windows Device Manager überprüfen.



Bild 9. Konfiguration der seriellen Schnittstelle zum Anschluss eigener Elektronik.

Als Tüpfelchen auf dem i lässt sich die Erweiterungsplatine auch einzeln als RS485/TTL-Konverter einsetzen oder als RS485/USB-Konverter, wenn der USB/TTL-Adapter BOB-FT232 an K6 angesteckt wird. Es muss allerdings beachtet werden, dass der DE-Pin des LT1785 dann per PC-Software bedient werden muss. Die gegenwärtige ElektorBus-PC-Software ist hierzu nicht kompatibel, wir empfehlen hier weiterhin den RS485/USB-Konverter 110258-91 [6].

### Konfiguration ...

Der Vinculum-II-Chip auf der Platine ist schon mit der Andropod-Firmware von Bernhard Wörndl-Aichriedler und Julian Nischler vorprogrammiert.

Die Baudrate und die UART-Parameter lassen sich mit der Software *AdifController* vom PC aus einstellen (welche die beiden Entwickler speziell für das Andropod-Interface entwickelt haben), die Vinculum-Firmware muss dabei nicht geändert werden. Mit dem *AdifController* lässt sich auch einstellen, ob der RTS-Pin zur Ansteuerung des LT1785 verwendet werden soll. Die Software zu diesem Projekt ist wie immer in einem Zip-Archiv zu finden, das man gratis von der Elektor-Website [6] downloaden kann.

Während der Konfiguration des Andropod muss der rechte Teilschalter von S1 auf „ON“ stehen (Config-Mode). Beim Debuggen der Android-App und dem normalen Betrieb ist dieser Schalter auf „2“ zu stellen (Debug-Mode). Der linke Schalter hat in der jetzigen Firmware-Version keine Bedeutung.

Wir beginnen mit ersten Tests im Debug-Mode. Am zweckmäßigsten nutzt man K1 zur



## Die Entwickler

Julian Nischler (rechts) und Bernhard Wörndl-Aichriedler studieren Ingenieurwesen an der Fachhochschule in Hagenberg (Oberösterreich) im Studiengang Hardware-Software-Design. Während Julian neben dem Studium Geschäftsführer einer Event-Agentur ist, arbeitet Bernhard als selbstständig tätiger Hardware-Entwickler. Mehr Informationen zu den beiden und ihren Projekten sind unter [www.xdevelop.at](http://www.xdevelop.at) zu finden.



Bei diesem Projekt wurden die Entwickler unterstützt von: Dipl.-Ing. Michael Bogner und Dr. Thomas Müller-Wipperfürth vom Studiengang für Hardware-Software-Design ([www.hardware-software-design.at](http://www.hardware-software-design.at)), Ing. Helmut Strasser, Prof. Dr. Andreas Magauer, Prof. Peter Klotz und Nicole Miletic.

Stromversorgung (über ein USB-A/Micro-B-Kabel vom PC aus). JP1 ist natürlich entsprechend zu setzen.

Bevor man das Telefon mit K2 verbindet (über ein zweites USB-A/Micro-B-Kabel, erhältlich bei Elektor [6]) muss beim Android-Telefon die ADB aktiviert werden. Standardmäßig ist diese aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. Während das Smartphone den Homescreen zeigt, drückt man die Menütaste links unten, woraufhin ein Menü mit dem Punkt „Einstellungen“ aufklappt. Nach dem Öffnen des Einstellungsmenüs wählt man „Anwendungen“ und dann „Entwicklung“. Nun lässt sich die Checkbox „USB-Debugging“ setzen.

Nach dem Anstecken des Telefons sollte die gelbe LED langsam im Sekundentakt zu blinken beginnen (wurde die ADB nicht aktiviert, dann blinkt die LED schneller).

### ... und Test

Im Device Manager von Windows prüft man nun zuerst, ob das AndroPod korrekt als „AndroPodInterface“ erkannt wurde (unter Umständen muss das Board zuerst vom PC getrennt und dann wieder angesteckt werden). In den meisten Fällen muss zuerst der passende Treiber installiert werden, was komfortabel mit dem AdifController erledigt werden kann.

Hierzu startet man im entpackten Download-Ordner zuerst den Installer AndroPodInterfaceInstaller.exe. Die Windows-Warnung, das Programm besser nicht laufen zu lassen, darf man getrost übergehen. Nach der Installation ruft man den AdifController über das Programm-Verzeichnis auf. Im Hauptmenü (**Bild 7**) muss nun auf die Registerkarte „Drivers“ gewechselt werden. Mit einem Klick auf „Install driver for Debug Mode“ wird der Treiber für den Debug-Modus installiert, danach installiert man gleich den Treiber für den Config-Mode. Nun sollte das AndroPod korrekt im Device Manager angezeigt werden (eventuell hilft ein erneutes Abziehen und Anstecken des Kabels zum Telefon).

Wenn dieser erste Test erfolgreich verlaufen ist, sollte man in den Konfigurationsmodus wechseln (rechter Schalter auf „ON“) und das Board abermals durch Abziehen und Anstecken des Kabels resetten. Im Device Manager taucht das Board wieder als

„AndroPodInterface“ auf. Nach einem Doppelklick auf den Eintrag kann man im Eigenschaftsfenster sehen, dass der Vinculum-Chip nun als USB/Seriell-Konverter arbeitet (siehe Screenshot in **Bild 8**). Jetzt können wir uns einmal die Registerkarte „Configure“ im AdifController (**Bild 9**) ansehen. Defaultmäßig sind 9600 Baud eingestellt, allerdings sind deutlich schnellere Baudraten möglich, nämlich bis zu 1,5 MBaud.

Wechseln wir nun wieder in den Debug-Modus, um die Datenübertragung zu testen. Dazu brauchen wir natürlich auch eine passende Android-App. Eine fertige, sehr flexibel zu nutzende App haben wir in den Google Apps Marketplace gestellt, weil das Installieren so am einfachsten geht. Im Marketplace sucht man nach „ElektorBus-BrowserForAndroPod“ (ausführlich wird die Software im nächsten Heft beschrieben). Bei der Installation auf dem Smartphone muss man bestätigen, dass man der Anwendung den Zugriff auf Internet- und SMS-Funktionen erlauben will.

Nach dem Start der App muss die gelbe LED auf dem Board dauerhaft leuchten. Um die Datenübertragung zu testen, schließt man an K5 den USB/TTL-Konverter BOB-FT232R an und verbindet diesen mit dem PC. Es funktioniert aber auch mit einem USB/TTL-Kabel von FTDI, man muss dort allerdings die Steckverbinder an die Pinbelegung von K5 anpassen. Die dritte Möglichkeit ist der obengenannte RS485/USB-Konverter 110258-91 [6], den man mit drei Drähten an die Schraubklemmen des AndroPod anschließt – dann hat man auch gleich die RS485-Erweiterung getestet. Nun startet man auf dem PC ein Terminalprogramm

der Wahl und stellt dieses auf den COM-Port des eingesetzten USB-Konverters sowie auf 9600 Baud ein. Auf dem Smartphone drückt man dann die Menütaste links unten, woraufhin das Menü der App sichtbar wird. Nach einem Druck auf den Button „Test Data Transmission“ müsste man einen allseits bekannten Text im Terminal sehen.

Im nächsten Heft werden wir die übrigen Funktionen der App kennenlernen. Diese kann selbst erstellte Benutzeroberflächen darstellen und ereignisgesteuert SMS versenden – bei all dem kommt man ganz ohne Android-Kenntnisse aus. Und wer selbst Android programmieren will, erfährt, wie eine App zur Ansteuerung eigener Elektronik aufgebaut werden muss.

(110405)

### Weblinks

- [1] [www.elektor.de/110690](http://www.elektor.de/110690)
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_Control\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol)
- [3] <http://developer.android.com/guide/developing/tools/adb.html>
- [4] [www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_Vinculum-II.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_Vinculum-II.pdf)
- [5] [www.elektor.de/110553](http://www.elektor.de/110553)
- [6] [www.elektor.de/110405](http://www.elektor.de/110405)
- [7] [www.ftdichip.com/Support/Documents/AppNotes/AN\\_159%20Vinculum-II%20Firmware%20Flash%20Programming.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/AppNotes/AN_159%20Vinculum-II%20Firmware%20Flash%20Programming.pdf)
- [8] [www.elektor.de/110258](http://www.elektor.de/110258)
- [9] [www.ti.com/lit/an/snla031/snla031.pdf](http://www.ti.com/lit/an/snla031/snla031.pdf)

# Pico C-Plus und Pico C-Super

## Zwei Upgrades für Elektors kleines Kapazitätsmessgerät

Von Jon Drury (UK)

Bei Elektor-Lesern sind kleine Messgeräteschaltungen wie Pico C sehr beliebt. Pico C ist ein Kapazitätsmessgerät für den Selbstbau, mit dem man noch 10-pF-Kondensatoren messen kann. Dies freut nicht nur Funkamateure, denn so kleine Werte liegen oft außerhalb des Messbereichs vorhandener Geräte. Dafür ist Pico C bei größeren Werten nur begrenzt verwendbar: Der Maximalwert beträgt rund 2,5 nF. Das animierte Jon Drury zur Verbesserung der Software. Jetzt gibt es mit „Pico C-Plus“ und „Pico C-Super“ sogar zwei neue Versionen. In C+ geschrieben? Nein, reiner Assembler-Code!



Es gibt jetzt zwei neue Firmware-Versionen für Pico C. Die Version „Pico C-Plus“ läuft im unveränderten Originalprojekt [1] und bringt neben der optimierten Kapazitätsmessung auch noch die Funktionen der einfachen Messung von Periodendauern basierend auf einem TLC555 und einen Funktionsgenerator mit. Die Version „Pico C-Super“ erfordert hingegen kleine Änderungen an der Originalplatine (zwei durchtrennte Leiterbahnen und drei Litzen zusätzlich), damit auch ein externes Signal gemessen werden kann. Diese Version enthält zusätzlich noch die Funktion eines Frequenzzählers und implementiert eine saubere Messung der Periodendauer. Als Alternative zum Modifizieren der alten Platine wurde eine neue Platine für diese Version entwickelt.

### Pico C-Plus: kompatibel mit dem Original!

Beim Lesen des Artikels aus Elektor April 2011 [1], dachte ich mir, dass ein 24-bit-

Zähler nicht zwingend auf maximal 2,5 nF limitiert sein muss. Laut Artikel entsprechen 680 Zählerschritte 1 pF. Mit 24 bit ist der maximale Zählerstand 16.777.215, was einem Maximalwert von 24.672 pF entspräche. Gedacht, encodiert: Ich entschied mich zum Schreiben einer neuen Firmware in Assembler, um möglichst hardwarenah zu bleiben und die volle Kontrolle über den 24-bit-Zähler zu erhalten.

Der originale Source-Code enthielt Kompromisse, die der Arithmetik von Bascom geschuldet waren (siehe **Kasten**). Die Assembler-Version beinhaltet die Multiplikation zweier 24-bit-Werte und die Division eines 48-bit-Dividenden durch einen 24-bit-Divisor, welche von Atmels Application Note AVR200 abgeleitet wurden. Somit sind keine arithmetischen Kompromisse mehr notwendig. Außerdem wurden die ISRs (Interrupt Service Routine) anders implementiert, indem das Zählen per ISR

gestartet und gestoppt und außerdem die Zahl der gemittelten Perioden gesteuert wird. Da Pico C im Grunde eine reine Periodenmessung vornimmt, war dies das erste Entwicklungsziel. Die Mittelung selbst habe ich nur leicht modifiziert, indem ich nur Vielfache von 10 zulasse, damit sich die Skalierung und Behandlung des Dezimalpunkts vereinfacht. Die Mittelung der Ergebnisse bringt Vorteile, da die Oszillator-Perioden noch durchaus mit Rauschen behaftet sind. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die neuen Messbereiche samt Genauigkeiten. Wie im Original werden Werte zur Kalibrierung im EEPROM abgelegt. Wenn das Gerät zum ersten Mal eingeschaltet wird, bemerkt es das leere EEPROM und besteht auf der Durchführung einer Kalibrierung. Für weitere Messungen ist eine erneute Kalibrierung nicht mehr notwendig, aber jederzeit möglich, indem man die „Calibrate“-Funktion bei der Modus-Auswahl aktiviert. Die neue Software führt eine „Autozero“-Ope-

**Hinweis:** Die hier beschriebenen Modifikationen und Erweiterungen sind das Resultat einer neuen Überarbeitung. Das originale Projekt „Pico C“ aus Elektor April 2011 [1] wird nicht verändert. Dies betrifft neben Schaltung und Platine auch den Mikrocontroller. Die originalen Teile (Nummern 100823-1, -41 und -71) sind daher unverändert verwendbar und erhältlich. Somit sind also der originale Artikel und damit verwandte Produkte weiterhin aktuell.

## Eigenschaften von Pico C-Plus/Super

- Komplette neu in Assembler geschriebene Firmware.
- Programmierte Controller sind erhältlich.
- Erweiterter Messbereich: <1 pF bis 500 nF
- Auflösung 0,01 pF, 0,1 pF, 1 pF
- Kapazitätsmessbereiche: 5 nF, 50 nF, 500 nF
- Pico C-Plus: Reines Software-Upgrade ohne Hardwareänderung
- Pico C-Super: Software-Upgrade + kleine Platinen-Modifikationen oder neue Platine.
- Periodendauern: 16 ms, 160 ms, 1,6 s
- Frequenzähler: 8 MHz bei einer Auflösung von 1 Hz
- Signalgenerator:
  - Frequenz 0,8 Hz bis 10 MHz
  - Auflösung: 0,1 % (<10 kHz), 1 % (10 kHz bis 100 kHz)
  - Rechteck 5 V<sub>SS</sub>

**Tabelle 1. Kapazitätsmessung.**

Multiplikator	Max. Kapazität	Auflösung
1	500 nF	1 pF
10	50 nF	0,1 pF
100	5 nF	0,01 pF

**Tabelle 2. Periodendauer.**

Multiplikator	Max. Zeit	Auflösung
1	1,6 s	0,1 μs
10	160 ms	10 ns
100	16 ms	1 ns

Achtung: Die minimale Zeit beträgt bei allen drei Bereichen 1,5 μs.

**Tabelle 3. Frequenzmessung.**

Torzeit	Max. Frequenz	Auflösung
10 ms	8 MHz	100 Hz
100 ms	8 MHz	10 Hz
1 s	8 MHz	1 Hz



ration am Beginn jeder Messung aus, weswegen bis zum Abschluss dieser Operation noch kein Bauteil angeschlossen sein sollte.

Die neue Software enthält eine eigene Funktion zur Periodenmessung mit der Möglichkeit zur Mittelung über 1, 10 oder 100 Perioden. Der maximale Multiplikator von 100 erlaubt die Messung von Perioden mit einer Auflösung von 1 ns. Da  $f = 1/P$ , ist die hochauflösende Messung niedriger Frequenzen (<100 Hz) nicht schwierig, doch leider ist dafür nicht ausreichend Platz auf einem Display mit 2 x 16 Zeichen. Die minimale messbare Zeit der Periodenfunktion beträgt 1,5 μs, da dies der Ausführungszeit einer ISR entspricht.

Die Periodenfunktion wurde auch dazu genutzt, die Messgenauigkeit von Pico C zu verbessern (siehe **Tabelle 2**). Der Multiplikator entspricht nun dem Messbereich. Der Maximalwert jedes Bereichs ist vom maximalen Zählerstand (bevor er überläuft) abhängig. Da hier erst nach 24 bit ein Überlauf droht, ist die Mathematik dazu ziemlich einfach, auch wenn zwei aneinander gehängte Zähler bis zu 26 bit erlauben würden (durch Nutzung von OC1A und

OC0B). Andererseits beträgt die maximale Messperiode bei 24 bit fast eine Sekunde (0,839 s). Längere Messzeiten würden sich sehr träge anfühlen. Von diesen Vorüberlegungen ausgehend wäre ein Maximalwert von rund 8 nF bei einem Multiplikator von 100 möglich, was gegenüber dem Original eine Erweiterung um den Faktor 3 ergäbe (der originale Pico C enthält einen Multiplikator von 32). Tatsächlich konnte ich nur bis 5,8 nF messen – diese Diskrepanz ist durch Bauteiltoleranzen nicht erklärbar. Das im Artikel angegebene Verhältnis von 680 Zählerschritten pro pF passt nämlich nicht zur ebenfalls dort angegebenen Frequenz von 3,2 kHz (siehe die Berechnung im **Kasten**). In dieser erweiterten Version erhält man bei einem Multiplikator von 100 zwar eine Auflösung von 0,01 pF, aber einen Maximalwert von nur 5 nF. Beim Multiplikator von 1 sinkt die Auflösung auf 1 pF, aber man kann bis hinauf zu 500 nF mit den damals angegebenen Bauteilwerten messen. Die Linearität wurde für alle Bereiche durch Messung individueller Kondensatoren erfasst, die dann in Kombination nochmals gemessen wurden (siehe die Ergebnisse). Auch wenn es am oberen Ende kleine Abweichungen gibt, betragen

sie weniger als 0,1 %.

Wenn man den Wert von R1 reduziert, erhält man größere Maximalwerte. Ich bevorzuge 470 kΩ, womit ich bis 1 μF ohne Einschränkungen bei den kleinen Werten messen kann. Es wäre im Prinzip interessant zu wissen, wie niedrig R1 werden kann und ob man so auch Elkos gut messen könnte.

Nachdem schon viel Code geschrieben war, blieb immer noch sehr viel Platz im Programmspeicher des 2313. Mir erschien es logisch, noch einen Frequenzähler und einen Signalgenerator zu integrieren, um die Hardware maximal zu nutzen. Der Signalgenerator hat mit 0,8 Hz bis 10 MHz einen großen Frequenzbereich, wobei die Auflösung bei hohen Frequenzen reduziert ist. Im EEPROM wurde eine Tabelle mit 18 fixen Frequenzen abgelegt, um soviel Programmspeicher wie möglich frei zu halten. Man kann die Frequenzen in dieser Tabelle eigenen Wünschen anpassen. Der Frequenzähler (**Tabelle 3**) verwendet eine präzise Software-Verzögerung, da beide Zähler ja schon belegt sind. Die Verzögerungen werden mit Hilfe der Periodenmessung überprüft.

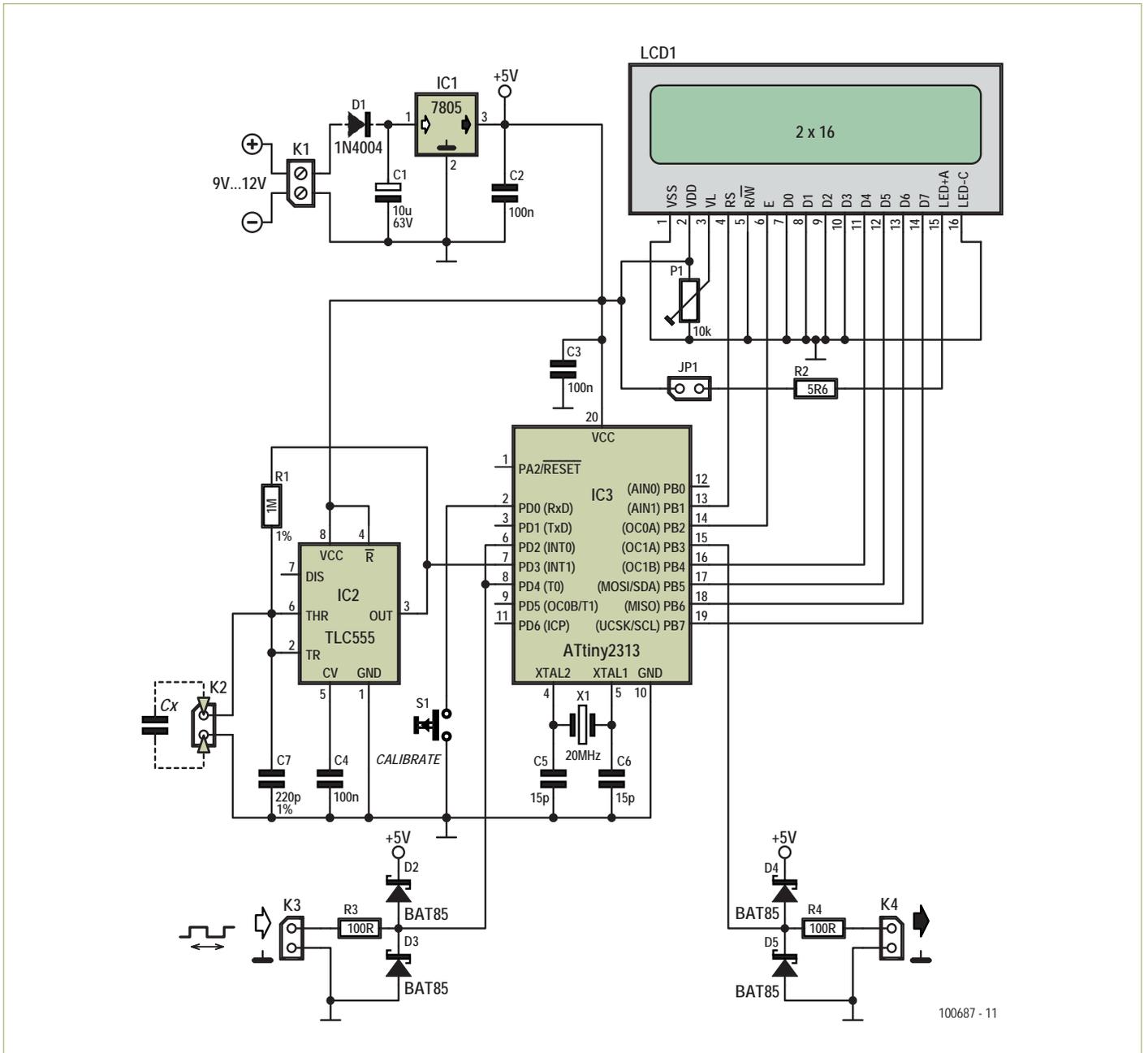


Bild 1. Die Schaltung für Pico C-Super, die sich von der ursprünglichen Pico-C-Schaltung in einigen Punkten unterscheidet. Der Messbereich wurde auf 500 nF erweitert und neue Funktionen (Signalgenerator, Frequenzzähler, Periodendauermessung) hinzugefügt. Dank Assembler-Programmierung passt alles in einen 2313-Controller.

**Anleitung für Pico C-Plus**

- (Re)Programmieren des ATtiny2313 mit „PicoC-Plus.hex“ und „PicoC-Plus.eep“ (EEPROM, das die Basis-Tabelle für den Signalgenerator enthält). Alternativ kann man unter der Nummer 110687-41 von Elektor [2] einen fertig programmierten Mikrocontroller beziehen.
- Pin 15 (OC1A) des 2313 ist der Signalausgang.
- Kurze Tastendrucke schalten durch die Menüs und ein langer Tastendruck

(>2 sec) übernimmt die ausgewählte Option oder veranlasst den Rücksprung aus einem Modus.

**Pico C-Super: Kleine Operationen oder neue Platine**

WENN Pico C folgende Features haben soll:  
 (1) einen gegenüber Pico C-Plus erweiterten Messbereich,  
 (2) einen zusätzlichen Signalgenerator,  
 (3) eine Frequenzzähler-Funktion und  
 (4) eine vernünftige Periodendauermessung,

REM in anderen Worten: alle Features der erweiterten Software-Version Pico C-Super THEN müssen einige Pins des 2313 freigegeben werden!  
 ELSE nehme Pico C-Plus oder bleibe gleich beim originalen Pico C!

In der Originalversion wird Pin 8 des 2313 (T0-Eingang) als Ausgang zur Steuerung des TLC555 verwendet. Doch in der erweiterten Version Pico C-Super wird dieser Pin zur Frequenzmessung benötigt. Der Reset-Pin des TLC555 wird daher permanent an +5V



gelegt. Außerdem müssen die beiden Pins 6 und 7 getrennt werden, da die neuen Versionen INT1 für die Kapazitätsmessung und INTO für die Erfassung externer Perioden nutzen. Ohne Änderung würde sonst die Periodendauer des 555 gemessen werden.

#### Anleitung für Pico C-Super

Damit der Frequenzzähler und die Periodendauermessung funktioniert, müssen auf der originalen Pico C-Platine zwei Leiterbahnen durchtrennt und drei neue Verbindungen hergestellt werden:

- Trennen der Leiterbahn zwischen Pin 4 von IC2 und Pin 8 von IC3 (macht den T0-Eingang frei).
- Verbinden von Pin 4 und Pin 8 von IC2 (IC2 oszilliert nun frei - RST liegt an +5 V).
- Verbinden von Pin 8 IC3 mit dem Eingang K3 (T0-Eingang).
- Trennen der Leiterbahn zwischen den Pins 6 & 7 von IC3 (macht den für externe Periodensignale benötigten INTO frei).
- Verbinden von Pin 8 und Pin 6 von IC3 (externer Eingang von INTO)

Die notwendigen Änderungen sind in der neuen Schaltung (**Bild 1**) schon eingearbeitet. Zusätzliche Schottky-Dioden schützen den Eingang. Die Bild 1 entsprechende neue Platine hat die Nummer 110687-1. Die Bestückungsseite ist in **Bild 2** zu sehen, die Layout-Dateien kann man sich unter [2] kostenlos herunterladen, und der fertig mit Pico C-Super programmierte Controller ist unter der Nummer 110687-42 erhältlich. Die Bestückung selbst sollte kein Problem darstellen, da es sich um eine einseitige Platine mit bedrahteten Bauteilen handelt.

**Wichtig: Man sollte die Pinbelegung des verwendeten LCD-Moduls sehr genau überprüfen, da diese nicht immer mit der**

**im Schaltplan gezeichneten Anordnung übereinstimmt.**

#### Ergebnisse

Vorab eine kleine Warnung: Das überarbeitete Messgerät ist im 100x-Bereich extrem empfindlich. Eine Hand wirkt sich im Abstand von bis zu 5 cm auf das Messer-

gebnis aus. Um Fehler durch ungewollte Hand-Kapazitäten zu vermeiden, habe ich den Schalter eines Potis bei der Kalibrierung verwendet. Damit Sie einen Eindruck davon bekommen, was möglich ist, zeigt **Bild 3** einen an meinen Prototypen angeschlossenen variablen Kondensator mit 1,6...5 pF. ;-) Die Kapazität steigert sich, wenn die Hand-

## Stückliste

(für Pico C-Super)

#### Widerstände:

R1 = 1 M $\Omega$ , 1 %  
R2 = 5,6  $\Omega$ , 5 %  
R3, R4 = 100  $\Omega$ , 5 %  
P1 = 10k, 20 %, Trimpoti

#### Kondensatoren:

C1 = 10  $\mu$ /63 V, RM 2,5 mm  
C2, C3, C4 = 100 n/50 V, keramisch, RM 0,2" (5,08 mm)  
C5, C6 = 15 p/100 V, 5 %, keramisch, RM 0,2" (5,08 mm)  
C7 = 220 p/63 V, 1 %, Polystyrol, RM 7,18 mm

#### Halbleiter:

D1 = 1N4004  
D2..D5 = BAT85  
IC1 = 7805  
IC2 = TLC555  
IC3 = ATtiny2313 (programmiert 110687-42\*)

#### Außerdem:

JP1, K2, K3, K4 = 2-pol. Stiftleiste, gerade, RM 0,1" (2,54 mm)  
JP1 = Jumper 0,1" (2,54 mm)  
K1 = 2-pol. Schraubklemme für Platinenmontage, RM 5 mm  
K2, K3, K4 = 2-pol. Buchsenleiste, gerade, RM 0,1" (2,54 mm)  
LCD1 = LCD, 2x16 (TC1602C-01YA0\_A00), 120061-71\*. Pinbelegung überprüfen bei anderen Exemplaren.  
LCD1-Sockel = 16-pol. SIL, RM 0,1" (2,54 mm), abgewinkelt  
LCD1-Stecker = 16-pol. Stiftleiste, RM 0,1" (2,54 mm), abgewinkelt  
S1 = Taster, SPNO, mit Druckpunkt, 6 mm  
X1 = Quarz 20 MHz, C<sub>L</sub> = 18 pF, 50 ppm  
Platine 110687-1\*

\* siehe [www.elektor.de/110687](http://www.elektor.de/110687)

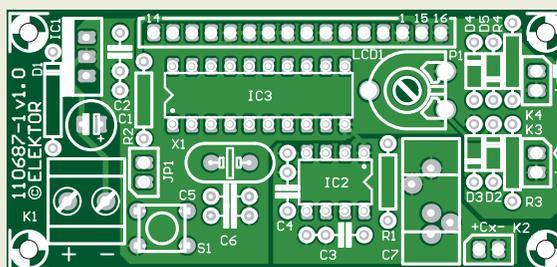


Bild 2. Die neue Platine für Pico C-Super. Die zugehörigen Layout-Dateien gibt es unter [2].

## Kompromisse im ursprünglichen Bascom-Code

Bei der originalen Firmware entspricht die Länge einer Periode der Größe einer Variablen. Bei der verwendeten vorzeichenbehafteten 32-bit-Variablen beträgt der Maximalwert daher  $2,147 \times 10^9$ . Der kritische Punkt ist die Multiplikation der Periode (24 bit) mit dem Wert des Referenzkondensators in 1/10 pF. Ein Wert von 10.000 benötigt aber schon mehr als 13 bit. Das Ergebnis der Multiplikation würde daher mindestens 37 bit benötigen. Da aber das Vorzeichen schon ein Bit kostet, bleiben nur 31 bit der Bascom-Variablen übrig. Hier kann leicht ein Überlauf passieren. Die Original-Software löst das Problem, indem die 25 bit der beiden gekoppelten Zähler durch den Divisor 8 geteilt werden (Measure-ok-Routine), was noch 22 bit übrig lässt.

Ein zweiter Kompromiss steckt in diesem Code

```
If Period <=214748 Then `do calculation`
    Else `error`
```

Hier wird die Periode auf Werte begrenzt, die bei der nachfolgenden Multiplikation keinen Überlauf erzeugen können, aber so wird auch gleichzeitig eine künstliche Barriere für den Maximalwert errichtet.



Bild 3. Mit diesem Zubehör untersuchte der Autor die Genauigkeit und die Linearität. Das vierzeilige Display zeigte beim Entwickeln zusätzliche Daten.

distanz von 5 cm langsam verringert wird. Beim Anfassen des Drahtes mit zwei Fingern ergeben sich die 5 pF. Der Draht ist nur 10 cm lang und an den heißen Pin des Eingangs angeschlossen. Auf dem Foto ist auch zu erkennen, dass ein LCD mit 4 x 20 Zeichen angeschlossen ist. Dadurch hatte ich die Möglichkeit, mir während der Softwareentwicklung Diagnosewerte anzeigen zu lassen.

Wie schon erwähnt, zeigt sich das Messgerät über drei Dekaden bei Frequenzen zwischen 1 Hz und 3,2 kHz sehr linear. Das Foto zeigt auch zwei Kondensatorbänke auf Lochrasterplatine, die über Jumper umgeschaltet werden können (Vorder- und Rückseite). Auf diese Weise können etliche Werte eingestellt werden, um auch die Maximalwerte jedes Bereichs gezielt zu überschreiten. Mit Hilfe einer Tabellenkalkulation konnte ich den Beitrag jedes Kondensators zur Messung berechnen. Der Messfehler wurde zunächst in pF erfasst und dann in % des theoretischen Werts umgerechnet. Der Unterschied zwischen Praxis und Theorie blieb stets kleiner als 0,1 %. Die Ergebnisse der Genauigkeitsuntersuchungen finden sich in einer Tabelle, die in der gepackten Datei 110687-W (siehe [2]) enthalten ist.

Bei der Messung größerer Kondensatoren in den Bereichen x10 und x1 zeigt sich Rauschen. Wenn zum Beispiel bei einem 10-nF-Kondensator der Wert „10089.1 pF“ im Bereich x10 angezeigt wird, kann die Anzeige im Bereich x1 zwischen „10085 pF“ und „10091 pF“ variieren. Ein Teil der Variation wird wohl schlicht durch Störsignale am hochohmigen Eingang des TLC555 verursacht. Im Bereich x100 zeigt sich eine sehr viel höhere Stabilität, da hier stark gemittelt wird.

(110687)

## Weblinks

1. Pico C, Elektor April 2011: [www.elektor.de/100823](http://www.elektor.de/100823)
2. [www.elektor.de/110687](http://www.elektor.de/110687)

## Zählerschritte/pF!

Mit der Basisfrequenz von 3,2 kHz ergeben sich folgende Zs (Zählerschritte):

$$20 \text{ MHz} / 3,2 \text{ kHz} = 6.250 \text{ Zs}$$

Da  $C7 = 220 \text{ pF}$  ergeben sich  $6.250 \text{ Zs} / 220 \text{ pF} = 28,4 \text{ Zs/pF}$ . Da die originale Software 32 Perioden erfasst, ergeben sich  $28,4 \text{ Zs/pF} \times 32 = 909 \text{ Zs/pF}$ , was deutlich über dem damals angegebenen Wert von 680 Zs/pF liegt.

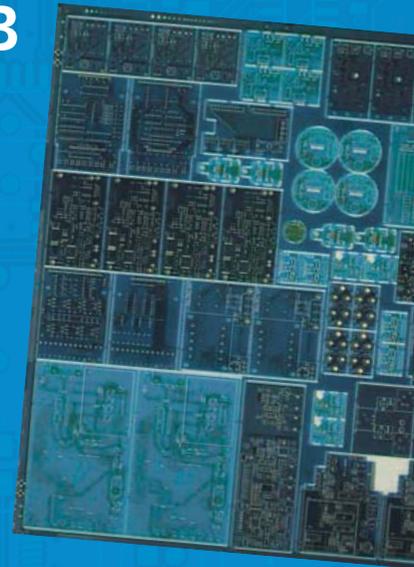
Dies würde den Unterschied zwischen der erwarteten maximalen Kapazität von rund 8 nF und dem tatsächlich gemessenen Grenzwert von 5,6 nF erklären.

## Die europäische Referenz für PCB Prototypen und Kleinserien

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

Wir bieten Ihnen:

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



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

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

Preise inkl. 19% MwSt und ohne Transportkosten

### **STANDARD pool** – die größte Auswahl an Pooling Optionen in Europa

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

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

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

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

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

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

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

# Interface für Breitband-Lambdasonde (2)

## Messen, Einstellen und Diagnose über die PC-Schnittstelle

Von Sebastian Knödler (D)



Die im letzten Heft vorgestellte Interface-Platine für Breitband-Lambda-Sonden lässt sich sowohl „Stand-alone“ als auch über eine serielle Verbindung mit einem Rechner (PC oder Laptop) zur Messung des Sauerstoffgehalts im Abgas verwenden. Über die serielle Schnittstelle kann man auch alle Diagnosefähigkeiten des Lambdasonden-ICs CJ125 auf der Platine nutzen und die Messwerte und Betriebszustände vollständig erfassen. Die verschiedenen Einstellungen erfolgen dabei vom PC aus über einen Satz von einfachen Befehlen.

Die Schaltung des Lambdasonden-Interfaces [1] verfügt dank eines TTL/RS232-Pegelwandlers über eine RS232-Schnittstelle ohne Handshake, es werden also nur die der Anschlüsse (TXD, RXD und GND) verwendet, die an der dreipoligen Anschlussklemme X1 anliegen (siehe **Bild 1**). Wenn der Rechner über keine RS232-Schnittstelle verfügt, kann die Verbindung über ein handelsübliches USB/RS232-Adapterkabel hergestellt werden.

### Daten

Zur Herstellung der seriellen Verbindung muss der (gegebenenfalls virtuelle) COM-Port des PCs wie folgt eingestellt werden: 115.200 Baud, 8 Datenbits, 1 Stopp-Bit, keine Parität, kein Handshake.

Wenn die Verbindung hergestellt ist, werden vom Lambdasonden-Interface bis zu 5 Datenpakete pro Sekunde mit aktuellen Daten gesendet. Wie im Folgenden noch beschrieben wird, ist die Aktualisierungsrate zwischen 1 und 5 Hz einstellbar. Die Daten können wahlweise auch Excel-kompatibel im „.csv“-Format exportiert werden. Die Ausgabe erfolgt nach einem sehr einfachen Muster. Hier ein Beispiel:

*Lambda: 250*  
*Ref: 252*  
*Bat: 505*  
*Status: 32*  
*Cj: 255*

Im Excel-kompatiblen Modus erfolgt die Ausgabe so:  
250;252;505;32;255

Die erste Zeile des Datenpakets beziehungsweise der erste Wert enthält einen hier als „**Lambda**“ bezeichneten Zahlenwert, bei dem es sich um das Ergebnis der 10-bit-A/D-Wandlung der Spannung UA des CJ125 handelt. Aus diesem Wert lässt sich wiederum der Pumpstrom  $I_p$  zur Ermittlung des exakten Lambdawerts berechnen:

$$I_p = \frac{\text{Lambda} \times 5V}{A_p \times R_{shunt} \times 1023}$$

$A_p$  ist die Verstärkung des Pumpstromsignals (8 im fetten und 17 im mageren Bereich) und  $R_{shunt}$  der Shuntwiderstand (61,9  $\Omega$ ). Setzt man den Beispielwert (*Lambda: 250*) ein, ergibt sich bei  $A_p = 8$  für den Pumpstrom:

$$I_p = \frac{250 \times 5V}{8 \times 61,9 \times 1023} = 0,0025A = 2,5mA$$

Bei dem zweiten, als „**Ref**“ bezeichneten Wert des Datenpakets handelt es sich um den bereits in der Beschreibung der Schaltung im letzten Heft erwähnten Korrekturwert, der Schwankungen der 5-V-ADC-Referenz angibt. Der Wert von *Ref* ergibt sich aus:

$$Ref = \frac{1,22V \times 1023}{5V}$$

Die 1,22 V ( $\pm 1\%$ ) sind die genaue Referenzspannung am Eingang ADC3 (Pin 26) des ATmega8. Die Abweichung des *Ref*-Werts vom Sollwert 250 gibt daher den aktuellen Fehler der 5-V-Referenz des A/D-Wandlers an.

Wie zu vermuten, stellt „**Bat**“ den digitalisierten Wert der Versorgungsspannung  $U_{bat}$  beziehungsweise  $U_b$  dar, die über einen Spannungsteiler (39k/10k) am Eingang ADC2 (Pin 25) des ATmega8 gemessen wird. Liegt der Wert unter 440 (=10,5 V) oder über 670 (=16,0 V), beendet der

ATmega8 das Messen und wechselt in den Stand-by-Modus.

Bei den Werten von **Status** und **CJ** handelt es sich um die ausgelesenen Inhalte des Mikrocontroller-Statusregisters und des CJ125-Diagnoseregisters. Dabei wurde das System des CJ125-Diagnoseregisters [2] für das Statusregister übernommen. Das Statusregister ist in Binärform in **Tabelle 1** dargestellt. „Watchdog“ gibt einen internen Programmfehler an, der einen Neustart erfordert. CJ-Fehler weist auf einen Fehler im CJ125 hin, der im Wert CJ spezifiziert ist.

Der **CJ-Wert** enthält den Inhalt des CJ125-Diagnoseregisters und muss in einen Binärwert übersetzt werden. Es gilt dann die in **Tabelle 2** dargestellte Auswertungstabelle. Die Fehlerbits sind in **Tabelle 3** aufgeschlüsselt. Wenn kein Fehler vorliegt, hat „CJ“ den Wert 255.

Im Fehlerfall geht der Ausgang X2/Pin2 auf High, und die Heizung der Sonde wird abgeschaltet, um eine Überhitzung zu vermeiden. Ebenso abgeschaltet wird der Pumpstrom durch die Sonde und die Ri-Messung der Nernstzelle, so dass die Werte für UR und UA nicht verwendet werden können.

Bei älteren Sonden kann es vor allem während der Aufheizphase vermehrt zu Fehlern kommen. Diese verschwinden meist, wenn die Betriebstemperatur erreicht ist. Werden zu viele Fehler angezeigt, so ist dies ein Indiz dafür, dass die Sonde ausgetauscht werden muss.

**Befehle**

Die vom Interface unterstützten Befehle sind in **Tabelle 4** gelistet. Insgesamt sind es acht Befehle, die aus einem einzigen Zeichen bestehen. Die Befehle werden im ASCII-Code übermittelt, wobei man auf Groß- und Kleinschreibung achten muss. Ein Befehl wird mit CR (Carriage Return, ASCII-Zeichen 13) abgeschlossen und ist erst danach gültig. Hier eine kurze Befehls-Erklärung:

**C** (Calibration Mode): Der CJ125 wird in einen Kalibriermodus versetzt (siehe nächste Kapitel).

**N** (Normal Mode): Der CJ125 liefert aktu-

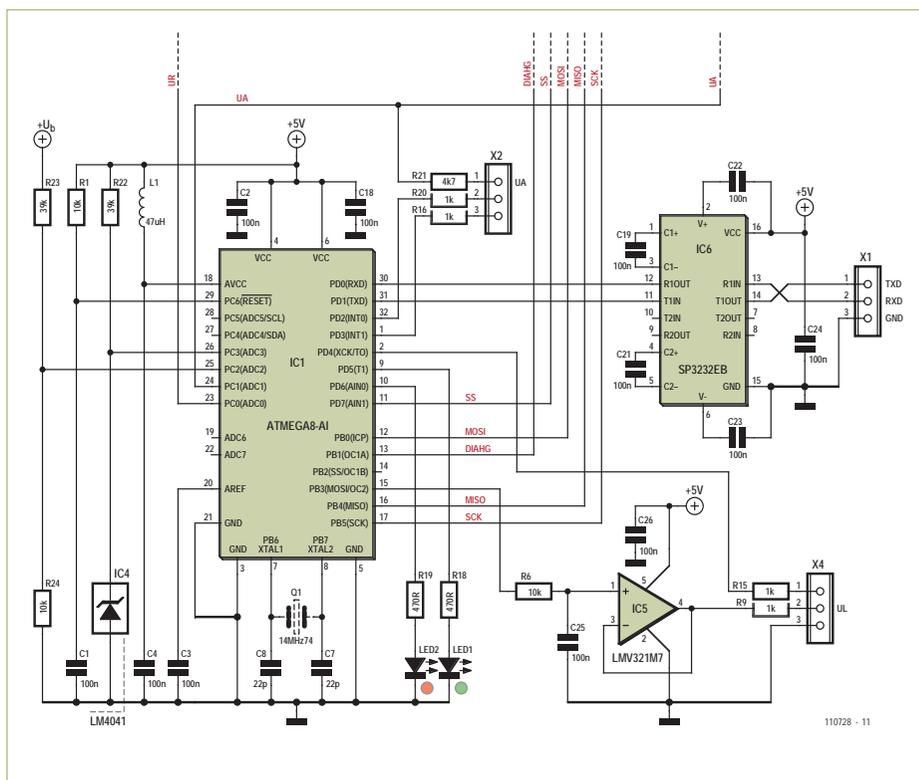


Bild 1. Das RS232-Interface ist Teil der Mikrocontroller-Schaltung, die die Messwerte und Statusmeldungen über die Schnittstelle ausgibt und die RS232-Befehle verarbeitet.

**Tabelle 1. Auswertung des Statusregisters**

IntF.7							IntF.0
Kalibrierungsmodus	Watchdog	System bereit	SPI-Fehler	U <sub>bat</sub> high	U <sub>bat</sub> low	Sonde überhitzt	CJ-Fehler

**Tabelle 2. Auswertung des CJ125-Diagnoseregisters**

CJF.7							CJF.0
DIAHG	DIAHD	IA/IP	IA/IP	UN	UN	VM	VM

**Tabelle 3. Auswertung der Fehlerbits**

Fehler-Bits	DIAHG/DIAHD	IA/IP, UN, VM
0 0	Kurzschluss nach Masse	Kurzschluss nach Masse
0 1	Heizung nicht angeschlossen	Batterie schwach
1 0	Kurzschluss nach U <sub>Bat</sub>	Kurzschluss nach U <sub>Bat</sub>
1 1	Kein Fehler	Kein Fehler

Tabelle 4. Befehlsübersicht	
Befehl	Funktion
C	Calibration Mode
N	Normal Mode
H	Starte Messung
D	Beende Messung
F	Schnelle Übertragung (5Hz)
S	Langsame Übertragung (1Hz)
T	Klartext-Modus
E	.csv-Modus (Excel-kompatibel)

Tabelle 5. Wertetabelle Sauerstoffkonzentration/Messstrom (aus dem Sonden-Datenblatt)						
O <sub>2</sub> -Konzentration	0,0 %	3,0 %	6,0 %	8,29 %	12,0 %	20,9 %
Messstrom	0,00 mA	0,34 mA	0,68 mA	0,95 mA	1,40 mA	2,55 mA

elle Daten (wie im vorherigen Abschnitt beschrieben).

**H** (Start Messung): Aufheizung der Sonde wird gestartet. Nach ca. 30 Sekunden ist das System messbereit.

**D** (Ende Messung): Die Sondenheizung wird abgeschaltet.

**F** (Fast): Datensätze werden 5-mal pro

Sekunde aktualisiert.

**S** (Slow): Datensätze werden 1-mal pro Sekunde aktualisiert (Standardeinstellung).

**T** (Text): Datensätze im Textformat (wie im vorherigen Abschnitt beschrieben).

**E** (Excel): Datensätze im Excel-kompatiblen Modus (wie im vorherigen Abschnitt beschrieben).

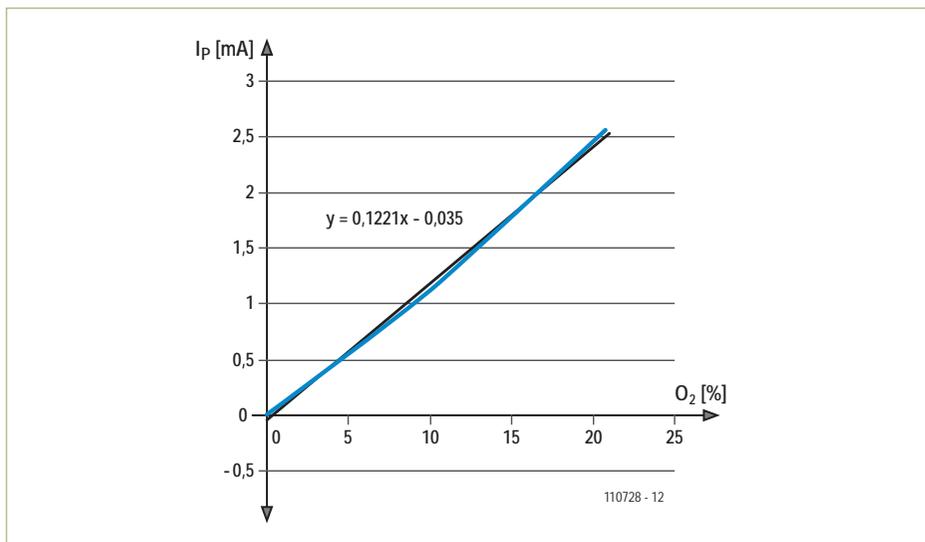


Bild 2. Der Zusammenhang zwischen Sauerstoffkonzentration und Pumpstrom der Breitbandsonde ist annähernd linear.

### Kalibrierung

Mit dem Befehl „C“ geht der CJ125 in den Kalibrierungsmodus. Der Vorgang ist der Gleiche wie beim Anlegen eines Low-Levels an Pin1 von X4 im autonomen Betrieb, der im letzten Heft beschrieben wurde. Die Schaltung kalibriert sich nach dem Einschalten (Anlegen der Versorgungsspannung) selbst. Ein zusätzliches (Nach-)Kalibrieren ist nur bei sehr langen Messreihen (Messdauer > 24 Stunden) erforderlich.

### Genauigkeit

Die Breitband-Sonde LSU4.2 erreicht in Kombination mit dem Interface-IC CJ125 im Bereich um  $\lambda = 1$  ihre höchste Genauigkeit. Bei  $\lambda = 1,7$  weist die Sonde einen Fehler von  $\pm 0,05$  auf, der bei Alterung der Sonde auf bis zu  $\pm 0,15$  ansteigen kann. Bei  $\lambda = 1,009$  ist der Fehler mit  $\pm 0,006$  sehr viel kleiner und beträgt auch nach 2000 Betriebsstunden nur  $\pm 0,008$ .

Um den Sauerstoffgehalt im Abgas errechnen zu können, muss man zuerst eine Kalibrierkurve (**Bild 2**) mit den Werten aus dem Sonden-Datenblatt (siehe **Tabelle 5**) erstellen. Man sieht, dass die Sauerstoffkonzentration direkt proportional zum Pumpstrom  $I_p$  ist.

Daraus ergibt sich die schon im letzten Heft angegebene Formel für die Berechnung der Sauerstoffkonzentration:

$$O_2 = \frac{I_p + 0,035}{0,1221}$$

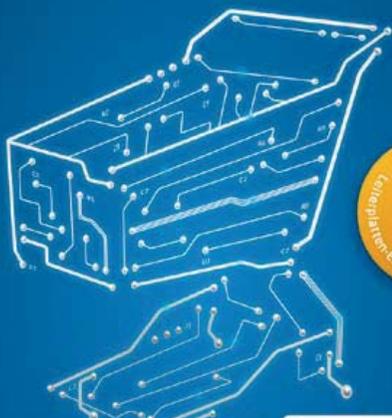
Die Messung setzt natürlich Sauerstoff im Abgas voraus, entsprechend gilt die Formel für den mageren Bereich mit Sauerstoffüberschuss bei der Verbrennung. Für den fetten Bereich und die Lamdbasonde LSU4.9 gelten andere Kalibrierdaten.

Für noch genauere Messwerte ist eine Kalibrierung mit Hilfe eines Kalibriergases (zum Beispiel von Linde) möglich.

(110728)

# EINKAUFSSPASS AUCH FÜR MÄNNER.

GROSSES PRODUKTSPEKTRUM ONLINE KALKULIERBAR.



**LEITON**  
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Einkaufen ist anstrengend? Dann kalkulieren Sie Ihre Leiterplatten gleich online bei LeitOn. **Vor allem auch für Schablonen und flexible Leiterplatten!** Das spart Ihnen Nerven, Geld und wertvolle Zeit! Und das bei dieser Online-Auswahl: 1- bis 12-lagige Multilayer mit vielen Sonderoptionen, flexible DK-Leiterplatten, SMD-Schablonen u.v.m. Der LeitOn **Leiterplatten-Expressdienst** garantiert: Platinen sind gratis bei überschrittenem Liefertermin! Neugierig? Unsere persönliche Telefonberatung und unser kompetenter Außendienst helfen Ihnen gerne weiter.

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

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



## Elektor Electronic Toolbox

Erhältlich im  
**App Store**

### Umfangreiche Elektroniker-App von Elektronikern für Elektroniker

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

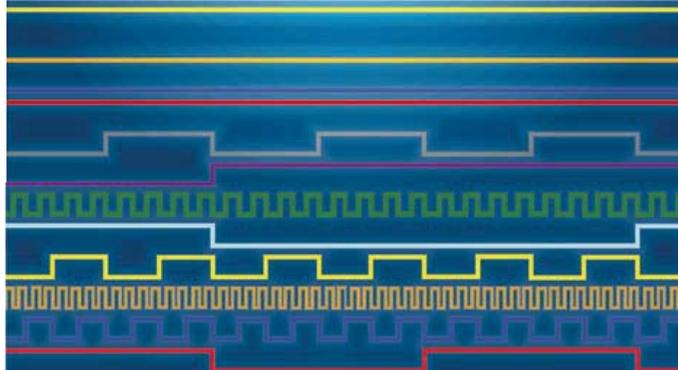
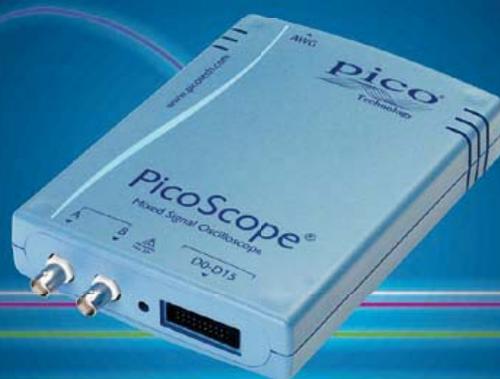
Sehr hilfreich im Entwickleralltag sind die Datenbanken für die Bauteilgruppen Bipolar-Transistoren, FETs, Triacs, Thyristoren, Dioden und ICs. Ein Bauteil kann anhand der Typenbezeichnung kinderleicht ausgewählt werden – eine Internetverbindung ist nicht notwendig. Insgesamt sind über 45.000 Bauteile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

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

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

# DAS NEUE PICOSCOPE 2205 MSO MIXED-SIGNAL-OSZILLOSKOP

LEISTUNGSFÄHIG, MOBIL, HIGH-END-AUSSTATTUNG UND EINFACH BEDIENBAR.



## Logisch denken...

Kanalanzahl	2 Analog, 16 Digital
Auflösung	8 bit
Bandbreite	Analog 25 MHz, Digital 100MHz
Maximale Eingangsfrequenz	
Abtastrate	200MS/s
Trigger-Modi	Keiner, automatisch, wiederholt, einzeln, schnell (segmentierter Speicher)
Preis	€422

**pico**  
Technology



[www.picoscopemso.com/126](http://www.picoscopemso.com/126)

# RFID-Reader-Hacks

## Lesen von ISO14443- und ISO15693-RFIDs

Von Martin Oßmann (D)

Der in Deutschland eingeführte neue Personalausweis ist mit einem RFID-TAG versehen. Damit soll er zum Beispiel auch zur Identifikation im Internet benutzt werden.

Um mit der neuen Technologie bekannt zu machen, hat das deutsche Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) viele Tausende Reader in Aktionen mit Computerzeitschriften quasi verschenkt. Der Artikel beschreibt den Hack dieses

Readers für den Bau eines MIFARE ISO1443-Readers. Wer keinen Aktions-Reader zum Hacken findet, der kann den Reader auf Basis des „Reverse Engineerings“ auch komplett selbst bauen.



Im neuen Personalausweis (nPa) kommen ISO14443-MIFARE/DES-fire-RFID-Chips von NXP zum Einsatz. Im Rahmen der BSI-Aktion wurde zum Beispiel die „Computer Bild“ im Dezember 2010 mit einem RFID-Lesegerät inklusive RFID-Karte als Zugabe ausgeliefert, und das zu einem Preis von 3,70 Euro. Billiger kann man wohl kaum an einen RFID-Leser kommen.

Bei dem Gratis-Leser handelte es sich um den *ReinerSCT cyberjack RFID basis* [1], dessen regulärer Verkaufspreis auf der Verpackung mit 34,90 € angegeben wurde. Angesichts von 1.237.000 [2] verteilten Basis-Kartenlesern ist noch lange mit einer Weiterverteilung via ebay zu rechnen (zu Preisen ab 2 €).

Dieser „BSI-Reader“ bildet den Ausgangspunkt für den Selbstbau eines MIFARE-ISO14443-Lesers. Dazu kann man entweder einen vorhandenen BSI-Reader modifizieren oder auf Basis der aus dem Reverse Engineering gewonnenen Kenntnisse den Reader komplett selbst bauen. Dabei kommen zwei verschiedene Reader-ICs zum Einsatz, mit Schaltungen für beide Versionen. Für RFIDs der ISO15693-Norm stellen wir dann noch einen Leser ohne Spezialbauteile vor.

### Hack 1: BSI-Reader mit PN512

Das Innere des Readers mit der sehr kompakten Platine ist auf dem Foto oben zu sehen. **Bild 1** zeigt das Blockschaltbild des RFID-Lesegeräts. Ein Cypress-USB-Controller (CY7C64316) übernimmt die Steuerung und Kommunikation mit der USB-Schnittstelle. Über den USB-Anschluss erfolgt auch die Stromversorgung, ein Spannungsregler (LP3982) stellt 3,3 Volt für den Controller und das Reader-IC bereit. Das eigentliche Reader-IC ist ein PN512 von NXP, der für RFIDs der ISO-14443-Norm geeignet ist. Der PN512 (Datenblatt unter [3]) kann aber auch als Sender und Empfänger für „Nearfield Communication“ (NFC) verwendet werden.

Der Reader erweist sich in zweierlei Hinsicht als nützlich. Zum einen erhält man ein Referenzdesign. Insbesondere die Ausführung der Anpassung des ICs an die Sendespule ist interessant. Der zugehörige Schaltplan ist in **Bild 2** dargestellt. Von NXP gibt es eine Application Note mit Excel-Sheet zur Dimensionierung [4]. Wie man nachlesen kann, ist das Design des vorliegenden Readers eng an diese Dimensionierungsempfehlung angelehnt. Hat man den beschriebenen RFID-Reader, kann man natürlich die vorhandene Elektronik benutzen, um einen eigenen Reader zu bauen. Im vorliegenden Fall wurde dazu der benutzte Prozessor ausgelötet und durch einen ATmega88 ersetzt, wie in **Bild 3** dargestellt. **Bild 4** zeigt den selbstgebauten Reader. Die Schaltung mit dem ATmega88 ist auf einer Lochrasterplatine aufgebaut und mit der BSI-Readerplatine mit dem PN512 verbunden. In **Bild 5** sieht man, wie das BSI-Readerboard durch dünne Kupferlackdrähte kontaktiert wird.

Wer keinen BSI-Reader hat oder nicht umbauen möchte, der kann den ISO-14443-Reader natürlich trotzdem bauen, indem er die Schaltpläne aus Bild 2 und Bild 3 zusammenfügt und die Schaltung mit 3,3 V versorgt. Das Reader-IC PN512 ist zwar bei verschiedenen Distributoren erhältlich, kann aber bedingt durch das pinlose QFN-Gehäuse nur reflowgelötet werden.

### Software

Aus den Unterlagen über MIFARE-Karten beziehungsweise den ISO-14443-Standard, kann man entnehmen, welche Befehle die Karte kann und wie diese zu übermitteln sind. Es wurde eine Software geschrieben, mit der sich einige der grundlegenden Funktionen testen lassen. In **Listing 1** sind die implementierten Befehle zusammen mit dem Resultat beim Auslesen der eindeutigen Identifikationsnummer UID zu sehen.

### Hack 2: BSI-Reader mit MRF523

Beim Öffnen eines zweiten Exemplars des BSI-Readers aus der Computerbild-Aktion stellte sich heraus, dass es den Reader offensichtlich auch mit dem MRF523 anstelle des PN512 gibt. Das IC [5] ist weitgehend pincompatibel, aber die Software muss ein wenig angepasst werden. Um leichter experimentieren zu können, wurde ein MRF523 auf eine Adapterplatine gelötet. Der damit aufgebaute Reader ist in Bild 6 zu sehen.

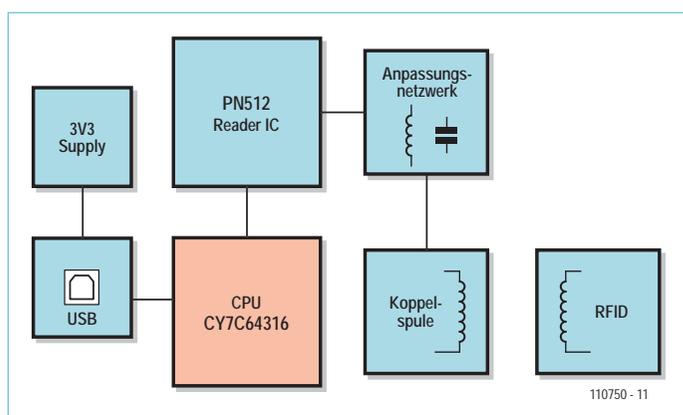


Bild 1. Blockschaltbild des BSI-Readers.

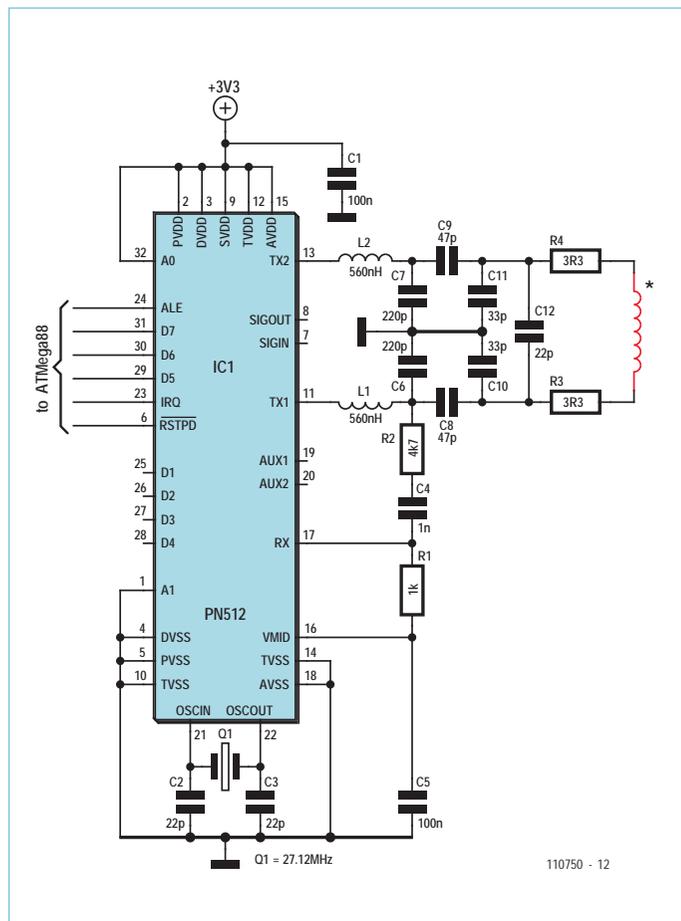


Bild 2. Beschaltung des PN512-Reader ICs

### Listing 1. Protokoll des Auslesens einer MIFARE-Karte

```

Enter command:
W test WRITE Mifare
r test REQA
u test Get UID
d test Get Version DesFire
e test DesFire2
f test DesFire3
m test MIFARE
Get UID
PN512reset Transmitter started.
REQUA: TX:[ 26 ] RX:[ 44 00 ]
COLLISION LEVEL 1 (NoCRC)TX:[ 93 20 ] RX:[ 88 04 D2 3A 64 ]
SELECT LEVEL 1 TX:[ 93 70 88 04 D2 3A 64 ] RX:[ 04 ] SAK=04
COLLISION LEVEL 2 (NoCRC)TX:[ 95 20 ] RX:[ 29 EE 02 80 45 ]
SELECT LEVEL 2 TX:[ 95 70 29 EE 02 80 45 ] RX:[ 00 ] SAK=00
UID complete after level 2
UID= 04 D2 3A 64 29 EE 02 80 45
Read Mifare Card Data
UID= 04 D2 3A 64 29 EE 02 80 45
SELECTED !
ReadData TX:[ 30 00 ] RX:[ 04 D2 3A 64 29 EE 02 80 45 48 00 00 00 00 00 00 ]
ReadData TX:[ 30 04 ] RX:[ FF FF FF FF 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ]
ReadData TX:[ 30 08 ] RX:[ 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ]
ReadData TX:[ 30 0C ] RX:[ AA 55 BB 66 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ]
    
```

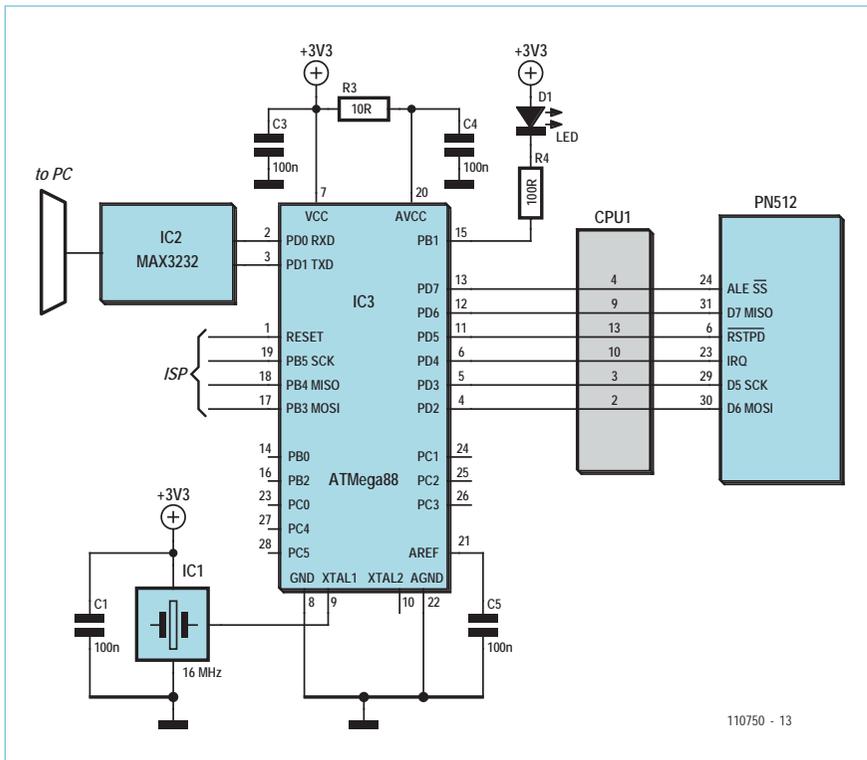


Bild 3. Die ATmega88-Schaltung für die PN512-Elektronik.

Insbesondere wurde versucht, die aufwendige Spulenanpassungsschaltung aus **Bild 2** zu vereinfachen. Dabei zeigte sich, dass auch ein einfacher LC-Kreis als Sendeschaltung ausreicht. Damit ergibt sich die wesentlich einfachere Schaltung eines vollständigen Readers in **Bild 7**.

Der MFRC523 verfügt (ebenso wie der PN512) über die Möglichkeit, Testsignale aus dem Chip über Testpins (MFIN, MFOUT, AUX1, AUX2) auszugeben, wobei auch interne Werte über 5-bit-DACs nach außen gegeben werden können. Damit kann man dann zum Beispiel die Stärke und Qualität des Empfangssignals beurteilen. In **Bild 8** ist ein entsprechendes Oszillogramm dargestellt. Die



Bild 4. Mustersaufbau mit ATmega88 und PN512-Readerplatine.

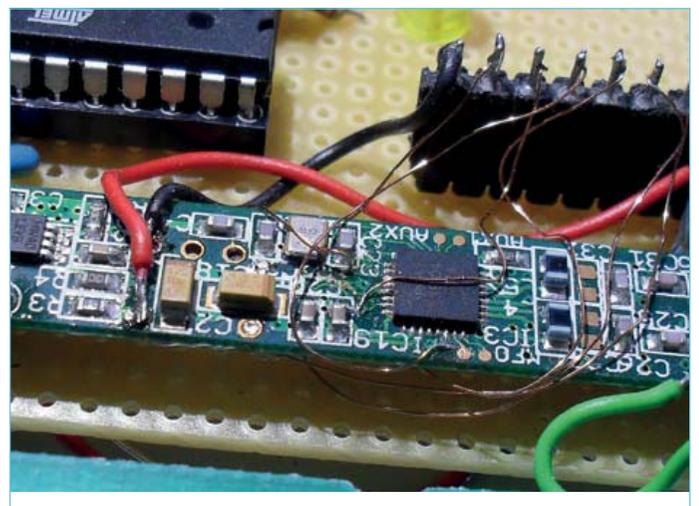


Bild 5. Die Verbindung mit der Readerplatine erfolgt mit feinem Kupferlackdraht.

untere Spur zeigt das analoge Demodulatorsignal, die obere Spur das digitale Empfangssignal. Durch die Analyse solcher Signale kann man dann die zahlreichen Parameter des Readers optimal abstimmen.

### Hack 3: ISO15693-RFIDs

Nach den Schaltungen für ISO14443-RFIDs stellen wir abschließend einen ISO 15693-RFID-Leser zum Selbstbau vor, der ohne Spezialbauteile auskommt. ISO 15693 ist der neben ISO 14443 am häufigsten verwendete Standard für 13,56-MHz-RFIDs. Abgesehen von der Verwendung der gleichen Frequenz handelt es sich aber um sehr unterschiedliche Systeme: ISO 14443 definiert eine kontaktlose Schnittstelle für Smartcards mit einer Reichweite von maximal 10 cm, während ISO 15693 eine kontaktlose Label-Schnittstelle mit einer Reichweite von maximal 1,5 m ist. Der Schaltplan des ISO 15693-Readers ist in **Bild 9** dargestellt. **Bild 10** zeigt den praktischen Aufbau des ersten Testexemplars.

In der Schaltung liefert ein Quarzoszillator mit 13,56-MHz-Quarz einerseits das Taktsignal für den ATmega88 und andererseits das Signal für die Sendespule L1. Über IC1b kann der Mikrocontroller das Sendesignal in der Amplitude ein- und ausschalten, um so Information vom Sender zum RFID zu übertragen. Das geschieht mit dem Serienresonanzkreis L1/C6.

Das RFID-Tag antwortet durch Lastmodulation mit einem 423,75-kHz-Hilfsträger. In **Bild 11** ist zu sehen, wie das Signal der Sendespule aussieht, wenn mit hoher Geschwindigkeit Daten ausge-

tauscht werden. In der Mitte ist der 13,56-MHz-Träger zu erkennen. Links und rechts im Abstand von jeweils 423,75 kHz sieht man die Seitenbänder, die durch die Lastmodulation entstehen.

Um dieses Signal zu demodulieren, wird das Spulensignal mit D1 und D2 gleichgerichtet. Der Schwingkreis C9/L2 ist auf 423,75 kHz abgestimmt und filtert das Empfangssignal. Dieses wird mit T1 verstärkt und mit L3/C11 nochmals gefiltert. Um die Nutzinformation abzutrennen, wird dieses 423,75-kHz-Signal mit D3 und D4 gleichgerichtet und mit C13, R6 und C14 als Tiefpass gefiltert. Dieses Signal gelangt dann an den ADC des Controllers.

Dort wird es mit einer Rate von  $13,56 \text{ MHz} / 256 = 52,986 \text{ kHz}$  abgetastet, so dass ein Bit jeweils acht Samples entspricht. Dazu wird der ADC mit einer Frequenz von  $13,56 \text{ MHz} / 16 = 847,5 \text{ kHz}$  getaktet. Das ist deutlich oberhalb der maximal zulässigen Frequenz, so dass wir weniger als 10 bit an Genauigkeit erhalten, was in unserem Fall jedoch nicht von Belang ist. Die Software ermittelt zuerst den Pegel des Signals, dann den optimalen Abtastzeitpunkt (Bitsynchronisation) und danach den Start des Empfangsrahmens (SOF Start Of Frame). Anschließend können die Nutzdaten eingelesen werden.

### Abgleich

Um eine gute Reichweite zu erzielen, ist es notwendig, das Empfangsteil abzugleichen. Dazu steckt man Jumper JP2 und schaltet den Reader ein. Dann wird das 13,56-MHz- Sendesignal per PWM mit 423,75 kHz moduliert, und die Modulation selbst wird durch

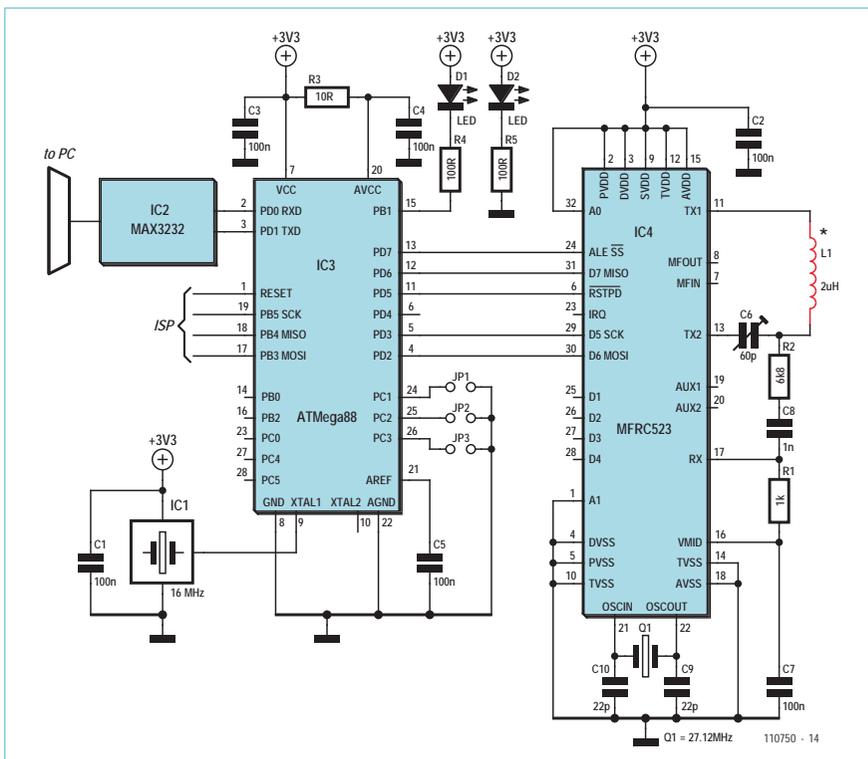


Bild 7. Schaltplan des MFRC523-Readers.

ein 3,31-kHz-Rechtecksignal eingeschaltet. Mit diesem Testsignal und einem Oszilloskop kann man den Abgleich bequem schrittweise durchführen.

Stellt man mit R1 das Sendesignal auf maximale Amplitude, so sollte an C9 das 423-kHz-Signal zu sehen sein, welches mit 3,31 kHz ein- und ausgeschaltet wird. Mit C9 sollte auf maximale Amplitude abgeglichen werden. Dazu ersetzt man C9 am besten durch einen 500-pF-Drehkondensator, stellt auf Maximum ein und misst danach den Kapazitätswert. Man kann natürlich auch einfach verschiedene Werte für C9 ausprobieren.

Ist der Schwingkreis C9/L2 abgeglichen, misst man mit dem Oszilloskop das Signal am Drainanschluss von T1. Nun gleicht man mit

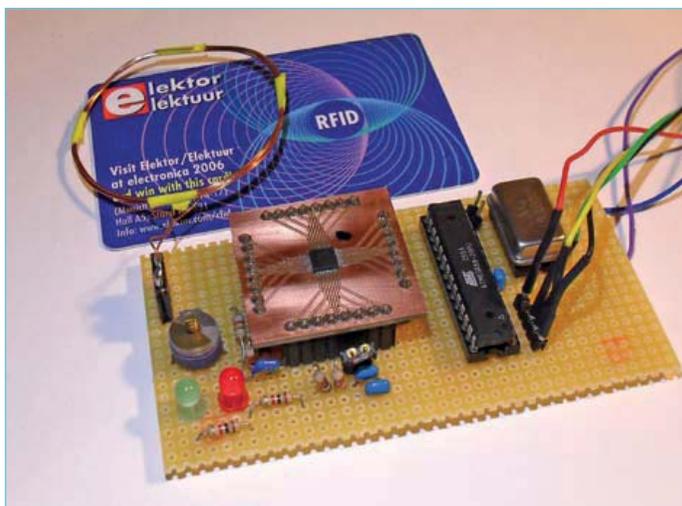


Bild 6. Selbstbau-Reader mit MFRC523 auf einer Adapterplatine.

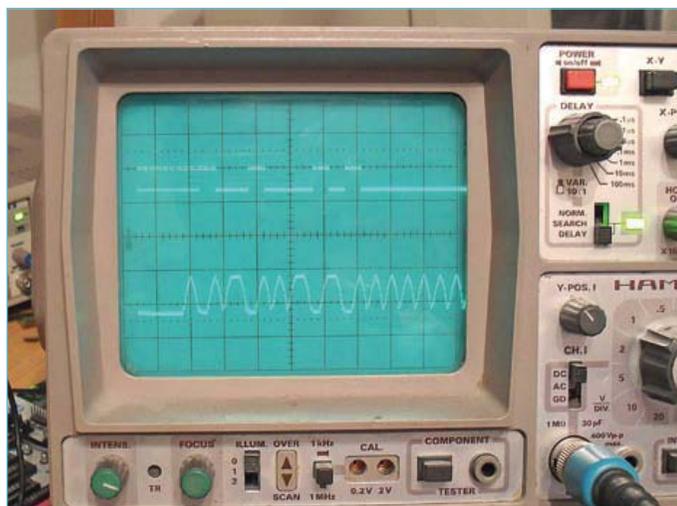


Bild 8. Am MFRC523 gemessene Testsignale: unten analoges Demodulatorsignal, oben digitale Empfangsdaten.

Bitte scannen  
für mehr Infos!



**BUCH-TIPP:**  
Das Elektor-Buch „RFID“ bietet einen praxisorientierten und umfassenden Einstieg in diese Technologie. Es beschreibt u. a. das vollständige Hardware- und Software-Design eines Readers.  
Mehr Infos unter:  
[www.elektor.de/rfid-buch](http://www.elektor.de/rfid-buch)

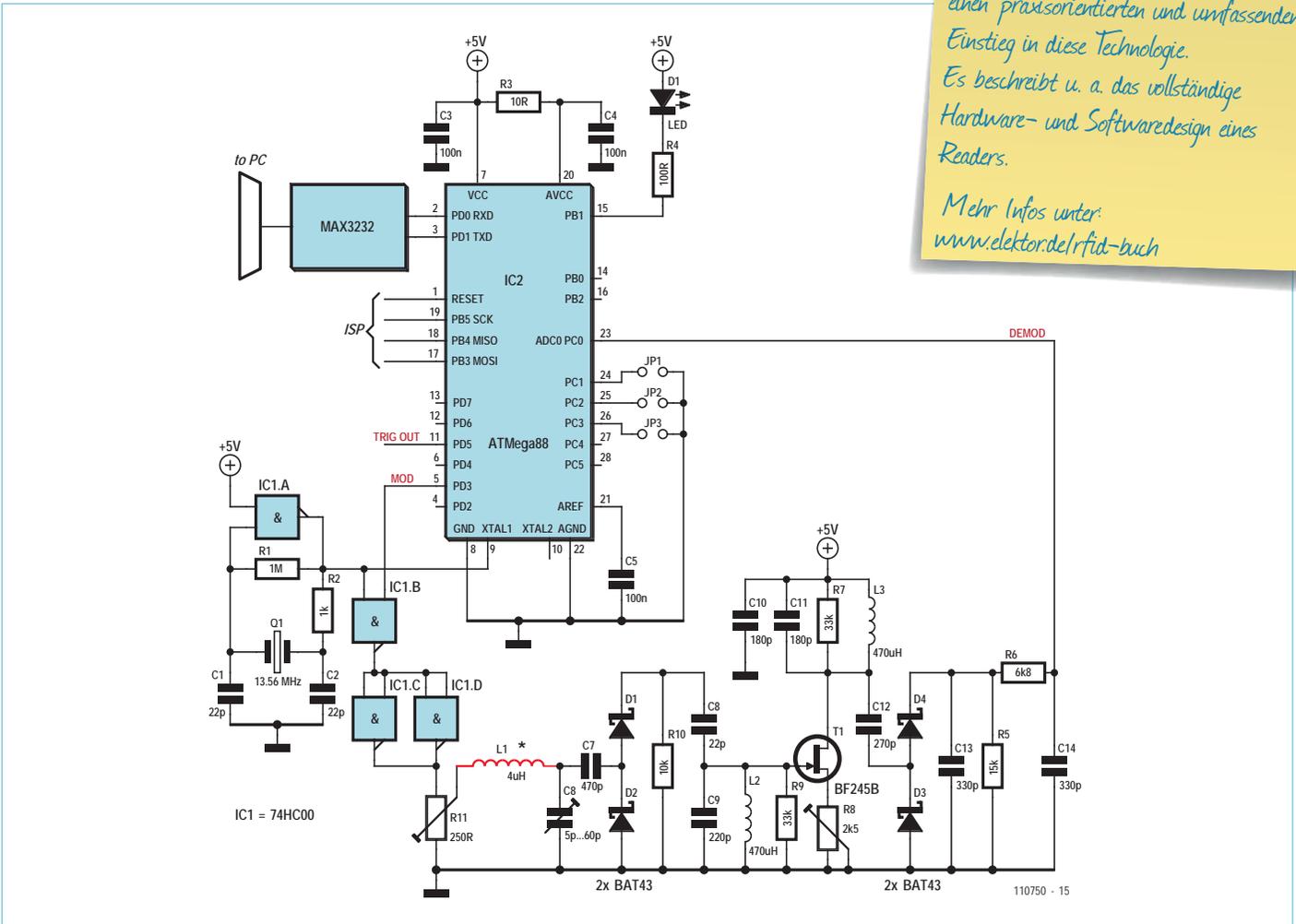


Bild 9. Schaltplan des ISO 15693-Readers.

C11 auf maximale Amplitude ab. An C14 (Punkt Demod.) kann man dann das demodulierte Signal sehen. Für den Abgleich sollte man die Amplitude mit R11 so weit reduzieren, dass keine Übersteu-

erung von T1 auftritt. In Bild 12 ist oben das Signal am Drainanschluss von T1 dargestellt und darunter das demodulierte Signal beim Lesen einer RFID-Karte. Das demodulierte Signal hat dann eine

**Listing 2. Auslesen eines Buch-RFIDs**

```
-->READsystemINFO
TX=[00 2B;96 90 ] RX=[00 0F 4E 82 61 45 00 01 04 E0 00 00 1B 03 01;13 10 ]
UID=E00401004561824E
DSFID=00
AFI=00
MEM_BLKs=1B BYTESinBLK=04
-->
DATA=
00 RX=[00 11 01 01 32;F8 41 ] DATA=11 01 01 32 2
01 RX=[00 31 20 54 57;A8 0E ] DATA=31 20 54 57 1 TW
02 RX=[00 51 20 31 34;3C DD ] DATA=51 20 31 34 Q 14
03 RX=[00 35 31 28 32;C2 CE ] DATA=35 31 28 32 51(2
04 RX=[00 29 00 00 18;8E 25 ] DATA=29 00 00 18 )
05 RX=[00 98 44 45 41;24 CA ] DATA=98 44 45 41 DEA
06 RX=[00 39 36 00 00;91 2A ] DATA=39 36 00 00 96
07 RX=[00 00 00 00 00;77 CF ] DATA=00 00 00 00
```

**Weblinks:**

- [1] [www.reiner-sct.com/npa/basis.html](http://www.reiner-sct.com/npa/basis.html)  
(Produktseite ReinerSCT cyberjack RFID basis)
- [2] [www.heise.de/ct/artikel/ePerso-Alltag-Vom-Foerdern-und-Fordern-Update-1147116.html](http://www.heise.de/ct/artikel/ePerso-Alltag-Vom-Foerdern-und-Fordern-Update-1147116.html)  
(Borchers, Detlef: ePerso-Alltag: Vom Fördern und Fordern)
- [3] [www.nxp.com/acrobat\\_download2/other/identification/124533.pdf](http://www.nxp.com/acrobat_download2/other/identification/124533.pdf) (Datenblatt PN512)
- [4] [www.nxp.com/documents/application\\_note/AN1445\\_An1444.zip](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN1445_An1444.zip)  
(AN1445 Antenna design guide for MFRC52x, PN51x, PN53x; AN1444 RF Design Guide plus Excel Calculation)
- [5] [www.nxp.com/documents/data\\_sheet/MFRC523.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/MFRC523.pdf)  
(Datenblatt MFRC523)
- [6] [www.waazaa.org/download/fcd-15693-3.pdf](http://www.waazaa.org/download/fcd-15693-3.pdf)  
(Identification cards Contactless integrated circuit(s) cards - Vicinity cards Part 3: Anti-collision and transmission protocol)
- [7] [www.waazaa.org/download/fcd-15693-2.pdf](http://www.waazaa.org/download/fcd-15693-2.pdf)  
(ISO/IEC FCD 15693-2 Identification cards - Contactless integrated circuit(s) cards - Vicinity cards -Part 2: Radio frequency power and signal interface)
- [8] [www.waazaa.org/download/fcd-14443-2.pdf](http://www.waazaa.org/download/fcd-14443-2.pdf)  
(ISO/IEC 14443-2 cards, Contactless integrated circuit(s) cards - frequency power and signal interface)
- [9] [www.waazaa.org/download/fcd-14443-3.pdf](http://www.waazaa.org/download/fcd-14443-3.pdf) (ISO/IEC 14443-3 Identification cards Contactless integrated circuit(s) cards Proximity cards Part 3: Initialization and anticollision)
- [10] [www.elektor.de/060221](http://www.elektor.de/060221)  
(Ossmann, Martin: Experimenteller RFID-Reader)
- [11] [www.elektor.de/060132-2](http://www.elektor.de/060132-2)  
(Schalk, Gerhard: Die ELEKTOR-RFID-Karte 13,56-MHz-Karte mit MIFAREUltralight-IC)
- [12] [www.elektor.de/060132-1](http://www.elektor.de/060132-1)  
(Schalk, Gerhard: ELEKTOR-RFID-Reader - PRAXIS RFID)
- [13] [www.elektor.de/110750](http://www.elektor.de/110750)  
(Webseite mit Downloads und Links zu diesem Artikel)

Amplitude von ca. 3 Volt. Abschließend justiert man C6 so, dass die maximale Reichweite erzielt wird.

Mit der Software kann man dann die verschiedenen Daten der ISO 15693-Karten auslesen. So haben zum Beispiel viele Bibliotheken (auch die der FH Aachen) ihre Bücher mit RFIDs ausgestattet. **Listing 2** zeigt die Analyse der Daten des Buches mit der Signatur 21 TWQ 1451(2). Wie man sieht, ist die Signatur im Datenbereich als Klartext gespeichert.

Mit den vorgestellten Schaltungen kann man nun jede Menge Experimente durchführen. Da die Software frei zum Download [13] bereitsteht, kann man diese auch für eigene Projekte nutzen und modifizieren.

(110750)

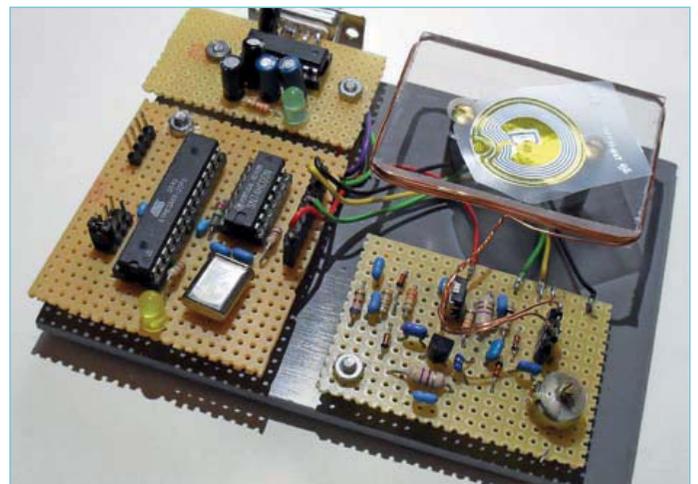


Bild 10. Musteraufbau des ISO 15693-Readers.

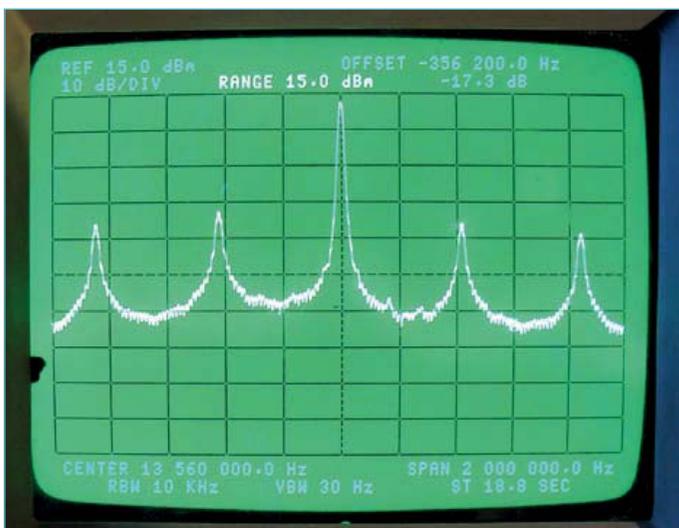


Bild 11. Spektrum beim Datenaustausch.

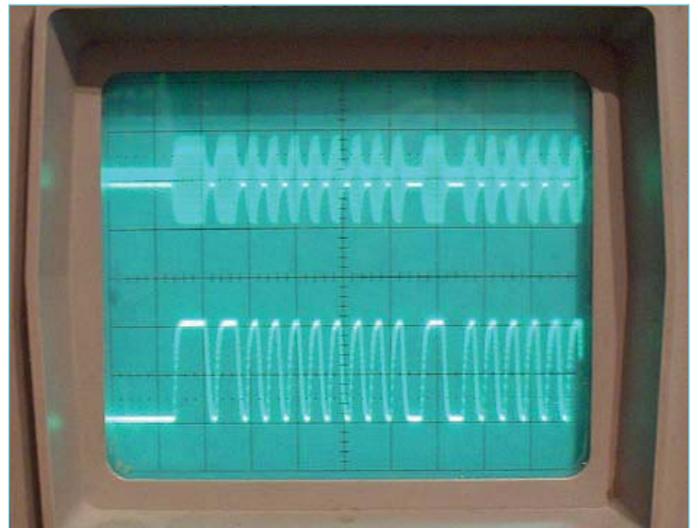


Bild 12. Empfangenes 432-kHz-Signal und demoduliertes Signal.

# Belastungsanzeige für Notstrom-Aggregate

## Für den Fall des Stromausfalls

Trotz hoch moderner Technik passiert es bisweilen doch, dass das öffentliche Stromnetz ausfällt. Notstrom-Aggregate helfen, den Engpass zu überbrücken, sie dürfen allerdings nicht überlastet werden. Mit dieser Lastanzeige sind Sie auch im Notfall auf der sicheren Seite.

Von Chuck Hansen (USA)

Ein winterlicher Schneesturm war es, der hier im Nordwesten der USA einen totalen Stromausfall verursachte. Durch das Ereignis klug geworden beschloss ich, wie schon lange geplant, ein Notstrom-Aggregat anzuschaffen. Das Aggregat, Leistung 2,5 kVA im Dauerbetrieb und 2,8 kVA im Spitzenbetrieb, versorgt lebenswichtige Verbraucher, dazu gehören Notbeleuchtung, Heizungsanlage, Tiefkühlschrank, Radio und nicht zuletzt das Ladeteil des Mobiltelefons.

Für diese Verbraucher wurde ein mit 60 A gesicherter Umschalt-Unterverteiler installiert, der wahlweise den Betrieb am öffentlichen Netz oder am Notstrom-Aggregat erlaubt. In die Schalttafel dieses Unterverteilers sind acht Sicherungsautomaten sowie zwei Wattmeter (0-2500 W) eingebaut. Der zusätzliche Verteiler befindet sich im Keller in der Nähe des Hauptverteilers. Da Kontrollgänge in den Keller lästig sind, entwickelte ich ein Messsystem, das die Belastung des Notstrom-Aggregats im darüber liegenden Wohnbereich anzeigt.

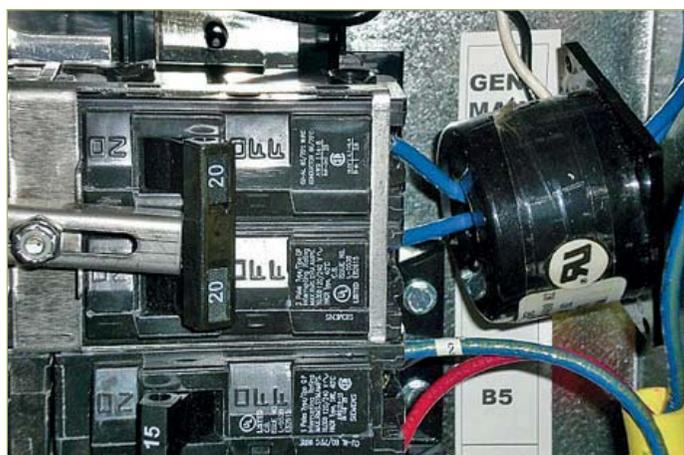


Bild 1. Stromtrafo in der Notstrom-Verteilung.



### Konzept

Der Unterverteiler lässt sich für das Zweiphasen-System verschalten, das in den USA verbreitet ist (120-0-120 V), er kann aber auch an das einphasige Notstrom-Aggregat angepasst werden. Dazu müssen nur die beiden Verteilerschienen parallel geschaltet werden. Solange die Verbraucher Strom aus dem öffentlichen Netz beziehen, sind die Wattmeter außer Betrieb.

In meinem Notstrom-Aggregat ist einem Gleichspannungsgenerator ein einphasiger Sinus-Wechselrichter nachgeschaltet, der die konstante Wechselspannung (120 V/60 Hz) für die zu versorgenden Geräte liefert. Bei geringer Belastung reduziert das Aggregat in der Betriebsart „Economy“ die Motordrehzahl, um effizient zu arbeiten.

Über Ebay habe ich einen Stromtransformator 150:1 erstanden, der die obligatorischen Prüfzeichen (UL/CE) besitzt, was in dieser Anwendung zwingend erforderlich ist. Die beiden Zuleitungen zu den acht im Verteiler eingebauten Sicherungsautomaten wurden gemeinsam durch den Stromtrafo geführt (die beiden blauen Drähte in **Bild 1**) und stellen die aus einer Windung bestehende Primärwicklung des Trafos dar. Auf der Sekundärseite fließt ein Strom, der entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Trafos kleiner ist als der Primärstrom. Bei dem verwendeten Stromübertrager hat die Sekundärwicklung 150 Windungen, so dass der Strom durch diese Spule um den Faktor 150 kleiner ist als der durch die Primärseite (= Zuleitung zu den Verbrauchern). Die Übertragungsleistung meines Stromtrafos beträgt 5 VA, so dass die Spannung der Sekundärseite an 200 Ω rechnerisch bis zu  $31,6 V_{\text{eff}}$  betragen kann. Das entspricht einem maximalen Strom von 23,7 A auf der Primärseite, der gemessen werden kann, ohne dass der Stromtransformator in die Sättigung kommt. Zum Fernmessen der momentanen Leistung reicht dies vollkommen aus.

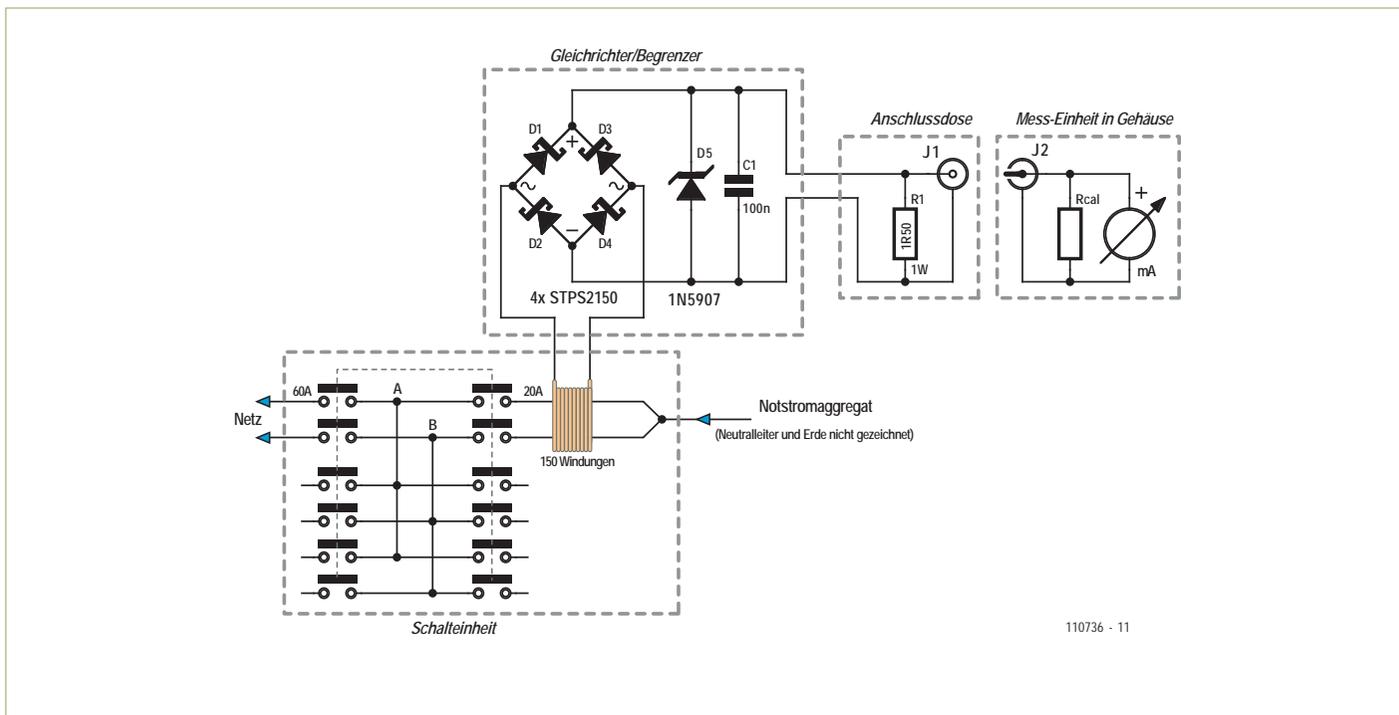


Bild 2. Schaltung der Verteilung und des Messsystems.

www.  
elektor.  
de

# Event-Kalender

Workshops • Seminare • Webinare • Weiterbildungen

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



## Digitale Signalprozessoren

Dortmund 01.02. + 02.02.2012  
Seligenstadt 08.02. + 09.02.2012

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

## CAN und AVR

Stuttgart 01.03.2012  
München 20.03.2012  
Seligenstadt 26.04.2012  
Zürich (CH) 07.06.2012

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

## LabVIEW meets µC

München 21.03. + 22.03.2012

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

## Gratis-Webinare

Here comes the ElektorBus! 19.01.2012  
Improved Radiation Meter 16.02.2012

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

Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

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

**Schrittmotor-steuerkarte**  
SMC-TR-1000 **Neuheit**

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

Steuerung von 3 Achsen nur € 89,-\*  
- Phasenströme einstellbar  
- Eingänge für Takt- u. Richtungssignale  
- Mikroschrittbetrieb (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16)  
- Auch von SPS oder Taktgenerator ansteuerbar  
- Inklusive Treibersoftware für Windows  
- Automatische Ruhestromreduzierung  
- Temperaturüberwachung  
- 3 Eingänge für Referenzschalter  
- 1 Eingang für Not-Aus-Schalter  
- Nur 1 Spannungsvers. (24VDC) notwendig  
- Hohe Geschwindigkeit durch optimierte Stromregelung  
- Kompakte Bauweise  
- Auf Sonderwünsche kann eingegangen werden

Besuchen Sie unsere Homepage

Zur Drehscheibe 4 GmbH  
92637 Weiden  
Tel. (0961) 32040, Fax (0961) 31494  
[www.emisgmbh.de](http://www.emisgmbh.de) \* + MWST

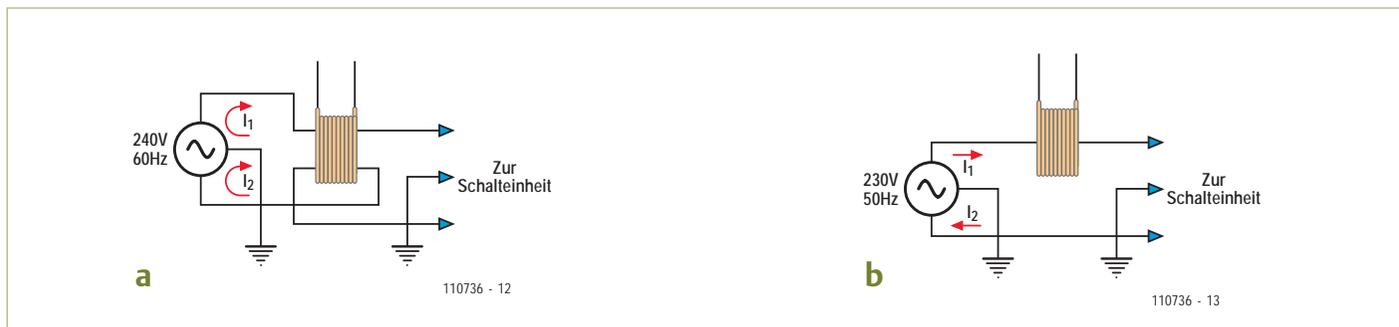


Bild 3a und 3b. Anpassung an andere Netzsysteme.

### Messschaltung

Die Fernmessschaltung für den Notstrom ist in **Bild 2** dargestellt. Wegen der Übersichtlichkeit sind dort die zwingend notwendigen Null- und Schutzleiter nicht gezeichnet, sie müssen an die Null- und Schutzleiter-Sammelschiene der Notstrom-Verteilung gelegt werden. Der Stromtrafo befindet sich auf der Seite, an der das Notstrom-Aggregat angeschlossen ist. Von der Sekundärwicklung des Stromtrafos führt eine verdrehte Leitung zu einem isolierenden Gehäuse, in dem sich die vier Schottky-Dioden D1...D4 (STPS2150) sowie die Schutzdiode D5 (1N5907) befinden. Während D1...D4 den sekundären Strom gleichrichten, schützt D5 vor dem Hochlaufen der Spannung, falls die Leitung zum Messinstrument versehentlich unterbrochen ist.

Der Stromtrafo hat die Eigenschaften einer Stromquelle, er ist kurzschlussfest, darf jedoch nicht im Leerlauf betrieben werden. Ohne Belastung und ohne Schutzdiode kann die Sekundärspannung lebensgefährliche Werte annehmen. Der 100-nF-Kondensator C1 dämpft Spannungsspitzen, die auf der Sekundärseite des Stromtrafos auch im Normalbetrieb auftreten können.

An dem 1,5-Ω-Lastwiderstand (R1) fällt das Signal ab, von dem das Messinstrument gesteuert wird. Dieser Widerstand befindet sich zusammen mit einer BNC-Buchse in einer Wandanschlussdose. Da die Buchse Niederspannung führt, müssen keine Vorkehrungen zur Isolation und zum Berührungsschutz getroffen werden. Für den Anschluss habe ich die BNC-Steckverbindung gewählt, weil dieser Typ im Wohnbereich normalerweise nicht vorkommt. So kann es keine Verwechslungen geben, was bei anderen Steckverbindungen (Cinch, F-Video, Telefon-RJ44, Ethernet etc.) der Fall sein könnte.

### Anzeige-Box

Als Fernanzeige im Wohnbereich verwende ich ein Drehspul-Einbau-Messinstrument (0...100 mA), das die Belastung des Notstrom-Aggregats in Prozent (0...100 %) anzeigt. Das Drehspulinstrument habe ich, wie das Bild am Artikelanfang zeigt, in einem lackierten Metallgehäuse untergebracht. Der Widerstand  $R_{cal}$ , der zum Kalibrieren dient, ist unmittelbar mit den Anschlüssen des Messinstruments verbunden. Auf der Gehäuserückseite befindet sich eine BNC-Buchse, von hier führt ein Koaxkabel zur Wandanschlussdose. Da sich der Stromtrafo wie eine Stromquelle verhält, verursachen die Spannungsverluste an den Gleichrichter-Dioden und am Kabel keine Messfehler.

Mit Widerstand  $R_{cal}$  lässt sich das Messinstrument so kalibrieren, dass der Vollausschlag von 100 mA der maximalen Belastung von

2,5 kVA entspricht. Die Kalibrierung führte ich mit einem digitalen Energieverbrauchsmesser durch, als Belastung hatte ich zwei parallel geschaltete Toaster angeschlossen. Widerstand  $R_{cal}$  erhielt den Wert 63,4 Ω, auch wenn die Toleranz mit diesem Wert nur ungefähr 2 % beträgt. Die Skala des Messinstruments farbte ich oberhalb der 100%-Marke mit einem Faserschreiber rot ein, was signalisieren soll, dass die Dauerlastgrenze des Notstrom-Aggregats überschritten wird.

Bei einem Notstromverbrauch von 2,8 kVA beträgt die Spannung am 1,5-Ω-Widerstand in der Wandanschlussdose annähernd 233 mV. Der Spannungsabfall an einer Gleichrichter-Diode liegt maximal bei 300 mV (600 mV für eine Halbwelle), und der Spannungsabfall an dem 24 m langen Verbindungskabel (1,3 mm<sup>2</sup>) ist nicht höher als 50 mV. Daraus folgt, dass die Sekundärspannung des Stromtrafos bei 2,8 kVA Belastung nur 883 mV und die Sekundärleistung nur 137 mVA betragen. Diese Werte liegen weit unter der 5-VA-Grenze des Stromtrafos. Weil der Lastwiderstand R1 in der Wandanschlussdose montiert ist, kann die Anzeige-Box jederzeit ohne Rückwirkungen auf den Stromtrafo von der Dose getrennt werden.

### 230-V- und 240-V-Stromnetze

Für die Anpassung der Lastanzeige an andere Netzsysteme zeigen **Bild 3a** und **3b** Konfigurationen für das nordamerikanische 240-V-Netz und das europäische 230-V-Netz. Die Schaltung auf der Sekundärseite des Stromtrafos ist identisch (siehe Bild 2), nur die Werte der Widerstände  $R1$  und  $R_{cal}$  müssen an die unterschiedlichen Netzspannungen angepasst werden.

Da die Leiter im nordamerikanischen Wechselspannungsnetz auf 120 V und 240 V liegen, sind weder die Ströme  $I_1$  und  $I_2$  in Bild 3a gleich, noch haben sie gleiche Phase. Deshalb muss die Leitung einer Phase in entgegengesetzter Richtung durch den Stromtrafo geführt werden. Nur in dieser Konfiguration addieren sich die phasenverschobenen Ströme.

Im europäischen 230-V-Wechselspannungsnetz sind wegen des symmetrischen Nullleiters die Ströme  $I_1$  und  $I_2$  stets gleich groß und gegenphasig. Der Stromtrafo kann entweder wie beim nordamerikanischen 240-V-Netz geschaltet werden (Bild 3a), oder nur einer der beiden Leiter wird durch den Stromtrafo geführt (Bild 3b). In diesem Fall beträgt der Sekundärstrom des Stromtrafos verglichen mit Bild 3a nur die Hälfte, so dass der Wert von  $R1$  für vollen Skalenausschlag verdoppelt werden muss.

(110736)gd

# Fast null Ohm

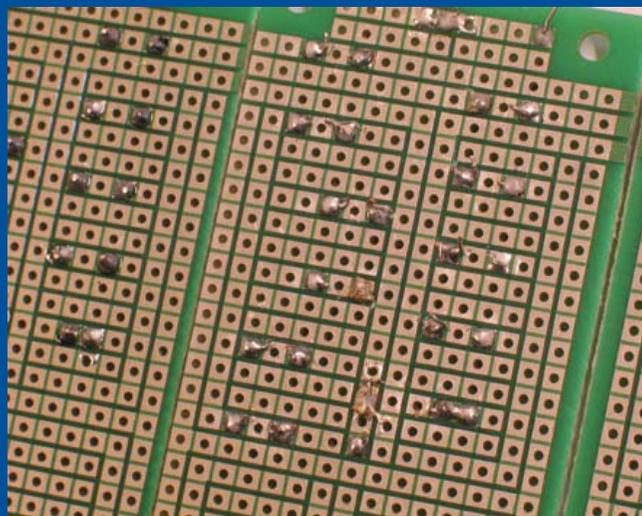
Von Thijs Beckers (Redaktion UK/US, Elektor-Labor)

Irgendwann waren wir auf die Idee gekommen, in unser Event „ElektorLive!“ vom 26. November 2011 einen Wettbewerb einzubauen, bei dem es um die Geschicklichkeit im Lötten ging. Mein Kollege Jan Visser war beauftragt, diesen Wettbewerb zu gestalten. Er schlug vor, dass die Teilnehmer 13 Null-Ohm-Widerstände auf eine Experimentierplatine löten sollten. Das war eine Platine, die wir seinerzeit für unsere Newcomer-Zeitschrift „Elex“ entwickelt hatten [1]. Das Hauptkriterium für die Qualität des Lötens war der Gesamtwiderstand der Widerstände, er wurde nach dem Prinzip der Vierleitermessung [2] bestimmt. Daneben sollte der visuelle Eindruck der Lötstellen sowie die korrekte Positionierung bewertet werden.

Eine Woche vor dem Event bat Kollege Jan Visser mich und weitere Kollegen, an einer Art Generalprobe teilzunehmen. Ohne mir Gedanken zu machen, brachte ich die Widerstände auf der Platine wie im Bild gezeigt in Position, die Platinenrückseite hatte ich nicht genau betrachtet. Erst später erfuhr ich, dass die Experimentierplatine von einem Stapel stammte, der wegen eines Fehlers aussortiert worden war. Das hatte ich nicht geahnt, mir war nur aufgefallen, dass der Aufdruck auf der Bestückungsseite fehlte, der sonst die Lötunkte und die Leiterbahnen markiert. Die Platine sah aus wie eine normale gebohrte Lötunkte-raster-Platine (siehe Bild 1), ohne leitende Verbindungen zwischen den Lötunkten. Deshalb stellte ich Verbindungen auf der Bestückungsseite zwischen den Widerständen her, danach löttete ich die Widerstände an die Lötunkte.

Kollege Jan Visser kam und begutachtete mein Werk. Als er die Platine sah, legte er die Stirn in Falten, während die umstehenden Kollegen schmunzelten. Ich hatte auf der Platinenrückseite die Brücken zwischen den Lötunkten übersehen, im Bild sind sie nur bei genauer Betrachtung als leicht grünliche Schatten wahrnehmbar. Aha, dachte ich, es war also nicht nötig gewesen, die Anschlüsse der Widerstände miteinander zu verbinden, wie ich es getan hatte. Doch andererseits konnte es nicht schaden. Nachdem sich das Kopfschütteln gelegt hatte, wurde der Gesamtwert der 13 Widerstände gemessen. Die nächste Überraschung ließ nicht lange auf sich warten: Verglichen mit den Mitstreitern hatte meine Reihenschaltung den niedrigsten Widerstand. Während die Werke der Kollegen im Bereich 36...40 mΩ lagen, hatte ich mit 32 mΩ die Nase vorn. Ich war Gewinner der Generalprobe. Waren meine Lötkünste den Kollegen wirklich überlegen? Nach einer weiteren genauen Sichtprüfung und Ausschließen eines Messfehlers wurden die Doppelverbindungen der Anschlüsse getrennt (siehe Foto der Platinenunterseite), die Messung wurde wiederholt. Nun betrug der Gesamtwiderstand 39 mΩ, ziemlich der gleiche Wert wie bei meinen Kollegen. Die Erklärung war, dass das Parallelschalten einer Leiterbahn mit Anschlüssen der Bauelemente einen messbaren Unterschied ausmacht. Nachdem wir diese „Erkenntnis“ gewonnen hatten, bezog sie Kollege Jan Visser für den geplanten Event in die Bewertung ein.

Wir wollten auch herausfinden, ob das Überhitzen von Lötstellen bis etwa 450 °C auf die Widerstandswerte Einfluss hat (gelb-



1



2



3

liche Lötunkte in Bild 1), doch wir konnten keine messbaren Unterschiede feststellen.

Nach üblicher Messmethode haben wir am einzelnen 0-Ω-Widerstand 4,8 mΩ gemessen, so dass die Reihenschaltung von 13 Exemplaren  $13 \cdot 4,8 \text{ m}\Omega = 62,4 \text{ m}\Omega$  ergeben müsste. Für die Differenz sind die Messschnüre verantwortlich (siehe Bild 2 und 3), ihr Widerstand betrug 1,66 mΩ. Im Widerstandsbereich nahe null Ohm können schon kurze Leitungen erhebliche Unterschiede ausmachen!

Unsere Generalprobe war erfolgreich, und Kollege Jan Visser war für das Event gerüstet. An dieser Stelle gratulieren wir noch einmal Marcel van Gaalen, dem Gewinner des Löt Wettbewerbs. Herzlichen Glückwunsch!

(120042)gd

## Weblinks

[1] [www.elektor.de/110446](http://www.elektor.de/110446)

[2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Vierleitermessung>



**JUNG**



**ZUSAM**



**Die vielen**

**eie**

Fotos aufgenommen bei  
ElektorLive! 2011  
(Niederlande)

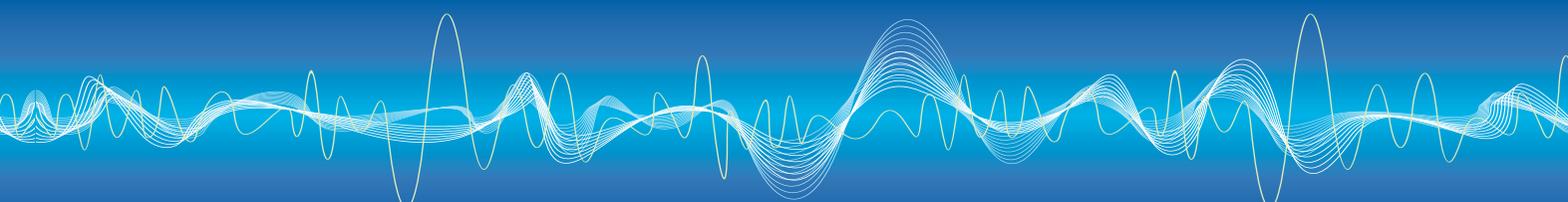
**INFORMATIV**



**PROFESSIONELL**

**BE**



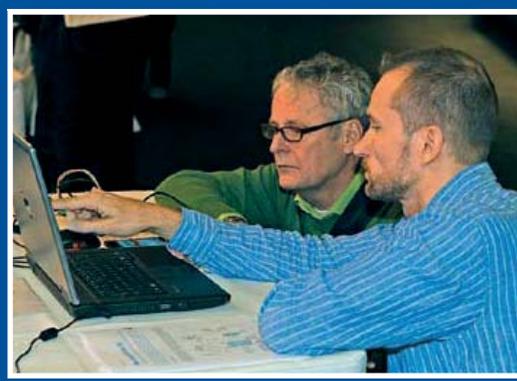


**MMEN**

**MUSIKALISCH**

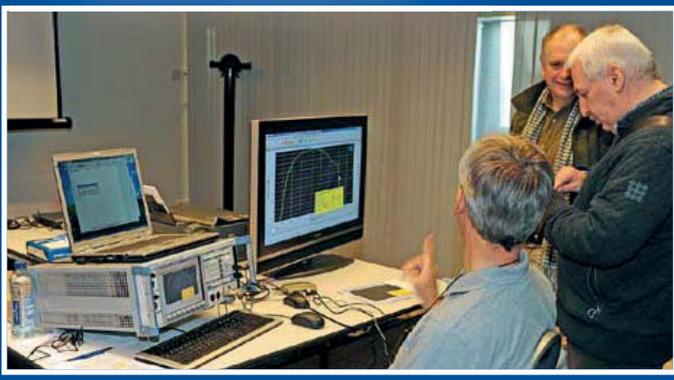
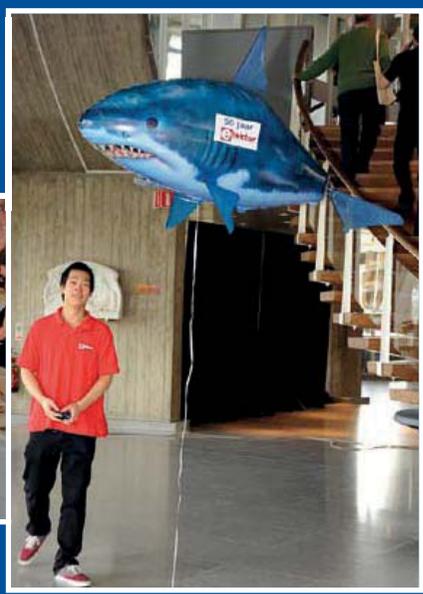
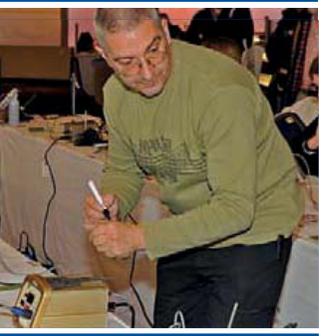
**Gesichter von**  
**ktor**

**INTERESSIERT**



**GEISTERT**

**TECHNISCH**



# Die Max32-Hausaufgabe

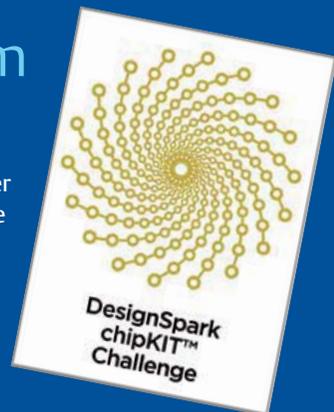
## Richtige Lösung für ein fast richtiges Problem

Von Clemens Valens (Elektor Redaktion Frankreich)

Ende November gab es anlässlich der Veranstaltung ElektorLive! 2011 in Eindhoven (NL) zwei Sessions eines Einsteiger-Workshops zu den Themen DesignSpark PCB, PIC32-Controller und chipKIT-Board Max32. Das Ganze fand natürlich im Kontext des DesignSpark-chipKIT-Wettbewerbs statt, der von Elektor, Circuit Cellar und RS Components organisiert wird. Ian Bromley von RS Components präsentierte DesignSpark PCB, Jeroen Hobbelmans von Microchip referierte über die PIC32-Serie und ich selbst stellte das chipKIT-Board Max32 vor, das die Teilnehmer des Wettbewerbs einsetzen. Eines der Ziele war, dass potentielle Teilnehmer möglichst schnell mit dem Board arbeiten können. Während der ersten Session ergaben sich Probleme, da die FTDI-Treiber zur Kommunikation mit dem Board über eine serielle Schnittstelle fehlten. Die meisten Teilnehmer lösten das Problem sehr zügig, aber einige schienen doch ernsthaft Schwierigkeiten zu haben und brauchten etwas mehr Unterstüt-

Nun zum zweiten Teil, dem Bugfix: er wurde als Hausaufgabe konzipiert. Die Teilnehmer verließen den Raum und damit war dieser Workshop für mich beendet.

Umso überraschter war ich, als ich an dem auf ElektorLive! folgenden Montagmorgen meinen PC einschaltete. Es wartete schon ein E-Mail von Martin Koster (einer der Teilnehmer des Workshops) auf mich. Er schickte mir die komplette Lösung und mehr. Martin ist ein sehr gründlicher Ingenieur und daher überprüfte er zuallererst, ob der originale Sketch überhaupt das tut, was er soll – ob also eine LED an Pin 9 funktioniert. Dann erweiterte er das Bei-



zung. Während wir Letzteren über die ersten Hürden halfen, spielten Ersterer herum oder warteten schlicht, was natürlich nicht ganz optimal war. Von daher bauten wir in die zweite Session eine extra Übung für die ein, bei denen es keine Probleme gab.

Ziel der Übung war es herauszufinden, warum das Dimmer-Beispiel mit einer an das Max32-Board angeschlossenen LED (File -> Examples -> 4.Communication -> Dimmer) nicht funktioniert. Anschließend sollte der Code gefixt werden.

Der Fehler im Dimmer-Beispiel bestand lediglich darin, dass die LED nicht mit dem richtigen Pin verbunden war. Einfach, nicht wahr? Tatsächlich erwartet der Code die an Pin 13 angeschlossene LED an Pin 9. Doch wenn man einfach die Pin-Nummer in der Software ändert, geht es noch immer nicht. Der Grund hierfür ist, dass die LED-Helligkeit per „analogWrite“ eingestellt wird und diese Funktion via PWM einen pseudoanalogen Ausgang emuliert. Selbstverständlich verfügt ein PIC32 über hardwaregestützte PWM-Funktionen, doch genau diese Ausgänge sind nicht auf Pin 13 des Max32 gelegt, sodass „analogWrite“ an Pin 13 nicht funktionieren kann!

spiel für den Betrieb einer RGB-LED. Und abschließend implementierte er eine Software-PWM-Funktion, die „analogWrite“ an den Pins emuliert, die über keine Hardware-PWM verfügen. Mit dieser Funktion kann dann die Helligkeit der On-Board-LED gesteuert werden. Problem erschlagen. Diese Art der Problemlösung ist vielleicht nicht ganz naheliegend, aber das Prinzip ist klar. Eigentlich hätte Martin nun ein „summa cum laude“ für seine Lösung verdient, wenn er denn das richtige Beispiel zugrunde gelegt hätte. Stattdessen basiert seine Lösung auf dem Beispiel „Fading“ (File -> Examples -> Analog -> Fading), welches zwar recht ähnlich ist, aber keine serielle Kommunikation zur Helligkeitssteuerung enthält. Aber da er der Einzige war, der eine funktionierende Lösung erstellt und mich darüber informiert hat, gebührt ihm alle Ehre ungeteilt. Also Martin, die 1 mit Sternchen hast Du Dir verdient! Den Code von Martin samt zugehörigen Videos kann man sich unter [www.elektor.de/110715](http://www.elektor.de/110715) herunterladen.

PS. Am 27. März 2012 um 17:00 Uhr MEZ ist Einsendeschluss für Ihren Beitrag zum DesignSpark-chipKIT-Wettbewerb ([chipkitchallenge.com](http://chipkitchallenge.com)), bei dem man immerhin \$ 5.000 in bar gewinnen kann!

(110715)

# MIAC – ein PIC für alle Fälle

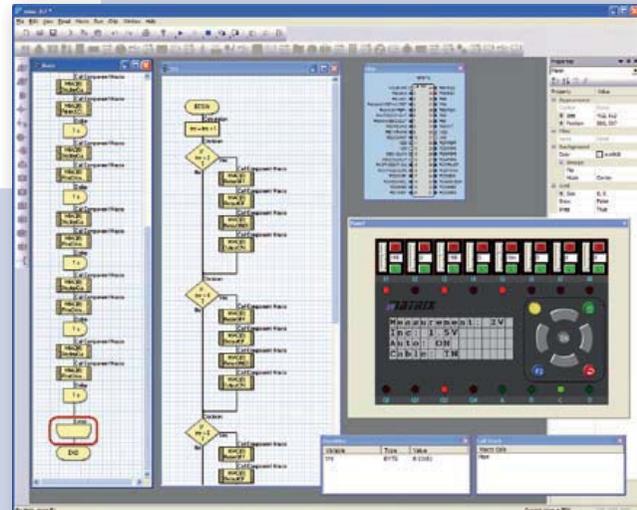


## Ausstattung/Anschlüsse

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Hutschienenmontage              | 10. USB-Transfer-LED                   |
| 2. LCD (4x16 Zeichen)              | 11. Tastenbedienfeld                   |
| 3. Power-LED                       | 12. M3-Montagelöcher                   |
| 4. Status-LEDs für Eingänge        | 13. Status-LEDs für Motoren            |
| 5. Stromversorgungsbuchse (2,1 mm) | 14. Schraubklemmen für Motoren         |
| 6. Schraubklemmen für Eingänge     | 15. Hutschienen-Arretierung unten      |
| 7. Hutschienen-Arretierung oben    | 16. Schraubklemmen für Relais-Ausgänge |
| 8. Reset-/Start-Taste              | 17. Status-LEDs für Relais-Ausgänge    |
| 9. USB-Buchse                      |  |

## Was ist ein MIAC?

MIAC ist eine Steuerung in Industriqualität, die sich für eine breite Palette elektronischer Systeme eignet. Neben dem großen Einsatzgebiet bei industriellen Steuerungen und in der Automation eignet sich MIAC auch perfekt für die private Nutzung als Steuerung in PIC-Mikrocontroller-Projekten, die etwas Pepp vertragen könnten.



**Flowcode** – die grafische Programmiersprache (gehört zum Lieferumfang von MIAC)



MIAC ermöglicht mit dem optional erhältlichen FlowKit-Modul (Art.-Nr. HP299) volles In-Circuit-Debugging in Flowcode

## Vorteile

- Flexibel und erweiterbar
- Mit Flowcode, C oder Assembler leicht programmierbar
- Mechanisch und elektrisch sehr robust

## Features

- Programmierbar via USB
- Basierend auf PIC18F4455
- Programmiersoftware Flowcode (im Wert von 180 €) im Lieferumfang inbegriffen
- Kompatibel mit C-Compilern von Drittherstellern
- 8 digitale oder analoge Eingänge
- 4 Relais-Ausgänge mit je 10 A Belastbarkeit
- 4 gesteuerte Motor-Ausgänge (500 mA)
- LCD mit 4 Zeilen à 16 Zeichen
- 9 Steuertasten im Bedienfeld

Realisieren Sie jetzt Ihr PIC-Projekt mit dem vorteilhaften MIAC-Bundle – bestehend aus einem MIAC-Modul sowie der prämierten Programmiersoftware „Flowcode 3 für PIC“ (Professional-Version)!



**Bundle-Preis:**  
Nur 196,50 Euro

Jetzt bestellen unter  
[www.elektor.de/miac-bundle](http://www.elektor.de/miac-bundle)



# Benchmark für Mikrocontroller-Entwicklungs-Kits

## Benutzbarkeit in Zahlen ausgedrückt

Man würde sehr viele Finger benötigen, um alle angesagten Mikrocontroller (MCU) zu zählen, und manche davon sind beliebter als andere. Alle jemals produzierten Mikrocontroller zu erfassen, dürfte fast unmöglich sein. Die heftige Konkurrenz in diesem Markt motiviert die Hersteller, alle denkbaren Arten von Entwicklungs- und Evaluations-Tools zur Verfügung zu stellen, um die eigenen Produkte attraktiv zu machen.

Von Clemens Valens (Elektor Redaktion Frankreich)

Es sind nicht allein die Controller-Schmieden, die spezielle Boards und Kits entwickeln. Auch Distributoren, Compiler-Hersteller und unabhängige Dienstleister sowie einzelne Entwickler mischen hier mit. Sogar Elektor hat schon Entwicklungs-Kits entwickelt. Resultat ist ein immenses Angebot an Tools, unter denen sich der Anwender die für seine Bedürfnisse passenden aussuchen muss - was mittlerweile eine ganz schön schwierige Aufgabe ist.

An diesem Punkt kommt Elektor ins Spiel, indem wir uns bemühen, dem Anwender mit Besprechungen diverser Entwicklungs-Kits etwas Übersicht zu verschaffen. Wir können zwar nicht alle Tools besprechen, doch wenn wir auf etwas Interessantes stoßen, dann finden Sie das auch in Elektor. Und die Hersteller wissen das. Weshalb sie uns von Zeit zu Zeit Kits zusenden und hoffen, dass wir uns damit beschäftigen und darüber schreiben.

In diesem Zusammenhang erhielt ich kürzlich über die deutsche Elektor-Redaktion die Frage, ob ich an einem Review des Entwicklungs-Kits TMS570 [1] von TI (Texas Instruments) interessiert sei. Das Kit eignet sich gut für Experimente mit dem ARM-Cortex-R4F-Mikrocontroller TMS570LS20216 von TI, der besonders für Echtzeit-Anwendungen gedacht ist. Als ich das Kit auf der TI-Webseite sah, war ich sofort dabei. Ich sah ein relativ großes Board von Keil mit einem LCD und vielen Anschlüssen an den Seiten. Auf dieses wird dann ein kleineres Board mit einem TI-Mikrocontroller gesteckt. Als aber das Paket mit dem Kit ankam und geöffnet wurde, gab es eine Überraschung.

Es kam „nur“ eine Art großer USB-Stick zum Vorschein [2]. Und groß war der Stick auch nur deshalb, weil darauf der Controller im 144-poligen LQFP-Gehäuse passen musste. Das Kit kam in einer für TI typischen CD/DVD-Box, begleitet von einer kleinen Taschenlampe, einem USB-Erweiterungskabel und einem Flyer mit Installationsanleitung. Die kurze Anleitung forderte zur Installation der Software von der DVD auf. Das tat ich dann auch.

Ich notierte den aktuell freien Speicher und die Startzeit der Installation. Mehr als 30 Minuten später und 95 (gezählt!) Mausclicks weiter war die Installation abgeschlossen. Jetzt waren üppige 7 GB weniger Platz auf meiner Festplatte. Zum Vergleich: Meine komplette Installation von Windows XP belegt 9 GB.

Ganz ehrlich: Ich habe die Software zweimal installiert. Zuerst wollte ich die Installation nebenbei laufen lassen, doch als mich die vielen



Bild 1. Diesen TMS570-Stick können Sie gewinnen. Wenn Sie an der Verlosung teilnehmen möchten, senden Sie einen Vorschlag zum Benchmark an [5]. (Bild: Texas Instruments)

Klicks und permanent auftauchende und zu beantwortende Dialoge zu nerven begannen, beschloss ich, das Ganze zu löschen und die Installation noch einmal konzentriert von vorne anzufangen. Dabei wollte ich dann den Platz- und Zeitbedarf genau erfassen. Jetzt war ich natürlich sehr neugierig darauf, was der überdimensionale USB-Stick mit seinem 5 cm<sup>2</sup> Chip samt den 7 GB an Soft-

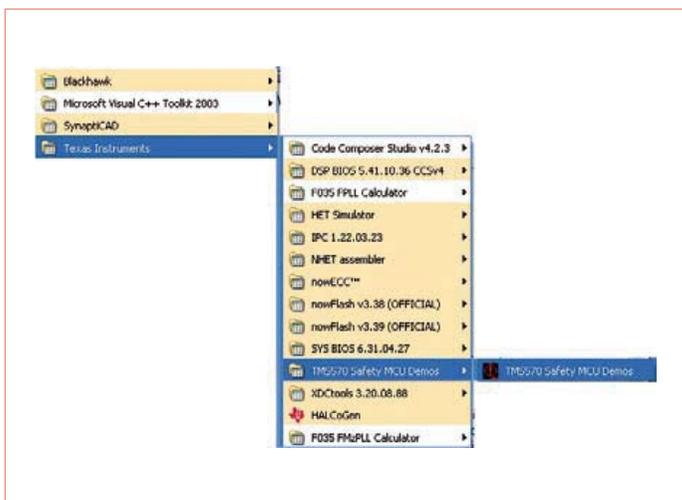


Bild 2. Die Startmenü-Einträge in rosa werden während der Installation von 7 GB Software angelegt. Interessant ist, dass schon eine andere Version von Code Composer für ein anderes TI-Kit auf diesem PC installiert war.



Bild 3. Das TMS570-Launchpad. Nach dem Lesen der Dokumentation sollte man auf den Knopf unten rechts klicken – die anderen vier Knöpfe kann man ignorieren.

## Optimieren Sie den Elektor- Benchmark für Mikrocontroller-Kits und gewinnen Sie dieses Entwicklungskit!

ware zu bieten hatte. Beim Anschluss des Sticks an den PC wurde er sofort erkannt. Ich startete also die „Safety Demo Software“, wie als weiterer Punkt in der Anleitung nahegelegt wurde. Ein Fenster mit sechs großen Knöpfen erschien. Ich klickte oben links auf „Safety Features“. Das Tool programmierte zunächst den Controller und zeigte dann dessen Blockschaltbild samt einiger kleiner Knöpfe links, mit denen man bestimmte Error-Events des Controllers auslösen konnte. Der Fehler wird dann grafisch im Blockschaltbild und optisch durch eine rote LED auf dem Board signalisiert.

Das war klar und eindeutig. Die übersichtliche Darstellung beeindruckte mich. Das nächste Beispiel: Beim Klick auf „Ambient Light“ erschien ein kleines Fenster mit vertikaler Balkengrafik, auf der die Umgebungshelligkeit angezeigt wurde. Ein Helligkeitssensor auf dem Stick macht dies möglich. Hält man die Hand über den Stick, sinkt die Anzeige. Wenn man mit der Taschenlampe drauf leuchtet – aha, dafür also war eine Taschenlampe beigelegt! – geht die Anzeige auf volle 100 %.

Nächstes Beispiel: „Temperature Sensor“. Hier erscheint ein kleines Fenster mit Temperaturanzeige. Die angezeigten 30 °C waren zwar gut 7 °C höher als die reale Raumtemperatur, doch vielleicht wurde

zu nah am Controller oder am PC gemessen. Egal, das Beispiel funktionierte einfach und unkompliziert.

Doch was bedeutet „LED Light Show“? Im auftauchenden Fenster kann man entweder eine vorprogrammierte Folge laufen lassen oder manuell sechs blaue LEDs umschalten. Um Ihnen den Spaß nicht zu verderben, falls Sie das Kit interessiert, verrate ich jetzt nichts mehr. Aber seien Sie versichert, dass ich schwer beeindruckt war.

Wenn ich mich recht erinnere, hat TI schon einmal ein Konzept eines kombinierten USB-Entwicklungs- und Evaluations-Sticks vorgestellt. Es gab jedenfalls einen MSP430-Controller, den man nach der Programmierung einfach abbrechen und in die eigene Platine stecken konnte. Der Stick hier ist aber wohl reines Marketing: Nur 22 der 144 Pins wurden als „Testpoints“ auf zwei Stiftleisten gelegt, obwohl auch ein CAN-Bus vorhanden ist (der Controller ist für den Bereich Automotive gedacht). Einen Compiler gibt es und folglich kann man nun Code für den Controller erstellen und ihn damit beschicken, doch braucht es dazu wirklich 7 GB und über 95 Mausklicks? Das Kit wird sicherlich seine Anwender finden, doch ich bin nicht dabei...

Während der Arbeit an diesem Artikel stieß ich auf einer Elektronik-Messe zufällig auf einen Stand von TI. Da sie dieses Kit ausstell-

## Mitmachen und gewinnen!

Machen Sie mit bei der Entwicklung eines universell anwendbaren Benchmarks für Mikrocontroller-Entwicklungs-Kits, der die Vergleichbarkeit erleichtert. Teilen Sie uns mit, welchen Parameter Sie vermissen. Sie nehmen dabei automatisch an der Verlosung des Entwicklungs-Kits teil. Schicken Sie Ihren Vorschlag an [mcubenchmark@elektor.com](mailto:mcubenchmark@elektor.com). Natürlich ohne Gewähr und unter Ausschluss des Rechtswegs.

ten, konnte ich es mir nicht verkneifen, nach dem Sinn des Kits zu fragen. Die Antworten waren vage und erschöpften sich in „dem Anwender ein preiswertes System für den Einstieg zu bieten“ etc. Vielleicht sehe ich es ja falsch, aber wenn man bereit ist, relativ viel Zeit aufzuwenden, um sich mit einem solchen leistungsfähigen und spezialisierten Controller zu beschäftigen, möchte man dann einen Stick verwenden? Aber sei's drum...

In der Vergangenheit wurde bei Elektor immer wieder darüber diskutiert, wie man solche Kits am besten bespricht. Was ist für den Leser wirklich relevant? Wie kann man Vergleichbarkeit erreichen? Es blieb bei vielen offenen Fragen, doch als ich mich mit diesem TI-Kit beschäftigte, kam mir eine Idee, und wir beschlossen, den Worten Taten folgen zu lassen.

Nach einigen Vorüberlegungen konzipierten wir einen Benchmark für Entwicklungs- und Evaluations-Kits für Mikrocontroller. Ziel war die Vergleichbarkeit von Benutzbarkeit und Aufwand, ausgedrückt in der Einheit: **helloWorld** (hW). Ein helloWorld-Rating errechnet sich aus:

$$\frac{S}{s \times (t + m + i)} [\text{helloWorld}] \quad (1)$$

wobei das große „S“ für die Festplatten-Maximalkapazität im Jahr der Vorstellung des Kits (laut Wikipedia [3] gilt für 2011: S = 4 TB = 4.096 GB) steht; das kleine „s“ gibt den von der Software des Kits belegten Platz in GB an; „t“ ist der Zeitbedarf der Installation in Minuten; „m“ ist die Anzahl der Mausclicks, die man benötigt, um eine LED zum Blinken zu bringen und „i“ steht für die Anzahl angelegter Icons und Aliases auf dem Desktop. „S“ relativiert den Platzbedarf an der Zeit, sodass neuere Kits nicht automatisch schlechter abschneiden, wenn sie etwas größer ausfallen.

Nach der Benchmark-Definition zeigt die Anwendung, was dabei in der Praxis herauskommt. Den Anfang macht der TMS570-Stick. Wenn man dessen Werte einsetzt, ergibt sich:

$$\frac{4096}{7 \times (34 + 95 + 8)} = 4,27 \text{ hW}$$

Zum Vergleich: Arduino 1.0 belegt 232 MB auf der Festplatte, erstellt keine Desktop-Icons und benötigt etwa zehn Mausclicks für die blinkende LED (hängt auch vom Entpackungsverfahren ab). Hier kommt man auf eindrucksvolle 1636 hW. **Tabelle 1** zeigt die Ergebnisse von weiteren Entwicklungs-Kits, darunter ist mit dem Sceptre auch eines von Elektor.

Der hier vorgestellte Benchmark ist nur ein erster Vorschlag, der wahrscheinlich noch etwas Optimierung verträgt. Wenn Ihrer Ansicht nach ein wichtiger Aspekt fehlt, dann senden Sie doch Ihren Kommentar an die dafür eingerichtete E-Mail-Adresse [5]. Sie nehmen damit automatisch an der Verlosung des hier besprochenen Kits teil.

(120096)

### Weblinks

- [1] [www.ti.com/tool/tmdx570ls20smdk](http://www.ti.com/tool/tmdx570ls20smdk)
- [2] [http://processors.wiki.ti.com/index.php?title=TMS570\\_USB\\_Kit](http://processors.wiki.ti.com/index.php?title=TMS570_USB_Kit)
- [3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenlaufwerk>
- [4] Einfache Zepter-Programmierung mit Oberon-07: [www.elektor.de/100574](http://www.elektor.de/100574)
- [5] [mcubenchmark@elektor.com](mailto:mcubenchmark@elektor.com)

**Tabelle 1. Benchmarks ausgewählter Kits in helloWorld-Einheiten.**

Kit	Hersteller	Belegter Platz	Installation, Zeit [min]	Mausclicks	Desktop-Icons	Wert in hW'
TMS570- Stick	Texas Instruments	7 GB	34	95	8	4,27
Arduino 1.0 mit Arduino Uno	Arduino	232 MB	1	10	0	1636
EasyPIC v7 mit mikroC Pro	MikroElektronika	185 MB	2	20	2	945
Sceptre mitOberon [4]	Elektor & Astrobe	4 MB	1	20	1	47663 <sup>2</sup>
Kinetis KwikStik <sup>3</sup>	Freescale	3 GB	120	1500	0	1

<sup>1</sup> Basierend auf der für 2011 angenommenen Festplatten-Maximalgröße von 4 TB.

<sup>2</sup> Basierend auf Werten von Chris Burrows von Astrobe unter Verwendung von .NET 2.0.

<sup>3</sup> Siehe <http://elektorembdedd.blogspot.com> zu den Details



DESIGNSPARK

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

## DesignSpark chipKIT™ Challenge

Have you entered the **DesignSpark chipKIT™ Challenge** yet?  
Visit [www.chipkitchallenge.com](http://www.chipkitchallenge.com) today to join the fun!

When you submit a proposal for an energy-efficient design, your project will automatically be considered for a chipKIT™ Community Choice Award.\* In February, participants of the chipKIT™ Challenge will have the opportunity to vote on what project they think is the best. If your project receives the most votes, you will win a \$100 voucher for RS Components/Allied Electronics and a free digital subscription to *Circuit Cellar* and *Elektor* magazines!

Register your project at [www.chipkitchallenge.com](http://www.chipkitchallenge.com) to participate.

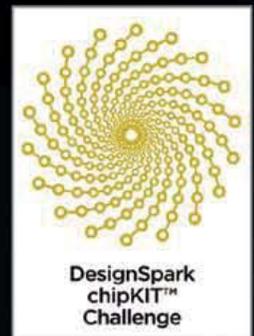


Visit [www.chipkitchallenge.com](http://www.chipkitchallenge.com)

for complete rules and details.

\* Participation in the Community Choice Awards does not increase your chances of winning the Grand Prize with your Final Project(s) submission. The deadline for Final Project submissions is March 27, 2012. See website for more information.

IN ASSOCIATION WITH:



chipKIT™ is a registered trademark of Microchip Technology Inc.

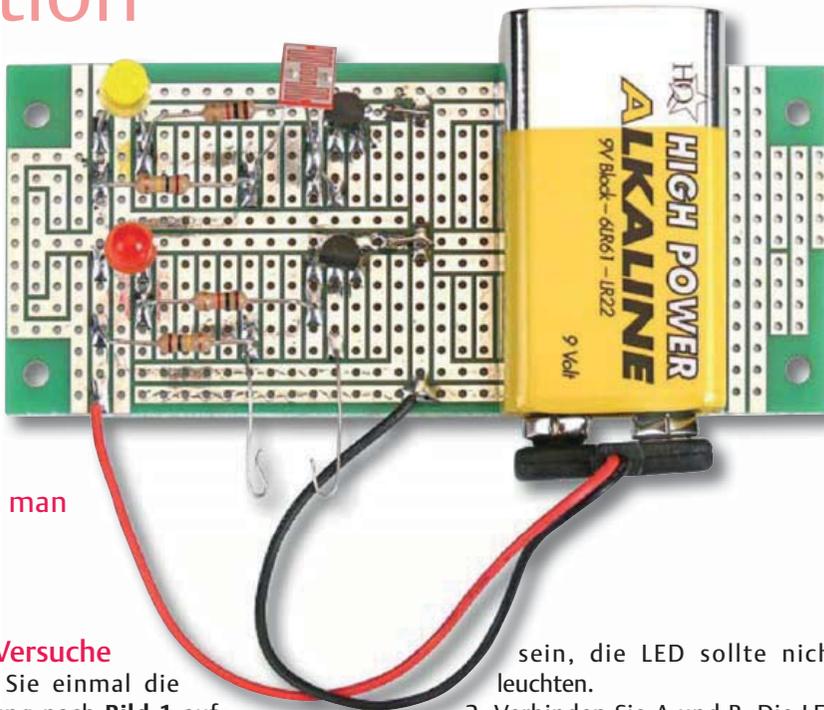
Max32™ is a registered trademark of Digilent, Inc.

# Zurück zu den Wurzeln (2)

## Transistor in Aktion

Von Burkhard Kainka (D)

Die Elektronik wird stets komplexer, da wird es für Einsteiger immer schwieriger, den Anschluss zu bekommen. In dieser Serie wollen wir daher zurück zu den Grundlagen. Diesmal machen wir ein paar interessante Versuche mit Transistoren. Dazu gibt's ein Quiz, bei dem man auch etwas gewinnen kann.



Den Transistor darf man wohl zu den zehn wichtigsten Technik-Erfindungen aller Zeiten zählen. Ohne ihn wäre unser moderner Alltag – mit Computer, Handy, Internet – undenkbar. Mitte des letzten Jahrhunderts begannen die kleinen Halbleiterbauteile, die bis dahin vorherrschenden Elektronen-Röhren zu verdrängen. Am Anfang dominierten Germaniumtransistoren, später kamen die bipolaren NPN- und PNP-Siliziumtransistoren dazu, noch später die Feldeffekttransistoren. Noch einmal beschleunigt wurde der Fortschritt mit der Einführung von integrierten Schaltkreisen (ICs), die gleich viele Transistoren enthalten. Doch auch mit einem einzelnen Exemplar kann man schon eine Menge unterschiedlicher Funktionen realisieren, wie wir in dieser Folge beweisen.

### Erste Versuche

Bauen Sie einmal die Schaltung nach **Bild 1** auf, zum Beispiel auf einer ELEX-Platine von Elektor ([www.elektor.de/120002](http://www.elektor.de/120002)). Man kann so eine Platine gleich für mehrere Versuche benutzen und die durchgehenden Leitungen zur Stromversorgung einsetzen. Verwenden Sie am besten eine alte 9-V-Batterie. Sie muss nicht mehr sehr voll sein, es reicht schon eine, die aus einem Rauchmelder aussortiert wurde. So eine schlappe Batterie hat sogar Vorteile, sie bringt nämlich im Fehlerfall keinen Strom mehr zustande, der irgendetwas kaputt machen kann.

Nun kommen einige einfache Versuche:

1. Die Kontakte A und B sollen noch offen

sein, die LED sollte nicht leuchten.

2. Verbinden Sie A und B. Die LED leuchtet hell.
3. Verbinden Sie A und B nur mit einem nassen Finger, die LED leuchtet mehr oder weniger hell.
4. Lassen Sie A und B offen, verbinden Sie aber testweise den Emitter E und den Kollektor C des Transistors. Die LED leuchtet hell.
5. Verbinden Sie wieder A und B (LED ist an), schließen Sie dann aber die Basis B gegen E kurz. Die LED geht nun wieder aus.

Alle diese Versuche erklären die Grundfunktion des Transistors: Ein kleiner Basisstrom (zwischen B und E) steuert einen größeren

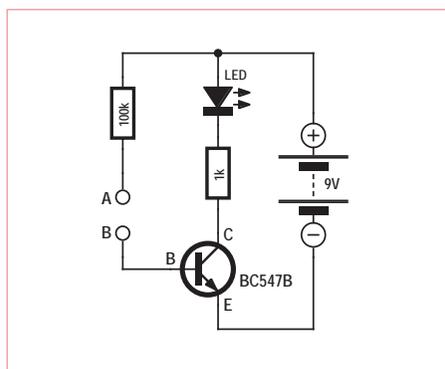


Bild 1. Der erste Versuchsaufbau.

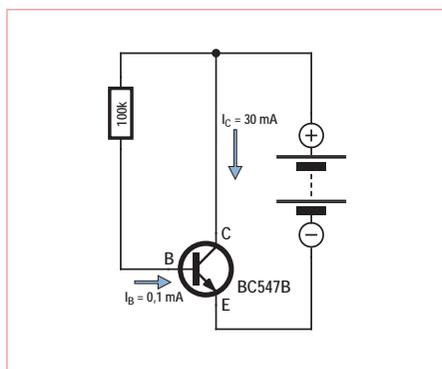


Bild 2. Prinzip der Stromverstärkung.

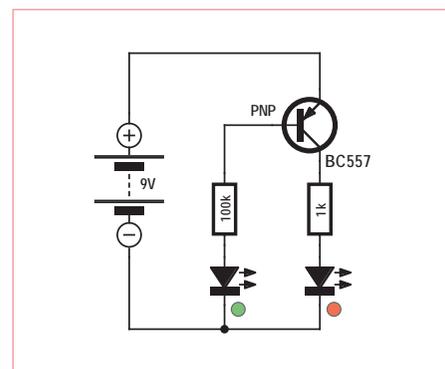


Bild 3. Ein PNP-Transistor in Emitterschaltung.

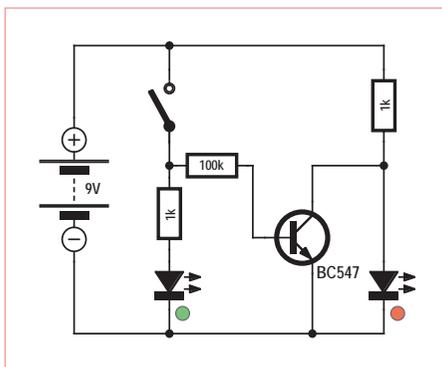


Bild 4. Ein Transistor als Invertierer.

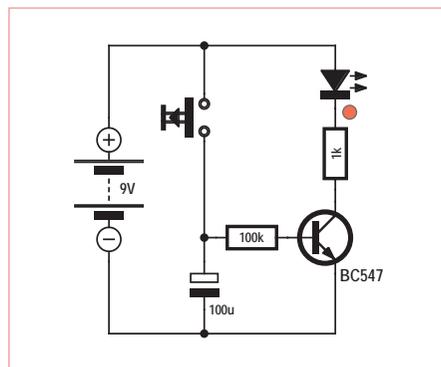


Bild 5. Verzögerte Ausschaltung.

Kollektorstrom (C nach E). Der Basisstrom wird „verstärkt“, und ganz grob kann man sagen, dass der Verstärkungsfaktor konstant ist. Beim sehr häufig verwendeten BC547B ist der Faktor ungefähr 300. Der Kollektorstrom ist also 300-fach größer als der Basisstrom (**Bild 2**). Dies aber nur, wenn er nicht wie in Bild 1 durch einen Kollektorwiderstand auf einen kleineren Wert begrenzt wird.

### Schaltungs-Planung

Um eine Transistor-Schaltung zu planen, muss man genau wissen, was man erreichen will.

- Der Transistor soll als Schalter arbeiten und ganz „aus“ (gesperrt) oder ganz „an“ (leitend) sein.
- Der Transistor soll als analoger Verstärker arbeiten und mehr oder weniger viel Strom fließen lassen.

In unserem Einstiegsexperiment haben wir schon beides ausprobiert. Bei geschlossener Verbindung A-B wurde der Transistor „ganz eingeschaltet“ (wobei „ganz“ trotzdem nicht ganz so „ganz“ ist wie bei einem echten Schalter mit zwei Metallkontakten, denn es fällt zwischen E und C immer eine kleine Spannung ab). Beim Nasse-Finger-Experiment war man eher auf der analogen Seite, man konnte nämlich durch mehr oder weniger starke Berührung die LED mehr oder weniger hell leuchten lassen. Außerdem spielt es eine Rolle, welche Flüssigkeit verwendet wird. Cola bringt zum Beispiel mehr Strom als Tee, was an der Säure liegt.

Eine kleine Schwierigkeit bei der Planung von Transistorschaltungen ist, dass man den Stromverstärkungsfaktor nicht genau kennt. Während Widerstände mit einer Toleranz von 1 % Standard sind, ist es bei

der Produktion von Transistoren extrem schwierig, die Daten ganz genau festzulegen. Insbesondere der Stromverstärkungsfaktor zeigt eine erhebliche Streuung. Ein gerade produzierter BC547 kann irgendwo in einem Bereich von 110 bis 800 liegen. Dann wird er erst mal automatisch durchgemessen und in eine Gruppe A, B oder C einsortiert (siehe auch den Kasten „TUP/TUN“). Dass diese Bereiche immer noch sehr groß sind, damit muss der Elektroniker leben. Und seine Schaltung so planen, dass sie mit jedem Transistor aus der Gruppe gut arbeitet. Hierfür muss man manchmal etwas rechnen, einfach nur ausprobieren reicht oft nicht.

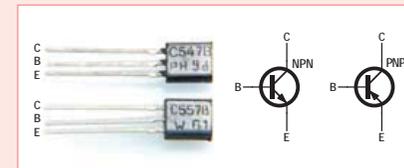
Nun schauen wir uns einmal die Schaltung in **Bild 3** an. Ein PNP-Transistor hat exakt die gleiche Funktion wie ein NPN-Transistor, aber mit umgekehrter Polarität. Der Emitter kommt also nun an den Pluspol der Batterie. Die Schaltung verwendet eine zusätzliche LED im Basisstromkreis. Sie soll nur zeigen, dass der Basisstrom viel geringer ist als der Kollektorstrom. Die grüne LED leuchtet deshalb nur sehr schwach.

### Inverter

Aus An wird Aus, aus Aus wird An. Invertieren nennt man das, und für Computer und Mikrocontroller gehört dies zu den leichtesten Übungen. Aber auch ein Transistor kann es. Schon bisher wurde der Transistor wie ein gesteuerter Schalter verwendet. Das Einschalten des Basisstroms bewirkt auch ein Einschalten des Laststroms. Mit einem Transistor kann die Schaltfunktion jedoch auch umgekehrt (invertiert) werden. Bild 4 zeigt einen einfachen elektronischen Umschalter. Bei geschlossenem Schalter leuchtet die grüne LED, bei geöffnetem Schalter die rote. Erklärung: Bei geschlossenem Schalter wird zugleich der Stromkreis durch die grüne LED

## TUP/TUN

Es gibt ja so viele unterschiedliche Transistoren, welchen soll man da nehmen? Früher gab es bei Elektor die Bezeichnung TUP (Transistor Universal PNP) und TUN (Transistor Universal NPN). Aber damals konnte man unbedruckte Transistoren auch etwas preiswerter erstehen als die Markenware. TUN sollte heißen: einfach nur ein x-beliebiger NPN-Transistor.



Heute nimmt man hier am besten einen BC547B, er passt fast immer und ist sozusagen der aktuelle TUN (man sollte immer eine Tüte davon bereitliegen haben, was nicht allzu viel kostet). Und der TUP wäre dann der PNP-Transistor BC557B.

Hier die Kurzdaten des BC547B:

Maximale Kollektorspannung: 45 V  
 Maximaler Kollektorstrom: 100 mA  
 Stromverstärkungsfaktor: 200- bis 450-fach (typisch 290)

Beim BC547A liegt die Stromverstärkung zwischen 110 und 220 (typisch 180), beim BC547C im Bereich 420 bis 800 (typisch 520). Wenn man es genauer betrachtet, dann ist die Stromverstärkung eines Transistors nur bei mittleren Kollektorströmen recht konstant. Bei sehr kleinen und bei sehr großen Strömen nimmt sie deutlich ab.

geschlossen und der Basisstrom eingeschaltet. Der Transistor leitet daher und schaltet die Spannung an der roten LED ab. Tatsächlich findet man eine Restspannung von rund 100 mV zwischen Emitter und Kollektor. Bei dieser kleinen Spannung fließt praktisch kein Strom mehr durch die LED, sie bleibt daher dunkel.

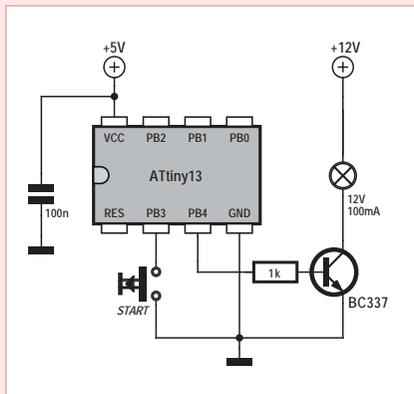
### Nachlaufsteuerung

Die Stromverstärkung eines Transistors kann verwendet werden, um die Entladezeit eines Kondensators zu verlängern. Die Schaltung in **Bild 5** nutzt einen Elko mit 100 µF als Ladekondensator. Nach einem kurzen Druck auf den Tastschalter ist er

## Zeitschalter mit Mikrocontroller

Ein zeitgemäßer Zeitschalter verwendet einen Mikrocontroller. Damit erreicht man eine hohe Genauigkeit ohne besondern Abgleich. Bye bye, RC-Glied. Aber eines kann der Mikrocontroller nicht: Große Ströme schalten! Dazu braucht man einen Transistor. Ein einfacher NPN-Transistor eignet sich als Leistungstreiber zum Schalten externer Lasten. Der etwas schlappe Port eines Mikrocontrollers bekommt damit mehr Muskeln. Beliebte für diesen Zweck ist der BC337, der bis zu 800 mA schalten kann. Das Bild zeigt einen Zeitschalter, bei dem der Mikrocontroller weniger als 5 mA schalten muss. Der Transistor verstärkt den Portstrom soweit, dass eine Glühlampe geschaltet werden kann. Bei dieser Gelegenheit findet auch gleich noch eine Pegelanpassung statt: Der Mikrocontroller arbeitet mit 5 V, die Lampe mit 12 V.

Das kleine BASCOM-Beispielprogramm realisiert einen Zeitschalter. Nach dem Tastendruck beginnt die Zeit (1 Minute) abzulaufen. Wenn man während der laufenden Minute noch einmal drückt, hat das im Gegensatz zur analogen Schaltung in Bild 5 keine verlängernde Wirkung. Wie müsste das Programm wohl aussehen, wenn man auch das Nachtriggern erlauben möchte?



```

,Timer 60 s
$regfile = „attiny13.dat“
$crystal = 1200000
Config Portb.4 = Output
Portb.3 = 1
,Pullup

Do
  Do
    Loop Until Pinb.3 = 0
    Portb.4 = 1
    Waitms 60000
    Portb.4 = 0
  Loop
End
    
```

geladen und liefert nun für längere Zeit den Basisstrom der Emitterschaltung. Wegen des großen Basiswiderstands beträgt die so genannte Zeitkonstante etwa 10 Sekunden. Nach dieser Zeit reicht der Basisstrom aber noch für eine Teilaussteuerung des Transistors.

Die Zeitkonstante einer RC-Kombination ist die Zeit, in der sich der Kondensator bis auf den Bruchteil  $1/e = 1/2,718... = 36,8\%$  der Anfangsspannung entladen hat.

Zur Berechnung verwendet man die einfache Formel:

$$\text{Zeitkonstante} = \text{Widerstand} \cdot \text{Kapazität}$$

$$T = R \cdot C$$

$$T = 100 \text{ k}\Omega \cdot 100 \mu\text{F}$$

$$T = 10 \text{ s}$$

In der Praxis ist nach einer Minute immer noch ein schwaches Leuchten zu erkennen. Tatsächlich geht die LED auch nach langer Zeit nicht ganz aus. Der Strom sinkt aber auf so kleine Werte, dass er keine sichtbare Wirkung mehr hat.

Wie man einen Zeitschalter mit einem

Mikrocontroller realisiert, wird übrigens im Kasten erklärt.

### Dämmerungsschalter

In Bild 6 wird ein Fotowiderstand (Light Dependent Resistor, LDR) als Lichtsensor verwendet. Das Bauteil besitzt eine lichtempfindliche Widerstandsschicht aus Cadmium-Sulfid (CdS). Der Widerstand ändert sich je nach Lichteinfall von ca.  $100 \Omega$  bei vollem Sonnenlicht bis auf  $1 \text{ M}\Omega$  bei Dunkelheit. Eine Beleuchtungsstärke von ca.  $1000 \text{ Lux}$  (gut beleuchteter Arbeitsplatz) entspricht zum Beispiel einem Widerstand von etwa  $1 \text{ k}\Omega$ .

Der veränderliche Widerstand des LDR bildet zusammen mit dem Festwiderstand von  $100 \text{ k}\Omega$  einen Spannungsteiler. Wenn die Teilspannung zwischen Basis und Emitter ( $U_{BE}$ ) zu klein wird, sperrt der Transistor. Vereinfachend kann man von einer „Schwellschwelle“ bei ca.  $0,6 \text{ V}$  sprechen. Dieser Wert gilt für alle Siliziumtransistoren; hier findet man wieder die bekannte Diodenkennlinie.

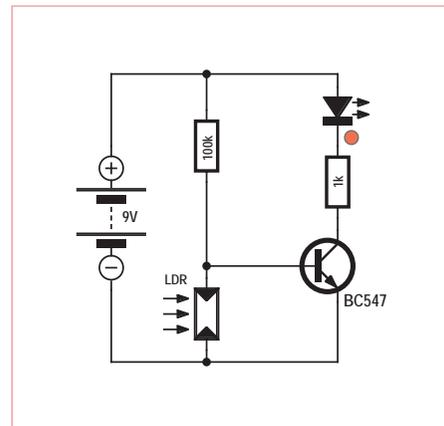


Bild 6. Der Dämmerungsschalter.

Testen Sie das Verhalten der Schaltung bei unterschiedlicher Beleuchtung. Bei großer Helligkeit ist die LED ausgeschaltet, bei abgedunkeltem Lichtsensor leuchtet sie. Man findet ein relativ abruptes Umschalten bei einer gewissen Helligkeitsschwelle. Nur ein kleiner Helligkeitsbereich führt zu einer Teilaussteuerung des Transistors.

### Darlingtonschaltung

Die Stromverstärkungsfaktoren zweier Transistoren lassen sich multiplizieren, wenn man den verstärkten Strom des ersten Transistors als Basisstrom des zweiten Transistors noch einmal verstärkt (siehe Bild 7). Wenn man von einem Verstärkungsfaktor 300 für jeden der Transistoren ausgeht, hat die Darlington-Schaltung eine Verstärkung von  $90000$ . Für die volle Aussteuerung genügt ein Basiswiderstand von  $10 \text{ M}\Omega$ . So erhält man einen wirksamen Berührungsschalter: Zwei blanke Drähte werden dabei mit zwei Fingern berührt. Ein Befeuchten der Finger ist nicht mehr erforderlich, da sogar die trockene Haut noch genügend

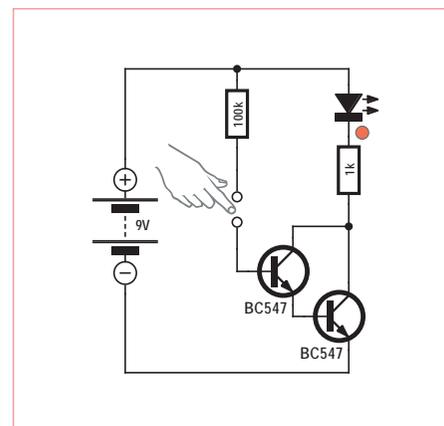


Bild 7. Die Darlington-Schaltung.

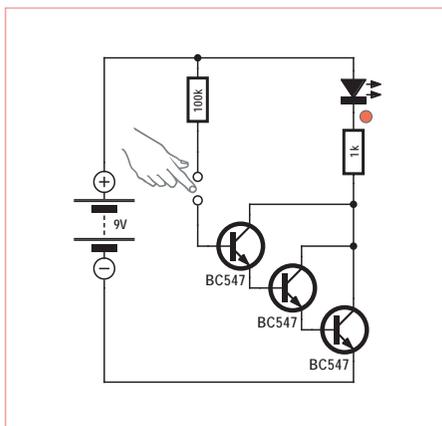


Bild 8. Dreifach-Darlingtonschaltung.

Strom leitet, um die Schaltung durchzusteuern. Ein zusätzlicher Widerstand mit 100 k $\Omega$  schützt die Transistoren vor zu viel Basisstrom, wenn beide Drähte direkt verbunden werden.

Eine Darlingtonschaltung mit gleich drei Transistoren (Bild 8) ermöglicht einen interessanten Versuch zum Nachweis statischer Ladungen. Dazu berührt man nur mit einem Finger die Basis der Darlington-Schaltung und bewegt die Füße auf dem Boden. Je nach Bodenbeschaffenheit und Material der Schuhsohlen kommt es dann zu mehr oder weniger starken Ladungsverschiebungen, die an einem Flackern der LED sichtbar werden. Oft reicht bereits eine Annäherung ohne direkte Berührung des Eingangs, um die LED einzuschalten.

### LED als Fotodiode

Eine LED kann nicht nur Licht erzeugen, sondern auch als Sensor für das Umgebungslicht dienen. Eigentlich fließt durch eine Diode kein Strom, wenn sie in Sperr-

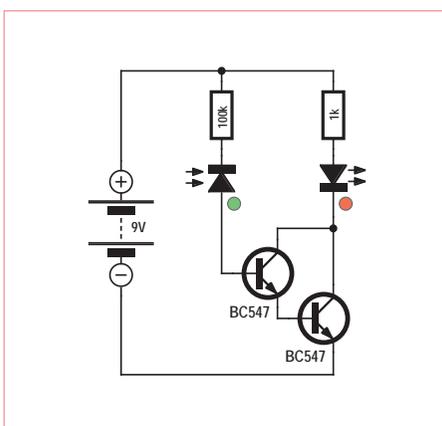
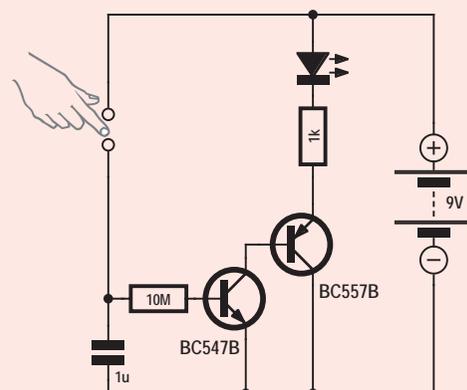


Bild 9. Verstärkung des LED-Sperrstroms.

# Quiz

Die folgende Schaltung verwendet zwei unterschiedlich gepolte (NPN- und PNP-) Transistoren. Es handelt sich um eine komplementäre Darlingtonschaltung.



### 1) Welche Funktion würden Sie der Schaltung zuordnen?

- A) Sinnlose Schaltung, die LED wird niemals leuchten.
- B) Berühren schaltet die LED aus.
- C) Berührungsschalter mit Nachlauffunktion.

### 2) Welche Stromverstärkung kann man erwarten?

- D) Ca. 100.000.
- E) Ca. 5.000.
- F) Ca. 900.

### 3) Welchen Vorteil könnte die komplementäre Darlingtonschaltung gegenüber der normalen mit zwei NPN-Transistoren haben?

- G) Mehr Stromverstärkung.
- H) Kleinere Eingangsspannung.
- I) Kleinere Kollektor-Emitter-Restspannung bei Vollaussteuerung.

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

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

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

Einsendeschluss ist der 28. Februar 2012.

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

richtung betrieben wird. Tatsächlich findet man jedoch einen sehr kleinen Sperrstrom (im Bereich weniger Nanoampere), der im Normalfall zu vernachlässigen ist. Die hohe Verstärkung der Darlingtonschaltung erlaubt jedoch Experimente mit solch extrem kleinen Strömen. So ist der Sperrstrom einer Leuchtdiode von der Beleuchtung abhängig, eine LED fungiert auf diese Weise als Fotodiode. Der äußerst kleine Fotostrom wird mit den zwei Transistoren so weit verstärkt, dass die zweite LED leuchtet. Bei solchen Versuchen muss man beachten, dass die Sperrspannung einer Leuchtdiode viel kleiner ist als der einer normalen Diode. Die maximale Sperrspannung einer LED wird in den Datenblättern meist mit 5 V ange-

geben; in unserem Fall liegen aber ca. 8 V an der LED. Tatsächlich gelangen die meisten roten, gelben und grünen LEDs erst bei einer wesentlich höheren Spannung in die Nähe des ersten Durchbruchs, im Gegensatz zu weißen und blauen, deren mögliche Sperrspannung sehr niedrig liegt. Der 100-k $\Omega$ -Widerstand schützt die LED aber in jedem Fall vor einem Schaden.

**Egal ob Einsteiger oder Fortgeschrittener: Jetzt sollten Sie sich einmal unser Quiz im Textkasten ansehen. Wer uns die richtige Lösung per E-Mail zusendet, kann einen Elektor-Gutschein gewinnen!**

(120002)

# Eclipse Sensor

## Licht messen unter extremen Bedingungen

Von Reinier Ott (NL)

In diesem Beitrag wird gezeigt, wie Flowcode und E-Blocks für die Konstruktion unabhängiger Messsysteme eingesetzt werden können. Das Beispiel, um das es hier geht, ist ein Messgerät für extrem unterschiedliche Lichtverhältnisse, wie sie bei Sonnenfinsternissen auftreten.



Totale Sonnenfinsternisse sind Naturschauspiele, die bei den meisten Betrachtern bleibende Eindrücke hinterlassen. Leider sind Sonnenfinsternisse selten, und der Mond verdeckt die Sonne auch nur kurz. Es liegt nahe, das Ereignis mit einer Kamera zu dokumentieren, doch das ist nicht so einfach wie es scheint. Der Grund sind die extremen Lichtdifferenzen zwischen der ungehindert strahlenden Sonne (Beleuchtungsstärke 50000 Lux und mehr) und der Minuten später im Mondschatten liegenden Erde. Die Beleuchtungsstärke des Himmels

beträgt dann oft weniger als 1 Lux. Für die Belichtungszeiten der Kamera können diese Differenzen ein erhebliches Problem darstellen. Wenn der Sonnenfinsternis-Enthusiast auch noch um die halbe Welt gereist ist, um bei einem Jahrhunderts Schauspiel dabei zu sein, sind Misserfolge bei Aufnahmen mit der Kamera mehr als ärgerlich. Mit diesem Szenarium im Hintergrund müssen zwei Aufgaben gelöst werden: Zum einen muss das Messgerät über die nötige Messdynamik verfügen, zum zweiten müssen die Messprozedur und die Kamerasteu-

erung vollautomatisch ablaufen. Ein Datenlogger-System kann hierbei bestimmte Teilaufgaben übernehmen. Da die Beobachtungsorte der Sonnenfinsternisse nicht immer in zivilisierten Teilen der Welt liegen, ist eine portable Stromversorgung unabdingbar, die Akkus oder Batterien sollen mindestens vier Stunden durchhalten.

### Kompaktes Mess- und Datenlogger-System

Das entwickelte Messsystem empfängt von einander unabhängig aus fünf Richtungen



Bild 1. Die Lichtsensoren bilden zueinander feste Winkel.

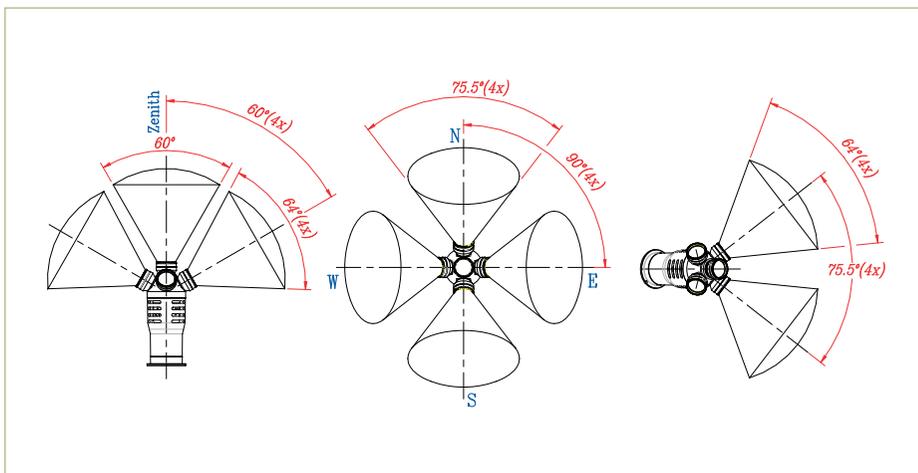


Bild 2. Die Lichteinfallskegel überlappen sich nur wenig.



**Listing**

```
short SensorCount(unsigned char Msk , short SensorCount)
// Computing counter value of sensor
// INPUT : Msk = Mask to select number of sensor (1 to 8)
// INPUT : SensorCount = Counter value for raising pulse
// OUTPUT: SensorCount = new value after detecting raising pulse
{
    if ((FCV_SENSOR & Msk))
    {
        if ((FCV_SENSOROUD & Msk) ==0)
        {
            SensorCount++ ;
            FCV_SENSOROUD = (FCV_SENSOROUD | Msk);
        }
    }
    else {
        FCV_SENSOROUD = (FCV_SENSOROUD & (0xff-Msk));
    }
    return (SensorCount);
}
```

von seinem Entwickler genannt wurde, verdankt diese Konstruktion hauptsächlich den E-Blocks von Matrix Multimedia. Aus Platzmangel ist die vollständige Schaltung hier nicht abgedruckt, sie kann jedoch frei

von der Elektor-Website als PDF-Dokument heruntergeladen werden. Aus der Schaltung geht hervor, dass sämtliche Eingänge oder Ausgänge des PIC 18F4455 belegt sind. Dafür verantwortlich sind insbesondere die

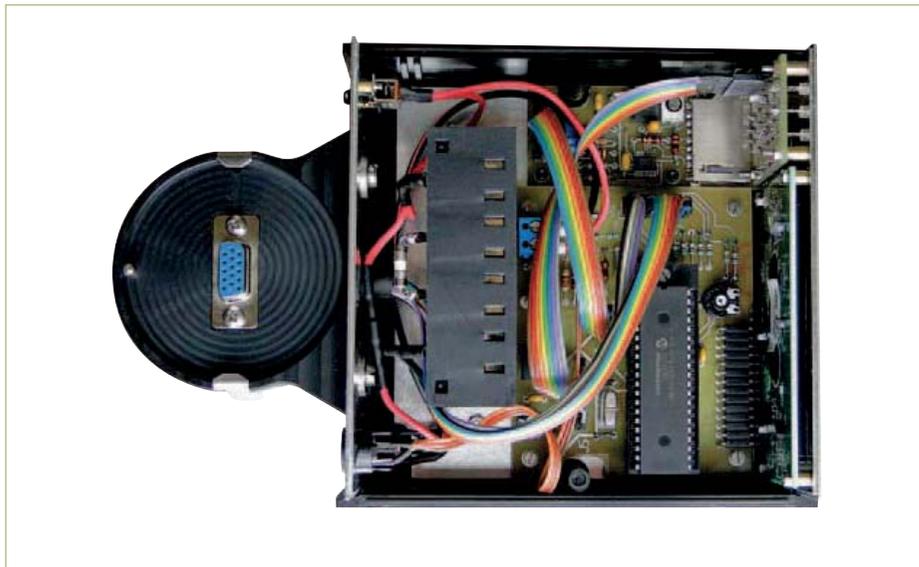


Bild 5. Innenansicht des Bedienteils mit der Steuerung.

acht voneinander unabhängigen Eingangskanäle, allein für die Adressierung der Lichtsensoren sind vier Mikrocontroller-Leitungen nötig. Das LC-Display, der SD-Kartenleser, die drei Taster und die LEDs belegen insgesamt 16 Mikrocontroller-Leitungen. Der Temperaturfühler, ein LM35, ist im Lichtmesskopf auf einer separaten Platine untergebracht, die Schaltung ist aus Bild 4 ersichtlich. Das Ausgangssignal wird von einem Spannung-Frequenz-Wandler LM231 für den Mikrocontroller aufbereitet. Mit Trimpoti R11 lässt sich die mittlere Frequenz auf etwa 5 kHz bei 20 °C einstellen, was eine akzeptable Auflösung der Temperaturen gewährleistet. Die in Reihe geschalteten Dioden D1 und D2 bewirken, dass der Sensor auch Temperaturen unterhalb des Nullpunkts messen kann. Die relative Luftfeuchte wird von einem auf der gleichen Platine befindlichen Feuchtesensor H1 gemessen (Hersteller: Philips). Infolge seiner Kapazitätsänderungen variiert die Frequenz des RC-Glieds C6/R4, wobei  $T \approx 2,2 \cdot R4 \cdot C6$  gilt. Die Frequenz dieses Signals wird von einem Binärzähler 4060 (IC4) in einen Bereich zwischen 6 kHz und 8 kHz umgesetzt, damit sie vom PIC 18F4455 optimal verarbeitet werden kann.

Das vom Autor stammende PC-Programm *EclipseSens.exe* berechnet aus den Messwerten der Sensoren mit Hilfe interner Korrektortabellen die äquivalenten Werte in °C beziehungsweise % RH.

**Messverfahren**

Wie erwähnt, sind acht voneinander unabhängige Messkanäle vorhanden, wobei die Messgrößen als Frequenzen verfügbar sind. Ein Messintervall ist 0,5 s lang, anschließend sind 0,5 s für die Verarbeitung, die Display-Steuerung und das Speichern auf der SD-Karte reserviert. Die Sensorwerte werden im Sekundentakt abgefragt, sie werden zu

Tabelle 2. Sensor-Eigenschaften								
Multiplex	1	2	3	4	5	6	7	0
Sensor	Lux_Z	Lux_N	Lux_E	Lux_S	Lux_W	Temp	Humid	Extrn
Bedeutung	Licht Zenit	Licht Nord	Licht Ost	Licht Süd	Licht West	Temperatur	Relative Feuchte	Freier Eingang
Autoranging	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Msk (hex.)	0x01	0x02	0x04	0x08	0x10	0x20	0x40	0x80



Bild 6. Innenansicht des Lichtmesskopfs, der Feuchtesensor ist gut erkennbar.

Tabelle 3. Adressierung des TSL230

S1	S0	SENSITIVITY	S3	S2	f <sub>o</sub> SCALING (Divide-by)
L	L	Power Down	L	L	1
L	H	1x	L	H	2
H	L	10x	H	L	10
H	H	100x	H	H	100

Quelle: Datenblatt TSL230, Texas Instruments

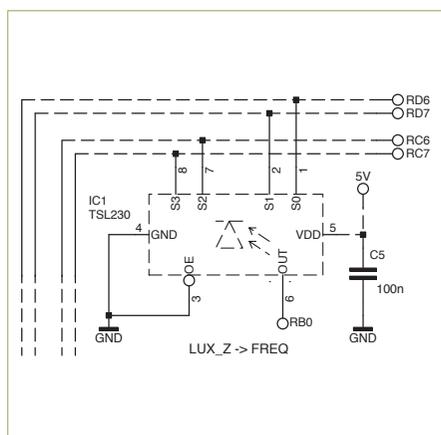


Bild 7. Der Lichtsensor TSL230, die Adressleitungen der fünf Exemplare sind parallel geschaltet.

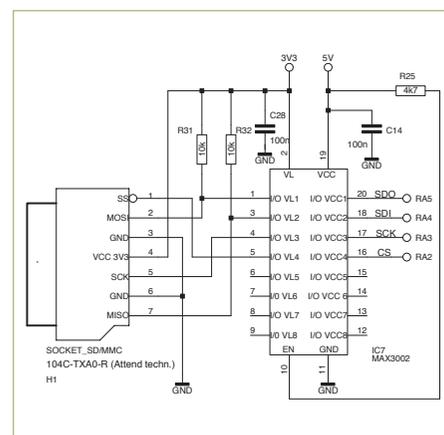


Bild 8. Der Pegel der SD-Karten-Signale wird bidirektional angepasst.

8 s langen Blöcken gemultiplext. Für die Reihenfolge der Messkanäle sind die Parameter einer Bitmaske (Msk) verantwortlich. Innerhalb des 0,5 s langen Messzeitfensters werden die Vorderflanken des aktuellen Sensorsignals gezählt. Die Flankenerkennung ist in Flowcode als kurze C-Routine definiert (siehe Listing).

Aus **Tabelle 2** gehen die Sensoreigenschaften und die zugewiesenen Bitmasken-Parameter hervor.

### Autoranging

Wie bereits einleitend beschrieben, unterliegt die Helligkeit des Himmels im Verlauf einer Sonnenfinsternis einer sehr hohen Dynamik. Digitale Frequenz-Messverfahren setzen jedoch der Auflösung Grenzen, und auch die Mikrocontroller-Eigenschaften sind daran nicht unbeteiligt. In diesem Fall liegt die Lösung darin, dass die Empfindlichkeit des Lichtsensors TSL230 programmierbar ist. Übrigens war das Grund genug, zu diesem Typ zu greifen.

Aus dem Datenblatt des TSL230 ist ersichtlich, dass vier Leitungen für die Adressierung der Empfindlichkeit vorhanden sind (**Tabelle 3**). Hier sind die Adressleitun-

gen der fünf Sensoren parallel geschaltet (**Bild 7**), so dass alle Einstellungen identisch sind. Gleichzeitig wird die Anzahl der zum Lichtmesskopf führenden Verbindungen spürbar reduziert. Noch wichtiger ist jedoch die Vereinfachung des Mikrocontroller-Programms, was nicht nur der Programmlänge, sondern auch der Messgeschwindigkeit zugute kommt. Ein kleiner Nachteil ist die etwas grobe Rundung der Messwerte in dem Fall, dass zwischen zwei oder mehr Kanälen sehr hohe Beleuchtungsstärke-Differenzen auftreten.

Ausschlaggebend für das Messverhalten sind die Messgrenzen des TSL230, sie sind fest auf die Werte 200 Hz und 4 kHz eingestellt. Wenn während eines Messzyklus ein Grenzwert durchlaufen wird, passt der Mikrocontroller innerhalb der Totzeit (nach der letzten Messung aller fünf Sensoren) die Empfindlichkeit an. Diese Umschaltung geschieht für alle Sensoren gleichzeitig.

### Kartenleser

Da SD-Speicherkarten mit 3,3 V Betriebsspannung arbeiten, werden die 5-V- und 3,3-V-Signale von einem MAX 3002 bidirektional auf das andere Niveau umgesetzt. Der

Pegelumsetzer ist Bestandteil des E-Blocks EB037 von Matrix Multimedia (siehe Schaltungsteil in **Bild 8**). Der MAX 3002 wird nur in TSSOP-Bauform gefertigt, was das Löten der im Abstand 0,65 mm angeordneten Pins leider nicht erleichtert.

Das Speichern der Daten auf der SD-Karte (Dateisystem: FAT 16) übernimmt das Flowcode4-Makro *PIC\_FAT16.c*, das in der Version 020710 oder höher vorhanden sein muss. Nach Drücken des Tasters *INIT CARD* wird die eingesteckte SD-Karte erkannt, anschließend legt das System auf der Karte eine neue Logdatei mit dem Namen *ecl\_#.txt* an. Das Nummernzeichen „#“ steht stellvertretend für die laufende Nummer, sie wird im EEPROM des Mikrocontrollers protokolliert. Nach jeder SD-Karten-Initialisierung erhöht sich diese Nummer um eins, auf 255 folgt 0.

### Messprotokoll

Die als Messprotokoll auf der SD-Karte gespeicherten Daten haben folgendes Format:

Eclipse data: 4298 1701 2429 3488 0 6.14 190 144 124 217 170 2429 3488 0 14.15 1948 1473 1296 2191 1724 2429 3488 0 22.15...

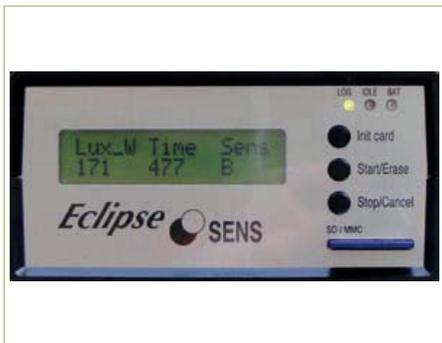


Bild 9. Frontseite des Bedienteils, rechts unten der Schlitz für die SD-Karte.

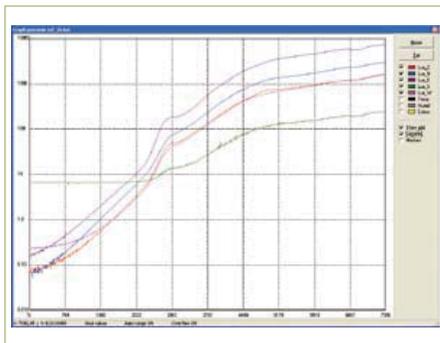


Bild 10. Dieses Diagramm stellt den Verlauf bei einem Sonnenaufgang dar.

Am Anfang stehen immer die Schlüsselwörter „Eclipse data“ gefolgt von einem Doppelpunkt. Daran schließen sich die Messwerte an, wobei Leerzeichen als Separatoren eingefügt sind. Die Synchronisation einer Messreihe beginnt stets mit einer Fließkommazahl. Der Wert vor dem Punkt gibt die Messzeit in Sekunden an, der Wert hinter dem Punkt ist der Code der Autorange-Funktion. Die dann folgenden Werte sind die acht Zählwerte der Sensorsignale.

### Bedienung

Nach dem Einschalten erscheinen auf dem LC-Display eine kurze Begrüßung sowie einige Angaben zum Gerätebesitzer. Diese Anzeige soll die Wiederbeschaffung nach einem Verlust oder Diebstahl erleichtern, natürlich lässt sie sich im Flowcode-Programm ändern oder unterdrücken. Das System wechselt nun in den automatisierten Messmodus (siehe **Bild 9**). Die auf dem LC-Display erscheinenden Daten haben folgende Bedeutungen:

- Lux\_W: Sensor-Messwert (Counter Value, hier: nach Westen gerichteter Sensor)
- Time: Abgelaufene Messzeit in Sekunden (hier: 477 s)
- Sens: Empfindlichkeitsstufe der Lichtsensoren (A = niedrigste, E = höchste Stufe)

Die nach dem Einschalten aufleuchtende gelbe LED (*Card Idle*) signalisiert, dass die SD-Speicherkarte noch nicht initialisiert wurde. Das Messsystem führt dann zwar

Messungen durch, die Ergebnisse werden jedoch nicht gespeichert. Ein Druck auf Taster *START/ERASE* startet den Speichervorgang, gleichzeitig wird der Mess-Timer auf 0 s gesetzt. Beim Drücken des Tasters *STOP/CANCEL* stoppt das Datenlogging.

### Batteriezustand

Bei einem System mit einer Stromversorgung aus Batterien muss der Entladezustand ständig im Auge behalten werden, anderenfalls kann das System in einem völlig ungeeigneten Moment seinen Dienst verweigern. Ein wichtiger Aspekt ist auch das sichere Speichern von Daten, das bei Unterspannung nicht gewährleistet ist. Hier sorgt der Mikroprozessor dafür, dass in diesem Fall nicht auf die SD-Speicherkarte geschrieben wird. Eine Warn-LED zeigt den kontinuierlich überwachten Batteriezustand an, die Signale haben dabei folgende Bedeutungen:

LED dunkel	$U_{bat} > 5,6 \text{ V}$	Spannung OK
LED blinkt	$5,6 \text{ V} \geq U_{bat} > 5,3 \text{ V}$	Spannung niedrig, aber noch OK
LED leuchtet	$5,3 \text{ V} \geq U_{bat} > 5,1 \text{ V}$	NICHT OK, Initialisierung nicht möglich
LED leuchtet	$U_{bat} < 5,1 \text{ V}$	NICHT OK, Datenlogging stoppt

Wird versucht, die SD-Speicherkarte bei zu niedriger Betriebsspannung zu initialisieren, erscheint auf dem LC-Display die Meldung *Battery too weak*.

Die Schaltung zum Messen der Betriebsspannung ist unkompliziert: Die Spannung liegt über einen Spannungsteiler am Anschluss RAO des Mikrocontrollers, RAO ist als analoger Eingang konfiguriert. Die parallel geschaltete Z-Diode schützt den Eingang vor Spannungsspitzen, falls ein externes Netzteil angeschlossen wird.

### Daten-Interpretation

Die auf der SD-Karte gespeicherten Daten sind Rohdaten, sie sind nicht ohne Weiteres interpretierbar. Die Umsetzung in lesbare Daten übernimmt das schon erwähnte PC-Programm *EclipseSens.exe*, das unter Windows läuft. Dieses Programm rechnet die Daten in Beleuchtungsstärken (lx), Temperaturen (°C) oder Relative Feuchten (% RH) um, es stellt die Werte auch grafisch dar. In **Bild 10** fällt die hohe Dynamik der Beleuchtungsstärken (logarithmisch, in lx) deutlich ins Auge. Die Autoranging-Funktion des Mikrocontrollers sorgt dafür, dass die Größenänderungen übersichtlich darstellbar sind. Die Daten, zu denen dieses Diagramm gehört, wurden bei Sonnenaufgang nahe einem hell beleuchteten Gebäude gemessen. Das ist auch der Grund dafür, dass die Kurve des nach Süden gerichteten Sensors (grüne Kurve) etwas anders verläuft als die übrigen Kurven.

Bis das Messsystem zum Einsatz kommen kann, wird nicht mehr allzu lange Zeit vergehen (siehe **Tabelle 4**). Allerdings ist die nächste Sonnenfinsternis in Europa nicht sichtbar.

(110647)gd

### Weblinks

- Programme (Flowcode Source und Hex, Daten-Interpretation für Windows XP, Vista und 7), Bilder und weitere Informationen: Kostenloser Download von [www.elektor.de/110647](http://www.elektor.de/110647)
- Erfahrungen des Autors anlässlich der Sonnenfinsternis 2006 (in niederländischer Sprache): [www.dutch.nl/rcott/eclips290306\\_1.htm](http://www.dutch.nl/rcott/eclips290306_1.htm)

Tabelle 4. Nächste totale Sonnenfinsternisse	
14.11.2012	Südlicher Teil des Pazifik
03.11.2013	Zentral-Afrika
29.03.2015	Nördlicher Atlantik und Spitzbergen <sup>1</sup>
09.03.2016	Indonesien
21.08.2017	USA
<sup>1</sup> <a href="http://home.kpn.nl/nicole.franssen/SB_Eclips_Spitsbergen.htm">http://home.kpn.nl/nicole.franssen/SB_Eclips_Spitsbergen.htm</a>	

# Elektor Academy Webinare in Kooperation mit *element14*

Elektronik-Fans aufgepasst: *Elektor Academy* und die Community-Plattform *element14* präsentieren mehrere (englischsprachige) Webinare zu besonders interessanten Elektor-Projekten. Die Teilnahme ist komplett kostenlos! Sie müssen sich nur unter der Adresse [www.elektor.de/webinar](http://www.elektor.de/webinar) registrieren.

## Webinar-Programm:

### Here comes The ElektorBus!

Datum: 19. Januar 2012

Beginn: 16:00 Uhr (MEZ)

Präsentiert von: Jens Nickel (Elektor-Redakteur)

Zum ElektorBus-Projekt haben Dutzende Leser mit Ideen, Hinweisen und eigenen Entwicklungen beigetragen. Elektor-Redakteur Jens Nickel erzählt uns, wie alles anfang – doch er kann auch mit vielen Hintergrund-Details zu diesem interessanten Projekt aufwarten, das immer wieder knifflige Herausforderungen bereithält.

### The Making of an Improved Radiation Meter

Datum: 16. Februar 2012

Beginn: 16:00 Uhr (MEZ)

Präsentiert von: Thijs Beckers (Elektor-Redakteur)

Dieses Webinar behandelt die Entwicklungsgeschichte und alle wichtigen Aspekte des sehr erfolgreichen Strahlungsmessers aus Elektor 11/2011. Dieses Low-Cost-Instrument ist in der Lage, verschiedene Arten von Strahlung, wie Alpha, Beta und Gamma mit Sensoren zu messen.

## Webinar-Archiv:

### Platino – an ultra-versatile platform for AVR microcontroller circuits

Präsentiert von: Clemens Valens (Elektor)

### E-blocks, Twitter and the Sailing Club

Präsentiert von: Ben Rowland und John Dobson (Matrix Multimedia)

### Let's build a Chaos Generator!

Präsentiert von: Maarten Ambaum und R. Giles Harrison (University of Reading, UK)

Webinar verpasst? Aufzeichnungen abrufbar unter [www.element14.com](http://www.element14.com)!

Jetzt  
**GRATIS**  
anmelden!



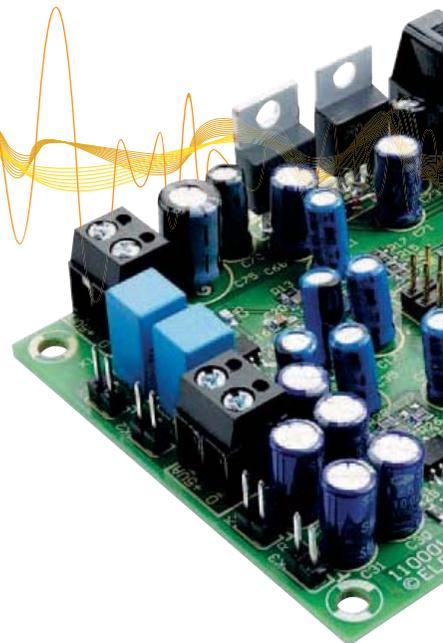
element14  
[www.element14.com](http://www.element14.com)



Die Teilnehmerzahl ist begrenzt! **JETZT ANMELDEN** unter [www.elektor.de/webinar](http://www.elektor.de/webinar)!

# Audio-DSP Kurs

## Teil 8: Digitaler Dynamikprozessor



Bei Orchester- und Big-Band-Musik ist der Unterschied zwischen der Dynamik des Orchesters und der verarbeitbaren Dynamik der elektroakustischen Wiedergabe oftmals groß. In diesen Fällen muss die Dynamik eingeschränkt oder, bildlich gesprochen, das Musiksinal verdichtet werden. Hier helfen Dynamikprozessoren, die diese Aufgabe mit reproduzierbaren Eigenschaften bewältigen können. Insbesondere die nahezu uneingeschränkte Speichermöglichkeit der Signale in der digitalen Audiotechnik lässt die Überlegenheit gegenüber analoger Audiotechnik erkennen. Ein digitaler Dynamikprozessor lässt sich mit dem in der Artikelserie vorgestellten DSP-Board realisieren.

Von Alexander Potchinkov (D)

Der Dynamikumfang (kurz Dynamik genannt) einer mit hochwertigen Mikrofonen aufgenommenen Musikdarbietung ist in vielen Fällen für die Verarbeitung in einer elektroakustischen Übertragungskette zu groß. Mit Dynamik bezeichnen wir die Differenz zwischen größtem und kleinstem Pegel eines Signals in einem betrachteten Zeitraum. In den Zeiten der Analogtechnik waren die Speichermedien Schallplatte und Magnetband meist die schwächsten Glieder in den elektroakustischen Übertragungsketten. So konnte man mit einer Schallplatte bei gut 40 dB Dynamik kaum eine Orchesteraufnahme mit bis zu 70 dB und vielleicht sogar bis zu 80 dB Dynamik speichern. Wenn man Übersteuerungen mit erheblichen Verzerrungen in der Folge vermeiden wollte, musste man leise Musikpassagen im Schallplattenrauschen untergehen lassen. Ein anderes Beispiel ist die Gebrauchsmusik für die Wiedergabe in Einkaufszentren oder in Gaststätten. Hier kann nur eine sehr geringe Dynamik, sogar deutlich weniger als 40 dB, verwendet werden, um den Kunden zum Kaufen oder zum Essen

und Trinken zu animieren und nicht durch aufdringliche Musik abzulenken oder gar zu vertreiben.

In beiden Fällen muss man die Dynamik der Musikaufnahme reduzieren, wozu man einen Dynamikprozessor verwenden kann, der in der Studioteknik als *Regelverstärker* bezeichnet wird. Eine Reduktion der Dynamik muss nicht notwendigerweise eine Aufnahme über die Maßen verschlechtern. So wird zum Beispiel die Wahrnehmung eines schreienden Menschen nicht in erster Linie durch die Lautstärke, sondern durch die Spektralcharakteristik seines Stimmsignals beeinflusst. Daher können auch Akteure im Fernsehen eindrucksvoll schreien, ohne dass wir gleich Beschwerden der Nachbarn wegen des Lärms in Kauf nehmen müssen.

### Signalverarbeitung im Dynamikprozessor

Ein Regelverstärker regelt unter definierten Bedingungen die Verstärkung und/oder Abschwächung in Abhängigkeit vom Pegel des Eingangssignals. Für den Aufbau in **Bild 1** benötigt man zwei Signalwege, die im Bild rot dargestellten *Signal-Chains* L(inks) und R(echts), in denen die Signalverstärkungen geändert werden können und möglicher-

weise eine einstellbare Signalverzögerung eingebaut ist, und die im Bild schwarz dargestellte *Side-Chain*, in der die Verstärkungsregelung ausgeführt wird.

So verfügt die *Side-Chain* über zwei Hauptkomponenten:

- *Pegelprozessor*, ein statisches oder zeitunabhängiges System, mit dem der gewünschte Verstärkungsfaktor aus dem Pegel des Eingangssignals berechnet wird. Er umfasst die Pegelermittlung und die statische Kennlinie, die den Zusammenhang zwischen Pegel und Verstärkung(smaß) herstellt.
- *Zeiteinheit*, mit der das Zeitverhalten des Dynamikprozessors erzielt wird, das heißt, die zeitliche Reaktion auf zu- und abnehmenden Pegel des Eingangssignals. Die damit korrespondierenden Zeit(konstant)en bezeichnen wir dem üblichen Sprachgebrauch folgend als Anstiegs- und Abfallzeit.

Ein Pegelprozessor, die besonders aufwendige Hauptkomponente eines jeden Dynamikprozessors, hat vier gebräuchliche Kennlinien, die auch miteinander kombiniert werden können:



• **Limitier:** Der Ausgangspegel wird auf einen vorgegebenen Wert begrenzt, womit beispielsweise ein Schutz vor Überlastung einer empfindlichen Komponente, zum Beispiel eines Hochtonlautsprechers, erreicht werden kann.

- **Kompressor:** Reduziert die Dynamik oberhalb eines einstellbaren Schwellwerts mit einer pegelabhängigen Verstärkungsreduktion um einen vorgebbaren Faktor, den Kompressionsfaktor.
- **Expander:** Hebt die Kompressorwirkung auf.
- **Noise-Gate:** Lässt das Signal mit einem Pegel unterhalb einer vorgebbaren Pegelschwelle nicht passieren beziehungsweise schaltet es stumm. Mit einem Noise-Gate kann man zum Beispiel Hintergrundrauschen unterdrücken, da nur Nutzsignale mit ausreichend großem Pegel passieren können.

Details zur digitalen Signalverarbeitung in der Side-Chain mit Angabe der Parameter sind in **Bild 2** dargestellt. Um das Bild nicht zu überladen, haben wir nur den Kompressor im Pegelprozessor dargestellt und auch nur eine Signal-Chain unter Weglassung des Hubstellers. Den ersten Block, den Spitzenwertgleichrichter, haben wir bereits bei der Vorstellung des Aussteuerungsmessers kennengelernt. Der Pegelprozessor enthält Pegelberechnung und Pegelrückrechnung sowie die Kompressorkennlinie. Die Verstärkungsfaktorglättung wird in der Signalverarbeitung als *exponentielle Glättung* bezeichnet, die in dieser Anwendung mit der Hysterese und zwei unterschiedlichen Zeitparametern modifiziert wurde. Unser Dynamikprozessor mit Limiter, Kompressor und Noise-Gate bietet die üblichen Einstellmöglichkeiten:

- Schwellwert  $T_N$  des Noise-Gates,
- Schwellwert  $T_C$  und Kompressionsfaktor  $R$  des Kompressors,
- Schwellwert  $T_L$  des Limiters,
- Anstiegs- und Abfallzeiten der Zeiteinheit,
- Signalverzögerungszeiten und
- Signalverstärkung in der Hubeinheit.

**Bild 3** zeigt den Pegelprozessor für Kompressor, Noise Gate und Limiter. Errechnet

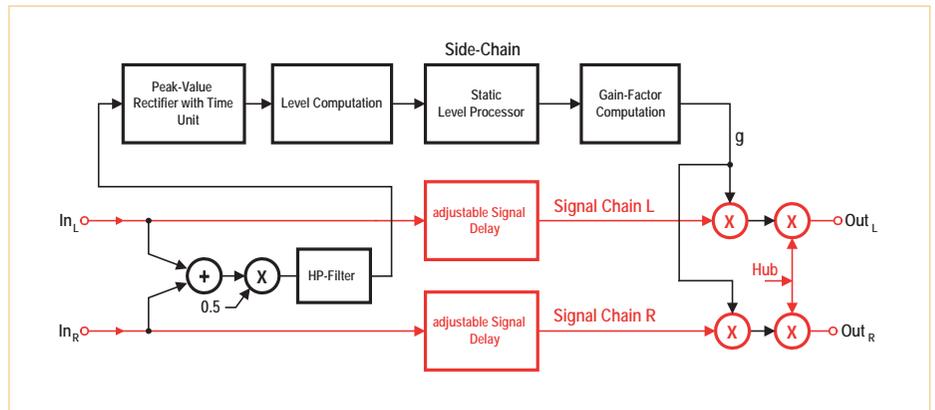


Bild 1. Blockbild der Signalverarbeitung im Zweikanal-Dynamikprozessor.

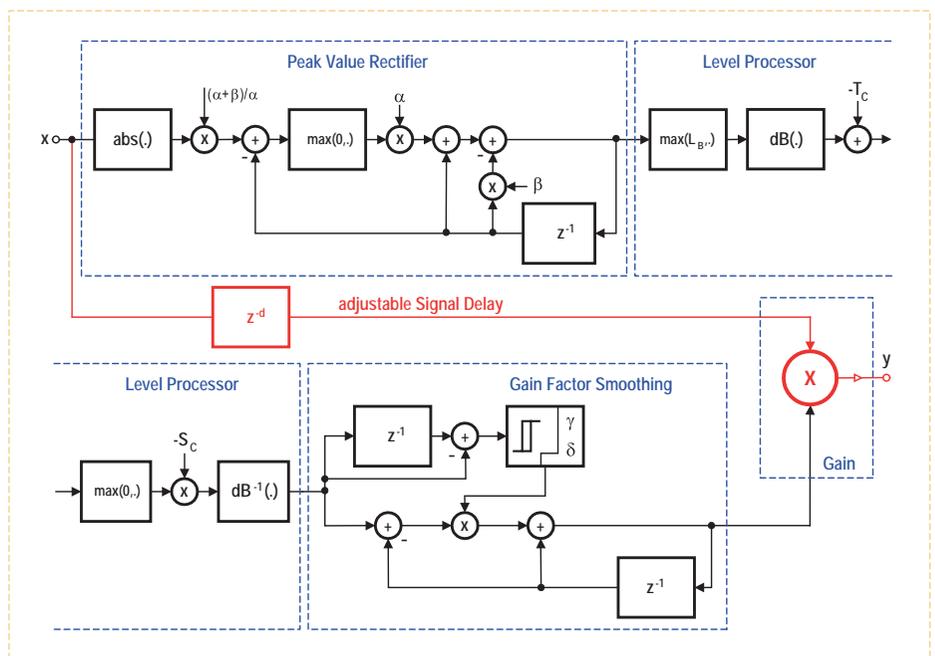


Bild 2. Digitale Signalverarbeitung im Dynamikprozessor am Beispiel des Kompressors.

wird in diesem Bild das Verstärkungsmaß  $P_g$ , das dem logarithmierten Verstärkungsfaktor  $g$  in Dezibel entspricht. Dieses Verstärkungsmaß  $P_g$  ist das Minimum der drei Verstärkungsmaße  $P_{gN}$ ,  $P_{gC}$  und  $P_{gL}$ , die den Systemen Noise-Gate, Kompressor und Limiter zuzuordnen sind.

Zusätzlich haben wir eine einstellbare Signalverzögerung vorgesehen, was auch den

Betrieb als *Transientenlimiter* ermöglicht. Dank der vorausschauenden Verstärkungsregelung (unter Inkaufnahme einer Signalverzögerung) lassen sich die Signalverzerrungen eines aktiven Dynamikprozessors erheblich reduzieren. So kann die Verstärkungsregelung „sanft“ und nicht mehr oder weniger abrupt erfolgen, ganz so wie durch einen Tonmeister am Mischpultregler, der

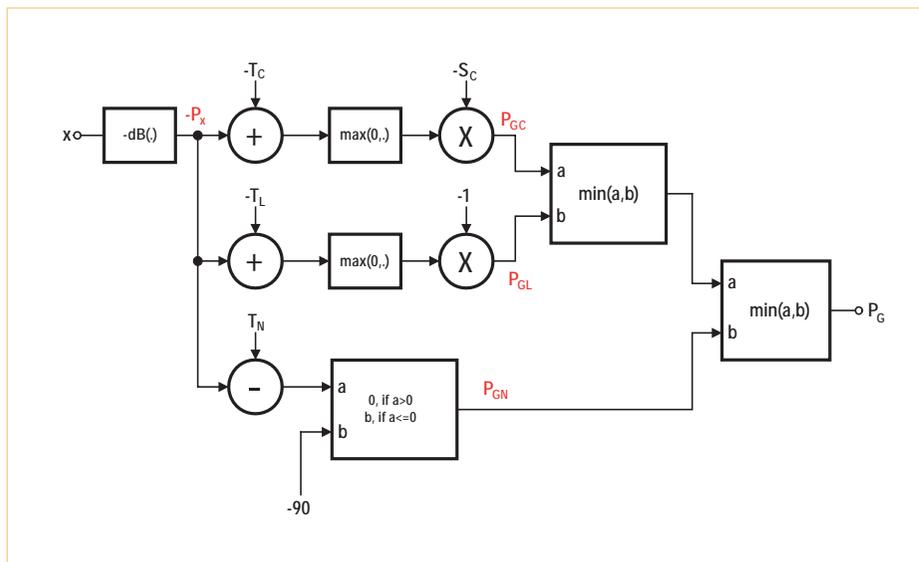


Bild 3. Digitale Signalverarbeitung im Pegelprozessor für Kompressor, Limiter und Noise-Gate.

das abzumischende Musikstück kennt und weiß, wann die lauten Passagen einsetzen, auf die er reagieren muss.

Die letzte Stufe der Signalverarbeitung ist der *Hub* (Verstärker), mit dem ein Verstärkungsverlust im Pegelprozessor ausgeglichen werden kann. Nehmen wir zum Beispiel an, dass der Kompressorschwellwert  $T_C$  auf  $-40$  dB eingestellt, der Kompressionsfaktor zu  $R=4$  gewählt und der Limiter nicht benutzt wird (indem wir den Limiterschwelwert auf  $T_L = 0$  dB setzen). Dann wird der Eingangsbereich von  $P_x = -40$  dB

bis  $P_x = 0$  dB mit einem  $\Delta P_x = 40$  dB auf den Ausgangsbereich von  $P_y = -40$  dB bis  $P_y = -30$  dB mit einem  $\Delta P_y = 10$  dB (wir definieren  $R = \Delta P_y / \Delta P_x = 4$ ) komprimiert. Der maximale Ausgangspegel beträgt also  $P_y = -30$  dB und wird erreicht, wenn der Eingangsbereich auf  $P_x = 0$  dB liegt. Dies ist der Verstärkungsverlust des Pegelprozessors, der mit dem Hub ausgeglichen werden kann. Der Hub kann in diesem Beispiel maximal  $30$  dB betragen, wenn das System nicht übersteuert werden darf. Das Beispiel zeigt, dass man den maximalen Hub durchaus berechnen kann, auch wenn man in

der Praxis die Einstellung meist nach dem Höreindruck vornimmt. Im DSP-Programm haben wir eine Hubeinstellung von  $21$   $3$ -dB-Schritten für einen Hubbereich von  $0$  dB bis  $60$  dB vorgesehen.

Die **Bilder 4 und 5** zeigen an zwei Beispielen den Kompressor bei der Arbeit. In **Bild 4** ist in der Mitte ein Eingangssignal dargestellt, das aus Nullaussteuerung und zwei Burstsignalen (geschalteter Sinus) mit Pegeln unterhalb und oberhalb der Kompressorschwelle besteht. Oben ist der Verstärkungsfaktor  $g$  zu sehen, der beim Hochpegel-Burst  $g < 1$  werden muss und während des anschließenden Niederpegel-Bursts entsprechend der Abfallzeitcharakteristik wieder gegen  $g = 1$  zu gehen hat. Ein Problem dieser Dynamikprozessoren wird unten im Bild sichtbar. Direkt nach Beginn des Hochpegel-Bursts ist die Verstärkung noch nicht sofort entsprechend reduziert, denn die Reaktion folgt mit der einstellbaren Anstiegscharakteristik. Dies hat eine kurze Übersteuerung zur Folge. Das beste Mittel gegen solche Übersteuerungen ist die einstellbare Signalverzögerung in den Signal Chains. **Bild 5** zeigt den Kompressor bei der Arbeit an einem Musikstück. In der Mitte sehen wir das unkomprimierte Eingangssignal. Oben ist der Verstärkungsfaktor

## Berechnungen im Pegelprozessor

Mit diesem Abschnitt zeigen wir, welche Berechnungen der Pegelprozessor am Beispiel der Defaulteinstellung ausführen muss. Die Parameterwerte in der Defaulteinstellung sind bereits im entsprechend bezeichneten Abschnitt aufgeführt worden. Wir führen eine weitere nützliche Größe ein, die sogenannte Kompressor-Neigung (Slope)  $S = 1 - 1/R$ , die für den Defaultfall den Wert  $S = 1/2$  annimmt. Wir bezeichnen mit  $P_x$  den Pegel des Eingangssignals, mit  $P_y$  den Pegel des Ausgangssignals und mit  $P_g = P_y - P_x$  das Verstärkungsmaß des Regelverstärkers. Die Dynamikprozessorkennlinie hat in unserem Fall vier Pegelbereiche, wovon in dreien jeweils eine der drei angewählten Dynamikbearbeitungen aktiv ist und in einem der Eingangs- dem Ausgangspegel entspricht, das Pegelprozessor-System also inaktiv ist.

1.  $P_x < T_N$ . Das **Noise-Gate** ist aktiv. In diesem Bereich wird das Ausgangssignal unterdrückt und es gilt  $P_y = P_{gN} = -\infty$ . In der Praxis wählt man für  $P_{gN}$  ein starkes Abschwächungsmaß, beispielsweise  $P_{gN} = -90$  dB, womit der Ausgang dann auch sicher „stumm ge-

schaltet“ wird.

- $T_N \leq P_x < T_C$ . Keine aktive Dynamikbeeinflussung. Es gilt  $P_y = P_x$  und somit  $P_g = 0$  dB.
- $T_C \leq P_x < T_L$ . Der **Kompressor** ist aktiv. In diesem Eingangsbereich wird die Dynamik um den Kompressionsfaktor  $R = 2$  reduziert. In diesem Betriebsbereich berechnen wir den Ausgangspegel zu:

$$P_y = T_C + (P_x - T_C)/R$$

und das Verstärkungsmaß zu:

$$\begin{aligned} P_{gC} &= P_y - P_x \\ &= T_C + (P_x - T_C)/R - P_x \\ &= T_C (1 - 1/R) + P_x (1/R - 1) \\ &= S T_C - S P_x \\ &= S (T_C - P_x). \end{aligned}$$

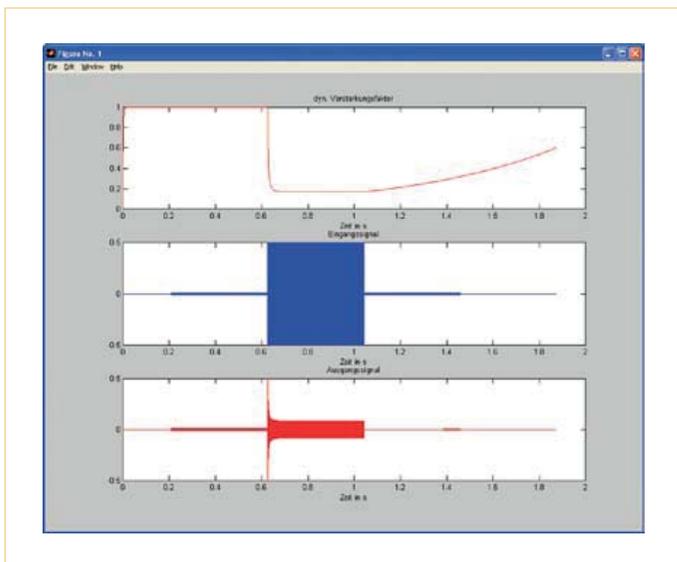


Bild 4. Test des Kompressors mit einem Burstsinal.

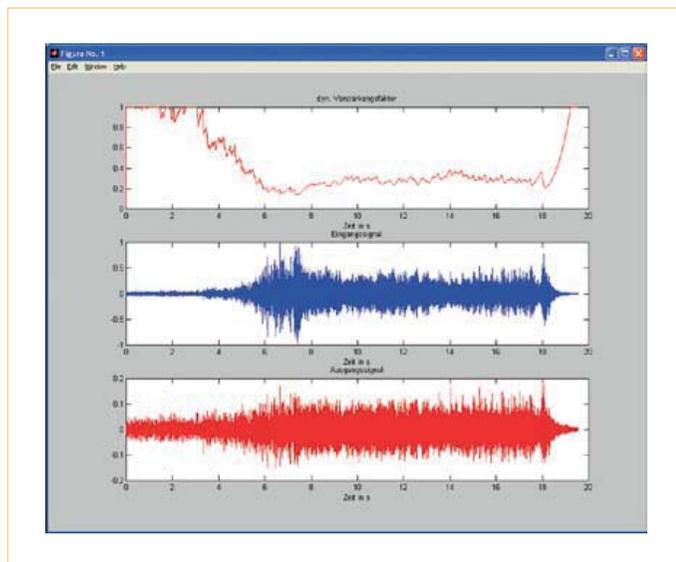


Bild 5. Anwendung des Kompressors auf ein Musiksignal.

abgebildet, der bei entsprechend hohen Eingangspegeln gemäß der Kompressorkennlinie reduziert wird. Unten ist das Ausgangssignal abgebildet. Man sieht deutlich, dass die leisen Passagen angehoben werden (genauer gesagt, die lauten Passagen abgesenkt werden und der Verstärkungsverlust durch den Hub ausgeglichen wird) und so das Signal „verdichtet“ wird. Insgesamt steigt so unter anderem die Lautheit des Signals, technisch ausgedrückt heißt das, dass das Verhältnis von Spitzen- zu Effektivwert kleiner wird und dass bei gleichbleibender Aussteuerung so der Effektivwert, also die Lautheit, steigt.

Der interessierte Leser mag einmal im Internet nach dem Begriff *loudness war* suchen. Man wird schnell fündig und erkennt sofort, wie wichtig mittlerweile Dynamikprozessoren sind.

### Unterprogramme in der Audioloop

Das DSP-Programm des Dynamikprozessors besteht aus fünf Unterprogrammen in der Audioloop, wie es **Bild 6** zeigt. Die oberen vier Unterprogramme dienen der Side-Chain und nur das untere den beiden Signal-Chains.

Das Unterprogramm *SignalConditioning* bereitet das Eingangssignal für die Side-Chain auf. Hierzu überlegen wir uns, dass man beim zweikanaligen Dynamikprozessor für die stereophone Wiedergabe eine Side-Chain für beide Kanäle verwendet, damit die Stereobalance nicht durch kanalunterschiedliche Verstärkungsfaktoren gestört wird. Aus diesem Grund wird die Side-Chain mit dem Summensignal beider Kanäle gespeist. Es ist nicht auszuschließen, dass so Übersteuerungen unentdeckt bleiben, was man zum Beispiel verhindern könnte, indem nicht der Mittelwert, son-

4.  $T_L \leq P_x$ . Der **Limitier** ist aktiv. In diesem Eingangspegelbereich wird der Ausgangspegel auf den Limiterschwelwert mit  $P_y = T_L$  begrenzt. Hierfür ist das Verstärkungsmaß  $P_{g_L} = T_L - P_x$  notwendig.

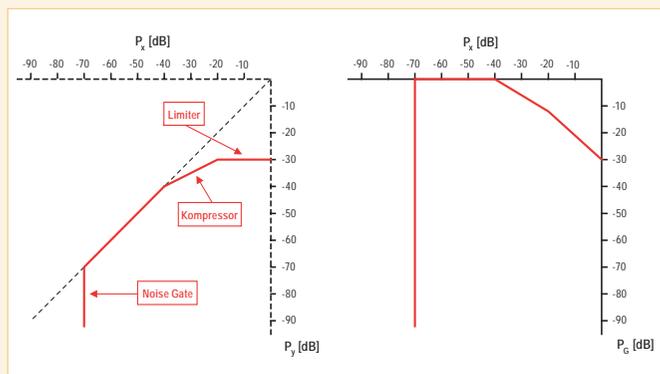


Bild 7. Eingangs- und Ausgangspegel sowie Verstärkungsmaß für die Defaulteinstellung.

Aus den drei angegebenen Verstärkungsmaßen wird mit  $P_g = \min(P_{g_N}, P_{g_C}, P_{g_L})$  das resultierende Verstärkungsmaß  $P_g$  berechnet, aus dem zuletzt im Pegelprozessor die Verstärkung  $g$  berechnet wird mit:

$$g = 10^{(P_g/20)}$$

Wir sehen, dass der Ausgangspegel nur im Bereich  $-70\text{dB} \leq P_y \leq -30\text{ dB}$  liegen kann, was einer Dynamik von  $40\text{ dB} = T_L - T_N$  entspricht. Wenn wir eine Eingangsdynamik von beispielsweise  $90\text{ dB}$  annehmen, wird diese durch den Pegelprozessor in der Defaulteinstellung auf eine Ausgangsdynamik von  $40\text{ dB}$  reduziert.

In **Bild 7** sehen wir für die Defaulteinstellung die Pegel  $P_x$  und  $P_y$  sowie das Verstärkungsmaß  $P_g$ . Mit dem Hub lassen sich die roten Kurven (Pegelprozessorkennlinie und Verstärkungsmaß) anheben, so dass beispielsweise der maximale Ausgangspegel  $P_{y,max} = 0\text{ dB}$  betragen könnte, wofür in diesem Fall ein Hub von  $30\text{ dB}$  (Limiterschwelwert) nötig wäre.

dem der Maximalwert beider Signale verwendet wird. Im Weiteren ist es besonders bei Mikrophonaufnahmen sinnvoll, mit einem zuschaltbaren Hochpassfilter tieffrequente Signale von der Side-Chain fernzuhalten. So erhält man eine *DeEsser*-Funktion, das bedeutet die Unterdrückung von S- bzw. Zischlauten von Sprechern, die ein Mikrophon aus der Nähe besprechen. Das Unterprogramm enthält die Summenbildung der beiden Eingangssignale und die anschließende Halbierung des Summenwerts sowie ein zuschaltbares Hochpassfilter mit den Grenzfrequenzen 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz. Das Zuschalten und die Festlegung der Grenzfrequenz erfolgt mit einem Parameter.

Das Unterprogramm *PeakValueRectifier* ist bereits im Artikel zum digitalen Aussteuerungsmesser vorgestellt worden. Hier nun wird der Spitzenwertgleichrichter mit Zeiteinheit ein- und nicht zweikanalig betrieben. Das Unterprogramm liest das Signal *Cond* und erzeugt das Signal *Rectified*. Im Weiteren sind die Parameter *Alpha*, *Beta* und *AlphaBeta* dieselben wie beim Aussteuerungsmesser. Das Unterprogramm *LevelProcessor* enthält den Pegelprozessor, die zentrale Signalverarbeitungseinheit im Dynamikprozessor. Er umfasst die drei Stufen:

- Logarithmierung zur Pegelberechnung  $P_x$ ,
- statische Kennlinie für den Vergleich von  $P_x$  mit den Schwellwerten  $T_N, T_C$  und  $T_L$  der Dynamikbeeinflussung und Berechnung des Verstärkungsmaßes  $P_g$  sowie
- Delogarithmierung zur Berechnung des Verstärkungsfaktors  $g$  aus dem Verstärkungsmaß  $P_g$ .

Das Unterprogramm wird mit dem Signal *Rectified* gespeist und erzeugt das Signal *Gain*, das den Verstärkungsfaktor  $g$  repräsentiert. Im Weiteren wird es mit den vier Parametern *MinusTL*, *MinusTC*, *PlusTN* und *MinusSC* aufgerufen, mit denen die Kennlinie des Pegelprozessors

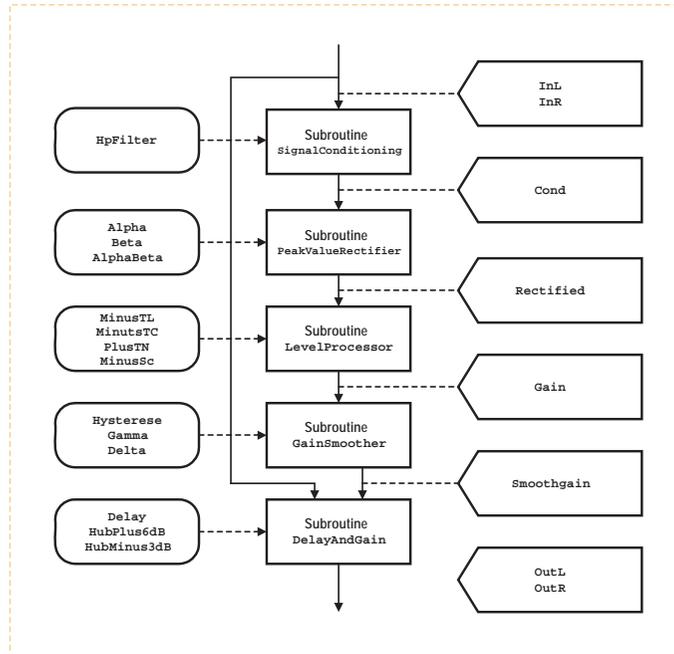


Bild 6. Unterprogramme und Signale in der Audioloop.

festgelegt wird. Die ersten drei Parameter entsprechen den skalierten Schwellwerten  $T_N, T_C$  und  $T_L$  und der vierte der Parameter wird aus dem Kompressionsfaktor  $R$  mit  $S = 1 - 1/R$  berechnet. Die Skalierungen für die Logarithmusberechnungen haben wir im vorangegangenen Artikel kennengelernt.

Die Logarithmierung entspricht der Logarithmierung des Aussteuerungsmessers, der zweiten DSP-Anwendung in dieser Artikelserie. Die statische Kennlinie ist ein wenig komplizierter. Es müssen zunächst drei Entscheidungen getroffen werden, da drei Dynamikbeeinflussungen (Noise-Gate, Kompressor und Limiter) vorgesehen sind. Wir unterstellen im Folgenden, dass die Schwellwerte mit  $T_N < T_C < T_L$  anwendungsgerecht gewählt wurden, das heißt, der Schwellwert für das Noise-Gate ist geringer als der für den Kompressor und dessen Schwellwert ist geringer als der für den Limiter. Es werden für einen eingespeisten Pegelwert  $P_x$  drei Überprüfungen vorgenommen und drei Verstärkungsmaße berechnet:

- Liegt der Pegelwert mit  $P_x < T_N$  unterhalb des Schwellwerts für das Noise-Gate? Wenn ja, ist das Noise-Gate aktiv und das Noise-Gate-Verstärkungsmaß  $P_{gN}$  wird auf ein sehr hohes Dämpfungsmaß, zum Beispiel -90 dB, gelegt.
- Liegt der Pegelwert mit  $P_x > T_C$  oberhalb des Schwellwerts für den Kompressor? Wenn ja, ist der Kompressor aktiv und das Kompressor-Verstärkungsmaß  $P_{gC}$  wird aus Schwellwert, Pegelwert und Kompressionsfaktor berechnet.
- Liegt der Pegelwert mit  $P_x > T_L$  oberhalb des Schwellwerts für den Limiter? Wenn ja, wird der Limiter aktiv und das Limiter-Verstärkungsmaß  $P_{gL}$  wird aus dem Pegelwert so berechnet, dass die Summe von Pegelwert und Verstärkungsmaß dem Limiterschwellewert entspricht.

Im Falle inaktiver Dynamikbeeinflussungen werden die entsprechenden Verstärkungsmaße auf 0 gesetzt. Zuletzt benötigen wir noch einen Minimumentscheider, der aus den drei Verstärkungsmaßen das kleinste auswählt, was dem höchsten Dämpfungsmaß entspricht. Dieser Wert, der auch Null sein kann für den Fall, dass alle drei Dynamikbeeinflussungen inaktiv sind, ist der gültige Wert. In der dritten Stufe des Pegelprozessors wird mit einer Delogarithmierung der Verstärkungsfaktor  $g$  berechnet. Hierzu verwenden wir ebenfalls die Näherung mit einem Polynom, so wie wir es in den vorangegangenen Artikeln mit der Sinus- und der Logarithmusfunktion durchgeführt haben.

Das Unterprogramm *GainSmoother* liest das Signal *Gain* ein und erzeugt das Signal *SmoothGain*. Es glättet den Zeitverlauf des Verstärkungsfaktors. Man kann sich gut vorstellen, dass Pegelstellvorgänge nicht abrupt erfolgen sollten, was einem „nervösen“ Bedienen eines Pegelstellers an einem Mischpult von Hand entspräche. Zusätzlich zur Glättung ist in diesem Unterprogramm noch eine Hysterese mit einstellbarem Schwellwert eingebaut, die dafür Sorge trägt, dass zu kleine Änderungen des

Tabelle 1. Integer-DSP-Programmparameter und ihre Defaultwerte				
DSP-Programm Parameter	Wertebereich	Wortlänge	Position	Defaultwert
HpFilter	[0,1,2,3]	24	Rechtsbündig	0
Delay	[0,1,...,511]	24	Rechtsbündig	128
HubPlus6dB	[0,1,...,10]	24	Rechtsbündig	4
HubMinus3dB	[0,1]	24	Rechtsbündig	0

Tabelle 2. Fractional-DSP-Programmparameter und ihre Defaultwerte			
Parameter und Default-Werte	DSP-Programm Parameter	Berechnung der DSP Programmparameter	Defaultwerte der DSP Programmparameter
$T_L = -30$ dB, $T_C = -40$ dB $T_N = -70$ dB, $R=2$ , $t_A = 10$ ms, $t_R = 100$ ms, $n_A = 480$ , $n_R = 4800$	MinusTL	$-T_L/192,6592$	0,2076205
	MinusTC	$-T_C/192,6592$	0,1557153
	PlusTN	$T_N/192,6592$	-0,36333588
	MinusSC	$S=1-1/R$	0,5
	Alpha	$\alpha=0,4234^{(1/n_R)}-0,649844^{(1/n_A)}$	0,00036018
	Beta	$\beta=1-0,4234^{(1/n_R)}$	0,00023982
	AlphaBeta	$\alpha_\beta=\beta/\alpha$	0,6658
	Gamma	$\gamma=1-\exp(-2.2 \cdot T/t_A)$	0,0046
	Delta	$\delta=1-\exp(-2.2 \cdot T/t_R)$	0,000458
	Hysterese	keine Berechnung, wird festgelegt	0,001

Verstärkungsfaktors nicht ausgeführt werden. Für den Aufruf des Unterprogramms werden zwei Parameter, Gamma und Delta, benötigt, mit denen das Zeitverhalten in Abhängigkeit von Anstiegs- und Abfallzeiten eingestellt wird.

Das Unterprogramm DelayAndGain enthält die beiden Signal-Chains und liest die Signale InL/R und SmoothGain ein und erzeugt die Ausgangssignale OutL/R. Es umfasst drei Stufen mit zweikanaliger Signalverarbeitung:

- einstellbare Signalverzögerung in beiden Signal-Chains,
- Verstärkungssteller und
- einstellbarer Signalhub.

Für die Signalverzögerung sind zwei Ring-speicher eingerichtet, die eine einstellbare Signalverzögerung von maximal 512 Abtastzeitintervallen ermöglichen. Bei einer Abtastfrequenz von  $f_T = 48$  kHz entspricht die kleinstmögliche Zeitverzögerung  $1/f_T = 20,83 \mu\text{s}$  und die größt-

mögliche  $512/f_T = 10,7$  ms. Der Verstärkungssteller multipliziert das Signal mit dem geglätteten Verstärkungsfaktor. Mit dem einstellbaren Signalhub lassen sich in 3-dB-Schritten die Verstärkungsverluste im Dynamikprozessor ausgleichen. Die Einstellung des Signalhubs erfolgt mit zwei Parametern. Der Parameter HubPlus6dB setzt die Verstärkung in elf 6-dB-Schritten. Mit dem Parameter HubMinus3dB kann man die Verstärkung mit einem Schalter um 3 dB reduzieren. Auf diese Weise kann der Hub in 3-dB-Schritten zwischen 0 und 60 dB eingestellt werden. Um zwei Beispiele zu geben, mit der Einstellung HubPlus6dB=4 und HubMinus3dB=0 beträgt der Hub 24dB, und mit der Einstellung HubPlus6dB=6 und HubMinus3dB=1 beträgt der Hub 33 dB.

### Defaultwerte der Parameter

In der Defaulteinstellung sind alle drei Dynamikbeeinflussungen in Betrieb. Unterhalb eines Pegels von  $T_N = -70$ dB arbeitet das Noise-Gate, oberhalb eines Pegels

von  $T_C = -40$  dB arbeitet der Kompressor mit einem Kompressionsfaktor von  $R = 2$ , und oberhalb eines Pegels von  $T_L = -30$  dB arbeitet der Limiter. Für die Berechnung der Zeitkonstanten müssen wir zwei Hilfsgrößen berechnen. Wir gehen von einer Abtastfrequenz von  $f_T = 48$  kHz oder von  $T = 1/f_T$ , dem Abtastzeitintervall, aus und berechnen für die Anstiegszeit  $t_A$  mit  $n_A = \text{round}(48000/t_A)$  und für die Abfallzeit  $t_R$  mit  $n_R = \text{round}(48000/t_R)$  die den Zeiten entsprechenden Vielfachen des Abtastzeitintervalls. Für die Defaultwert  $t_A = 10$ ms erhalten wir  $n_A = 480$  und für  $t_R = 100$  ms erhalten wir  $n_R = 4800$ . Mit diesen Angaben können wir die DSP-Parameter berechnen. Die Berechnungsschritte und die Defaultwerte haben wir in den beiden Tabellen 1 und 2 zusammengefasst.

Mit weiteren Parametern werden der Hub und die Hochpasscharakteristik eingestellt. Die Defaultwerte der beiden Hub-Parameter sind HubPlus6dB=4 und HubMinus3dB=0, womit ein Hub von 24 dB eingestellt wird. Wir wollen dies klarer

**Tabelle 3. Test des digitalen Dynamikprozessors**

Pegel $P_x$ in dBFs	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
Pegel $P_y$ in dBFs, Hub 0 dB	<-90	<-90	-70	-60	-50	-40	-35	-30	-30	-30
Pegel $P_y$ in dBFs, Hub 24 dB	<-90	<-90	-46	-36	-26	-16	-11	-6	-6	-6

**Tabelle 4. Programmdateien des digitalen Dynamikprozessors**

<b>DynaProc.asm</b>	<b>Hauptprogramm</b>
LogCoef.tab	Logarithmus-Polynomkoeffizienten
ExpoCoef.tab	Exponentialfunktions-Polynomkoeffizienten
Sidechain_Filter.tab	Koeffizienten der Digitalfilter in der Side-Chain
src4392.tab	Bytefolge zur Programmierung des SRC
ivt.asm	Einträge in die Interruptvektortabelle, Audio-Interrupts
esai4r2t.asm	Audio ISR, 4 Eingangskanäle, 2 Ausgangskanäle
mioequ.asm	Nützliches, Klarnamen für die DSP-IO-Adressen

herausstellen. Der Defaultwert des Limiterschwellwerts beträgt  $T_L = -30$  dB, womit der maximale Ausgangspegel  $P_y$  begrenzt wird. Mit dem Hub kann der maximale Ausgangspegel  $P_y = -6$  dBFs betragen, der auch bei Vollaussteuerung mit  $P_x = 0$  dBFs angenommen wird. Das Hochpassfilter wird mit dem Defaultwert  $H_{pFilter} = 0$  außer Betrieb gesetzt. Der Defaultwert für die Signalverzögerung beträgt  $Delay = 128$ , was einer Verzögerung von  $t_{VZ} = 128/f_T \approx 2,7$  ms entspricht.

Wegen der erheblichen Anzahl an einstellbaren Signalverarbeitungseinheiten benötigt das Programm 14 Einstellparameter. Hierunter sind Parameter wie  $MinusTC$  und  $MinusSC$ , die einen erheblichen Einfluss auf die Signalverarbeitung haben und auch Parameter wie  $Gamma$  und  $Hysterese$ , die eher dem Feintuning dienen. Eine nicht zu große Änderung an diesen letztgenannten Parametern wird man nicht gleich als Hörsensation wahrnehmen. Dem Leser bleibt hier viel Raum für Experimente. So kann man beispielsweise ein Waveeditoren-FFT-Fenster dazu benutzen, die Abhängigkeit der Klirrfaktoren von der eingestellten Signalverzögerung festzustellen. Hierzu ist der Parameter  $Delay$  einzustellen.

### Test des Dynamikprozessors

Um den Pegelprozessor zu testen, legen wir am besten eine digitale 1-kHz-Sinusschwingung mit in dBFs einstellbarem Pegel an den

Digitaleingang unseres DSP-Boards an. Die **Tabelle 3** enthält in der ersten Zeile Pegelwerte  $P_x$  zwischen  $-90$  dBFs und  $0$  dBFs in Schritten zu  $10$  dBFs für das Eingangssignal. In den Zeilen zwei und drei sind die korrespondierenden Pegel  $P_y$  des Ausgangssignals eingetragen, in der Zeile zwei zur Veranschaulichung der Zusammenhänge mit einem Hub von  $0$  dB und in der Zeile drei mit dem Default-Hub von  $24$  dB. In der Tabelle sind die unterschiedlichen Dynamikbereiche farblich hervorgehoben worden, schwarz für das Noise-Gate, blau im neutralen Bereich, grün für den Kompressor und rot für den Limiter. Die Angaben „-“ weisen auf einen verschwindenden Pegel hin, der je nach Sound-Erfassungssystem etwas unterschiedlich ausfallen kann, wenn zum Beispiel ein Dither-Signal (zusätzliches Rauschsignal) verwendet wird. Der Test der Zeiteinheit erfolgt mit Burst-Signalen, die man sich beispielsweise mit einem Wave-Editor erstellen kann. Diese Burstsignale können auch zum Test der einstellbaren Signalverzögerung verwendet werden.

### DSP-Programm und Ideen zur Erweiterung des Projekts

**Tabelle 4** listet die Softwarekomponenten für dieses Projekt auf. Benötigt werden zusätzlich zu den auch in den anderen Projekt- und Testprogrammen erforderlichen Dateien die Datei `DynaProc.asm`, das Hauptprogramm, die Datei `Log-`

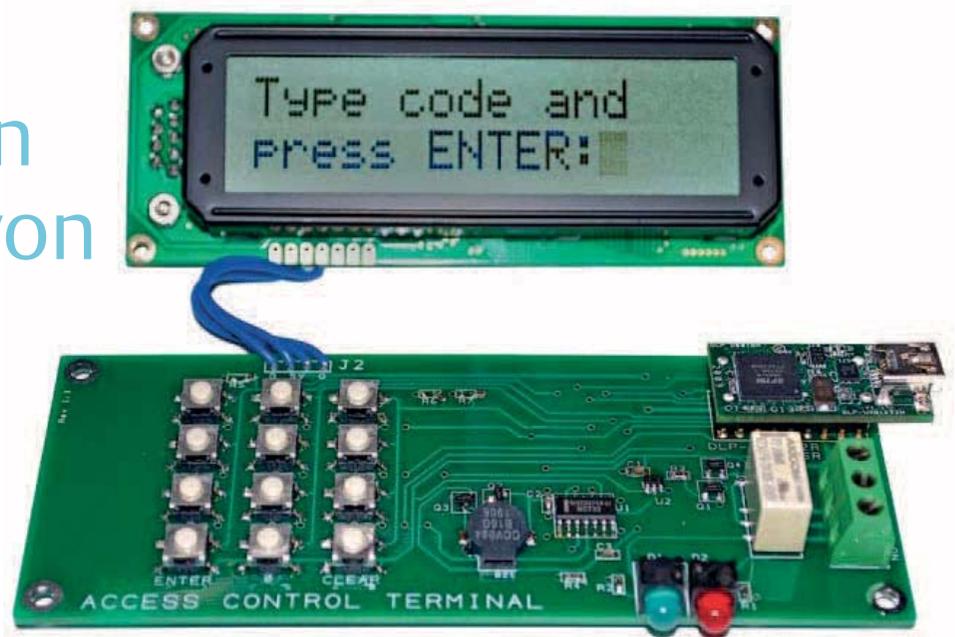
`Coef.tab`, in der die Polynomkoeffizienten für die Logarithmusfunktion abgelegt sind, die Datei `ExpoCoef.tab`, in der die Polynomkoeffizienten für die Exponentialfunktion abgelegt sind und die Datei `Sidechain_Filter.tab`, in der die Filterkoeffizienten für das zuschaltbare Side-Chain-Hochpassfilter abgelegt sind. Zum Schluss dieses Abschnitts sollen noch Ideen zur Erweiterung des Projekts gegeben werden. Eine „kleine“ Idee ist es, den Hub nicht in 3-dB-Schritten, sondern in 1-dB-Schritten einstellbar auszulegen. Komfortabel ist eine „Auto-Gain-Funktion“, das heißt, eine automatische Hubeinstellung derart, dass unabhängig von den gewählten Parametern der maximale Ausgangspegel auf  $P_y = 0$  dBFs eingestellt wird. Hierfür kann man beispielsweise in einer Initialisierung den Pegelprozessor einmalig mit Vollaussteuerung mit  $P_x = 0$  dBFs rechnen lassen und für den so ermittelbaren Maximalwert des Ausgangspegels den entsprechenden Hub-Wert berechnen.

Damit sind wir am Ende des DSP-Kurses angelangt. Wir hoffen, Sie haben viel gelernt und mit den drei Beispielanwendungen eine Vorstellung von den vielen Möglichkeiten erhalten, die ein DSP bietet. Wenn alles gut geht, werden wir auch noch einige vollständig ausgearbeitete Projekte mit dem im Kurs behandelten DSP veröffentlichen.

# Bit-Bang und das FTDI-USB-Modul

## Unbekannte Eigenschaften der USB-ICs von FTDI nutzen

Von Don Powrie (USA)



Dieser Artikel beschreibt Elektronik und Software für ein Code-Schloss bestehend aus einer numerischen Tastatur, einem LC-Display, einem Relais zur Ansteuerung eines Türöffners sowie einem USB-Interface. Das Projekt demonstriert gleichzeitig die Fähigkeiten des FTDI-Chips FT2232H und seinen Bit-Bang-Mode. Um diese Technik zu verstehen, muss man kein USB- oder Mikrocontroller-Experte sein!

Obwohl sich die USB-ICs von FTDI einfach einsetzen lassen, sollte man sich etwas mit ihrer Anwendung auseinandersetzen. Wenn man noch nie mit diesen Chips zu tun hatte, empfiehlt sich zum Beispiel die Lektüre früherer Beiträge des Autors [1].

Zurück zum Projekt: Die komplette Anwender-Software steckt in einer einzigen Applikation auf einem PC und das einzige IC, um das es hier geht, ist das FT2232H - und einige Logik-Gatter natürlich. Das eingesezte FTDI-Modul von DLP ist bei Distributoren wie zum Beispiel Digikey erhältlich.

### Bit-Bang-Grundlagen

Wenn der PC die zugehörigen USB-Treiber geladen hat, ist der Port für den Anschluss des USB-Moduls bereit, und der Bit-Bang-Mode kann aktiviert werden. Der Autor verwendet den Typ DLP-USB1232H, um

den Aufbau zu vereinfachen. Der in VC++ erstellte Source-Code für dieses Projekt kann von der Elektor-Webseite für dieses Projekt [2] herunter geladen werden. Der D2XX-Befehl für die Aktivierung des Bit-Bang-Modus ist `FT_STATUS status = FT_SetBitMode(m_ftHandle, 0x01, 0x01)`, wobei das Handle vom Aufruf zum Öffnen des Ports zurück gegeben wird. Der zweite Parameter gibt an, welche der acht Datenleitungen Ein- oder Ausgänge sind, und der dritte Parameter definiert den initialen Pegel der Ausgänge.

Zur Abfrage des Status der Eingänge dient die Funktion `FT_GetBitMode(m_ftHandle, &data)`. Der Parameter „data“ zeigt auf den aktuellen Status der Eingänge. Wichtig zu wissen ist, dass diese Funktion den momentanen Eingangszustand erfasst. Umgekehrt aber erscheinen die via `FT_Write()` an die

Ausgänge übergebenen Daten dort nicht sofort. Stattdessen erscheinen die Daten mit einer festgelegten Update-Rate. Wenn nämlich die Update- und somit die Baud-Rate beispielsweise auf 9600 eingestellt ist und man mehrere Bytes auf einmal ausgeben will, erscheinen diese Bytes seriell mit einem zeitlichen Intervall von 104  $\mu$ s, bis alle Bytes ausgegeben sind.

Die USB-Chips von FTDI konnten das schon immer. Doch mit der Einführung der neuen Hochgeschwindigkeits-Chips kann nun die Update-Rate exakt eingestellt werden. Jetzt können bis zu acht serielle Datenströme generiert werden, mit denen sich serielle Geräte mit stabilem Takt ansteuern lassen. Der nachfolgende Code demonstriert die Einstellung der Baud-Rate, wie sie vom LCD-Modul und dem seriellen TTL-Interface für dieses Projekt benötigt wird:

```
div = 0x8c30;//35888 decimal for 19200 baud to LCD with 0.6% error
status = FT_SetDivisor(m_ftHandle, div);
```

Man beachte, dass serielle Daten mit einer stabilen Datenrate lediglich ausgegeben werden können. Unglücklicherweise können keine seriellen Antwort-Daten über einen Eingang eingelesen werden. Man benötigt einen zweiten Kanal des USV-ICs, um Daten zu empfangen. Für dieses Projekt ist das kein Problem, da hier lediglich ein LCD-Display (Crystalfontz America # CFA632-YFB-KS) mit seriellen TTL-Daten angesteuert

wird. Dabei wird keine Antwort eingelesen. Da man insgesamt acht I/O-Leitungen mit einstellbaren Baud-Raten betreiben kann, ist das Modul für dieses Projekt voll ausreichend.

**Eine 8-bit-Variable**

Die PC-Applikation verwaltet alle Ein- und Ausgänge inklusive des seriellen Datenstroms für das LCD mit einer einzigen

8-bit-Variablen. Um den Status der Eingänge einzulesen, verwendet man die Funktion FT\_GetBitMode() und maskiert die Rückgabe-Variable entsprechend, um ein bestimmtes Bit zu erhalten. Um den Zustand der Ausgänge zu ändern, muss man also zunächst den aktuellen Status der Leitungen in eine 8-bit-Variable einlesen, diese gezielt ändern und dann wieder ausgeben. Das passt für einzelne Datenausgaben. Doch

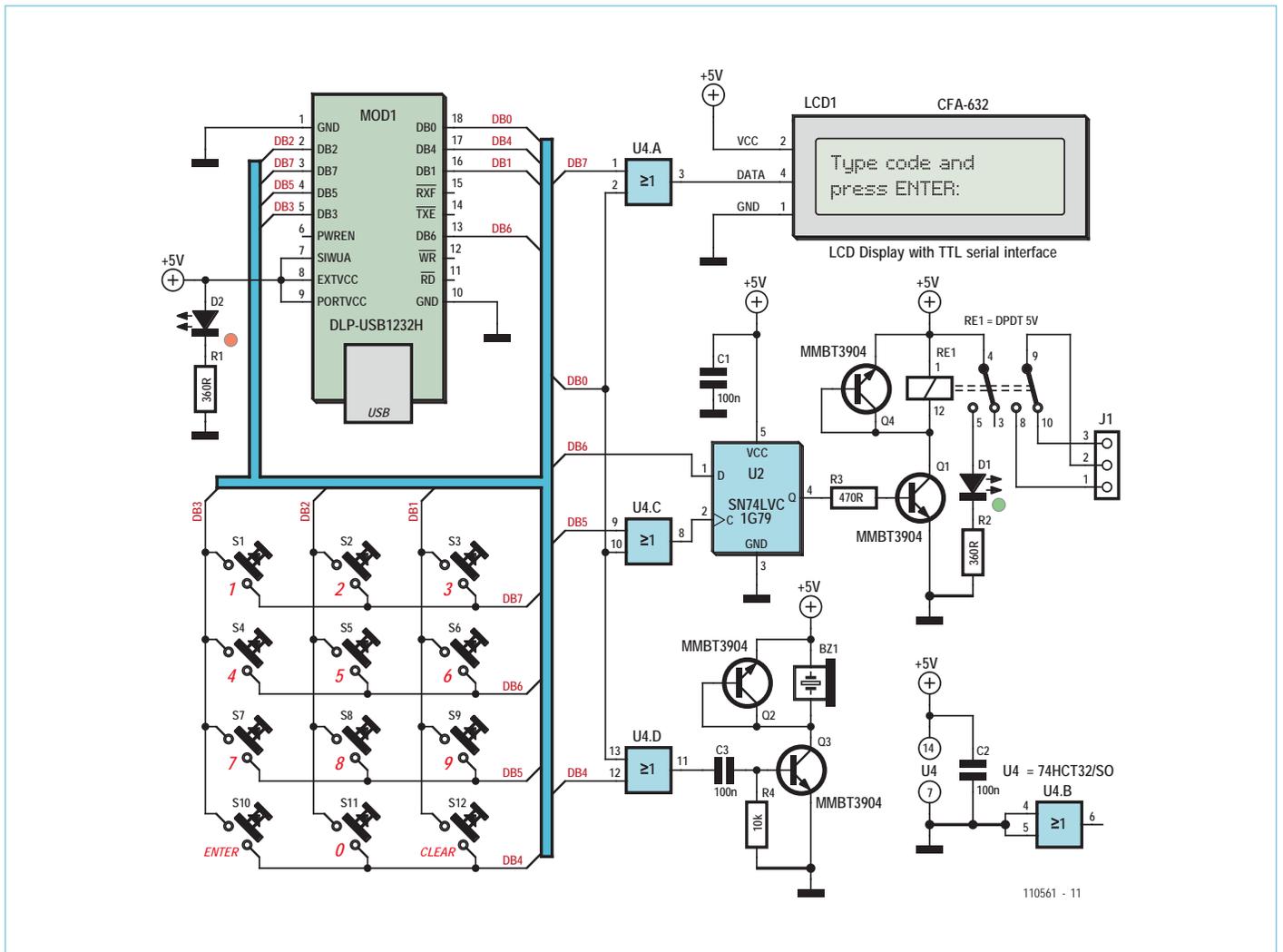


Bild 1. Das Modul DLP-USB1232H steuert ein Code-Schloss im Bit-Bang-Mode.

wie gibt man 200 Byte seriell auf einer Leitung aus, ohne die anderen sieben zu beeinflussen? Genau: Man nehme einen Puffer von 1.600 Byte, bei dem jedes Byte für ein einzelnes Bit steht und entsprechend manipuliert wird, und gibt diese Daten mit einer festgelegten Rate aus, indem man den kompletten Puffer mit der Funktion FT\_Write() Funktion bearbeitet. Mühselig? Ja! Aber Computer erledigen nervtötende Dinge besonders gerne. Und man muss die Software für die Ausgabe serieller Datenströme schließlich nur einmal schreiben ;-)

**Hardware**

**Bild 1** zeigt die recht übersichtliche Schaltung. Für die Abtastung der zwölf Taster der numerischen Tastatur sind schon sieben der acht I/O-Leitungen nötig. Dabei treiben DB4, DB5, DB6 oder DB7 nacheinander die Reihenleitungen und mit DB1, DB2 und DB3 werden dann die Spalten ausgelesen. Wenn ein Taster gedrückt wurde, wird die entsprechende Spaltenleitung auf „Low“ gezogen. Der Pegel von DB0 entscheidet, ob man gerade die Tastatur abfragt oder aber die „Geräte“ LCD, Relais und Summer ansteuert. Bei DB0 = „High“ blockieren OR-Gatter die Ansteuerung dieser Geräte. Bei DB0 = „Low“ wird die Tastatur ignoriert und die Daten von DB4...DB7 gelangen an die Geräte.

Nun liegt die Vermutung nahe, dass man nicht gleichzeitig die Tastatur abfragen und die Geräte steuern kann. Die PC-Applikation entschärft das Problem, indem nach

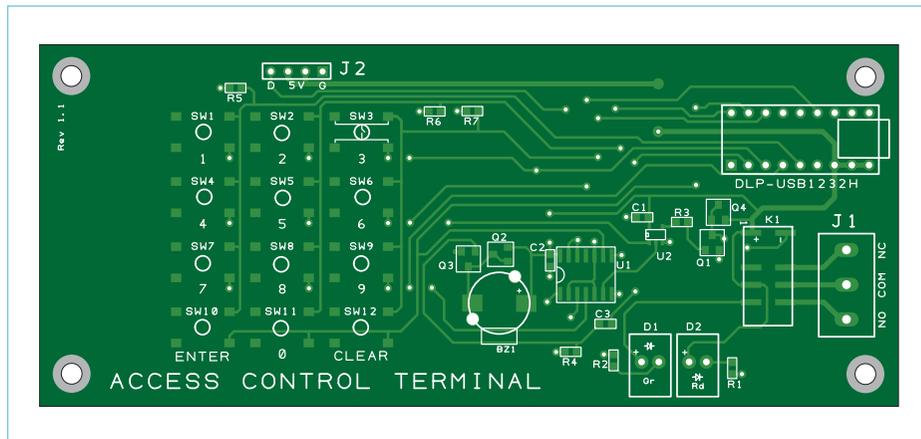


Bild 2. Bestückungsplan der Platine des Code-Schlosses. Die Gerber-Dateien stehen unter [2] zur Verfügung.

jedem Tastendruck auf das Loslassen der Taste gewartet wird, bevor es weiter geht. Auch wenn man nahezu immer einen Weg zur Umgehung eines Systems findet (sofern man intensiv danach sucht) sollte dies bei einem System zur Sicherung eines Zugangs nicht so einfach möglich sein. Und wenn hier jemand einfach lange auf einer Taste bleibt, kommt er niemals in den geschützten Bereich.

Die Layout-Dateien für die Platine zu diesem Projekt können im Gerber-Format ebenfalls von [2] herunter geladen werden. Der Bestückungsplan ist in **Bild 2** dargestellt.

**Bit-Bang++...+?**

Die erste Überlegung des Autors war ein Projekt mit acht seriell angesteuerten LCDs, die von einem PC mit den acht I/O-Leitungen im Bit-Bang-Mode angesteuert werden. Das hätte zwar prima funktioniert, wäre aber keine richtige Herausforderung gewesen. Außerdem wäre es auch recht

teuer geworden. Im Bit-Bang-Mode kann man sehr gut alltägliche Dinge wie zum Beispiel acht Relais ansteuern oder schlicht digitale Signale generieren. Wer Abenteuer liebt, kann damit sogar SPI-Geräte wie A/D- oder D/A-Konverter betreiben. Der eigentliche Charme der hier gezeigten Lösung liegt darin, dass nicht einmal ein Mikrocontroller erforderlich ist, sodass man keine Firmware entwickeln muss, um etwas per USB zu steuern. Der Bit-Bang-Mode ist eine einfache und preiswerte Lösung, bei dem lediglich der PC eine passende Software zur Steuerung externer Geräte benötigt.

(110561)

**Weblinks**

- [1] [www.dlpdesign.com/pub.shtml](http://www.dlpdesign.com/pub.shtml)
- [2] [www.elektor.de/110561](http://www.elektor.de/110561)

—Anzeige



7. Januar 2011  
www.elektor.de

**Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!**

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

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



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

# LED ersetzt Glühlämpchen

Von Co Slokker (NL)

Die meisten konventionellen Signallampen sind inzwischen als elektrisch und mechanisch kompatible LED-Ausführungen erhältlich. Die LED ist zusammen mit dem Vorwiderstand in einem Gehäuse gleicher Bauform untergebracht. An vielen Einsatzorten, beispielsweise in Fahrzeug-Cockpits, kann das Umgebungslicht stark wechseln. Da das Auge nicht geblendet werden darf, wird die Signallampen-Helligkeit bei Dunkelheit abgesenkt. Meistens geschieht dies durch Zuschalten eines zweiten Vorwiderstands. Eine LED-Ausführung, die das Glühlämpchen ersetzt, leuchtet bei abgesenkter Helligkeit immer noch viel zu stark. Ursache sind die recht unterschiedlichen Eigenschaften von LEDs im Vergleich zu Glühlämpchen.

Wenn diese unterschiedlichen Eigenschaften berücksichtigt werden, lassen sich auch LED-Signallampen wirksam dimmen. Als Beispiel dient hier eine grüne CML StarLED des Typs 1507145G3 mit einem Standard-Glühlämpchen 28 V/45 mA als Vergleichsobjekt. Der erste Vergleich gilt der Funktion des Stroms in Abhängigkeit von der Spannung. Anschließend wird die relative Helligkeit in dunkler Umgebung als Funktion der anliegenden Spannung gemessen. Das Diagramm in **Bild 1** zeigt die Ergebnisse:

- Verglichen mit dem Glühlämpchen leuchtet die LED bei 28 V mit ungefähr vierfacher Helligkeit, während die Stromaufnahme nur rund ein Drittel beträgt.
- Die Stromaufnahme des Glühlämpchens verläuft stark nichtlinear, bei der LED ist oberhalb des Schwellenwerts fast Linearität vorhanden.
- Die relative Helligkeit des Glühlämpchens nimmt exponentiell zu, die LED verhält sich zuerst näherungsweise linear, danach wird der Anstieg allmählich flacher.

Um die Helligkeit des Glühlämpchens herabzusetzen, wird ihm ein Widerstand vorgeschaltet. Aus der Grafik geht hervor, dass hier bei 12 V noch etwa 28 mA fließen, während die Helligkeit fast Null ist. In diesem Fall beträgt der Vorwiderstand  $(28\text{ V} - 12\text{ V}) / 28 \cdot 10^{-3}\text{ A} = 571\ \Omega$ . Die Helligkeit der LED ist bei 12 V noch nicht einmal auf die Hälfte gesunken. Bei 12 V beträgt der relative Helligkeitswert  $14,5\text{ mS}^*$  (siehe Anmerkung), bei 28 V waren es  $27,4\text{ mS}$ .

Messungen ergaben, dass Glühlämpchen und LED bei 12 V die gleiche Helligkeit  $6,8\ \mu\text{S}^*$  haben, wenn durch die LED ein Strom von  $24\ \mu\text{A}$  fließt. Damit ist der LED-Strom um mehr als den Faktor 1000 niedriger als der Glühlämpchen-Strom. Der LED-Vorwiderstand muss  $(28\text{ V} - 2,5\text{ V}) / 24 \cdot 10^{-6}\text{ A} - 1800\ \Omega \approx 1\text{ M}\Omega$  betragen, ein Vielfaches des Glühlämpchen-Vorwiderstands von  $571\ \Omega$ !

Die Schaltung in **Bild 2** ist eine Helligkeitsregelung für die beiden getesteten StarLEDs. Da diese LEDs bei 6 V die gleiche relative Helligkeit wie die Glühlämpchen bei 28 V haben, genügt als Energiequelle eine 9-V-Batterie. Mit Schalter S1 kann man zwischen der Regelung mit dem LDR und der Steuerung von Hand (mittels Potentiometer) umschalten. In der dritten Stellung des Schalters ist die Schaltung außer Betrieb. Bei selbsttätiger Regelung hängt der Strom durch den doppelten Stromspiegel (T1...T3) vom LDR ab.

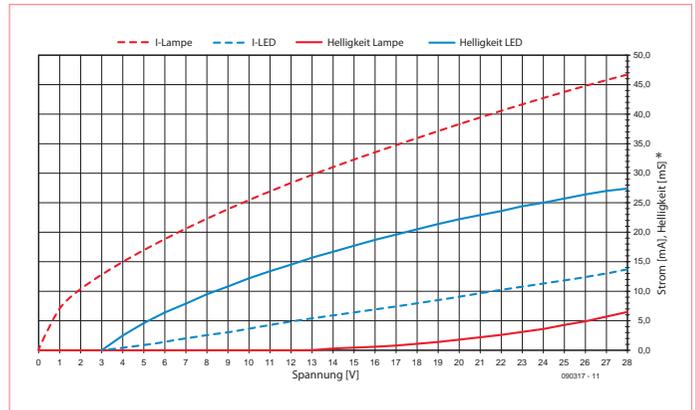


Bild 1. Helligkeit von LED und Glühlämpchen als Funktion der Spannung.

## \* Anmerkung:

Die relativen Helligkeiten wurden mit einem älteren Helligkeitsmesser durchgeführt, der einen weiten Messbereich besitzt. Der Sensor ist ein lichtempfindlicher Widerstand (LDR, Light Dependent Resistor), das Material ist Cadmiumsulfid (CdS). Sein Wert beträgt einige hundert  $\text{M}\Omega$  bei absoluter Dunkelheit, er sinkt mit zunehmender Beleuchtungsstärke. Die in mS oder  $\mu\text{S}$  (Milli- oder Mikro-Siemens) gemessenen Werte beziehen sich auf die von der Beleuchtungsstärke abhängige Leitfähigkeit des LDR. Das vergleichende Messen relativer Helligkeiten mit LDRs ist nicht absolut zuverlässig bei Lichtquellen, die unterschiedliche spektrale Charakteristiken aufweisen. Auch die spektrale Charakteristik des LDR hat Einfluss auf die Messergebnisse.

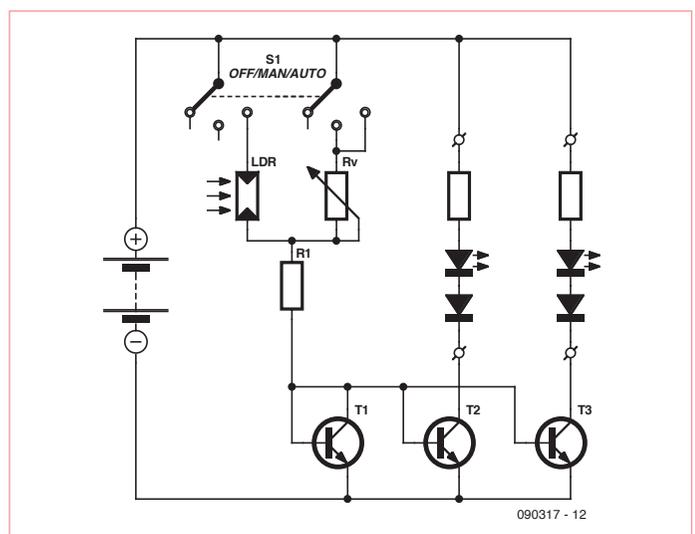


Bild 2. Die LED-Helligkeit kann vom LDR oder von Hand gesteuert werden.

Der Strom durch eine LED ist gleich dem Strom, der durch R1 fließt. Der LDR muss vom LED-Licht abgeschirmt sein, anderenfalls ist ein Aufschaukeln bis zur maximalen Helligkeit möglich.

Mit S1 in Stellung „Handsteuerung“ lässt sich auch die untere Helligkeitsgrenze der selbsttätigen Regelung einstellen. Der Widerstand des LDR steigt bei absoluter Dunkelheit verzögert auf einige hundert M $\Omega$ , so dass die LED-Helligkeit nur noch von R<sub>V</sub> abhängt.

Nachdem sich die Augen an die Dunkelheit angepasst haben, kann mit R<sub>V</sub> der untere Helligkeitswert eingestellt werden. Ein Potentiometer mit logarithmischer Charakteristik erleichtert das Einstellen in diesem Helligkeitsbereich. Steht S1 in Stellung „Auto“, ist kein weiteres Einstellen nötig. Das Potentiometer kann dann durch einen äquivalenten festen Widerstand ersetzt werden. Andere LED-Typen können das Anpassen der Werte erforderlich machen.

(090317)gd

## Schnell noch speichern!

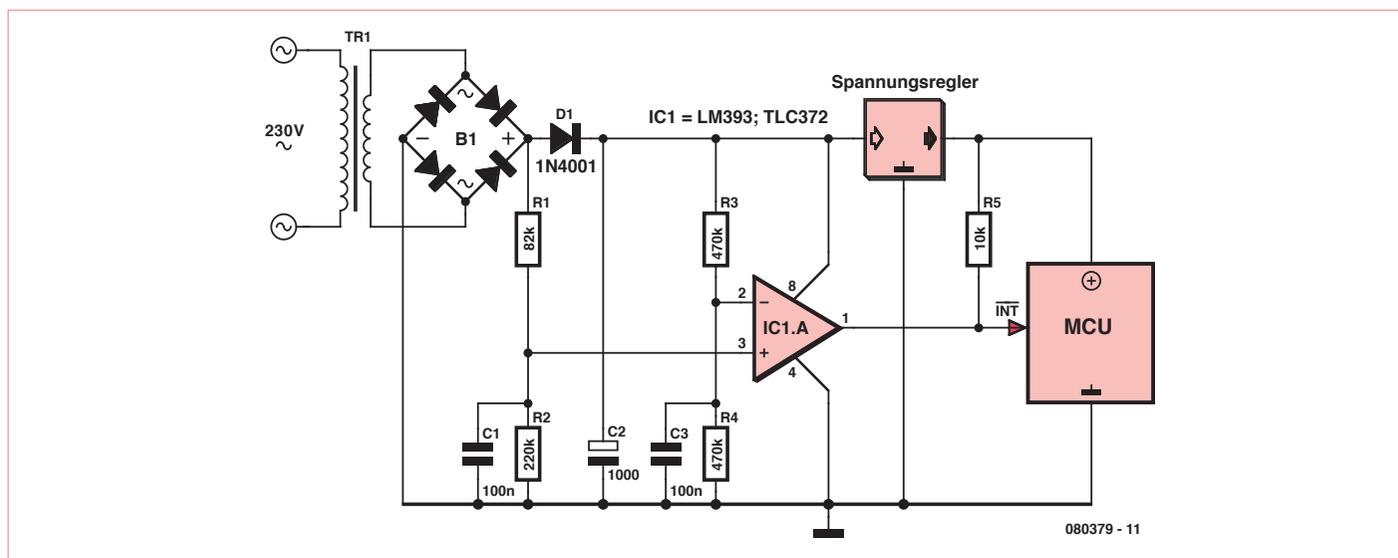
Von Rainer Reusch

Das EEPROM eines Mikrocontrollers wird gerne dazu benutzt, Betriebsdaten und Geräteeinstellungen festzuhalten, damit sie nach dem erneuten Einschalten des Geräts wieder zur Verfügung stehen. Da die Anzahl der Schreibzyklen für das EEPROM einer Grenze unterliegt, ist es nicht immer sinnvoll, jede Änderung sofort zu speichern, sondern erst beim Ausschalten alles schnell noch zurück zu schreiben. Dazu muss die Betätigung des Netzschalters oder ein Spannungsausfall allerdings erkannt werden. Dafür wurde die hier gezeigte Lösung entwickelt.

Die Schaltung besteht im Grunde aus den klassischen Komponen-

Spannungsteilers ist. Der Komparator erzeugt dann an seinem Ausgang einen High-Pegel.

Wird die Netzspannung abgeschaltet, fällt die Ausgangsspannung am ersten Spannungsteiler sehr schnell ab, weil die Zeitkonstante recht klein gewählt wurde. Durch den Glättungskondensator (C2) bleibt die Spannung hinter der Diode D1 noch für eine gewisse Zeit erhalten. Der Komparator liefert jetzt einen Low-Pegel, der einen Interrupt im Mikrocontroller auslöst. Dieser Interrupt ist für ihn der Startschuss für die Datenrettungsaktion. Ihm bleibt so lange Zeit, wie der Glättungskondensator C2 Energie liefert. Das heißt, C2 muss groß genug dimensioniert sein! Gegebenenfalls schaltet man mit dem Mikrocontroller zuerst einmal ein paar angeschlossene Ver-



ten eines linear geregelten Netzteils (Brückengleichrichter, Glättungskondensator und Spannungsregler). In den Versorgungszweig wird lediglich eine zusätzliche Diode (D1) eingebracht. Im Normalbetrieb liegt an den Ausgängen der Spannungsteiler – und somit an den Eingängen des Komparators IC1 – eine geglättete Gleichspannung. Der erste Spannungsteiler (R1, R2, C1) muss so dimensioniert sein, dass seine Ausgangsspannung (0,5 bis 1V) etwas höher als die Ausgangsspannung des zweiten

braucher (Leuchtdioden, Relais etc.) ab, um etwas Zeit zu gewinnen. Die gezeigte Schaltung ist im Prinzip auch für batterie- bzw. akkuvorsorgte Geräte geeignet (Trafo und Brückengleichrichter entfallen dann natürlich). In diesem Fall kann der Kondensator C1 weggelassen werden. Der Kondensator C3 ist grundsätzlich nicht zwingend erforderlich. Er verhindert allerdings einen kurzen Low-Impuls beim Einschalten.

(080379e)

# Elektor-Vorverstärker „Consonant“ (1978)

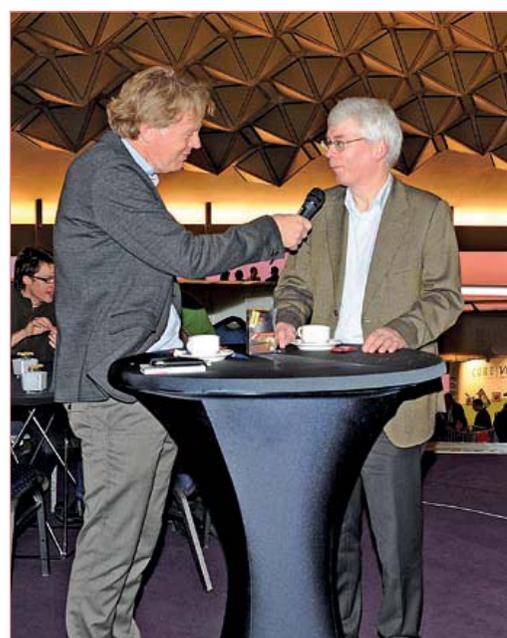
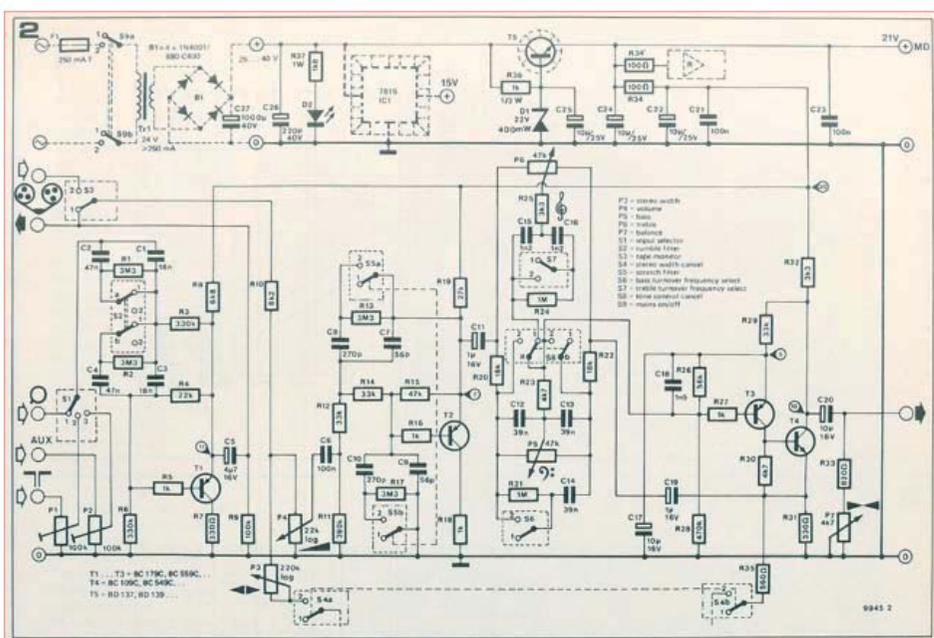
Von Jan Buiting (Elektor UK/US)

Der Beitrag dieses Monats hat seinen Ausgangspunkt auf der Veranstaltung Elektor Live! im November 2011, reicht aber zurück bis ins Jahr 1978.

Mit Henk van Houten wurde ein hochrangiger Philips-Mitarbeiter zur Elektor Live! in Eindhoven (NL) eingeladen. Van Houten, seines Zeichens „Executive President & General Manager Philips Research“,

etwa zwei Elektor-Seiten an. „Es hatte eine Stereo-Basisbreiten-Einstellung, aber an mehr Details kann ich mich nicht mehr erinnern, außer, dass es ein großartiges Projekt war“ erläuterte er. Und da Wisse Hettinga erst etwas über fünf Jahre im Elektor-Team ist, konnte er leider auch nicht direkt weiterhelfen.

Als dann das Videomaterial des Interviews geschnitten wurde, forschten zwei nicht ganz so hochrangige (dafür aber dienstältere) Redakteure, nämlich Harry Baggen und ich, im Archiv nach diesem Projekt, damit unser Kameramann Patrick den korrekten Namen



kam an und unternahm zunächst einen Rundgang durch die Elektor-Hausmesse, was angesichts der Form des Evuon genannten Gebäudes durchaus wörtlich zu nehmen ist. Dieses 1966 erstellte Bauwerk symbolisiert den architektonischen Fortschritt in einer Zeit, als Philips einer der dominierenden Konzerne in den Niederlanden war. Von außen erinnert es sehr an eine fliegende Untertasse... Zwei Mitglieder des Elektor-Teams begleiteten Henk van Houten auf seiner Runde und angeregt von der Atmosphäre begann dieser von „richtiger“ Elektronik zu schwärmen, erinnerte sich an den 2N3055 und an das Bohren von Platinen. In einem Interview [1] mit dem internationalen Elektor-Chefredakteur Wisse Hettinga outete sich Herr van Houten als früherer Elektor-Leser und schwärmte von den alten Zeiten, in denen er sich als Student mit Audio- und Radio-Schaltungen beschäftigt hatte. Während des Interviews war ihm der Name „eines Elektor-Audio-Projekts mit einer großen Platine“ entfallen. Dabei deutete er mit seinen Händen eine Größe von

sowie das Erscheinungsdatum einfügen konnte. Harry war „Erster“: Der Hinweis „Stereo-Basisbreiteneinstellung“ führte ihn schnell zu einem Vorverstärker namens „Consonant“ aus dem Jahr 1978.

Eigentlich wäre hier die Geschichte schon zu Ende. Doch als ich nach dem Elektor-Live Event wieder im Elektor-House (Schloss Limbricht) war, wurde ich in unserer Asservatenkammer auf dem Dachboden fündig: Ein Labormuster des Consonant-Vorverstärkers hatte alle Umzüge in 33 Jahren überstanden. Herr van Houten hatte nicht übertrieben, denn der Consonant war wirklich ziemlich groß geraten. Da Elektor damals eine fertig bedruckte Frontplatte anbot, sah er auch ziemlich professionell aus. „Irgendwas von Sanyo/Kenwood/Sony aus den 80er Jahren?“ vermuteten jüngere Kollegen.

Die Bauanleitung des Consonants wurde in Elektor Juni 1978 veröffentlicht und belegte stattliche 11 Seiten im Heft. Er befand sich in guter Gesellschaft: In der gleichen Ausgabe wurden eine Temperaturregelung für Lötkolben und zwei Anwendungen für den SC/MP

beschrieben, den ersten Selbstbau-Computer mit Mikroprozessor in Elektor überhaupt; doch das ist ein anderes Thema.

Der Name „Consonant“ folgt einer Elektor-Tradition, in der Audio-Projekte auf Namen aus der Musikwelt wie Crescendo, Prelude oder Fidelio getauft wurden. Consonant transportiert einige Konnotationen: Musikalisch gesehen bezeichnet er das, was man hören möchte, denn der Rest wäre ja dissonant. Von daher passte er sehr gut in die Tradition. Linguistisch betrachtet mag das anders sein. Die lateinische Vorsilbe „con“ bedeutet „mit“ und das Verbum „sonare“ meint „klingen“. Unabhängig davon dass „Konsonant“ im Deutschen der Gegenpart von „Vokal“ ist, dürfte irgendetwas das „nur“ mitklingt, folglich nicht original ist, eher Assoziationen mit Ungewolltem wie Brummen, Dröhnen oder Scheppern wecken...

Der 1978er Artikel klingt nicht unbedingt nach Musik in meinen Ohren. Er ist ziemlich trocken und beginnt mit: „Die wichtigsten Überlegungen beim Entwurf dieses Vorverstärkers waren:

1. Der Verstärker muss einfach nachzubauen sein; nicht nur im Hinblick auf die Beschaffung der Bauelemente, sondern auch in Bezug auf den mechanischen Zusammenbau; der elektrischen Nachbausicherheit galt die besondere Aufmerksamkeit.

2. Der Bedienkomfort soll hohen Ansprüchen genügen, das bedeutet, dass die Bedienelemente logisch aufeinander folgen und übersichtlich angeordnet sowie einfach zu betätigen sind...“

Und es folgen noch zwei weitere Punkte zur DIN 45500 (kennt die noch jemand?) und Schaltern plus Klangeinstellung etc.

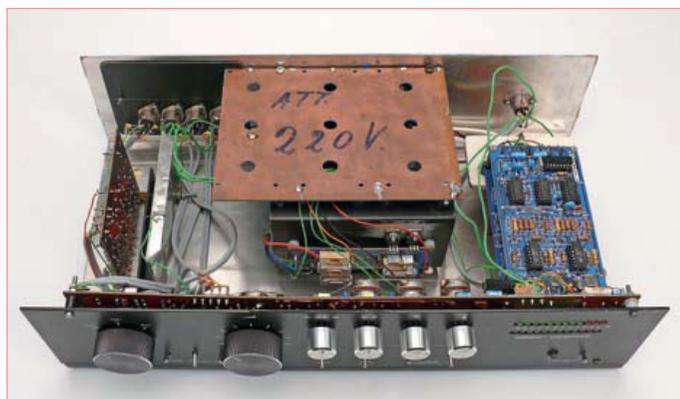
Durchaus positiv zu bewerten ist das Statement: „Ein Vergleich mit industriell gefertigten Geräten ist wegen der umfangreichen Angabe technischer Daten (...) möglich.“ Die

technischen Beschreibungen sind angenehm sachlich und nichts davon entgleitet in Richtung der blumigen Fachsprache heutiger Audio-Zeitschriften, die begrifflich eher zu einer Weinprobe passt. Der Schaltplan war wohl einem nicht ganz so technikaffinen Layouter zum Opfer gefallen, er wurde nämlich in der Horizontalen arg komprimiert, im Gegensatz zu den Bauzeichnungen und den Frequenzschrieben, die immerhin von einem Bruel & Kjaer-Audio-



Analysen stammen. Damit man sich die über 30 Jahre alte Technik vorstellen kann, sind die Schaltung und die technischen Daten hier nochmals abgedruckt.

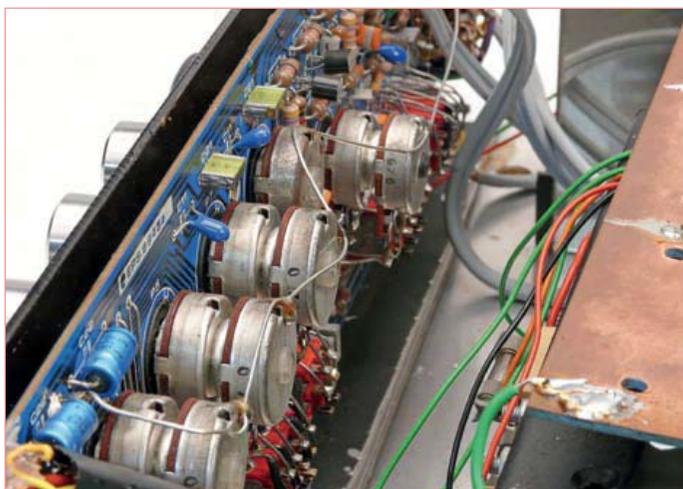
Zur eigentlichen Technik: Es gab eine Stereo-Basisbreiteneinstellung (width), die wirksam wurde, wenn S4 geschlossen war. Ein „breiter“ Stereo-Eindruck war damals offenbar gefragt, da man wohl noch öfter mit „remastertem“ (= ursprünglich monauralem) Tonmaterial



## Technische Daten (Consonant)

Frequenzgang:	20 Hz bis 50 kHz (+0 dB, -3 dB)
Max. Ausgangsspannung:	3,5 V <sub>eff</sub> (10 V <sub>SS</sub> )
Nominaler Ausgangspegel:	440 mV <sub>eff</sub>
Signal/Rausch-Verhältnis:	>72 dB (bei 440 mV <sub>eff</sub> Ausgangspegel)
Übersteuerungsreserve:	>15 dB (bez. auf 440 mV <sub>eff</sub> Ausgangspegel)
Klirrfaktor:	ca. 0,04 % (bei 440 mV <sub>eff</sub> Ausgangspegel)

Kanaltrennung:	>50 dB bei 1 kHz
Dynamikumfang:	> 90 dB
Störpegel am Ausgang:	ca. 0,1 mV <sub>eff</sub>
Rumpelfilter:	60 Hz (-3 dB), 12 dB/Oktave
Rauschfilter:	10 kHz (-3 dB), 12 dB/Oktave



zu tun hatte. Selbstverständlich wurde der Effekt auch dazu genutzt, kleine Räume „akustisch größer“ wirken zu lassen.

In der Schaltung wurden zu diesem Zweck die beiden Stereo-Kanäle über P3 und R35 verbunden. Dank Festwiderstand R35 wurden die Emitter der Ausgangstransistoren T4 und T4' miteinander gekoppelt, was zu einer Differenzverstärkung führt. Am Kollektor von T4 liegt daher das Signal L-kR an, wobei die Konstante „k“ durch die Parameter der Schaltung festgelegt wird. Das Minuszeichen symbolisiert den gegenphasigen Beitrag des rechten Kanals. Entsprechend führt der Kollektor von T4' das Signal R-kL. Gleichartige Signalanteile beider Kanäle werden also abgeschwächt. Sie klingen daher weiter entfernt und das Resultat ist eine virtuelle Verbreiterung des Klangbilds.

Bis Ende der 1970er Jahre war es durchaus interessant, sich seine Stereo-Anlage soweit möglich selbst zu bauen und dabei ordentlich Geld im Vergleich mit fertigen Industrieprodukten zu sparen.

Damals gab es weder Nerds noch Geeks – zumindest wurden sie nicht so bezeichnet. Im Begriff Hobby-Elektroniker schwang durchaus Respekt mit. Es war damals üblich, alles inklusive Potis und Schalter auf eine einzige Platine zu packen, um Fehler bei der Verdrahtung mit Störgeräuschen als Folge so weit wie möglich auszuschließen. Ein Problem blieb allerdings: Die Gehäuse der Potis mussten von der Frontplatte isoliert sein, um Brummschleifen zu vermeiden. Diese Information wurde dann in einer längeren Ausgabe der berühmt-berüchtigten „Nachlesen“ in der Februar-Ausgabe 1979 nachgereicht.

Die einseitige Platine war mit 370 x 90 mm so groß, dass Layout und Bestückungsplan nebst Frontplattendesign auf dem mittleren Bogen des Hefts über zwei Seiten abgedruckt wurde, damit kein Versatz zwischen zwei Hälften auftreten konnte. Damals war das Selbermachen auch bei Platinen in Form von Selberätzen und Selberbohren eine angesagte Sache. Doch die schiere Größe der Platine dürfte das Hobby-Equipment dieser Tage vor eine ziemliche Herausforderung gestellt haben. Übrigens passte die Frontplatte gar nicht in Originalgröße ins Heft. Sie musste daher verkleinert abgebildet werden.

Der von mir „entdeckte“ Consonant funktionierte übrigens sofort, nachdem zwei kalte Lötstellen an Tantal-Elkos nachgelötet und zu weit überstehende Beine eines Spannungsreglers gekürzt wurden, damit sie nicht mehr die Frontplatte berühren konnten. Im Gehäuse steckte außerdem noch die Erweiterung „Preconsonant“, ein Phono-Vorverstärker, der in Elektor September 1978 nachgereicht wurde. Ich will nicht viel zu den Klangqualitäten sagen, außer dass bei den bei mir üblichen Lautstärken kein Rauschen hörbar war. Außerdem war es für mich in Ordnung, die Klangeinsteller in der Mittelposition zu belassen. Nur die Stereo-Basisbreiten-Einstellung klang für meinen Geschmack ziemlich künstlich. Nach einem Probehören mit Mike Oldfields „Tubular Bells“ beschloss ich, sie ganz abzuschalten. Heute habe ich allerdings auch ein großes Wohnzimmer. Sehr viel größer jedenfalls als 1978, als ich mir den Bau des Consonant noch nicht leisten konnte...

(110178)

Wer in die 70er-Jahre Aura des Consonants eintauchen möchte, der kann sich hier [2] eine eingescannte Kopie des originalen Artikels von 1978 herunterladen. Allerdings sind Platine, Frontplatte und technischer Support leider nicht mehr verfügbar.

## Weblinks

- [1] Video: Suche nach „ElektorIM“ auf [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
- [2] [www.elektor.de/110718](http://www.elektor.de/110718)

 <p>Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik 03303/212166 oder <a href="http://www.jasys.de">www.jasys.de</a></p>	<p><b>Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!</b> Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis. Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten:  <b>Geist Electronic-Versand GmbH</b> Tel.: 07720/36673 Fax: 07720/36905 Mail: <a href="mailto:info@geist-electronic.de">info@geist-electronic.de</a> Shop: <a href="http://www.geist-electronic.de">www.geist-electronic.de</a></p>	 <p>LCDs und mehr <a href="http://www.lcd-store.de">www.lcd-store.de</a> <a href="http://www.LC-Design.de">www.LC-Design.de</a> <a href="http://www.crystalfontz.de">www.crystalfontz.de</a></p>	<p><b>Auch Ihr Unternehmen ist eine Anzeige wert!</b></p>
<p><b>Alles Spule!</b> Wir <b>liefern</b> und <b>fertigen</b>: Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Spulenkörper, Isoliermaterial, Klebebänder, Tränklacke, Übertrager, RFID-Spulen, Sensor- und Aktorspulen, Prototypen, Kleinserien, Serien, Ersatzteile und vieles mehr.  <b>www.spulen.com</b></p>		<p><b>VTS – ELEKTRONIK GbR</b> Preiswerter Leiterplatten Service <a href="mailto:info@vts-elektronik.de">info@vts-elektronik.de</a> <a href="http://www.vts-elektronik.de">www.vts-elektronik.de</a></p>	<p><a href="http://www.anttronic.de">www.anttronic.de</a> ab 1 Stck.  <b>Leiterplatten zu TOP-Preisen!!</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konfigurierbare digitale &amp; analoge Schaltaktoren für die Hausautomation</li> <li>• Seriell ansteuerbar über Modbus von PC, SPS oder µController</li> <li>• 4,3" TFT Touch-Display mit I<sup>2</sup>C-Extender</li> </ul>  <p><a href="http://www.elconeq.de">www.elconeq.de</a> Tel. 02832-9784 301 <b>Elconeq TECHNOLOGIES</b></p> <p>Hard- &amp; Softwareentwicklung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• µController-Module (8051-komp.) z.B. 64kFlash, 2xCAN, 2xUART, I<sup>2</sup>C, RTC, 32k-FRAM, ID</li> <li>• I<sup>2</sup>C-Erweiterungen digital/analog</li> </ul>	<p> <b>schlanke Preise - fettes Angebot</b> <b>Schnellversand ohne Mindestumsatz</b> Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilentrafos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr. <a href="http://www.Laehn-Versand.de">www.Laehn-Versand.de</a></p>	<p><b>LOETRONIC</b> Embedded MP3 Module <a href="http://www.loetronic.com">www.loetronic.com</a></p>	<p>Ein Projekt für Leute, die den 8bit-Heimcomputern nachtrauern <b>www.bomerenzprojekt.de</b></p>
<p><b>Ausgabe:</b> <b>Elektor April 2012</b></p> <p><b>Anzeigenschluss:</b> <b>21. 02. 2012</b></p> <p><b>Erscheinungstermin:</b> <b>21. 03. 2012</b></p>	<p><b>HEXWAX LTD</b> <a href="http://www.hexwax.com">www.hexwax.com</a> Treiberunabhängige USB-ICs von einem der Weltmarktführer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• USB-UART/SPI/I<sup>2</sup>C-Konverter • TEAleaf-USB Authentifizierungs-Dongles • expandIO-USB I/O-USB-Expander • USB-FileSys Flash-Drive mit SPI-Interface • USB-DAQ Flash-basierter Datenlogger</li> </ul>	<p><b>Baugruppenbestückung</b> vom Prototypen bis zur Serie <b>FS-ELECTRONIC.de</b></p>	
	<p><b>SCOPES und mehr</b> <b>HAMEG® Instruments</b> A Rohde &amp; Schwarz Company <b>MESSTECHNIK</b> zum fairen Preis</p>	<p>Die Buchung einer Anzeige beinhaltet einen kostenlosen Eintrag auf der Website von Elektor, inklusive eines Links zu Ihrer Seite.</p> <p><b>Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung!</b></p>	
<p> SCHNITTSTELLENWANDLER von <b>WLAN LAN USB</b> nach RS <b>485</b> RS <b>422</b> RS <b>232</b> TTY über virtuellen COM-Port ansprechbar <a href="http://www.NienTech.de">www.NienTech.de</a></p>			

# www.elektor.de

# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Keine Lust auf Schneeräumen oder das Ausführen des Vierbeiners? Dann haben Sie hier einen Grund, sich um diese nasskalten Pflichten herumzudrücken. Wenn Sie alle Ziffern in unser Hexadoku eingetragen haben, sollten Sie uns die richtige Lösung in den grauen Kästchen zukommen lassen. Dann haben Sie die Chance, einen von vier schönen Elektor-Gutscheinen zu gewinnen!

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

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

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

### Mitmachen und gewinnen!

Unter allen internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir

- einen **ELEKTOR-Gutschein** im Wert von 100 €
- und
- drei **ELEKTOR-Gutscheine** im Wert von je 50 €.

### Einsenden

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:

Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen  
 Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!  
 Einsendeschluss ist der 29. Februar 2012!

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

Die richtige Lösung ist: 35C24.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: Eugene Stemple (USA).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Reinhard Rindt, Arno Habermann und Francisco Pérez Cortés.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

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

**e**lektor

# Elektor Print

Gewohnter Lesespaß auf Papier



# Elektor Digital

Neuer Lesespaß auf PC, Notebook  
oder Tablet



# Elektor PLUS

Ultimativer Lesespaß zu Hause oder unterwegs

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

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

# Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik  
in einem Shop!

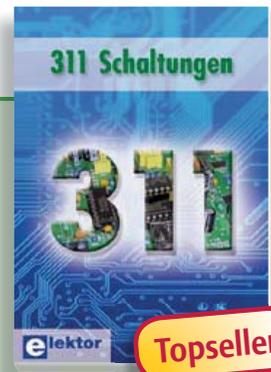


Von 0 und 1 zum FPGA

## Digitale Logik selbst entwickeln

Dieses Buch nimmt Sie mit auf eine Entdeckungsreise in die Welt der digitalen Elektronik. Nach dem Aufbau einer soliden Wissensbasis hierüber verlagert sich der Schwerpunkt zur programmierbaren Logik. Wie lassen sich mit vorhandenen Bausteinen logische Systeme aufbauen und wie koppelt man sie sicher und störungsfrei an die analoge Außenwelt? Das sind Fragen, die das Buch beantwortet. Moderne logische Systeme sind so komplex, dass deren Aufbau mit separaten Bauelementen wie einzelnen Gattern, Flipflops, Zählern oder Teilern eine fast unmögliche Aufgabe ist. Deshalb beschäftigt sich das Buch in der zweiten Hälfte mit der programmierbaren Logik in Form von FPGA- und CPLD-ICs. Sie lernen Methoden kennen, die als Brücke zwischen dem klassischen Design und der zeitgemäßen Entwicklung mit FPGA fungieren. Neben dem schematischen FPGA-Entwurf setzt sich das Buch auch mit Sprachen wie Verilog und VHDL auseinander. Das abschließende Projekt, eine Uhr mit Alarmfunktion in Verilog und VHDL, zeigt den praktischen Nutzen der programmierbaren Logik.

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

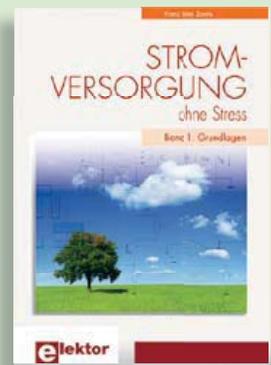


Kreative Lösungen aus allen Bereichen  
der Elektronik

## 311 Schaltungen

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

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



Band 1: Grundlagen

## Stromversorgung ohne Stress

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

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

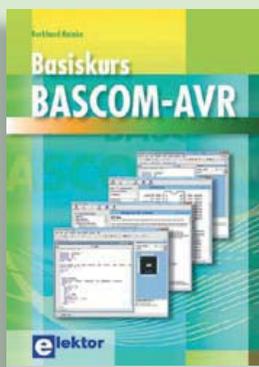


„Die Spannung steigt!“

## Stromversorgungen in der Praxis

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

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



Von Top-Autor und Entwickler Kainka

## Basiskurs BASCOM-AVR

BASCOM und AVR-Controller sind ein starkes Team! Was immer man entwickeln möchte, meist hat ein ATmega schon das Wichtigste an Board: Ports, Timer, AD-Wandler, PWM-Ausgänge und serielle Schnittstelle, RAM, Flash-ROM und EEPROM, alles ist reichlich vorhanden. Und BASCOM macht die Anwendung zu einem Kinderspiel. Auch komplexe Peripherie wie LCD, RC5 und I<sup>2</sup>C lassen sich mit wenigen Befehlen nutzen.

223 Seiten (kart.) • inkl. Software-CD  
ISBN 978-3-89576-238-3 • € 39,80 • CHF 49,40



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

## AVR-Programmierung 3

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

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

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

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

Elektor-Verlag GmbH

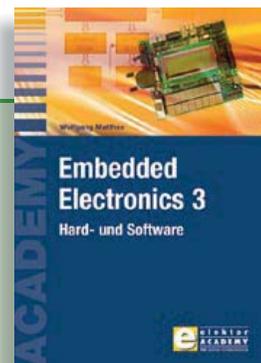
Süsterfeldstr. 25

52072 Aachen

Tel. +49 (0)241 88 909-0

Fax +49 (0)241 88 909-77

E-Mail: [bestellung@elektor.de](mailto:bestellung@elektor.de)



Der 3. Band der neuen Buchreihe

## Embedded Electronics 3

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

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



Visual Studio

## C# 2010 Programmierung und PC-Anbindung

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

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



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

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

ISBN 978-3-89576-254-3 • € 29,80 • CHF 37,00



**Kompletter Elektor-Jahrgang 2010 auf DVD**

**Elektor-DVD 2010**

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2010. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2010 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 978-90-5381-267-9 • € 27,50 • CHF 34,10



**Topseller**

**Verbesserter Strahlungsmesser**

(Elektor November 2011)

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

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

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



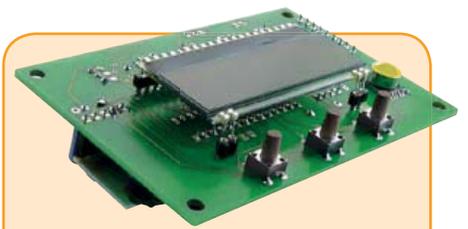
**USB-FT232R Breakout-Board**

(Elektor September 2011)

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

*Bestückte und getestete Platine*

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



**USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher**

(Elektor September 2011)

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

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

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



**USB/RS485-Konverter**

(Elektor Juni 2011)

Der USB/RS485-Konverter stellt die Verbindung zwischen dem USB-Port am PC oder Laptop und RS485-Signalen her. Der Konverter ist speziell für den 2-Draht-RS485-Bus konzipiert, der Anschluss an den Bus erfolgt unkompliziert durch eine dreipolige Klemmleiste. Dank der Verwendung des bekannten FT232L-Schnittstellenwandlers von FTDI stehen virtuelle COM-Port-Treiber nicht nur für alle gängigen Windows-Versionen, sondern auch für Windows CE, Windows Mobile, Linux und Mac OS X zur Verfügung.

*Bestückte und getestete Platine*

Art.-Nr. 110258-91 • € 24,95 • CHF 31,00

**Februar 2012 (Nr. 494)**

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

**Januar 2012 (Nr. 493)**

**Interface für Breitband-Lambdasonde**

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

**Netzlupe**

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

**Hier kommt der Bus (11)**

110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95

110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95

110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**Audio-DSP-Kurs**

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

**Dezember 2011 (Nr. 492)**

**USB-Stick am Mikrocontroller**

110409-1 ..... Platine ..... 10,95

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

**Hier kommt der Bus (10)**

110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95

110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95

110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**November 2011 (Nr. 491)**

**Verbesserter Strahlungsmesser**

110538-41 ..... Progr. Controller ATmega88PA-PU ..... 10,50

110538-71 ..... Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Platine, Display  
und progr. Controller ..... 39,95

**Hier kommt der Bus (9)**

110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95

110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95

110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**Fledermaus-Sonar**

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

**OnCE/JTAG-Interface**

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

**Oktober 2011 (Nr. 490)**

**AVR-Platine Platino**

100892-1 ..... Platine ..... 12,95

**Hier kommt der Bus (8)**

110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95

110258-1C3 ... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95

110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**Audio-DSP-Kurs**

110001-91 ..... DSP-Board (bestückt und getestet) ..... 129,95

110001-92 ..... Kit bestehend aus DSP-Board (110001-91)  
und Programmer (110534-91 / Veröffentlichung  
im November-Heft / erhältlich ab KW42) ..... 149,95

**September 2011 (Nr. 489)**

**USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher**

100888-1 ..... Platine ..... 17,95

100888-41 ..... Programmierter Controller ATmega88-20PU ..... 9,95

100888-71 ..... HH10D Feuchtesensor ..... 7,95

100888-72 ..... HP03SA Luftdrucksensor ..... 6,45

100888-73 ..... Kit bestehend aus Platine, prog. Controller,  
Feuchte- und Luftdrucksensor ..... 34,95

**PC-Sensoren**

100888-71 ..... HH10D Feuchtesensor ..... 7,95

100888-72 ..... HP03SA Luftdrucksensor ..... 6,45

**USB-FT232R Breakout-Board**

110553-91 ..... Bestückte und getestete Platine ..... 15,00

**J2B: Vielseitiges HMI-Modul mit ARM Cortex-M3**

050176-74 ..... Gehäuse Bopla Unimas 160 ..... 9,95

110274-71 ..... Kit bestehend aus Platine mit LPC1343-Controller,  
Quarz, Spannungswandler, LCD- und USB-Interface  
(bereits bestückt), LED und Stiftleisten ..... 39,95

110274-72 ..... LCD, 4 x 20 Zeichen (HD44780-kompatibel) ..... 9,95

# Bestseller

Bücher

- 1 ➔ **311 Schaltungen**  
ISBN 978-3-89576-255-0 ..... € 36,80 ..... CHF 45,70
- 2 ➔ **Stromversorgungen in der Praxis**  
ISBN 978-3-89576-239-0 ..... € 46,00 ..... CHF 57,10
- 3 ➔ **Embedded Electronics 3**  
ISBN 978-3-89576-185-0 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80
- 4 ➔ **C# 2010 Programmierung und PC-Anbindung**  
ISBN 978-3-89576-244-4 ..... € 44,00 ..... CHF 54,60
- 5 ➔ **AVR-Programmierung 3**  
ISBN 978-3-89576-231-4 ..... € 46,00 ..... CHF 57,10

CD- & DVD-ROMs

- 1 ➔ **ECD 6**  
ISBN 978-90-5381-258-7 ..... € 29,50 ..... CHF 36,60
- 2 ➔ **The Audio Collection 3**  
ISBN 978-90-5381-263-1 ..... € 21,50 ..... CHF 26,70
- 3 ➔ **ATM18-Collection**  
ISBN 978-0-905705-92-7 ..... € 29,50 ..... CHF 36,60
- 4 ➔ **Elektor-DVD 2010**  
ISBN 978-90-5381-267-9 ..... € 27,50 ..... CHF 34,10
- 5 ➔ **Wireless-Toolbox**  
ISBN 978-90-5381-268-6 ..... € 32,50 ..... CHF 40,30

Bausätze & Module

- 1 ➔ **Verbesserter Strahlungsmesser**  
Art.-Nr. 110538-71 ..... € 39,95 ..... CHF 49,60
- 2 ➔ **USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher**  
Art.-Nr. 100888-73 ..... € 34,95 ..... CHF 43,40
- 3 ➔ **USB/RS485-Konverter**  
Art.-Nr. 110258-91 ..... € 24,95 ..... CHF 31,00
- 4 ➔ **USB-FT232R Breakout-Board**  
Art.-Nr. 110553-91 ..... € 15,00 ..... CHF 18,60
- 5 ➔ **Pico C**  
Art.-Nr. 100823-71 ..... € 82,50 ... CHF 102,30

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

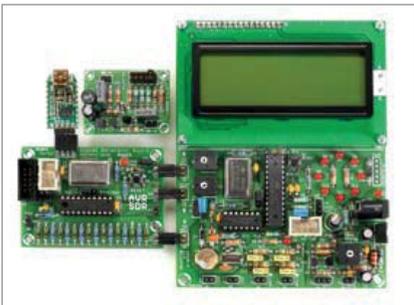


Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstr. 25, 52072 Aachen  
Tel. +49 (0)241 88 909-0  
Fax +49 (0)241 88 909-77  
E-Mail: [bestellung@elektor.de](mailto:bestellung@elektor.de)



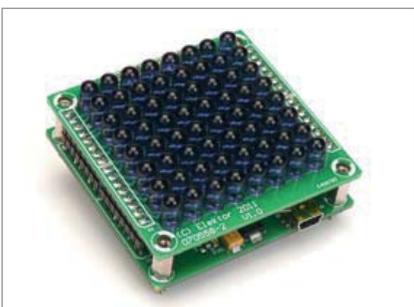
### PC-Lüftersteuerung

Um bei allen Lüftern in einem PC stabil und bequem die Drehzahl einstellen zu können, wurde eine spezielle Schaltung entwickelt, die besondere Möglichkeiten bietet. Es können damit sechs Lüfter gleichzeitig kontrolliert werden, wobei von jedem Lüfter die Drehzahl durch Auslesen des Tachosignals gemessen wird. Auch die auf dem Motherboard integrierte Lüftersteuerung (zum Beispiel für den Prozessorkühler) kann zur Steuerung der Lüfter eingesetzt werden. Die Schaltung lässt sich nicht nur via USB steuern und überwachen, sondern auch vollkommen autonom betreiben.



### AVR-gestütztes Software Defined Radio

Im kommenden Monat starten wir eine neue Serie, in der beschrieben wird, wie man AVR-Mikroprozessoren von Atmel im Bereich Signalverarbeitung einsetzt. Es werden insgesamt drei Platinen vorgestellt. Das erste Projekt dreht sich um einen Signalgenerator mit einem ATtiny2313. Die zweite Platine enthält einen kompletten SDR-Empfänger mit Display und Interface. Die dritte Platine schließlich dient zum Aufbau einer aktiven Antenne. Insgesamt werden mehr als 20 Experimente mit diesen Platinen beschrieben. Alle Software wurde mit dem WINAVR-GCC-Compiler in AVR-Studio erstellt und ist natürlich für eigene Experimente von der Elektor-Website downloadbar.



### LED-Touch-Panel

Heute hat jedes Smartphone und jedes Tablet einen Touchscreen. Die Touchscreen-Funktion basiert auf unterschiedlichen Technologien, vom Widerstands-Array mit einer Kunststoffolie über ein eingezühtes kapazitives Raster bis hin zu einer Kamera, die den Bewegungen folgt. Doch es gibt auch alternative Methoden, an die man nicht sofort denken würde. Im nächsten Heft wird ein Touch-Panel für den Selbstbau beschrieben, bei dem eine Matrix von 8 x 8 LEDs berührende Finger detektiert.

Elektor März 2012 erscheint am 22. Februar 2012.

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Sie können Elektor auch direkt bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de) bestellen.

Änderungen vorbehalten!

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

## Elektor im Netz

Alle Magazin-Artikel ab 1996 können einzeln im PDF-Format heruntergeladen werden (gegen Elektor-Credits). Zu jedem Artikel findet man eine kurze Zusammenfassung, technische Daten und eine Stückliste (sofern vorhanden), was bei der Projektauswahl hilft. Dazu kommen eventuelle Updates/Berichtigungen und die Downloads zum Artikel (z.B. Software und Zusatzinfos). Auch die zum Projekt gehörenden Produkte wie Platinen, programmierte Controller und mehr lassen sich hier bestellen.

Im Elektor-Shop findet man alle anderen Angebote von Elektor, wie CD-ROMs, DVDs, Kits, Module, Software und Bücher. Mit der Suchfunktion können Sie die ganze Site nach Stichwörtern durchforsten.

### Ebenfalls unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de):

- News aus der Elektronikwelt
- Leserforum
- Download des E-Magazins
- Spezialangebote (zeitlich begrenzt)
- FAQs, Inhaltsverzeichnisse und Kontaktformular



# Ja, ich möchte Elektor im Jahresabonnement

(11 Hefte / inkl. Doppelheft Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus beziehen\*.  
 Im Vergleich zum Einzelheftkauf am Kiosk spare ich beim Standard-Abonnement 8 €  
 (bei der PLUS-Variante sogar bis zu 23 €). Als Dankeschön erhalte ich das Elektor-Buch  
 "Software Defined Radio" (sofort nach Zahlung der Abonnementrechnung) gratis zugeschickt.

*Bitte wählen Sie Ihr Jahresabonnement aus:*

Jahresabonnement-Standard für nur 82,00 €

Jahresabonnement-PLUS (inkl. Jahrgang-DVD 2011\*\* +

exklusiver Online-Zugang zu Elektor-Plus.de) für nur 99,50 €

Zahlungsweise  Rechnung  Bankinzug (gilt nur für D)

Bank

Konto

BLZ

Datum, Unterschrift

**TIPP**

\*Das Abonnement verlängert sich automatisch um 12 Monate, wenn nicht spätestens zwei Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

\*\* Diese DVD-ROM wird Ihnen sofort nach Erscheinen (Februar 2012) zugeschickt.

# Ja, ich möchte Elektor kennenlernen!

Ich erhalte die nächsten 3 Ausgaben für nur 14,90 €  
 pünktlich und zuverlässig frei Haus.\*

Wenn Sie innerhalb von 1 Woche nach Erhalt der dritten Ausgabe nichts von mir hören, möchte ich Elektor im Jahresabonnement für nur 82,00 € weiter beziehen.

Zahlungsweise  Rechnung  Bankinzug (gilt nur für D)

Bank

Konto

BLZ

Datum, Unterschrift



\*Dieses Angebot gilt nur, wenn Sie während der letzten 12 Monate noch nicht Abonnent waren.

02/2012

02/2012

# Elektor-Bestellkarte

02/2012

Ich bestelle folgende Elektor-Produkte:

Bezeichnung	Preis	Anzahl	Gesamtpreis
<b>Digitale Logik selbst entwickeln</b>	<b>NEU</b> 49,00 €		
<b>Workshop-DVD "FPGA"</b>	<b>NEU</b> 29,80 €		
311 Schaltungen	36,80 €		
Stromversorgung ohne Stress 1	38,00 €		
Embedded Electronics 3	49,00 €		
AVR-Programmierung 3	46,00 €		
Stromversorgungen in der Praxis	46,00 €		
€# 2010 Programmierung und PC-Anbindung	44,00 €		

zzgl. Porto- und Versandkosten

5,00 €

Gesamtbetrag

€

Datum:

Unterschrift:

Tragen Sie bitte Ihre Anschrift auf der Rückseite ein!

Diesen Streifen an den oberen Streifen kleben!

Diesen Streifen an den unten stehenden Streifen kleben!

# Elektor-PCB-Service



Die 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!



Überzeugen Sie sich selbst vom Elektor-Leiterplatten-Service – jetzt unter

[www.elektorpcbservice.de!](http://www.elektorpcbservice.de!)

Elektor-PCB-Service ist der Leiterplatten-Service von Elektor! Über die Website [www.elektorpcbservice.de](http://www.elektorpcbservice.de) können Sie Ihren Entwurf als professionelle Platine herstellen lassen. Der Elektor-PCB-Service ist die richtige Adresse für Prototypen von neu entwickelten Platinen und für die Produktion modifizierter Elektor-Platinen.

Brauchen Sie kurzfristig einige Muster (Protos) oder eine Kleinserie (Batch), bestehend aus 5 bis 50 Exemplaren? Der Elektor-PCB-Service bietet jetzt beides zu einem günstigen Preis. Sie müssen uns nur über unsere Website Ihr Platinenlayout zusenden.

- Höchste Präzision und Industrie-Qualität zum günstigen Preis
- Kein Mindestbestellwert
- Keine Film- oder Einrichtungskosten
- Keine versteckten Kosten
- Online-Preisrechner
- Versand innerhalb von 5 Werktagen

Hier ist meine Anschrift:

Firma \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Land **DE**

Kunden-Nr. \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

Antwort

Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstr. 25  
52072 Aachen

Hier ist meine Anschrift:

Firma \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Land **DE**

Kunden-Nr. \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

Antwort

Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstr. 25  
52072 Aachen

Hier ist meine Anschrift:

Firma \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Land **DE**

Kunden-Nr. \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

Antwort

Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstr. 25  
52072 Aachen

# • **Subscribe** to *audioXpress* magazine!

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

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

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

## What will you find in *audioXpress*?

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

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

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





großes, schwenkbares 3,5"-Display

extraschmalen Kamerakopf: nur Ø 8,8 mm

### Endoskop-Farbkamera

**Robust, funktionell und innovativ**

- sehr schmaler Kamerakopf (Ø 8,8mm)
- großes Farb-TFT-Display (8,9 cm)
- fokussiert schon ab 2 cm scharf (optimaler Bereich 2 - 15 cm)
- CMOS-Bildsensor: 0,3 MP
- inkl. Video-Adapter, Aufsteckzubehör (Haken, Magnet), Koffer
- Stromversorgung: 4 x 1,5 Volt AA-Batterien (Batterien nicht im Lieferumfang)

**ENDO KAM 3**

## 129,95

**Passende Mignon-Batterien gleich mitbestellen:**  
**ENERGIZER 4XLR6 1,70** 4er-Pack (0 x H) 14 x 50 mm



## Markenqualität • Top-Service • günstige Preise

### True RMS Digitalmultimeter mit USB-Schnittstelle

- großes Multifunktionsdisplay
- Echtheftaktiv-Messung bis 100 kHz
- Widerstands-, Dioden- und Kapazitätsmessung
- inkl. Software

UT 71A  
**115,00**



**UNI-T**



**Technische Daten:**

Display	20.000 Counts
Widerstand	bis 20 MΩ
Spannung AC/DC	bis 1000 V
Strom AC/DC	bis 10 A
Kapazität	bis 20 mF
Frequenz	bis 200 MHz



### Programmierbares Labornetzgerät mit Digital-Anzeige

- Ausgangsspannung/-strom: 0,5 - 32 V DC / 0 - 2,8 A DC
- 2 feste Ausgangsspannungen: 5 VDC (0,8 A), 12 VDC (0,8 A)
- Konstantspannungs-/Konstantstrombetrieb
- Ausgangs-Überspannungsschutz (Tracking OVP)
- Kurzschluss-, Überlast- und Übertemperaturschutz
- gleichzeitige Anzeige von Ausgangsspannung/-strom und Status
- Restwelligkeit: <math>< 10 \text{ mA} / < 5 \text{ mV}</math>

*Manson*

0,5 - 32 V DC  
 0 - 2,8 A DC

3 Presets: frei programmierbar

NEP 6303  
**95,00**



### Digitale Hochfrequenz-Lötstation

Ideal für Lötarbeiten im Leistungsbereich bis 90 Watt mit aktueller Hochfrequenz-Heiztechnik. Die Station ist galvanisch vom Netz getrennt für sicheres Arbeiten an empfindlichen Bauteilen.

- inkl. 36-V-Hochfrequenzkolben und 1,6-mm-Spitze

#### Vorteile von Hochfrequenzlötstationen:

- sehr schnelle Anheizzeit
- sehr genaue Temperaturregelung
- kontinuierliches Löten mit gleichbleibender Temperatur

STATION LF-3000  
**74,95**



**XTRONIC**

### Messleitung PVC, 1 mm<sup>2</sup>

- gerade, Weitersteckmöglichkeit
- Länge: 1 m

**HIRSCHMANN**  
 Test & Measurement

#### beidseitiger Käfigfeder-Turmstecker

ML 100 SW	schwarz	3,20
ML 100 RT	rot	3,20
ML 100 BL	blau	3,20
ML 100 GE	gelb	3,20

**HIRSCHMANN**  
 Test & Measurement

#### beidseitiger Sicherheitsstecker, 4 mm

MLS WS 100 SW	schwarz	5,15
MLS WS 100 RT	rot	5,15
MLS WS 100 BL	blau	5,15
MLS WS 100 GE	gelb	5,15

**Umfangreiches Lötspitzen- und Zubehörsortiment:**  
[www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)



### Prüfmittel-Set Ø 4,0 mm

- je 2 x Prüfspitze PRÜF2, Klemmprüfspitze Kleps 30 Abgreifklemme AK2S und Messleitung (1 m)



PMS 4

20,15

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

