

**MSR mit dem  
ElektorBus**

G3078 E Oktober 2011

(D) € 7,40 • CHF 14,30 • (A, B, L) € 8,20

**+ Kabel-Radar: Messen mit TDR**

# Elektor

www.elektor.de

Theorie und Praxis:

## Die CHAOS-Maschine

**Sinus-Wechselrichter  
Mit Leistungsfaktor-Korrektur**

**Audio-Guide  
Mit RFID und MP3 von SD-Karte**

**Elektrische Flugzeuge  
Leise, emissionsfrei und effizient**

# Platino

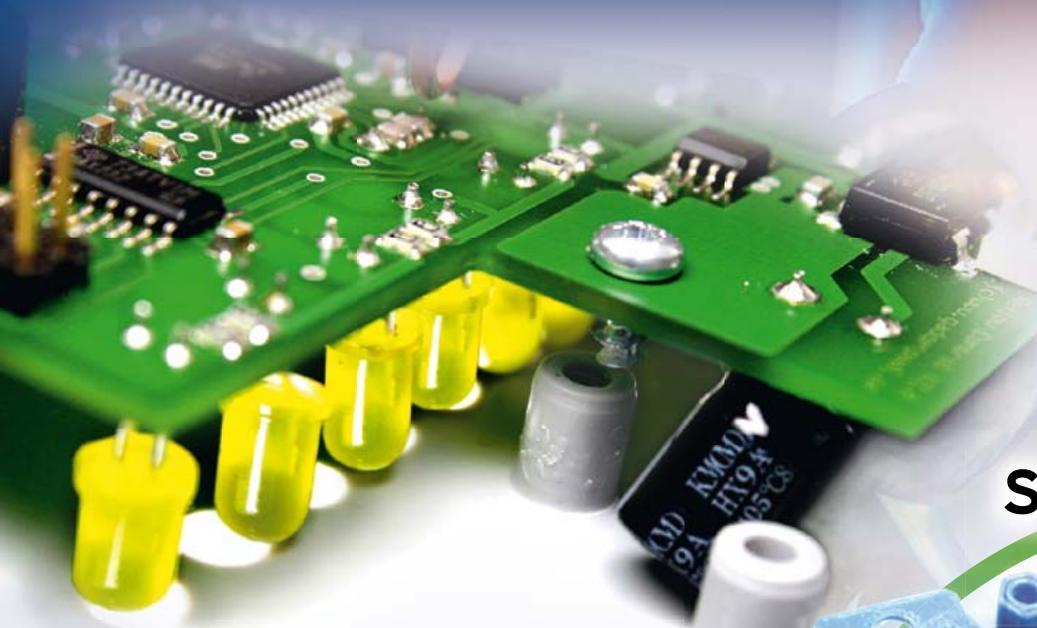
**Multifunktions-Board  
für AVR-Controller**



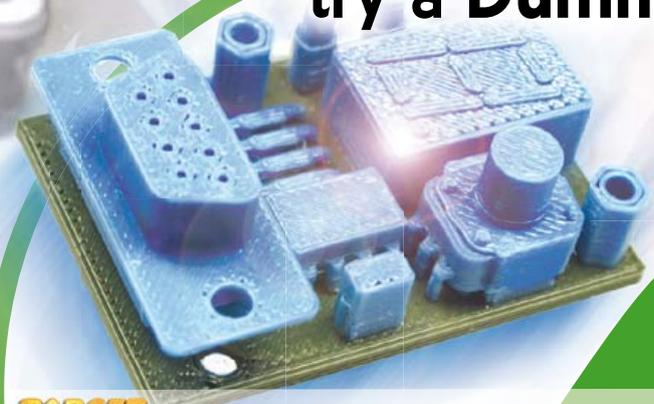


# FITS-OR-NOT

Die Kollisionsprüfung zum Anfassen!



Save money  
try a **Dummy!**



PCB	174,80 EUR
Bauteile	17,00 EUR
Bestückung	138,04 EUR
Preis	<b>329,84 EUR*</b>
Lieferzeit	<b>11 AT</b>

**PASST NICHT!**

TARGET 3001  
Erstellt mit TARGET 3001! V15



**29,75 €\***  
**3 AT**

\* Preisbeispiel für 1 dm<sup>2</sup> in 3 AT plus Bestückung 14x THT  
zzgl. Versandkosten UPS Standard (GER) € 6,90

\* Preisbeispiel für 8 cm<sup>2</sup> zzgl. Versandkosten UPS Standard (GER) € 6,90

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

[www.beta-layout.com](http://www.beta-layout.com)

**Beta**  
LAYOUT

Der beste Ort für gemeinsame Mikrocontroller-Projekte und Libraries



# LIBSTOCK<sup>®</sup>

A PLACE FOR CODE™

## FREIE PROJEKTE UND DOWNLOADS

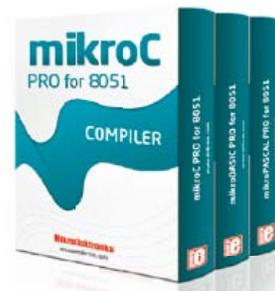
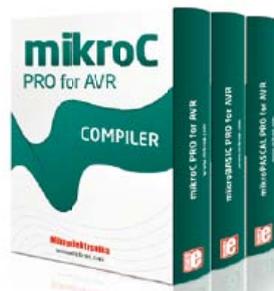
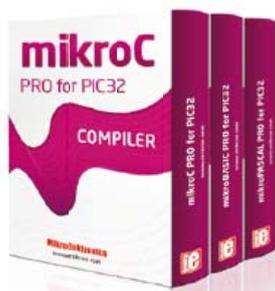
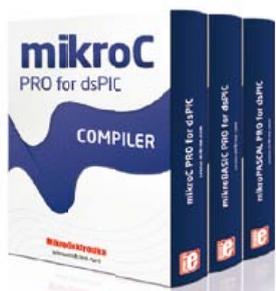
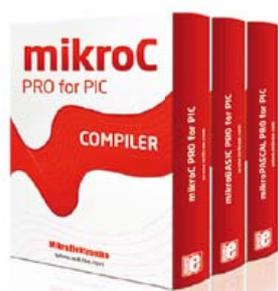
Eine Fundgrube für Ideen! Laden Sie freie Bibliotheken und Projekte herunter, einschließlich Schaltplänen, Dokumentation und Tutorials, und installieren Sie diese mit einem Klick. Alles was Sie brauchen, finden Sie an einem Ort.

## TEILEN SIE IHREN CODE MIT DER COMMUNITY

Möchten Sie das Ergebnis Ihrer Arbeit mit dem Rest der Welt teilen, und dabei Feedback von anderen Entwicklern bekommen? Diese Webseite bietet eine ideale Infrastruktur zur Weiterverbreitung Ihres Codes!

## FACEBOOK FÜR PROGRAMMIERER

Mit Ihrem persönlichen Zugang können Sie sich mit anderen Programmierern vernetzen, Erfahrungen teilen und dabei auch mehr über sich selbst erfahren. Eine neue Dimension für die Welt des Programmierens!



## FÜR ALLE COMPILER

Libstock unterstützt alle Compiler wie mikroC, mikroBasic und mikroPascal für PIC, dsPIC, PIC32, AVR und 8051.

## PACKAGE MANAGER SOFTWARE

Mit dieser kostenlosen Software können Sie Bundles Ihrer Bibliotheken und Projekte herstellen, die sich mit einem Klick extrahieren lassen.

## EXKLUSIVE MIKROE LIBRARIES

TCP/IP, FAT16 und FAT32 sind nur einige der Bibliotheken, die mikroElektronika exklusiv auf der Libstock Website anbieten wird.

## Elektrische Flugzeuge

Leise, emissionsfrei, effizient – was will man da noch mehr?

Im Prinzip das Gleiche wie bei den elektrischen Autos: Praxistauglichkeit und Bezahlbarkeit.

Die dafür zu lösenden Probleme sind ähnlich. Natürlich sind Akkugewicht und Zuverlässigkeit beim Flugzeug noch wichtiger und damit die Anforderungen eher noch höher als beim Auto. Auf der anderen Seite sind Flugzeuge keine Massenware, und gerade im Bereich der (Ultra-)Leicht- und Segelflugzeuge gibt es viel Erfahrung damit, innovative Produkte mit neuen Technologien und Werkstoffen auch in kleinen Stückzahlen erfolgreich zu entwickeln und in einem hoch spezialisierten Nischenmarkt mit einer begeisterungsfähigen und umweltbewussten Community auch zu verkaufen.

Hier sind europäische und insbesondere auch deutsche Hersteller weltweit führend, und es ist sicher kein Zufall, dass die ersten Flugzeuge mit elektrischem Antrieb hierzulande schon seit Jahren zugelassen und in Produktion sind. Auf der Basis einer dieser Entwicklungen ist es der DLR auch gelungen, die Führung bei der Erprobung eines Wasserstoff-Brennstoffzellenantriebs im Flugzeug zu übernehmen, und man darf schon auf das Abschneiden der europäischen Teilnehmer-Flugzeuge beim Green Flight Challenge (GFC) in den USA gespannt sein. Bei diesem ersten Ökoflug-Wettbewerb der Welt gibt es immerhin 1,65 Millionen Dollar zu gewinnen, mit denen die NASA die Entwicklung besonders energieeffizienter Flugzeuge fördern möchte.

Da dieser Wettbewerb auch die Praxistauglichkeit berücksichtigt, kommt er für das derzeit energieeffizienteste Flugzeug der Welt nicht in Betracht:

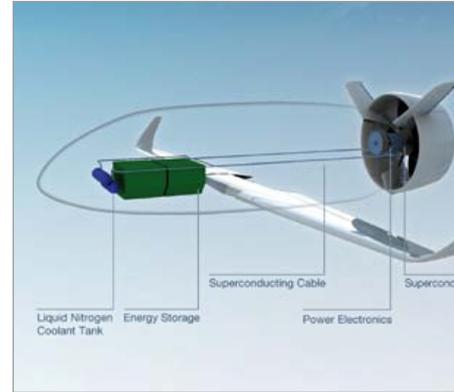
Das Solarflugzeug „Solar Impulse“ der Schweizer Bertrand Piccard und André Borschberg fliegt mit durchschnittlich 6 kW Leistung - bei 1,6 Tonnen Gewicht und 63 Meter Spannweite! Ab 2012 soll damit versucht werden, die Welt zu umrunden, ein Vorhaben, zu dem man angesichts der (Wetter-)Risiken nur sehr viel Glück wünschen kann.

**Ernst Krempelsauer**

*PS. Der GFC beginnt kurz nach Erscheinen dieser Ausgabe am 21. September. Wir halten Sie mit unseren News auf [www.elektor.de](http://www.elektor.de) auf dem Laufenden – wie übrigens bei allen neuen Entwicklungen im Bereich Akkus, Brennstoffzellen, Solartechnik, Elektromobilität und so weiter...*

# elektor

- 6 Impressum**  
Who is who bei Elektor
- 8 Mailbox**  
Briefe, E-Mails und Ideen
- 10 News**  
Neuheiten, Nachrichten und Termine
- 12 Der Traum vom elektrischen Fliegen**  
Elektromobilität in der Luft und der Ökoflugzeug-Wettbewerb Green Flight Challenge.
- 20 Multitalentierete AVR-Platine**  
Für 28- und 40-Pin-AVR-Controller und Arduino-Shields.
- 26 Audio-Guide**  
In diesem Artikel geht es um einen besonderen MP3-Audio-Guide für Ausstellungen, der Objekte via RFID erkennen kann.
- 30 RGB/YPbPr-Konverter**  
Diese Schaltung ermöglicht die Verbindung zwischen SAT- und Kabel-Receiver mit SCART-Ausgang und modernen HDTV-Flachbildgeräten und HDTV-Beamern mit „YPbPr“-Komponenten-Eingang.
- 34 Sinus-Inverter**  
Wechselrichter von 12 V oder 24 V DC nach 230 V oder 115 V AC – aber mit Sinus-Ausgang und PFC!
- 38 TDR-Meter**  
TDR steht für Time Domain Reflectometry – ein Messverfahren, mit dem sich Kabelbrüche lokalisieren lassen.
- 43 Labcenter**  
Die Mischung macht's...  
Strahlungsdetektor nachgemessen  
Praktisch, dieses Display  
Widerspenstige Bits
- 48 Hier kommt der Bus (8): Messen, Steuern, Regeln**  
Das Protokoll zur Messwert-Übermittlung kommt in einer kleinen Steuerung zum Einsatz. Der Knoten kann gemessene



# INHALT

**42. Jahrgang**  
**Oktober 2011**  
**Nr. 490**

## 12 Der Traum vom elektrischen Fliegen Vom Elektro-Luftschiff (1884) zum Green Flight Challenge (2011)

Der Traum vom elektrischen Fliegen ist längst kein Traum mehr. Zugelassene Flugzeuge mit Elektroantrieb sind schon seit Jahren in Produktion, und der Airbus-Mutterkonzern EADS entwickelt bereits Antriebskonzepte für voll-elektrische Verkehrsflugzeuge.

Wir berichten über den aktuellen Stand in diesem Bereich der Elektromobilität und über den Ökoflugzeug-Wettbewerb Green Flight Challenge, für den die NASA ein Preisgeld von 1,65 Millionen Dollar ausgelobt hat.

## 20 Multitalentiertere AVR-Platine Platino, ein Star in einer Nebenrolle

Platino bietet ein hochflexibles Design, um Applikationen rund um einen der beliebten AVR-Controller aufzubauen (ganz ohne SMDs). Unterstützt werden die 28- und 40-Pin-AVR-Controller sowie verschiedene LCDs; Taster und Drehencoder lassen sich auf die unterschiedlichste Weise bestücken.

Darüber hinaus kann man Arduino-Shields und auch selbst entwickelte Add-on-Boards andocken. Zwischen der Arduino-IDE und diversen weiteren Entwicklungs-Umgebungen hat man ebenfalls die Wahl.

## 34 Sinus-Inverter mit PFC Von 24 V Gleichspannung auf 230 V sinusförmige Wechselspannung

Mit einem Spannungswandler (oder denglisch: Power Inverter) kann man aus 12-V- oder 24-V-Bordnetzen von Fahrzeugen Wechselspannungen erzeugen, die das 230-V- oder 115-V-Netz ersetzen. Aber nur wenige bieten die Kombination von PFC (Leistungsfaktor-Korrektur) und sinusförmiger Ausgangsspannung, weshalb hier eine solche Schaltung präsentiert wird – ergänzt mit etwas Theorie.

## 38 TDR-Meter Aufspüren von Kurzschlüssen und Unterbrechungen in langen Kabeln

Ein Durchgangspiepser genügt zur Feststellung von Kurzschlüssen und Unterbrechungen - normalerweise. Doch bei längeren Kabeln ist die Sache nicht mehr so trivial. Das gilt vor allem dann, wenn sich die fehlerhafte Stelle schlecht zugänglich im Mauerwerk oder in der Erde befindet. Auch die Diagnose von „halben“ Kurzschlüssen und Kabelbrüchen oder auch nur schlechten Verbindungen ist alles andere als einfach. Und genau da zeigt das Time-Domain-Reflectometer seine Stärken!

Werte in verschiedenen Einheiten ausgeben und selbsttätig Grenzwerte überwachen.

## 53 Fan-Flash alternativ

Diese Schaltung bezieht sich auf den „Fan-Flash“, der die Flügel eines PC-Lüfters scheinbar still stehen lässt. Der alternative Fan-Flash bietet identische Funktionalität mit einfachen Logik-Bausteinen anstelle eines Mikrocontrollers.

## 56 Audio-DSP-Kurs Teil 4: Test der Hardware

Diesmal testen wir die Hardware mit kostenlosen Beispielprogrammen und richten die Entwicklungssoftware ein.

## 64 Testen mit JTAG-Interface

Zum Testen von komplexen Schaltkreisen auf Multilayer-Platinen haben viele ICs eine besondere Logik integriert, mit der man Verbindungen auf der Platine ausgiebig testen kann. Dabei wird die durch das IEEE standardisierte JTAG-Schnittstelle eingesetzt.

## 68 Entwicklungstipps

Einfacher IR-Fernbedienungs-Tester  
LED-Fernbedienung für RC-Modelle  
Mini-Würfel

## 70 Der virtuelle PC

Durch Virtualisierung können mehrere Betriebssysteme gleichzeitig auf einem Computer laufen. Wir zeigen, wie sich virtuelle Betriebssysteme mit kostenloser Software risikolos testen lassen.

## 74 Retronik

Die Chaos-Maschine:  
Analoge Computer wiederentdecken (2)

## 78 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

## 80 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

## 84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

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



**ANALOG • DIGITAL  
EMBEDDED • MIKROCONTROLLER  
AUDIO • MESSTECHNIK**

**IMPRESSUM**

42. Jahrgang, Nr. 489 September 2010  
Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

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

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

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

Technische Fragen bitten wir per E-Mail an [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de) zu richten.

Internationale Chefredaktion **Wisse Hettinga**

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

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

Redaktionssekretariat **Hedwig Hennekens**

Labor/Technische Redaktion  
**Christian Vossen (Ltg.), Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Raymond Vermeulen, Jan Visser**

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

# eC-reflow-mate

NEU!

## ➔ Professioneller SMD-Reflow-Ofen für perfekt gelötete Platinen

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

Der neue „eC-reflow-mate“ ist ein kompromisslos konstruierter, universeller SMD-Löten – unverzichtbar für alle, die mit SMDs bestückte Platinen in Einzelanfertigungen oder Kleinserien entwickeln und produzieren.



### Technische Daten:

- Betriebsspannung: 230 V/50 Hz
- Leistung: 3500 W
- Gewicht: ca. 29 kg
- Abmessungen: 620 x 245 x 520 mm (B x H x T)
- Heizung: Infrarot-Strahler kombiniert mit Umluft
- Bedienung: Funktionstaster und LC-Display am Ofen oder über PC-Programm und USB-Verbindung
- Temperaturbereich: 25...300 °C (300 °C Spitzenwert und 260 °C beim Löten)
- Effektive Platinengröße: max. 350 x 250 mm
- Temperatursensoren: 2 feste interne Sensoren, 1 externer Sensor (im Lieferumfang)
- Menüsprachen: Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Niederländisch, Ungarisch

### Besonderheiten:

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

Art.-Nr.: 100447-91

Preis: 2495,00 € (zzgl. MwSt. und Versand)

Weitere Infos & Bestellung unter

[www.elektor.de/reflow-mate](http://www.elektor.de/reflow-mate)

Geschäftsführer/Herausgeber: Don Akkermans

Marketing/Vertrieb (Leitung): Carlo van Nistelrooy

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](mailto:service@id-medienservice.de)

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 40 ab 01.01.2010

Vertriebsgesellschaft: IPS Pressevertrieb GmbH  
Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

Tel. 0 22 25/88 01-0 - Fax 0 22 25/88 01-199

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

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

Vertrieb Österreich

Pressegroßvertrieb Salzburg/Anif - Niederalm 300

Tel. +43/62 46/37 21-0

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

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

© 2011 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)



ISSN 0932-5468

## Vorgeschichte der LED

Retronik, Elektor 6/2011, S. 78 (110218)

Im letzten Absatz dieses Retronik-Artikels philosophiert der Autor darüber, welchen Anteil die beiden genannten Pioniere (Round und Losev) an der „Erfindung“ der LED hatten. Dabei werden ihre Versuche mit Siliziumkarbidkristallen als „nicht weiterführend“ abgetan.

Dem Autor scheint dabei entgangen zu sein, dass die erste Generation von blauen LEDs dem Siliziumkarbid zu verdanken war. Diese SiC-LEDs waren vor etwa 20 Jahren die ersten in Stückzahlen hergestellten blauen LEDs. Sie waren zwar relativ teuer, aber es gab noch keine anderen. Ich finde es daher nicht gerechtfertigt, zu behaupten, dass die Untersuchungen von Round und Losev zu nichts geführt hätten.

Maarten Bakker



Maarten hat ganz Recht, und wer vor fast 30 Jahren Elektor gelesen hat (oder Elektor-Redakteur war), der konnte es wissen. In Elektor März 1982 gab es nämlich einen ausführlichen Grundlagenartikel mit dem schönen Titel „Blaue LEDs – gibt’s die? Blaulicht-Halbleiter aus Siliziumkarbid“.

## Radioaktive Leuchtfarbe

Fotodiode misst Gammastrahlung,

Elektor 6/2011, S. 26 (110372)

Den Artikel über den Fotodioden-Gammastrahlendetektor fand ich sehr interessant. Allerdings gibt es einige irreführende Angaben in dem Textkasten über Radium-Leuchtfarbe auf Seite 28.

Hier wird „kein Leuchten - keine Radioaktivität“ impliziert. Es wird vermutet, dass die radioaktive Leuchtfarbe deutlich gealtert ist



und die Radioaktivität verloren hat, wenn die aus den 1960er-Jahren (oder davor) stammenden Leuchtziffern und Leuchtzeiger einer Uhr nicht mehr leuchten. Das ist gefährlich irreführend. Das Radium 226, das mit Zinksulfid-Phosphor zur radioaktiven Leuchtfarbe gemischt wurde, hat eine Halbwertszeit von 1600 Jahren! Der einzige Grund für das verringerte oder verschwundene Leuchten liegt darin, dass die dauernde starke Bombardierung mit Alphateilchen die Zink-Phosphor-Leuchtpigmente in der Farbe beschädigt hat. Das Radium 226 selbst wird aber noch bis weit ins nächste Jahrtausend aktiv Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung emittieren. Also Vorsicht!

Chris Morris

## Falsches Foto?

Fotodiode misst Gammastrahlung,

Elektor 6/2011, S. 26 (110372)

Mit Faszination und großem Interesse habe ich den Artikel zu dem „Halbleiter-Geiger-Zähler“ gelesen. Doch bereits beim zweiten Blick auf den Schaltplan und den gezeigten Probeaufbau des Autors fielen mir erhebliche Diskrepanzen auf. Nun stellt sich mir die Frage: funktioniert die Standardschaltung gemäß Schaltplan oder sind Modifikationen erforderlich, wie es dem Foto nach den Anschein hat? Vielen Dank für Ihre stets überraschenden Projekte!

Klaus Ortwein

Der Probeaufbau auf dem Foto wurde noch in einigen Punkten modifiziert, und dabei heraus gekommen ist die in Elektor veröffentlichte Schaltung, die den letzten Stand darstellt und für den Nachbau maßgeblich ist.

Der Probeaufbau auf dem Foto ist eine Variante mit RC-Kopplung und geringerem Eingangswiderstand. Nach dem Test dieser Schaltung bin ich aber wieder auf die direkte Kopplung und den größeren Eingangswiderstand übergegangen, weil damit ein besserer Störabstand erreicht wurde. Außerdem wurden die für den Probeaufbau verwendeten Transistoren vom Typ BC548B durch die rauschärmeren BC549C ersetzt.

Noch ein Tipp zur Funktionskontrolle: Am Ausgang, also am Kollektor des zweiten Transistors, messe ich eine Spannung von ca. 6 V. Das zeigt, dass der Arbeitspunkt stimmt und alles korrekt funktioniert. Man darf aber nicht erwarten, dass hier schon ein verwertbares NF-Signal herauskommt. Die Impulse sind sehr kurz und auch mit dem Oszilloskop nicht leicht zu entdecken. Deshalb wurde ein Komparator nachgeschaltet.

Weitere Tipps und Schaltungsvarianten findet man unter:

[www.elektronik-labor.de/Projekte/Alpha.html](http://www.elektronik-labor.de/Projekte/Alpha.html)

Burkhard Kainka

## Multi-Channel-Analysator gesucht

Als ein Elektor-Leser der „Ersten Stunde“ möchte ich mir ein einfaches Gamma-spektrometer bauen und die verstrahlten Pilze in den Ober- und Niederbayerischen Wäldern messen. Szintillator und HV-Quelle funktionieren. Die Suche nach einem einfachen Selbstbau-MCA (Multi Channel Analyser) im Netz war aber leider erfolglos. In dem Buch „Kernphysikalische Experimente mit dem PC“ von Christian E. Jäkel soll einer beschrieben worden sein. Leider ist das Buch nicht mehr erhältlich. Ich denke, nach den Ereignissen in Fukushima gibt es sicher ein großes Leserinteresse für ein solches Gerät.

Leider bin ich mehr Analog Experte. Angeblich kann man mit einem einfachen Mikrocontroller und einem A/D Wandler so einen MCA aufbauen. Vielleicht haben sie eine Schaltung im Archiv oder haben Zugriff auf das genannte Buch. Ganz toll wäre eine passende Schaltung in einem der nächsten Hefte...

Im letzten Heft haben Sie ja schon einen DIY-Strahlungsdetektor veröffentlicht.

Dr.-Ing. Helmut Endl

## MailBox

In dieser Rubrik veröffentlichen wir Kritik, Meinungen, Anregungen, Wünsche oder Fragen unserer Leser. Die Redaktion trifft die Auswahl und behält sich Kürzungen vor. Bitte geben Sie immer an, auf welchen Artikel und welche Ausgabe (Monat/Jahr) sich Ihr Schreiben oder Ihre Mail bezieht.

Sie erreichen uns per E-Mail [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de), per Fax (02 41/88 909-77) oder unter der Anschrift: Redaktion Elektor Süsterfeldstr. 25 – 52072 Aachen

Im Zusammenhang mit dem Strahlungsdetektor-Projekt hat mich jemand auf eine PC-Software aufmerksam gemacht, die ein Spektrogramm über die Soundkarte erzeugen kann: „PRA pulse recorder analyzer“ auf der Seite [www.physics.usyd.edu.au/~marek/praj/index.html](http://www.physics.usyd.edu.au/~marek/praj/index.html)  
Das müsste ganz gut zum Scintillator passen. Vielleicht hat es ja schon mal jemand ausprobiert.  
Burkhard Kainka

## Jungleser-Scheuche

Anti-Jugendlärm mit ATM18,  
Elektor 7-8/2011, S. 94 (110397)

Als ich heute das Halbleiterheft 2011 las, war ich doch verwundert, als ich den Artikel über die „Anti-Jugendlärm-Schaltung“ beziehungsweise die „Ultraschall-Teenagerscheuche“ entdeckte. Als Student im Bereich der Elektrotechnik und Informatik bin ich ein begeisterter Leser ihrer Zeitschrift, allerdings finde ich Projekte, die dazu dienen „meinesgleichen“ zu vertreiben, weniger gelungen.  
Fabian Stahl

Ihr Einwand lässt sich nachvollziehen, und es war natürlich keineswegs beabsichtigt, junge Leser mit dieser Schaltung zu diskreditieren. Idee und Schaltung stammen auch nicht aus dem deutschsprachigen Raum, sondern aus England beziehungsweise Frankreich, und wir haben im Text darauf hingewiesen, dass es in Deutschland (zu Recht) erhebliche Bedenken gegen solche „akustische Wasserwerfer“ gibt, deren Verwendung auch aus juristischer Sicht äußerst bedenklich ist.

## LED-Fahrradlampe

Elektor 6/2011, S. 32 (100269)

In diesem Artikel wird beschrieben, dass Fahrzeuglampen generell so gefertigt sein müssen, dass sie den Gegenverkehr nicht blenden und somit so konstruiert sein müssen, „dass der Lichtkegel nach oben scharf begrenzt wird“. Derzeit auf den Markt gebrachte Fahrzeuge (aller Hersteller) werden mit modernem Tagfahrlicht in Form von LEDs ausgerüstet, bei denen ich keinerlei Lichtkegelbegrenzung bemerken kann. Die Blendwirkung von „serienmäßigen“ Rück- und Bremsleuchten übersteigt die Blendwirkung von Nebelschlussleuchten um ein Vielfaches.



Ist da die „Blendwirkung“ einer Fahrradleuchte wirklich kritisch zu betrachten?

Lutz-Günter Becke

Wir halten Ihre Frage für völlig berechtigt, sie wäre aber primär an den Gesetzgeber zu richten.

Die in Deutschland für die Fahrradbeleuchtung geltenden Vorschriften halten wir für anachronistisch und deren Sinn für nicht nachvollziehbar. In Österreich und in der Schweiz geht es doch auch ohne Prüfzeichen und unnötige Beschränkungen.

## Updates und Ergänzungen

### USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher

Elektor 9/2011, S. 14 (Platine 100888-11)

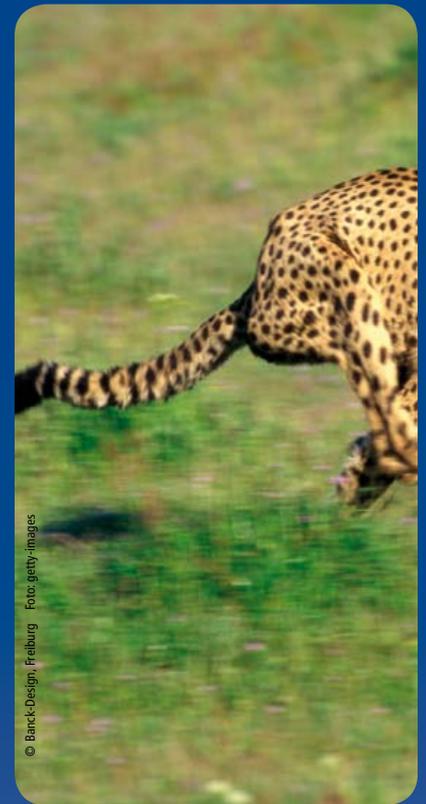
Schaltplan und Platine wurden noch mit den Pull-up-Widerständen R6 und R7 (3k3) an den SDA- und SCL-Leitungen ergänzt. R6 liegt zwischen SDA (Pin 27/IC2) und VCC, R7 zwischen SCL (Pin 28/IC2) und VCC. Damit wurde das im „Labcenter“ im gleichen Heft auf S. 47 geschilderte „Wetterproblem“ (zu hohe Feuchtwerte) gelöst.

Die im Elektor-Shop lieferbare Platine sowie die Layout-PDFs auf [www.elektor.de/100888](http://www.elektor.de/100888)

sind noch vor Erscheinen des Heftes geändert worden. Der korrigierte Schaltplan ist als PDF-Datei im Software-Download enthalten.

Die Formel im Textkasten „Luftdruck und Messwerte“ wurde nicht richtig wiedergegeben und sollte so aussehen:

$$p(o) = \frac{p(h)}{(1 - 22,558 \times 10^{-6} h)^{5,255}}$$



© Banck-Design, Freiburg Foto: getty-images

# WOW! Schon da!

**punktgenau  
plangenau  
preisgenau!**

**Die schnellen  
Leiterplatten-  
Spezialisten  
mit über  
25 Jahren Erfahrung!**

**BECKER  
MÜLLER**

[www.becker-mueller.de](http://www.becker-mueller.de)  
Mit Online-Kalkulator!



## Drahtlos aufgeladener Bus

Einen elektrischen Bus, der ohne Lade-stopp fahren kann, hat das Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) entwickelt. Prototypen sind derzeit in einem Vergnügungspark in Seoul im Einsatz (Bild: Hyung-Joon Jun; KAIST). Die Bus-Batterien werden unterwegs ständig drahtlos aufgeladen. Die OLEV-Busse (On-Line Electric Vehicle) beziehen ihre Energie von elektrischen Feldern, die unterhalb der Fahrstrecke generiert werden. Es wird nur eine kleine Batterie im Fahrzeug benötigt (ca. 20 % der Kapazität herkömmlicher Batterien), die dann Energie liefert, wenn über eine gewisse Strecke hinweg keine Ladeleitungen unter der Fahrbahn liegen. Auf der gesamten Versuchsstrecke von 2,2 km sind nämlich nur 375 m mit Kabeln ausgelegt, welche die Felder erzeugen. Dies zeigt, dass sich die Einrichtung einer OLEV-Strecke mit erträglichem Aufwand realisieren lässt. Die Felder werden ca. 15 cm unterhalb der Straße generiert, weitere 5 cm Distanz kommen dann noch einmal im Fahrzeug hinzu. Es wird ein Wirkungsgrad von rund 80 % erreicht; maximal werden 100 kW übertragen.

[www.kaist.edu/edu.html](http://www.kaist.edu/edu.html)

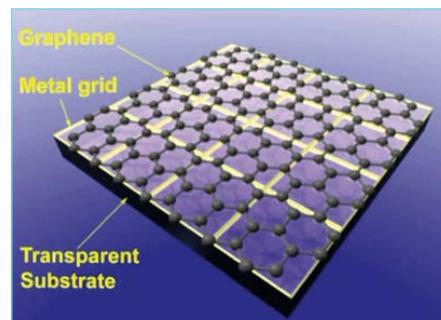
## Solarzelle mit 28,2 % Wirkungsgrad

Auf der diesjährigen Photovoltaic Specialist Conference in Seattle hat ein Start-up-Unternehmen den Prototyp einer Dünnschicht-Solarzelle aus GaAs vorgestellt, die einen Wirkungsgrad von mehr als 28 % erzielt. Die Alta Devices Inc. hat diesen Wert im Labor realisiert (was von einer unabhängigen Organisation, dem National Renewable Energy Laboratory, bestätigt wurde). Der Trick bei der Ausbeute liegt in einer Art Photonen-Recycling. Wenn die Photonen des Sonnenlichts auf ein photovoltaisches Material fallen, dann werden dadurch Elektronen in das Leiterband des Halbleiters „geschossen“. Diese Elektronen lassen einen elektrischen Strom fließen, aber ein

Teil der herausgeschossenen Elektronen verbindet sich mit den frei gewordenen Elektronenlöchern und erzeugt dort nutzlose Wärme – oder aber auch neue Photonen. Wenn man nun die Galliumarsenid-Halbleiterkristalle vorsichtig aufwächst, dann lässt sich dabei erreichen, dass der größte Teil dieser „Rekombinationen“ nur noch Photonen generiert und der Wärmeanteil bei lediglich 1 % liegt. Mit den zusätzlichen Photonen können nun neue Elektronen freigesetzt werden, die dann den Wirkungsgrad entsprechend erhöhen. Der theoretisch erreichbare Wirkungsgrad beträgt bei diesem Ansatz 33,5 % - realistisch scheint ein Wirkungsgrad von 30 % zu sein. Das Unternehmen arbeitet derzeit an einer Pilotanlage für die Herstellung solcher Solarzellen. Später im Jahr sollen Prototypzellen entstehen, erste kommerzielle Auslieferungen sind dann im nächsten Jahr vorgesehen.

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

## Graphen in Bildschirmen

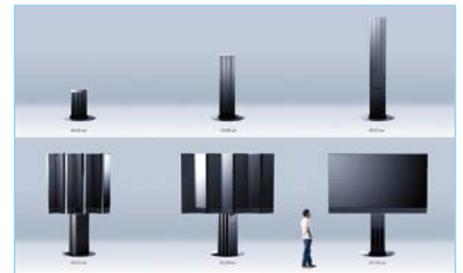


Vor sieben Jahren erst entdeckt, stehen Graphene – einschichtige Kohlenstoff-Nanostrukturen – kurz vor den ersten kommerziellen Einsätzen. Das wird eher nicht in der Mikroelektronik im engeren Sinne sein, aber doch im Zusammenhang damit stehen: Bei Flachbildschirmen. Die steigende Nachfrage nach Indium und die damit einhergehende Verteuerung sorgen dafür, dass man für das bisher benötigte Indium-Zinnoxid (ITO) nach Alternativen sucht. Graphen-Bildschirme haben darüber hinaus noch den Vorteil, dass sie flexibel sind und nicht bruchempfindlich. Der Schlüssel zu kleinen Graphen-Displays für Smartphones liegt in der Kombination von metallischen Nanoröhrchen und den Graphen-Schichten. Kürzlich erst hatte die Universität in Eindhoven einen Prototypen eines Graphen-Displays gezeigt, jetzt hat auch die Rice University mit Prof. James M. Tour (Bild: Rice University) eine interessante

Lösung vorgestellt. Sie führt fast zwangsläufig zu preiswerten Herstellungstechniken wie einer Rolle-zu-Rolle-Produktion mittels Ink-Jet-Druckern.

[www.nanowerk.com/news/newsid=22280.php](http://www.nanowerk.com/news/newsid=22280.php)

## Riesen-TV mit LEDs



Ein Fernseher der Superlative kommt aus Wien: Die C SEED Entertainment Systems hat einen Fernseher für den Außenbereich entwickelt, der auf Wunsch einfach in der Erde verschwindet. Auf Knopfdruck kommt das Gerät wieder aus dem Boden und entfaltet sich auf seine volle Größe (Bilder: C SEED Entertainment). Dann steht der Fernseher da, auf einem bis zu 2,2 m hohem Fuß, auf dem er um + 135 Grad gedreht werden kann. Die Bildschirmgröße ist imponierend: 4,5 x 2,4 m<sup>2</sup> (oder als Diagonale: 5,11 m). Der Pixelabstand beträgt rund 7 mm. Das gewaltige Bild wird in HD-Technik im Format 16:9 generiert; man benötigt dafür 725.760 LEDs. Auch die Bildhelligkeit kann sich mit maximal 5.000 cd/m<sup>2</sup> buchstäblich sehen lassen. Die Bildwiederholrate schlägt alles, was man bisher gesehen hat: 100.000 Hz. Das Spektakel wird auf der aku-



stischen Seite entsprechend untermauert: Sechs Breitbandlautsprecher mit je 250 W und drei Subwoofer mit je 700 W sorgen für einen Übertragungsbereich von 24 Hz bis 25 kHz. Der gesamte Stromverbrauch liegt in der Spitze bei 5,7 kW. Blicke noch der Preis: Für jeden Zentimeter Bilddiagonale müssen etwas mehr als 1.000 € auf den Tisch gelegt werden...

[www.cseed.tv](http://www.cseed.tv)

## Community-Website für Embedded-Programmierer

Der Toolhersteller mikroElektronika hat eine Community-Website gestartet, auf der Entwickler Mikrocontroller-Projekte und -Bibliotheken mit anderen Usern teilen können. Die Site namens „Libstock“ stellt Anwendern komfortable Funktionen zur Verfügung, um nach fremden Projekten zu suchen, aber auch, um eigene Projekte samt Quellcode zu präsentieren. Darüber hinaus sind auch Funktionen zum Teamwork integriert. So werden Programmierer, die gemeinsam an einem Projekt arbeiten, über Veränderungen des Codes informiert; sie können die Implementierung diskutieren und die nächsten Entwicklungsschritte gemeinsam planen.



Die Site ist für drei Typen von Code geeignet: Bibliotheken, „normale“ Projekte und Visual TFT/GLCD Projekte (grafische Benutzeroberflächen). Dabei können Programmierer nicht nur Quellcode einstellen, sondern auch Beispiele, Schaltpläne, Platinendesigns, Datenblätter und Dokumentation. Darüber hinaus soll auch die soziale Komponente nicht zu kurz kommen, wobei der Hersteller von einem „facebook for coders“ spricht. Entwickler können Informationen über sich (z.B. die eigenen Fähigkeiten und Interessen) in einer Art Profil hinterlegen. Auf diese Weise lassen sich zum Beispiel Mitstreiter für Projekte suchen.

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

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

## Neue USB-zu-Digitalschnittstellen-Kabel von FTDI

FTDI erweitert das Angebot an USB-zu-Digitalschnittstellen-Kabeln um zwei weitere Modelle: das C232HM-DDHSL-o (3,3 V Ausgangsspannung) und das C232HM-EDHSL-o (5 V Ausgangsspannung). Die Kabel stellen eine schnelle und einfache Verbindung zwischen Geräten mit 3,3-V- oder 5-V-Logik-schnittstellen und einem USB-Host wie einem PC her. Beide Kabel unterstützen den USB 2.0 Hi-Speed Standard (480 Mbit/s). Verbaut ist der neue USB-Interface-Chip FT232H; er befindet sich auf einer kompakten Leiterplatte, die im USB-Stecker-Ende des Kabels verkapselt ist. Der FT232H ist das Bindeglied zwischen einem USB-Host und der synchronen seriellen Schnittstelle von Geräten oder eigener Elektronik. Dabei ist der FT232H nicht auf ein Protokoll begrenzt. Vielmehr lassen sich mit Hilfe der Multi-Protocol Synchronous

Serial Engine (MPSSE) JTAG-, SPI- oder I<sup>2</sup>C-Schnittstellen ansprechen; man kann sogar ein eigenes synchrones serielles Busprotokoll implementieren.

Jedes Kabel ist mit zehn einzelnen Leitungen abgeschlossen, die als einpoliger Steckverbinder an eine Stiftleiste mit 0,1-Zoll-Raster (2,54 mm) angeschlossen werden. Die Kabel sind 0,5 m lang und unterstützen Datenraten mit bis zu 30 Mbit/s. Das C232HM-DDHSL-o-Kabel bietet einen maximalen Ausgangsstrom von 200 mA bei 3,3 V; das C232HM-EDHSL-o einen maximalen Ausgangsstrom von 200 mA bei 5 V. Die Versorgung der Kabel erfolgt über den USB-Host-Anschluss. Mit kostenlos erhältlicher Software lassen sie sich einfach für verschiedene Schnittstellenoptionen konfigurieren. FTDI stellt auch die erforderlichen USB-Treiber kostenlos über seine Homepage zur Verfügung.

[www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS\\_C232HM\\_MPSSE\\_CABLE.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS_C232HM_MPSSE_CABLE.pdf)

## Elektor Academy und element14: Web-Seminare für Elektroniker

Elektronik-Fans aufgepasst: Elektor Academy und die Community-Plattform element14 werden im Herbst fünf Webinare zu besonders interessanten Elektor-Projekten präsentieren.

Wer sich für die englischsprachigen Web-Seminare anmeldet, wird direkt von Elektor-Autoren und -Entwicklern mit vielen Hintergrundinfos und Details zu den jeweiligen Projekten versorgt. Doch nicht nur das, in einer anschließenden Q&A-Runde (Fragen und Antworten) kann man sich mit den Projekt-Machern auch direkt über Schaltungen, Software, Anwendungen und vieles mehr austauschen. Jeder Teilnehmer

erhält darüber hinaus noch 10 % Rabatt auf den nächsten Einkauf bei Farnell.

Das erste Elektor Academy / element14 Webinar trägt den Titel „Platino – an ultra-versatile platform for AVR microcontroller circuits“ und findet am 13. Oktober um 17.00 Uhr MESZ statt. Die Teilnahme ist völlig kostenlos! Nötig ist nur eine Online-Anmeldung über den unten angegebenen Link. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, man sollte sich also zeitig anmelden!

Die weiteren Themen und Termine findet man auf der Elektor-Website und im wöchentlichen Elektor E-weekly Newsletter!

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

Anzeige



**PCBs  
Muuuch Cheaper...**

**16,94 EURO\***  
5 pcs, 100 mm x 100 mm  
\*per piece, incl. VAT (21%)  
+ shipping costs e. g. Germany 10,71 EURO

**No-frills policy**



**www.jackaltac.com**

# Der Traum vom elektrischen Fliegen

## Vom Elektro-Luftschiff (1884) zum Green Flight Challenge (2011)



Von Ernst Krempelsauer

Der Traum vom elektrischen Fliegen ist längst Realität. Das erste für den Luftverkehr zugelassene Flugzeug mit Elektroantrieb ist schon seit 2004 in Produktion, und der Airbus-Mutterkonzern EADS entwickelt bereits Antriebskonzepte für künftige vollelektrische Verkehrsflugzeuge.

Wir berichten über den aktuellen Stand in diesem Bereich der Elektromobilität und über den höchstdotierten Flugwettbewerb aller Zeiten: Die NASA hat für den Green Flight Challenge 1,65 Millionen Dollar ausgeschrieben, um die Entwicklung effizienter Flugzeuge zu fördern.

(Bild: EADS)

Während über elektrische Autos ständig berichtet wird, findet die Elektromobilität im Bereich der Luftfahrt noch wenig Beachtung. Dabei ist der Elektroantrieb von Luftfahrzeugen genauso alt wie die moderne Luftfahrt selbst: Als deren Geburtsstunde gilt nämlich die

erste Kreisfahrt eines Luftschiffs im Jahre 1884, das seine Lenkbarkeit einem riesigen batterieelektrisch angetriebenen Propeller zu verdanken hatte.



Bild 1. Pionierleistung par excellence: Das Luftschiff „La France“ war im Jahr 1884 das erste wirklich lenkbare Luftschiff, das erste elektrisch angetriebene Luftfahrzeug und die erste Anwendung einer Redox-Flow-Batterie der Welt. (Bild: Foto von 1885, Wikimedia Commons / National Air and Space Museum, Smithsonian Institution)

### Vom Elektro-Luftschiff zum Elektroflug

Das von Charles Renard und Arthur Krebs in der Nähe von Paris gebaute Luftschiff „La France“ (Bild 1) wurde von einem Gleichstrom-Motor [1] mit 5,6 kW (später 6,3 kW) angetrieben, der aus einer 435 kg schweren Zink-Chlor-Flow-Batterie gespeist wurde. Die von Renard selbst erfundene Stromquelle gilt als erste Anwendung der Redox-Flow-Batterie [2], die erst in den 1950er-Jahren wiederentdeckt wurde und im Moment als möglicher Netzpuffer wieder sehr aktuell ist.

Auch der Elektromotor kam erst nach über 70 Jahren wieder zum Fliegen:

Dem Flugmodell-Konstrukteur Fred Militky gelang es nach zahlreichen Fehlversuchen, ein elektrisch angetriebenes Flugmodell namens „Silentius“ [3] zu entwickeln, das 1960 als Bausatz auf den Markt kam. Als Antrieb für den großen Faltpropeller diente ein kleiner 2...4-V-Glockenanker-Getriebemotor (Micro T 03/15) von Faul-

haber mit max. 1,5 A Stromaufnahme, also kaum mehr als 5 W Leistung bei immerhin bis zu 70 % Wirkungsgrad. Für den Strom sorgten zwei kleine gasdichte 2-V-Rulag-Bleiakkus. Das 140 Gramm schwere Modell kann nach Plänen auch heute noch gebaut werden – der Motor ist nämlich bei Graupner [4] seit 51 Jahren lieferbar! Bis zum ersten bemannten Elektroflug „schwerer als Luft“ sollte es dann noch bis 1973 dauern, und die Initiative dazu ging ebenfalls von Fred Militky aus.

### E-Motorsegler

Das von Militky angeregte erste bemannte E-Flugzeug der Welt [5] ist im Oktober 1973 in Wels (Österreich) geflogen: Ein Motorsegler HB-3, von Benzin- auf Elektroantrieb umgebaut mit einem 10-kW-Bosch-Gleichstrommotor [6] und 125 kg schweren VARTA-NiCd-Akkus. Damit gelang dem Konstrukteur Heino Brditschka ein Elektroflug von 14 Minuten Dauer, bei dem eine Höhe von 360 Metern erreicht wurde. Diese Leistung wurde erst 1981 übertroffen – von einem Solarflugzeug, das konstruktiv auf den Muskelkraftflugzeugen der späten 1970er-Jahre basierte.

Während der Elektroantrieb mit Solarzellen bis heute weitgehend experimentellen Charakter hat, konnte er in Verbindung mit modernen Akkusystemen bereits einen Markt finden. Die besten Voraussetzungen für eine „Elektrifizierung“ bieten Segelflugzeuge mit Klapptriebwerken, bei denen der Antrieb im Segelflugbetrieb vollständig im Rumpf hinter dem Cockpit verschwindet. Der Motor nebst Propeller wird nur für den Start und den Steigflug auf die Ausgangshöhe für den Segelflug benötigt – sowie als Flautenschieber und Heimkehrhilfe für unterwegs, um bei abflauernder Thermik eine Landung außerhalb eines Flugplatzes zu vermeiden. Die konventionelle Lösung verwendet einen Zweitakt- oder Wankelmotor mit relativ geringer Leistung (15 bis 50 kW) und geringem Kraftstoffvorrat und hat einige Nachteile, die ein E-Antrieb nicht hat: Lärm, Vibrationen, nicht immer zuverlässiges Start- und Laufverhalten sowie relativ komplexe Technik (E-Anlasser, Propellerbremse, Feststellvorrichtung für Ruheposition etc.) auf kleinstem Raum. Hier ist der Elektromotor eine wesentlich elegantere Lösung. Das gilt allerdings nicht für den Akku: Ein (gefüllter) Benzintank mit 20 l Volumen hat einen Energieinhalt von 175 kWh, ein etwa gleich großer Li-Ionen-Akku speichert hingegen nur ca. 5 kWh – und ist dabei auch noch deutlich schwerer. Allerdings ist das elektrische System (Motor und Regler) mit einem Wirkungsgrad von über 90 % so effizient, dass es trotz der geringen Energiedichte des Akkus eine für die spezifischen Anforderungen des Segelfliegers ausreichende Leistung bietet. Angesichts der Vorteile des E-Antriebs ist der Markterfolg dann primär eine Frage der Kosten.

Der erste kommerzielle Elektro-Motorsegler mit Klapptriebwerk war der von Air Energy [7] in Aachen ab 1991 entwickelte AE-1 Silent, der 1997 zum Erstflug abhob und 1998 als erstes Elektroflugzeug der Welt eine Musterzulassung erhielt (mit 12 m Spannweite und 195 kg Leergewicht als Ultraleichtflugzeug). Der Elektromotor hat 13 kW und wiegt 8,5 kg, der Li-Ionen-Akku der aktuellen Version kommt auf 35 kg und speichert 4,1 kWh.



Bild 2. Der Antares 20E von Lange Aviation – hier in der DLR-Version mit Wasserstofftank und Brennstoffzelle in Flügelbehältern – ist das erste EASA-zugelassene Elektroflugzeug mit dem bisher einzigen als Flugtriebwerk zugelassenen Elektromotor. (Bild: DLR)

Der erste Hochleistungs-Elektrosegler war der Antares von Lange Aviation [8], der bei der DLR auch als Forschungsflugzeug (**Bild 2**) mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb [9] fliegt. Das schon seit 2004 in Serie produzierte Flugzeug verfügt über das erste und derzeit einzige von der EASA zugelassene elektrische Triebwerk: Der EM42 ist ein bürstenloser Gleichstrommotor (Außenläufer-Permanentmagnetmotor) mit 25 cm Durchmesser und 27 cm Länge, der bei einer Spannung von 190 – 288 V und einem Betriebsstrom von bis zu 160 A eine maximale Leistung von 42 kW aufnimmt. Der Motor hat in der Serienversion einen Wirkungsgrad von über 90 % und ein maximales Drehmoment von 216 Nm bei einem Gewicht von etwa 29 kg, dazu kommen noch knapp 10 kg für die im Rumpf verbaute Leistungselektronik. Motor und Elektronik [10] wurden von 1996 bis 1998 an der HTA Biel (heute BFH TI Bern) in der Schweiz entwickelt. Eine Besonderheit ist der Schrittmotorbetrieb, der eine exakte Positionierung des Propellers beim Einklappen ermöglicht.

Als Energiespeicher kommen 72 Li-Ionen-Zellen VL41M von SAFT [11] zum Einsatz. Die einzelne Zelle hat 44 Ah bei 3,7 V, macht zusammen 266 V und 12 kWh. Damit steigt Antares in kaum vier Minuten auf 1000 m und in 13 Minuten auf (maximal) 3000 m. Ohne Thermik reicht diese Höhe für über 1,5 Stunden Gleitflug und über 150 km Strecke. Die Elektronik umfasst die Triebwerkssteuerung, die Akku-Überwachung (inklusive Telemetrie via GSM-Modem), die Akku-Beheizung und das fest eingebaute Ladegerät (9 h Ladung an 230 V oder 110 V). Die SAFT-VL41M-Zellen sollen über 3000 Zyklen und eine kalendarische Lebensdauer von 20 Jahren bei 20 °C erreichen und bis 2031 verfügbar sein.

Die Antriebstechnik von Lange wird inzwischen auch zur eigenstartfähigen Motorisierung des zweiseitigen Hochleistungssegelflugzeugs Arcus-E von Schempp-Hirth Flugzeugbau [12] verwendet (Erstflug 2010).

## Fliegen mit der Brennstoffzelle

Etwa vor 10 Jahren wurden zwei E-Flugzeug-Projekte mit Brennstoffzellen-Antrieb bekannt. An dem einen war die NASA beteiligt, an dem anderen Boeing. Auf der Aero 2003 (Friedrichshafen) wurde ein Motorsegler (Super-Dimona) als Erprobungsträger des Boeing-Projekts gezeigt und kurz darauf der Erstflug für den 17. Dezember 2003 (100. Geburtstag des Motorflugs) angekündigt. Tatsächlich fand er erst im März 2008 statt und war trotzdem der erste bemannte Flug mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle. Deren Leistung reichte allerdings nur für den Schwebeflug aus, so dass für den Start ein Li-Ionen-Akku gebraucht wurde. Ein Start ohne Akku-Hilfe gelang im Juli 2009 mit dem in diesem Artikel beschriebenen Antares-E-Motorsegler, der von der DLR als Forschungsflugzeug Antares DLR-H2 [27] mit Wasserstofftank und 25-kW-Brennstoffzelle in zwei Außenlastbehältern unter den Tragflächen versehen wurde. Damit erreicht Antares DLR-H2 170 km/h und 750 km Reichweite beziehungsweise fünf Stunden Flugdauer und hält mit 2558 Metern einen Höhenrekord.

Seit 2010 ist der ebenfalls auf Antares-E basierende Nachfolger DLR-



H3 [28] in Arbeit, der mit vier Außenlastbehältern, fest installiertem Heckpropeller und 23 m Spannweite schon ab 2012 gigantische Flugleistungen erreichen soll: 6000 km Reichweite und 50 Stunden Flugdauer mit 200 kg Nutzlast. (Bild: DLR)

Als erstes zweisitziges Elektroflugzeug der Welt ist aber der Klapptriebwerks-Motorsegler Taurus Electro von Pipistrel [13] aus Slowenien bereits 2007 geflogen und inzwischen in Serienproduktion. Der Antrieb erfolgt durch einen Außenläufermotor mit 40 kW Start- und 30 kW Dauerleistung. Die Akkupacks bestehen wahlweise aus 128 oder 192 LiPo-Zellen mit 10 Ah (4,75 kWh oder 7,1 kWh bei einem Batteriegewicht von 42 kg bzw. 55,6 kg). Der Taurus dient auch als Basis für Pipistrels Wettbewerbsflugzeug im „Green Flight Challenge“.

### Experimental

In den letzten zehn Jahren entwickelte sich eine lebhaftere Elektroflugszene, die vom elektrisch motorisierten Gleitschirm bis zum Elektro-Hubschrauber von Sikorsky reicht. Viele Projekte beschäftigten sich mit der „Elektrifizierung“ vorhandener Ausgangsmuster, meist aus dem Amateur- und Ultraleichtflugzeugbau. So hat zum Beispiel 2009 ein Team der Universität Turin das zweisitzige Ultraleichtflugzeug Alpi 300 mit 62 kW elektromotorisiert und damit bei einem Testflug mit 250 km/h den wohl noch gültigen Geschwindigkeitsrekord für E-Flugzeuge [14] aufgestellt. Die Flugzeit war dabei aber auf weniger als 15 Minuten limitiert. Auch das Sikorsky-Fire-

fly-Projekt [15] verwendet einen umgebauten Serienhubschrauber (Hughes/Schweizer 300), der mit 140-kW-Elektromotor und deutschen Li-Ionen-Akkus (GAIA) in Kürze (kurz) fliegen soll, und selbst Cessna will wohl demnächst zeigen, dass eine C172 (das meistgebaute 4-sitzige Flugzeug der Welt) zumindest für ein paar Minuten elektrisch fliegen kann [16].

Es gibt aber auch kommerzielle Neuentwicklungen speziell für den Elektroflug: Die zweisitzige Yuneec E430 [17] aus China (**Bild 3**) und die einsitzige Elektra One (**Bild 4**) der deutschen Entwicklungsfirma PC-Aero [18]. Während die Yuneec als leichter Reise-Motorsegler ausgelegt ist, setzt die Elektra One auf geringes Gewicht und kompakte Abmessungen bei hoher aerodynamischer Güte, um Energie zu sparen. Die wichtigsten Daten sind in der **Tabelle 1** zusammengefasst. Interessant ist auch, dass Yuneec-Gründer Tian Yu bisher nur Elektroflugmodelle hergestellt hat – dafür aber in sehr großen Stückzahlen.

### Green Flight Challenge

Der von der NASA mit 1,65 Millionen Dollar Preisgeld dotierte Green Flight Challenge (GFC) wurde 2009 von der CAFE (Compara-



Bild 3. Die Yuneec E430 ist das erste Elektroflugzeug aus China und wurde von einem Elektroflugmodell-Hersteller entwickelt. (Bild: Yuneec)



Bild 4. Die Elektra One der deutschen Entwicklungsfirma PC-Aero nimmt am Green Flight Challenge (GFC) teil und soll inklusive Hangar mit Solardach von Solarworld zum Laden der Akkus angeboten werden. (Bild: PC-Aero, Copyright Shahn Sederberg)

tive Aircraft Flight Efficiency Foundation) für besonders effiziente Flugzeuge ausgeschrieben [19]. Ein weiterer Sponsor ist Google, ausgetragen wird der Wettbewerb vom 25.09. bis 02.10.2011 in Santa Rosa in Kalifornien.

Die Wettbewerbsbedingungen schreiben keine bestimmte Antriebsart vor. Gefordert werden zwei Flüge über eine Distanz von 200 Meilen (322 km) mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 100 Meilen/h (161 km/h) und einer Energieeffizienz von 200 Passagiermeilen pro Gallone Benzin beziehungsweise pro 33,7 kWh (Energieäquivalent). Als Passagiere gelten dabei alle Insassen. Bei einem zweiseitigen Flugzeug bedeutet das eine Verbrauchs-Obergrenze von 2,36 l/100 km und bei einem Einsitzer von 1,18 l/100 km! Für Elektroflieger ergibt sich demnach ein Limit von 21 kWh (2-Sitzer) beziehungsweise 10,5 kWh (1-Sitzer) pro 100 km.

**Tabelle 1. Elektra One und Yuneec E430 im Vergleich**

	Elektra One	Yuneec 430
Anzahl der Sitze	1	2
Spannweite	8,6 m	13,8 m
Leergewicht (ohne Batterien)	100 kg	171,5 kg
Batteriegewicht	max. 100 kg	83,5 kg
Leergewicht (mit Batterien)	max. 200 kg	255 kg
Nutzlast	100 kg	175 kg
Max. Gewicht	300 kg	430 kg
Max. Triebwerksleistung	16 kW (22 PS)	40 kW (54 PS)
Akku-Typ	LiPo	LiPo
Kapazität	n.a.	100 Ah
Batteriespannung	n.a.	133,2 V
Reisegeschwindigkeit	160 km/h	95 km/h*
Flugdauer	> 3 h	ca. 2 h*
Reichweite	max. 500 km	ca. 190 km*

\* Vorläufige Werte

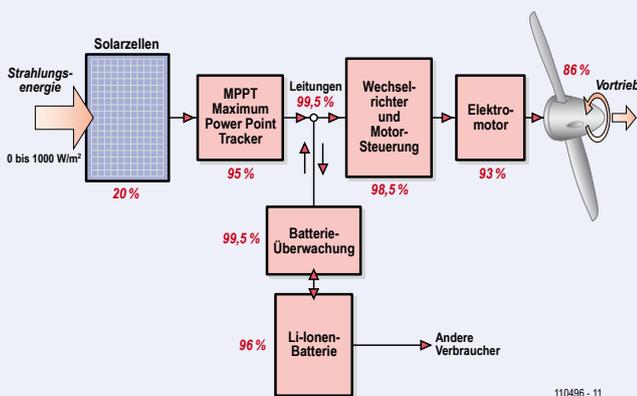
**Tabelle 2. Die für den Green Flight Challenge qualifizierten Teams und Flugzeuge**

Nr.	Team	Flugzeug (Ausgangsmuster)	Sitzplätze	Spannweite	Leistung max.	Antrieb (Ausgangsmotor)
1	Einar Enevoldson PC Aero (Deutschland)	Elektra 1	1	8,6 m (28,2 ft)	16 kW (21 PS)	elektrisch
2	Gene Sheehan Feuling GFC (USA)	Team Feuling GFC	1	5,1 m (16,7 ft)	16 kW (21 PS)	elektrisch
3	Gregory Cole Windward Performance (USA)	Goshawk	2	15,5 m (51,0 ft)	n.a.	elektrisch
4	Lawrence Speer Green-Elis (Frankreich)	Greenelis PXL D	2	10,8 m (35,5 ft)	30 kW (41 PS)	Biodiesel (Smart-Diesel)
5	Mike Stude Michael Stude (USA)	Wings of Salvacion	1	5,1 m (16,7 ft)	32 kW (44 PS)	Äthanol
6	Richard Anderson Embry-Riddle Aeronautical University/Stemme (Deutschland)	EcoEagle (Stemme S10)	2	23 m (75,0 ft)	100 kW (136 PS)	Biobenzin-Hybrid (Rotax 914F)
7	John W. McGinnis Synergy (USA)	Synergy	6	9,8 m (32,0 ft)	142 kW (193 PS)	Biodiesel
8	Greg Stevenson GSE-Aerochia (USA)	Econo-Cruiser 3000	2	14,7 m (48,3 ft)	15 kW (20 PS)	Biobenzin-Hybrid
9	Ira Munn IKE Aerospace (USA)	SERAPH	1	4,6 m (15,0 ft)	30 kW (41 PS)	Biodiesel-Hybrid
10	Eric Raymond e-Genius/Universität Stuttgart (Deutschland)	e-Genius	2	16,9 m (55,4 ft)	60 kW (82 PS)	elektrisch
11	Jim Lee Phoenix Air (Tschechien)	PhoEnix (Phoenix)	2	14,4 m (47,3 ft)	44 kW (60 PS)	elektrisch
12	Scott Sanford Yuneec (China)*	Yuneec E 1000	3	17,0 m (56,0 ft)	120 kW (163 PS)	elektrisch
13	Jack Langelaan Penn State University/Pipistrel (Slowenien)	Taurus G4 (Taurus)	4	21,0 m (69,1 ft)	145 kW (197 PS)	elektrisch

\* Teilnahme zurückgezogen, siehe Text

## Solarflugzeuge

Auch die Geschichte des Solarflugs [29] beginnt mit einem unbemannten Flugzeug. Die 10 kg schwere Sunrise I von Ray Boucher in Kalifornien flog erstmals 1974. Ein Nachfolgemodell erreichte 1975 bereits eine Höhe von 5000 m. In Europa gelangen Fred Militky 1976 die ersten Flüge mit einem ferngesteuerten Solarflugzeug. Die Muskelkraftflugzeuge Gossamer Condor und Albatros des legendären Paul MacCready ebneten den Weg für den bemannten Solarflug. Eine verkleinerte Version des Albatros, der Gossamer Penguin, wurde 1980 mit Solarpanel und E-Motor zum ersten frautragenden Solarflugzeug, mit dem die Pilotin Janice Brown in 14 Minuten drei Kilometer weit flog. Der nächste Meilenstein war MacCready's Solar Challenger, der mit nur 14 m Spannweite auskam und im Juli 1981 von Paris nach London flog.



In Deutschland gelang 1983 dem Designprofessor Günther Rochelt mit seinem solarelektrisch motorisierten Ultraleichtsegler Solar 1 – allerdings mit Thermikunterstützung - ein Flug von fast sechs Stunden. Mit einem ähnlich ausgelegten Solarsegler, dem Sunseeker, konnte Eric Raymond 1990 in zwei Wochen die USA überqueren. Beide Flugzeuge verfügten über lediglich 2,2 kW Startleistung, eine Größenordnung weniger als die Icaré 2 der Universität Stuttgart mit 14 kW, die 1996 den Berlinger-Wettbewerb gewann. Die Leistung der Solarzellen ermöglicht mit diesem Flugzeug einen Streckenflug von etwa 500 km ohne Nutzung von Thermik.

Um mehr als eine Größenordnung übertrifft das Projekt Solar Impulse

[30] der Schweizer Bertrand Piccard und André Borschberg alles bisher Dagewesene. Damit soll es möglich werden, die Erde in einem Flugzeug ohne Treibstoff zu umrunden [31]. Die grundsätzliche Problematik verdeutlicht die Abbildung, die den prinzipiellen Aufbau eines Solarantriebs zeigt.

An den Wirkungsgradangaben erkennt man, dass von der empfangenen Sonnenenergie (am Sommertag etwa 500 W/m²) gerade einmal 13 % am Propeller ankommen. Das liegt an dem geringen Wirkungsgrad der Solarzellen von etwa 20 %. Da man Energie für die Nacht in Akkus puffern muss, sind es über 24 Stunden gemittelt noch weniger. Die Konsequenz ist ein Flugzeug mit sehr großer Solar-(Trag-) Fläche das extrem leicht sein muss, um trotz der geringen Antriebsleistung flugfähig zu sein. Rechnet man als 24-Stunden-Schnitt mit



250 W/m² Solarleistung, stehen als Motorleistung unter Berücksichtigung der Akkuverluste etwa 12 % = 30 W pro Quadratmeter Solarzellenfläche zur Verfügung. Die auf dem 64-m-Flügel und dem Höhenleitwerk der Solar Impulse installierte Solarfläche beträgt 200 m², so dass eine Leistung von 6 kW (8,2 PS) ausreichen muss, um ein 1,6 Tonnen schweres Flugzeug Tag und Nacht in der Luft zu halten und mit etwa 70 km/h voranzutreiben (zum Vergleich: Das erste Flugzeug der Gebrüder Wright im Jahr 1903 hatte 12 PS).

Dass es möglich ist, hat der erste Prototyp der Solar Impulse (Erstflug 2009) bereits mit Solarflugrekorden (9000 m Höhe und 26 h Flugzeit) bewiesen. (DLR-Bild: Solar Impulse/EPFL Claudio Leonardi)

Für die Teilnahme haben sich 13 Teams qualifiziert (**Tabelle 2**), deren Fluggeräte alle möglichen Antriebe und Auslegungen aufweisen: 1- bis 6-Sitzer, 5 bis 23 m Spannweite, 15 bis 145 kW (20 bis 197 PS) Leistung sowie Benzin-, (Bio-)Diesel-, Äthanol-, Elektro- und Hybridantriebe. Am schwersten dürften es Biotreibstoff-Motoren (Biodiesel/Äthanol) haben, weshalb auch ein „Biofuel-Preis“ [20] mit reduzierten Anforderungen ausgelobt wurde.

Die Teilnahme am GFC erfordert einen amerikanischen Teamleiter, sechs der Teilnehmer-Flugzeuge stammen aber aus Europa. Das einzige chinesische Flugzeug (Yuneec E1000) nimmt wegen eines Erprobungsunfalls nicht mehr teil. Während die europäischen Flugzeuge bis auf Elektra 1 und Greenelis von Motorseglern abstammen, gibt es aus den USA einige futuristische Entwürfe wie „Synergy“

(**Bild 5**) und „Seraph“ (**Bild 6**). Aber auch Motorsegler (**Bild 7**) können exotisch aussehen...

Die besten Chancen werden den zwei- und mehrsitzigen Elektrofliegern eingeräumt. So hat zum Beispiel der am Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart [21] unter Leitung von Prof. Rudolf Voit-Nitschmann entwickelte und gebaute zweisitzige e-Genius (**Bild 8** und **Tabelle 3**) offenbar keine Probleme, die GFC-Bedingungen zu erfüllen. Bei einem Testflug im Juni 2011 wurde bereits eine Strecke von 341 km mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 164 km/h und einem Verbrauch von 46 kWh (13,5 kWh/100 km) zurückgelegt, was einem Benzin-Äquivalent von 1,5 l/100 km entspricht – oder 310 *passenger miles per gallon* (PMPG), um es amerikanisch auszudrücken. Womit die GFC-Forderung um 55 % übertroffen wurde. Herzlichen Glückwunsch!



Bild 5. Die sechssitzige Synergy soll mit einem 142 kW (193 PS) starken Biodieselmotor am GFC teilnehmen.  
(Bild: CAFE Foundation Blog)



Bild 6. Auch der Seraph-Einsitzer mit Biodiesel-Hybrid-Antrieb zählt zu den unkonventionellen Entwürfen für den GFC.  
(Bild: CAFE Foundation Blog)

## E-Flight-Future

Grundsätzlich gilt für die Elektromobilität in der Luft das Gleiche wie auf dem Boden: Auf den Akku kommt es an!  
Die Antriebsseite – Motorelektronik und Motor – ist mit Wirkungs-

graden von deutlich über 90 % schon weitgehend ausgereizt. Der gegenwärtige Stand der Akkutechnik reicht bereits für eigenstartfähige Segelflugzeuge und motorisierte Gleitschirme [22] aus. Mit Entwicklungen wie dem E-Genius und der Elektra 1 könnte bald

## Weblinks:

- [1] [http://rbmn.free.fr/Ballon\\_photos\\_10.html](http://rbmn.free.fr/Ballon_photos_10.html)
- [2] [www.poweringnow.com/technology/history](http://www.poweringnow.com/technology/history)
- [3] [www.modellflugsport.ch/upload/museum/geschichte/modelle/Silentius.pdf](http://www.modellflugsport.ch/upload/museum/geschichte/modelle/Silentius.pdf)
- [4] [www.graupner.de/de/products/a1899b43-43cd-4cea-8e22-e05d381420e6/1725/product.aspx](http://www.graupner.de/de/products/a1899b43-43cd-4cea-8e22-e05d381420e6/1725/product.aspx)
- [5] [www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1973/1973%20-%202921.html](http://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1973/1973%20-%202921.html)
- [6] [www.airventure.de/historypics/Emose1.jpg](http://www.airventure.de/historypics/Emose1.jpg)
- [7] [www.airenergy.de/index.html](http://www.airenergy.de/index.html)
- [8] [www.lange-aviation.com](http://www.lange-aviation.com)
- [9] [www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-4935/8219\\_read-13587](http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-4935/8219_read-13587)
- [10] [http://ecweb.redcor.ch/fachtag-energie/referate/referate/ws2\\_2\\_andreavezzini\\_light.pdf](http://ecweb.redcor.ch/fachtag-energie/referate/referate/ws2_2_andreavezzini_light.pdf)
- [11] [www.saftbatteries.com/Produit\\_Large\\_VLM\\_cell\\_range\\_301\\_62/Language/en-US/Default.aspx](http://www.saftbatteries.com/Produit_Large_VLM_cell_range_301_62/Language/en-US/Default.aspx)
- [12] [www.schempp-hirth.com/index.php?id=nimbus-4dm1](http://www.schempp-hirth.com/index.php?id=nimbus-4dm1)
- [13] [www.pipistrel.si/plane/taurus-electro/overview](http://www.pipistrel.si/plane/taurus-electro/overview)
- [14] [www.skyspark.eu/web/eng/index.php](http://www.skyspark.eu/web/eng/index.php)
- [15] <http://blog.cafefoundation.org/?p=1438>
- [16] <http://blog.cafefoundation.org/?p=1422>
- [17] <http://yuneec.com>
- [18] <http://www.pc-aero.de>
- [19] [http://cafefoundation.org/v2/gfc\\_main.php](http://cafefoundation.org/v2/gfc_main.php)
- [20] [http://cafefoundation.org/v2/pdf\\_GFC/2011\\_06\\_30\\_GFC\\_Prize\\_Structure.pdf](http://cafefoundation.org/v2/pdf_GFC/2011_06_30_GFC_Prize_Structure.pdf)
- [21] [www.ifb.uni-stuttgart.de/index.php/forschung/flugzeugentwurf/hydrogenius](http://www.ifb.uni-stuttgart.de/index.php/forschung/flugzeugentwurf/hydrogenius)
- [22] <http://yuneec.com/paramotor.html>
- [23] [www.flightdesign.com/index.php?page=presentation](http://www.flightdesign.com/index.php?page=presentation)
- [24] [www.elektor.de/elektronik-news/hybrid-elektrisches-flugzeug.1871506.lynx](http://www.elektor.de/elektronik-news/hybrid-elektrisches-flugzeug.1871506.lynx)
- [25] [www.pipistrel.si/plane/panthera/overview](http://www.pipistrel.si/plane/panthera/overview)
- [26] [www.eads.com/dms/eads/int/en/press/documents/Dossiers/Downloads/EADS-Brochure\\_VoltAir\\_English.pdf](http://www.eads.com/dms/eads/int/en/press/documents/Dossiers/Downloads/EADS-Brochure_VoltAir_English.pdf)
- [27] [www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-4935/8219\\_read-13587](http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-4935/8219_read-13587)
- [28] [www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-6216/10226\\_read-26189](http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-6216/10226_read-26189)
- [29] [www.solarflugzeuge.de](http://www.solarflugzeuge.de)
- [30] [www.solarimpulse.com](http://www.solarimpulse.com)
- [31] [www.mp.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dgIrr/hh/text\\_2007\\_06\\_14\\_Solarflugzeuge.pdf](http://www.mp.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dgIrr/hh/text_2007_06_14_Solarflugzeuge.pdf)



Bild 7. Pipistrel aus Slowenien hat für den GFC zwei Taurus-Motorsegler zu einem Doppelrumpf-Flugzeug mit 145-kW-Elektromotor kombiniert. Das gibt einen Sinn, weil der Wettbewerb den Verbrauch pro Sitzplatz wertet. (Bild: Pipistrel)

auch ein Markt für elektrische Reisemotorsegler und Ultraleichtflugzeuge entstehen. In Verbindung mit Solarmodulen auf dem Flugzeughangar (PC-Aero/SolarWorld) oder Transportanhänger (Taurus-G2/Pipistrel) beziehungsweise einem Windgenerator (Arcus-E/Windreich) zum Laden der Akkus wird auch der Traum vom emissionsfreien Fliegen mit rein regenerativen Energien Realität. Für Motorflugzeuge ist eine Hybridlösung denkbar, wie sie von Flight Design [23] vorgestellt und EADS/Siemens/Diamond-Aircraft [24] schon demonstriert wurde.

Wirklich große Fortschritte kann nur eine weiter verbesserte Akkutechnologie bringen. Der slowenische Hersteller Pipistrel vertraut darauf und hat bei der Entwicklung seines Reiseflugzeugs Panthera [25] neben einer hybrid-elektrischen auch eine rein elektrische Version (oder Vision?) eingeplant. Der wassergekühlte 145-kW-Elektromotor wird schon beim GFC im Taurus-G4 (Bild 7) erprobt. Der Airbus-Mutterkonzern EADS untersucht bereits Antriebskon-



Bild 8. Der ursprünglich als „Hydrogenius“ mit Brennstoffzelle konzipierte e-Genius der Universität Stuttgart nimmt jetzt als sehr effizienter Elektroflieger am GFC teil. (Bild: e-Genius-Team, IFB Universität Stuttgart)

Tabelle 3. Technische Daten des e-Genius	
Anzahl der Sitze	2
Spannweite	16,9 m
Nutzlast	180 kg
Max. Gewicht	850 kg
Motorleistung Dauer/Spitze	60/100 kW (82/136 PS)
Motor-Bauart	Permanentenerregter Synchronmotor, wassergekühlt
Motorgewicht/Durchmesser/Länge	27 kg/25 cm/28 cm
Durchmesser Verstellpropeller	2,2 m
Akku	Lithium-Ionen/56 kWh
Gesamtgewicht Antrieb (Motor, Elektronik und Akku)	336 kg
Gesamtwirkungsgrad Motor und Umrichter	> 90 %
Reisegeschwindigkeit	140 bis 235 km/h
Maximale Steigleistung bei 850 kg	4,5 m/s
Flugdauer	Max. ca. 4 h
Reichweite	> 400 km

zepte für elektrische Verkehrsflugzeuge der Zukunft. Das im Mai veröffentlichte VoltAir-Konzept [26] setzt auf schnell austauschbare Lithium-Luft-Batterien mit 1000 Wh/kg und supraleitende Materialien für Elektromotoren und Leitungen mit Flüssigstickstoffkühlung (Bild 9). Mit projektierten 7-8 kW/kg übertreffen diese Motoren sogar das Leistungsgewicht heutiger Turboproptriebwerke. Die signifikante Verbesserung der Effizienz sowohl des Antriebs als auch der Aerodynamik soll den Airlines innerhalb von 25 Jahren einen Traum von einem Flugzeug liefern: sparsam, leise, emissionsfrei und viel komfortabler als alles, was uns heute noch einen Alptraum vom Fliegen beschert, wenn wir an die Umwelt denken.

(110496)

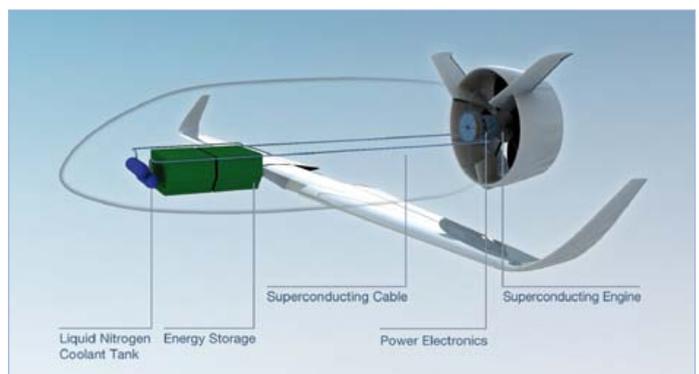


Bild 9. Das Antriebskonzept der EADS-Konzeptstudie VoltAir für ein elektrisches Verkehrsflugzeug sieht supraleitende Materialien und Flüssigstickstoffkühlung für Leitungen und Motor vor. (Bild: EADS)

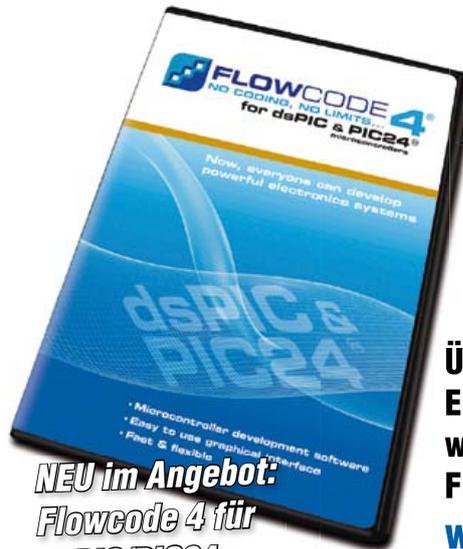
# Schnelle Entwicklung komplexer Elektronik-Systeme mit Flowcode 4



Entwurf – Simulation – Download



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



**NEU im Angebot:**  
**Flowcode 4 für dsPIC/PIC24**

**Überzeugen Sie sich selbst: Eine Demoversion sowie weitere Informationen zu Flowcode 4 finden Sie unter [www.elektor.de/flowcode](http://www.elektor.de/flowcode)**

## Volles Vertrauen in jede Anschaffung



**VPO**  
Visual Persistence Oscilloscope

### 350/250/150 MHz Digital Speicheroszilloskop

mit 5 GSa/s Abtastrate und VPO-Technologie ( Visual Persistence Oscilloscope ) zeigt die GDS-3000-Serie Kurvenformen originalgetreu und fängt gleichzeitig weniger häufig auftretende Signale wie Glitches oder Runts ein, ohne einen Punkt der Kurvenform-Information zu verpassen.

### GDS-3000-Serie

- 350-/250-/150-MHz-Bandbreite
- 5 GSa/s Real-Time-Abtastrate und 100 GSa/s Equivalent-Time-Abtastrate
- VPO-Technologie zur Anzeige von weniger häufig auftretenden Signalen
- Einzigartiges Split-Screen-Display mit unabhängiger Einstellung für jeden Eingangskanal
- Optionale Software für Leistungsmessung
- Optional Trigger- und Decoder-Software für serielle Bussysteme mit Unterstützung von I<sup>2</sup>C, SPI und UART

Simply Reliable

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

**GW INSTEK**  
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD.

# Multitalentierete AVR-Platine

## Platino, ein Star in einer Nebenrolle



Von Grégory Ester und Clemens Valens (Frankreich)

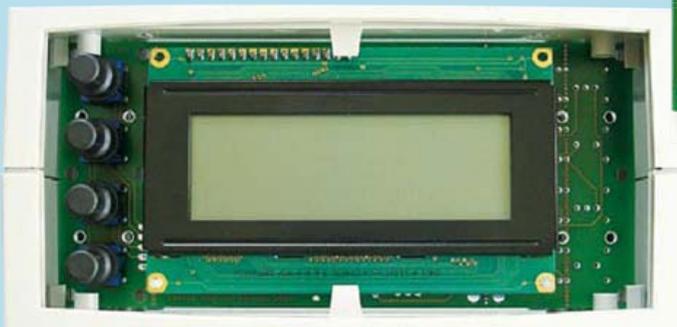
Meistens sind es nur Nebenrollen, die Platinen in den Szenarien anspruchsvoller Bauprojekte spielen. Doch Erfolg oder Misserfolg hängen nicht nur von der Kunst des Schaltungs- und Programmierens ab, es kommt auch auf die Platine an. Weil dem so ist, haben wir beschlossen, in diesem Beitrag einer Platine die Hauptrolle zu übertragen. Applaudieren Sie bitte einem neuen Star auf unserer Bühne, er heißt Platino!

### Biografie

Platino, ein Multitalent für Projekte mit 8-bit-AVR-Mikrocontrollern, wurde am 20. November 2010 geboren. Dieser kleine Bruder des HMI-Moduls J2B [2] begegnete nach Monaten der Reifung im Juni 2011 zum ersten Mal einem AVR-Mikrocontroller. Weil sich Platino noch nicht genügend gefestigt fühlte, um sich in der weiten Welt der Elektronik zu behaupten, wollte

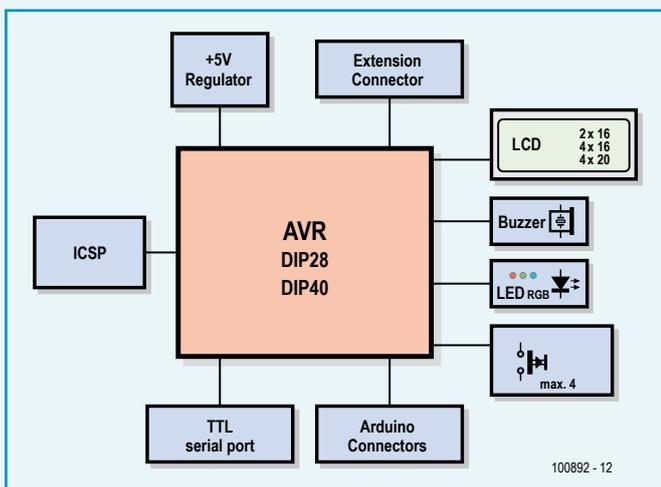


er noch weiter wachsen. Er nahm sich einen großen Star zum Vorbild, der Arduino heißt. Das bindungslose Leben erfuhr eine Wende, als Platino zufällig einem schmackhaften Gehäuse aus dem Hause Bopla begegnete. Es war die berühmte Liebe auf den ersten Blick, und die beiden beschlossen, von nun an gemeinsam durchs Leben zu gehen. Dem Paar, das im Juli 2011 den Bund der Ehe schloss, wird eine reiche Nachkommenschaft vorhergesagt.



## Adrett und gepflegt

Die Zeiten, in denen so mancher in stets gleichem Gewand daherkam, so wie seinerzeit Mickymaus und Donald Duck, sind längst vorbei. Platino lebt in der Gegenwart, und das bedeutet, dass sich eine moderne Platine flexibel anpasst. Wenn es aus dunklen Wolken schüttet, wandelt Platino mit einem großflächigen LCD-Schirm aus vier mal 20 Zeichen auf seinen Wegen. Brennt dagegen die Sonne vom Himmel, ist ein schlanker LCD-Schirm mit zwei mal 16 Zeichen das modische Attribut. Dann kommen die zierlichen, elegant gewundenen Leiterbahnkurven stärker zum Vor-



schein, auf die Platino stolz ist. Platino zeigt seine Qualitäten gern. Äußere Eleganz ist sicher wichtig, doch die inneren Werte sind es nicht minder. Leider kann Platino nur einem Herren dienen, und so musste er sich für einen Mikrocontroller entscheiden. Platino erinnerte sich, dass seine Eltern ihn stets ermahnt hatten, alle Halbheiten zu meiden. So kam es, dass sich Platino ehrgeizig bis an seine Grenzen verausgabte. Unermüdlich arbeitete er an

sich selbst, mit dem Erfolg, dass er *allen* AVR-Mikrocontrollern mit 28 oder 40 Beinen aus dem renommierten Hause Atmel ein Zuhause bieten kann. Dies gilt für *alle* 8-bit-AVR-Mikrocontroller in so genannten DIP-Gehäusen!

Platino kennt das Sprichwort „Kleider machen Leute“, und deshalb schmückt er sich stillbewußt mit einigen feinen Accessoires. Auf seine Drucktaster ist Platino besonders stolz, denn er kann sie links, rechts oder unter dem Display tragen. Auf die Taster können Kappen mit unterschiedlichen Abmessungen, Farben und Formen aufgesteckt werden. Es stimmt, dass diese elektromechanischen Juwelen etwas mehr als die alltäglichen, schmucklosen Typen kosten. Doch wenn es um schöne Formen und solide Zweckmäßigkeit geht, schaut Platino nicht auf den Cent.

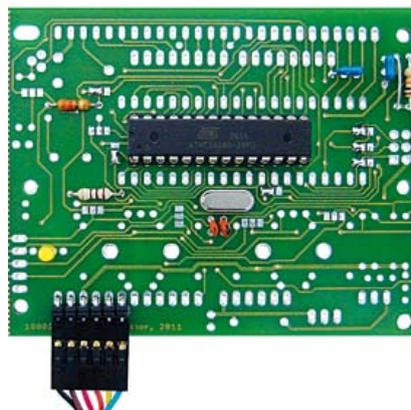


Ein weiteres stilvolles Accessoire ist der Drehimpulsgeber, mit dem Platino seine Vorderseite anstelle von zwei oder drei Drucktastern zieren kann. Sogar mit zwei Drehimpulsgebern kann er sich gleichzeitig schmücken!

Platino steht gern im Mittelpunkt des Geschehens. Deshalb besitzt er auch einen akustischen Signalgeber, mit dem er auf sich aufmerksam machen kann. Eine Dreifarben-LED unterstreicht seine Signalfreudigkeit, abhängig von den Widerständen R1, R8 und R9 leuchtet die LED in jeder denkbaren Farbe. Vielleicht ist Grün das Signal für Wohlfinden, während Rot sein Missbehagen signalisiert?

## Vorbild und Idol

Seit Kindesbeinen schwärmt Platino für den italienischen Star des schnellen Prototyping, der sich Arduino nennt. Die Verehrung bedeutet aber nicht, dass Platino blindlings Arduino nachahmt. Die Stärken seines Idols waren ihm Vorbild, über die Schwächen galt es hinaus zu wachsen. Deshalb besitzt Platino Steckleisten (K4...K7), um nach Art des Arduino so genannte *Shields* andocken zu können. Weitere Steckleisten im üblichen Rastermaß (K1, K2, K9) stellen vielfältige Verbindungen zur Außenwelt her.



Anders als Arduino lebt Platino ohne USB-nach-TTL-Wandler. Bei Bedarf kann ein externes Wandlerkabel das Knüpfen dieser Verbindung übernehmen. Ist der Verzicht auf den USB-nach-TTL-Wandler ein Zeichen jugendlichen Übermuts? Möglicherweise, es senkt aber auch die Kosten. Nein, rückständig ist Platino wirklich nicht!

Ein solches Kabel dient übrigens auch zum Programmieren des Mikrocontrollers auf der Plattform der Arduino-IDE, hier verhält sich Platino exakt wie sein Vorbild. Der Mikrocontroller wird über die IDE zurückgesetzt und gestartet. Für den Start sorgt

Widerstand R13, an dessen Stelle auch ein 100-nF-Kondensator vorhanden sein kann. Für das Programmieren wird ein zu Arduino kompatibler Programmer benötigt [3], die IDE soll eine möglichst neue Version sein. Ein Standard-AVR-Programmer, verbunden mit K3, erfüllt alle Voraussetzungen. Arduino steht manchmal in der Kritik, weil er sich auf einen einzigen Mikrocontrol-

ler-Typ festgelegt hat. Deshalb beschloss Platino, sich weniger eng zu binden und flexibel zu bleiben. Bestückt mit einem ATmega168 oder ATmega324 ist Platino für zahllose Aufgaben gewappnet. Falls ihm noch mehr abverlangt wird, hat Platino einen weiteren Trumpf in der Hand: Sogar ein ATmega1284 kann sein Herz zum Schlagen bringen!

Wie schon erwähnt, schmückt sich Platino mit einer Dreifarben-LED, doch auch eine Einfarben-LED genügt ihm. In diesem Fall muss R8 über JP14 mit PB5 verbunden werden. Das Programmieren des Mikrocontrollers über den seriellen Port quittiert die LED durch Blinken. Das Programmbeispiel *Blink*, das zur Arduino-IDE gehört, läuft auch auf Platino.

## Platinos Garderobe

Ein untadeliges Outfit ist für Platino ein unbedingtes Muss. Was Platino im Alltag trägt, darüber berichtet er hier:

### Widerstände

„Widerstände können Ströme begrenzen, und an Widerständen können Spannungen abfallen. Am liebsten nehme ich 47  $\Omega$  für R2 und R3, 100  $\Omega$  für R13, 4,7 k $\Omega$  für R11 sowie ganz nach Bedarf 10 k $\Omega$  für R4...R7, R10 und R12. Nicht genau festgelegt sind R1, R8 und R9, ihre Werte müssen an die Dreifarben-LED angepasst werden. Ein ungefähr passender, mittlerer Wert ist 470  $\Omega$ .“

„Mein liegendes Trimpotentiometer P1 dient mir zum Einstellen des Display-Kontrasts. Sein Wert beträgt 10 k $\Omega$ .“

### Kondensatoren

„Kondensatoren werden oft nur wenig beachtet,

doch bei mir ist das anders. Für C1 und C2 des 16-MHz-Quarzes sind 22 pF genau richtig. Hochfrequente Störungen nerven mich, deshalb sind C3...C6 unverzichtbar. In der Regel ist 100 nF ein guter Wert, bis auf C4, hier sind mir 10 nF sympathischer. Dadurch steigt die Bandbreite der zu dämpfenden Signale. Auf das Rastermaß kommt es hier nicht an, 2,5 mm oder 5 mm passen. Wenn ich IC3 montiere, setze ich auch C8 und C9 auf ihren Platz. C8 dient der Stabilität von IC3, 1  $\mu$ F beträgt seine Kapazität. Für C9 gilt Ähnliches, hier wird oft dazu geraten, einen um den Faktor 10 größeren Wert zu nehmen. Ich habe mich für 10  $\mu$ F entschieden. C8 und C9 müssen mindestens 16 V vertragen (C9 besser mehr), das Rastermaß 2,5 mm passt.“

### Induktivitäten

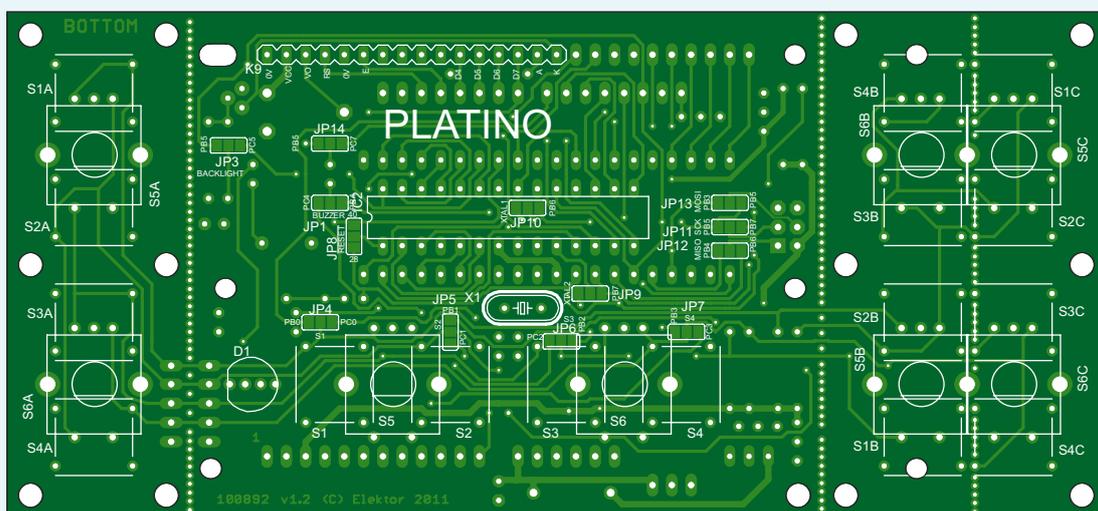
„Davon habe ich nur eine, bezeichnet mit L1. Sie siebt die Spannung des A/D-Wandlers, der im

Mikrocontroller integriert ist. L1 wird von C5 unterstützt. Für L1 ist 10  $\mu$ H ein guter Wert, oft genügt aber auch eine einfache Drahtbrücke.“

### Halbleiter

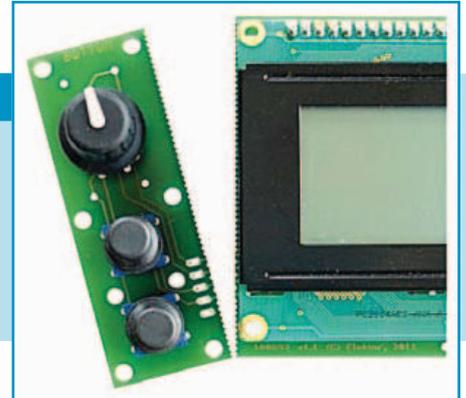
„Ich stecke mir IC1 und IC2 niemals gleichzeitig ein, vielleicht ist dies möglich, probiert habe ich es nicht. Für einfachere Aufgaben bevorzuge ich IC2, denn IC2 ist handlicher und auch preiswerter als IC1. Für IC2 kann ich wählen unter den Typen ATmega48, ATmega88, ATmega168 und ATmega328. Der Typ meiner Wahl hat seinen Platz auf meiner Lötseite. Dagegen muss IC1 auf meiner Bestückungsseite sitzen, es kann ein ATmega164, ATmega324, ATmega644 oder sogar ein ATmega1284 sein. Ich nehme nur die Versionen, die mit 20-MHz-Quarzen arbeiten.“

„Wenn die Hintergrundbeleuchtung meines Displays leuchten soll, stecke ich mir Transistor T1



## Für ewig treu?

Zwar hat Platino dem schmucken Gehäuse von Bopla eheliche Treue geschworen, doch bekanntlich sind Ehen nicht unauflöslich. Auch andere Hersteller haben schöne Produkte, und auch hier ist Platino dank seiner vielen Montage-Optionen flexibel. Einige Platinenteile können entlang der punktierten Linien abgetrennt werden. Einfaches Abbrechen genügt, und die Montage an abgesetzter Stelle wird möglich. Über die Steckverbinder K10 und K11 sind sogar die entfernt montierten Drucktaster anschließbar.



ein. Einen bestimmten Typ bevorzuge ich nicht, T1 muss aber, wie der BC547C, einige hundert Milliampere schalten können. Eine andere Möglichkeit besteht darin, T1 durch einen Jumper zu ersetzen.“

„Manchmal habe ich zu einer externen +5-V-Stromversorgung nur wenig Vertrauen. Dann greife ich zu IC3, einem Spannungsregler für +5 V, und montiere auch Diode D2. Das ist eine 1N5817, wenn die Eingangsspannung nicht hoch ist, oder eine 1N4001, wenn sie etwa 9 V übersteigt. Mit IC3 und D2 vertrage ich Eingangsspannungen bis 18 V, gleichzeitig bin ich vor Verpolung geschützt. Auch über das USB/TTL-Kabel kann ich mit Strom versorgt werden. In diesem Fall darf keine weitere Betriebsspannung angeschlossen werden, anderenfalls kann IC3 Schaden nehmen. Auf der sicheren Seite bin ich, wenn IC3 bei der Versorgung über USB nicht vorhanden ist.“

„D1 ist meine Dreifarben-LED, sie hat vier Anschlüsse. Hersteller Kingbright hat Typen im Sorti-

ment, zum Beispiel die Reihe 154A4SURKQBxxxx, die mir gut gefallen. Auch mit der COM-09264 von Sparkfun schmücke ich mich gern.“

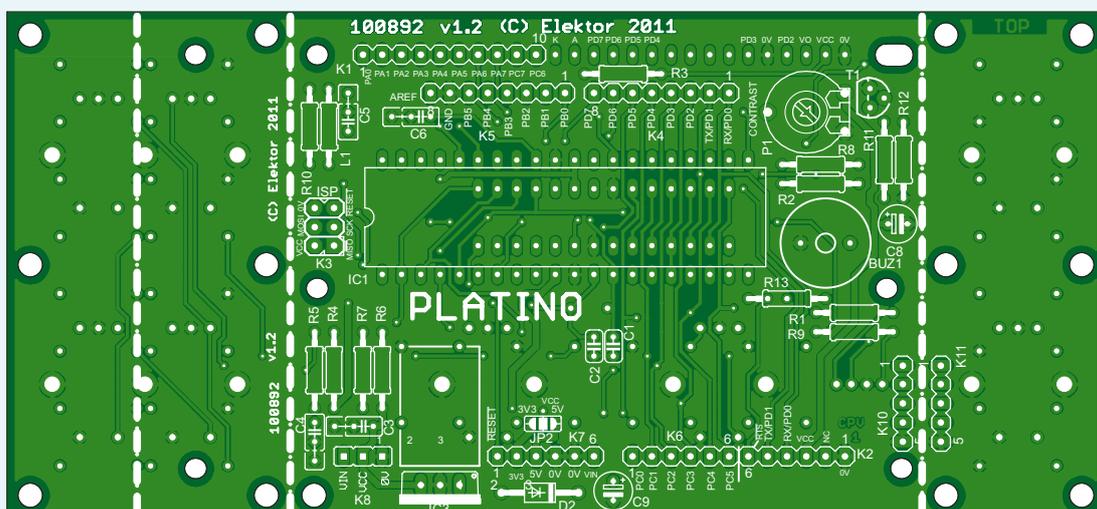
### Außerdem

„Mein Quarz schwingt mit 16 MHz, er befindet sich auf meiner Lötseite, damit ist ein Kurzschluss mit bestimmten Leiterbahnen ausgeschlossen. Mein akustischer Signalgeber hat den Durchmesser 12 mm und das Rastermaß 6,5 mm. Meine Steckverbinder sind abgesehen von K3 einreihige, konfektionierbare Stiftleisten, Kontaktabstand 2,54 mm. K3 ist zweireihig, er hat 2 · 3 Kontakte. K4...K7 sind Buchsenleisten für die Verbindung mit Arduino-Shields. Für K1 und K9 kann ich Stift- oder Buchsenleisten nehmen. K1 hat 10 Kontakte, K4 und K5 sind beide 8-polig, K6 und K7 nur 6-polig, K9 ist mit 16 Kontakten am längsten. Für K2 nehme ich eine 6-polige abgewinkelte Stiftleiste. K8, ebenfalls eine Stiftleiste, ist nur 3-polig.

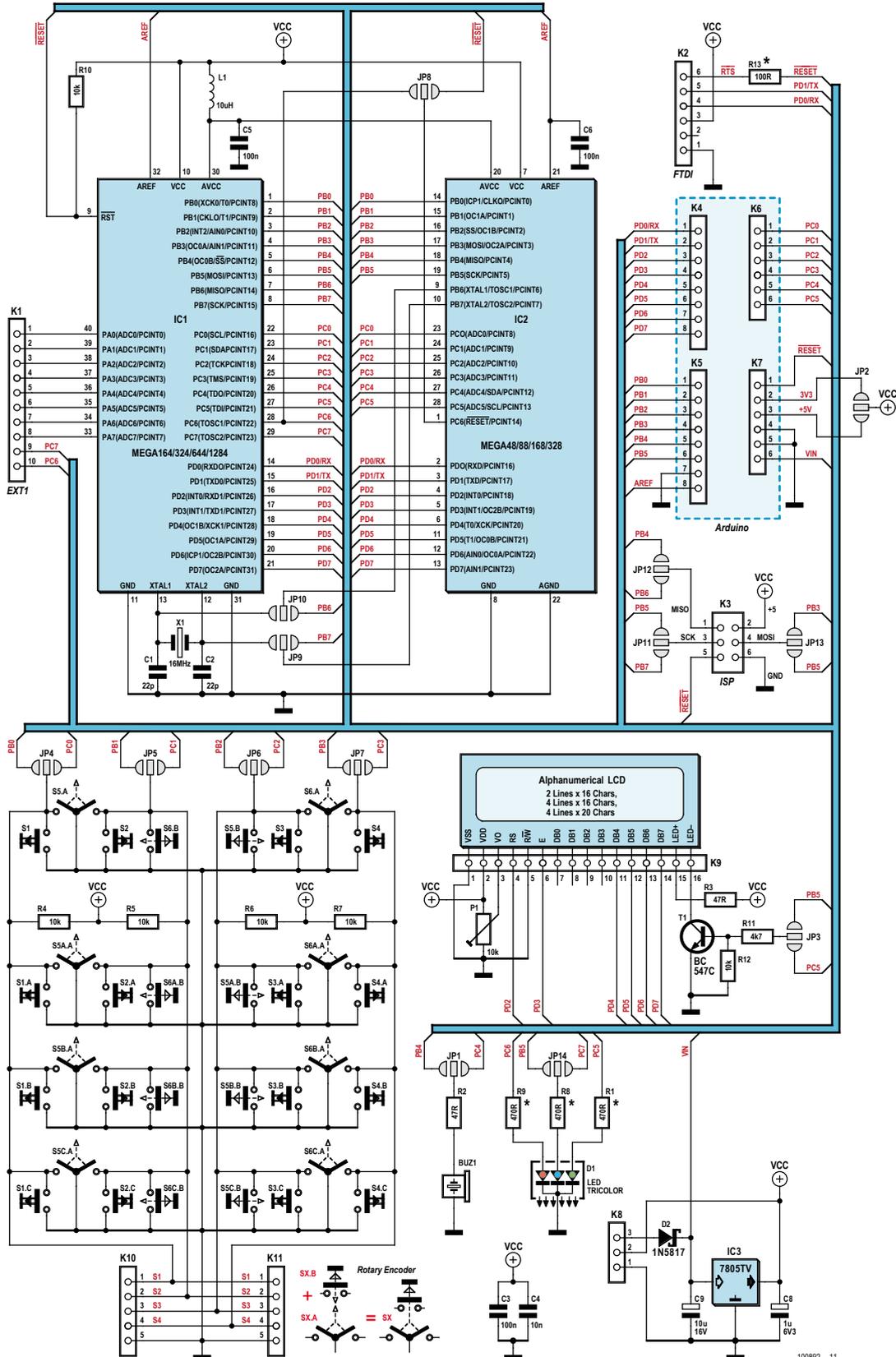
IC1 oder IC2 stecke ich in DIP-Fassungen. Die 28-polige Fassung für IC2 ist nur 7,62 mm breit, für IC1 ist eine Standard-DIP-Fassung mit 40 Pins die richtige Wahl.“

„Fast hätte ich es vergessen: Meine Drucktaster sind von Multimec und haben die Bezeichnung 3FTL6, erhältlich sind sie bei Farnell. Die Drehimpulsgeber sind von Alps, sie heißen entweder EC12E2424407 (mit Drucktaster) oder EC12E2420404 (ohne Drucktaster). Auch sie gibt es bei Farnell.“

„Schließlich noch mein LC-Display: Ich vertraue mich mit Typen, die 2 · 16, 4 · 16 oder 4 · 20 Zeichen darstellen. Fast alle Versionen sind anschließbar, solange ein einreihiger Steckverbinder mit 14 oder 16 Kontakten links oben am Display vorhanden ist. Natürlich müssen die Signale an den richtigen Pins liegen. Der Display-Controller muss zu den Bibliotheken der Display-Steuerung kompatibel sein, der Controller HD44780 hat hier den Standard gesetzt.“



Die Schaltung spielt diesmal eine Nebenrolle, die Hauptrolle wurde mit dem Multitalent Platino besetzt.



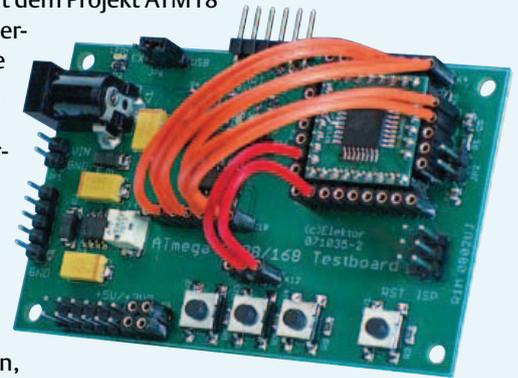
# Platino demnächst bei element14

## Familienbande

Seine Abstammung verleugnet Platino nicht, er ist stolz auf seine Verwandtschaft mit dem Projekt ATM18 [4], mit BASCOM-AVR und AVR-GCC. Wenn Platino einen 28-Pin-Mikrocontroller beherbergt, sind die Signale AD6 und AD7 des kleineren Neffen ATM18 nicht verfügbar, die beiden sind nicht vollständig kompatibel. Sollten diese Signale unverzichtbar sein, genügt der Tausch des 28-Pin-Controllers gegen einen Kollegen mit 40 Pin. Meistens müssen dann einige Ports neu konfiguriert werden, oder einige Leitungen werden umgelegt.

Mit Blick auf einen entfernten Verwandten aus der weitläufigen Familie der AVR-Entwicklungsboards hat Platino darauf bestanden, dass seine Display-Steuerung kompatibel zu den Bibliotheken des Entwicklungstool-Spezialisten Mikroelektronika ist. Diese Bibliotheken steuern das Display über Port D im 4-bit-Modus.

Trotz (oder wegen?) einiger Extravaganzen ist Platino zu einem sympathischen, umgänglichen Star herangewachsen. Sein größter Herzenswunsch ist es, einem breiten Publikum zu gefallen. Platino hat Applaus verdient!



## Weblinks

[1] Platino: [www.elektor.de/100892](http://www.elektor.de/100892)

[2] J<sup>2</sup>B: [www.elektor.de/110274](http://www.elektor.de/110274)

[4] ATM18: [www.elektor.de/071035](http://www.elektor.de/071035)

[3] Arduino: [www.elektor.de/080931](http://www.elektor.de/080931)

(100892)gd

Funktion	Brücke	Einstellung
Akustischer Signalgeber BUZ1 an <b>PB4</b> oder <b>PC4</b>	JP1	<input type="checkbox"/> PC4 <input type="checkbox"/> PB4
Betriebsspannung eines Arduino <i>Shield</i> : 5 V oder 3,3 V	JP2	<input type="checkbox"/> 3,3V <input type="checkbox"/> 5V
Steuerung des Backlight über <b>PB5</b> oder <b>PC5</b> Bei Wahl von PB5 ist die Einstellung mit <i>JP14</i> nicht möglich!	JP3	<input type="checkbox"/> PB5 <input type="checkbox"/> PC5
S1 verbinden mit <b>PB0</b> oder <b>PC0</b>	JP4	<input type="checkbox"/> PB0 <input type="checkbox"/> PC0
S2 verbinden mit <b>PB1</b> oder <b>PC1</b>	JP5	<input type="checkbox"/> PC1 <input type="checkbox"/> PB1
S3 verbinden mit <b>PB2</b> oder <b>PC2</b>	JP6	<input type="checkbox"/> PC2 <input type="checkbox"/> PB2
S4 verbinden mit <b>PB3</b> oder <b>PC3</b>	JP7	<input type="checkbox"/> PB3 <input type="checkbox"/> PC3
<b>PC6</b> von IC2 (DIL28) mit Reset verbinden	JP8	<input type="checkbox"/> PC6
<b>PB7</b> von IC2 (DIL28) mit dem Quarz verbinden, zusammen mit JP10	JP9	<input type="checkbox"/> PB7
<b>PB6</b> von IC2 (DIL28) mit dem Quarz verbinden, zusammen mit JP9	JP10	<input type="checkbox"/> PB6
SCK-ISP: Verbindung mit <b>PB5</b> bei Vorhandensein von IC2 Verbindung mit <b>PB7</b> bei Vorhandensein von IC1	JP11	<input type="checkbox"/> PB5 <input type="checkbox"/> PB7
MISO-ISP: Verbindung mit <b>PB4</b> bei Vorhandensein von IC2 Verbindung mit <b>PB6</b> bei Vorhandensein von IC1	JP12	<input type="checkbox"/> PB4 <input type="checkbox"/> PB6
MOSI-ISP: Verbindung mit <b>PB3</b> bei Vorhandensein von IC2 Verbindung mit <b>PB5</b> bei Vorhandensein von IC1	JP13	<input type="checkbox"/> PB3 <input type="checkbox"/> PB5
Verbinden mit <b>PB5</b> für Arduino-Kompatibilität (siehe <i>JP3</i> ), sonst mit <b>PC7</b>	JP14	<input type="checkbox"/> PB5 <input type="checkbox"/> PC7

# Audio-Guide

## Erste Schritte mit Platino

In den meisten Museen kann man von kleinen Geräten gesprochene Informationen über die Ausstellungsobjekte bekommen. In diesem Artikel geht es um einen besonderen Audio-Guide, der Objekte via RFID erkennen kann. Man muss sich nur in die Nähe eines Exponats bewegen und schon hört man die dazu passende Beschreibung.



Von Clemens Valens und Grégory Ester (F)

Man benötigt nur zwei selbstgebaute Module: Platino [3] beherbergt die Intelligenz und ein rMP3-Modul [2] sorgt für die Tonausgabe. Mit letzterem kann man Audio-dateien abspielen, die auf Speicherkarten abgelegt sind. rMP3 unterstützt SD-, SDHC- und MMC-Karten von 8 MB bis 32 GB. Den Aufbau des Systems veranschaulicht die Blockschaltung in **Bild 1**.

Platino und rMP3 kommunizieren über eine serielle TTL-Verbindung. Das Verfahren ähnelt im Prinzip demjenigen von Handy oder PC, bei dem bestimmte Ereignisse mit bestimmten Tönen quittiert werden, die in diesem Fall von der Speicherkarte kommen. Ein Ereignis tritt in unserem Fall dann auf, wenn die Antenne [6] des eingebauten RFID-Lesers [4] in die Nähe eines (getagten) Ausstellungsstücks kommt. In oder hinter diesem Objekt steckt nämlich ein passiver Transponder [5], der unter dem englischen Kürzel RFID-Tag bekannt ist. Jedes Tag enthält einen einzigartigen Identifikations-Code, der vom RFID-Leser registriert wird.

Mit Hilfe dieses Codes kann die Software die zugehörige Datei von der Speicherkarte einlesen und wiedergeben.

### MP3-Dateien lesen

Beim rMP3-Modul handelt es sich um ein so genanntes Arduino-Shield – eine Karte, die man als „Schild“ in die Buchsenleisten eines Arduino-Boards stecken kann (und die deshalb auch damit kompatibel ist). rMP3 ist schon mit einem Slot für SD-Karten bestückt. Man kann damit nicht nur MP3-Dateien abspielen, es werden auch die üblichen WAV-Formate unterstützt. Das Modul reagiert auf die Befehle, die es via asynchrone serielle Schnittstelle erhält. Die Befehle erlauben das Lesen von Dateien, das Springen zur nächsten Datei, schnelles Vorspulen, Pause beim Abspielen, die Veränderung der Lautstärke und andere Dinge mehr. Man kann die Karte sogar als Speicher verwenden. Es gibt eine Menge Möglichkeiten, die sich erst durch die Lektüre der Online-Dokumentation des Herstellers

[7] erschließen. Das Modul treibt Kopfhörer oder Lautsprecher mit einer Impedanz von 16  $\Omega$  über eine 3,5-mm-Klinkenbuchse.

Los geht's: Obwohl das rMP3-Modul zum Betrieb mit Arduino (und somit auch dem kompatiblen Platino) gedacht ist, muss zuvor noch eine kleine Modifikation vorgenommen werden. Das Modul wird nämlich via USART0 über eine der beiden seriellen Schnittstellen des ATmega1284P (auf Platino) gesteuert. Darum müssen RXD0 und TXD0 dieses Controllers passend mit TX und RX des rMP3-Moduls verbunden werden. **Bild 2** zeigt zwei abgeknippte Pins. Eine orange Leitung führt von 0/R (RXD0) nach Pin 6 (TX auf rMP3). Die gelbe Leitung verbindet 1/T (TXD0) mit Pin 7 (RX auf rMP3). Falls notwendig formatiert man die SD-Karte zuvor mit FAT32. Im Wurzelverzeichnis der SD-Karte wird ein Verzeichnis namens „audiogids“ angelegt. Zum Testen kopiert man eine beliebige MP3-Datei in dieses Verzeichnis und benennt diese



Datei in „music.mp3“ um. Dann wird die vorbereitete Karte in den Slot des rMP3-Moduls gesteckt und ein LCD mit vier Zeilen zu je 20 Zeichen an K9 von Platino angeschlossen. Außerdem muss natürlich das rMP3-Modul mit Platino verbunden werden.

Nun zur Software: Man lade den Hex-Code der Datei „110544-I\_audioguide\_test\_rmp3\_lcd.hex“ von [1] herunter und transferiere sie auf Platino. Der Funktionstest besteht darin, die MP3-Datei zu lesen. Bild 3 zeigt, was auf dem Display zu lesen sein sollte. In der obersten Zeile steht „RMP3 and Platino“. Darunter folgen die Firmware-Version und eine Seriennummer. In der dritten Zeile wird die Lautstärke für links und rechts angezeigt. Die Werte von 16 entsprechen nach der Formel  $-0,5 \times 16$  einem Pegel von -8 dB. Die unterste Zeile informiert über die Sekunden seit Start der Datei, die Sample-Frequenz (44,1 kHz) und die Datenrate (128 kbit/s). Der Parameter „J“ bedeutet, dass die MP3-Datei gemixt (stereo/mono) codiert ist. Damit weiß das rMP3-Modul, was es wissen muss.

### Identifikation per RFID-i

Der hier verwendete RFID-Leser wurde schon einmal in Elektor [8] besprochen. Er besteht aus einer Platine mit EM4095-Chip und Antenne. Der Typ EM4095 eignet sich für Frequenzen von 100...150 kHz. Das passt zu den hier eingesetzten passiven RFID-Tags [5], denn sie arbeiten bei 125 Hz. Der maximale Leseabstand beträgt für eine Antenne mit einem Durchmesser von 53 mm etwa 12 cm. Bei nur 25 mm Durchmesser reduziert sich die Entfernung auf 6 cm. Der Anschluss des Lesers geschieht über fünf Leitungen: +5V, SHD, DEMOD OUT, MOD und GND werden mit den Anschlüsse der Buchsen für +5V, 8, 10, 9 und GND des rMP3-Moduls verbunden, das bereits mit dem Platino „vermählt“ ist.

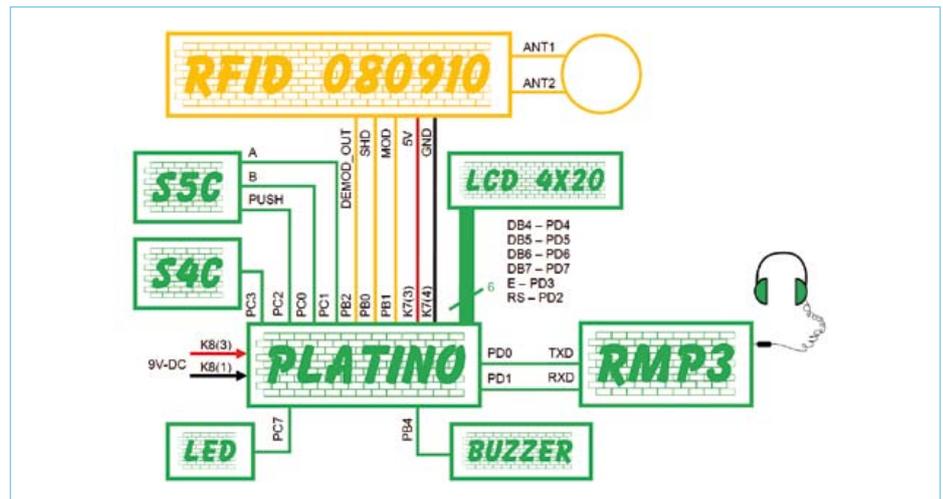


Bild 1. Blockschaltung des Audio-Guides.

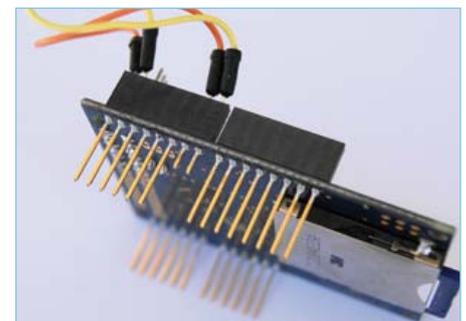
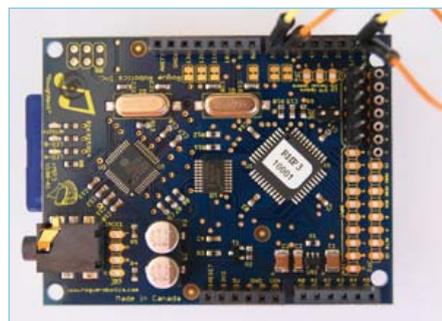


Bild 2. Platino und rMP3: eine ideale Kombination.

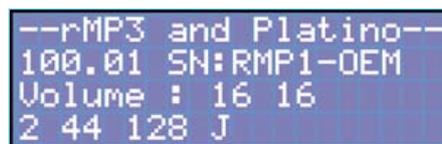


Bild 3. Kleine Modifikation am rMP3.

### Vorbereitung von Platino

Der Audioführer enthält zwei Bedienelemente: einen Taster und einen Drehknopf, hinter dem sich ein Drehimpulsgeber versteckt. Beide werden auf die Kupferseite der Platine von Platino gelötet. Der Taster kommt an S4C und der Drehgeber an S5C. Zu diesem Zweck müssen auf Platino noch Verbindungen geschaltet werden, die in den Bildern 4 und 5 gezeigt werden. Auch Bild 1 ist hierfür hilfreich. Bei den Verbindungen handelt es sich um kleine Lötzinnkleckse, die je zwei Lötbrücken-Pads verbinden. Bei JP7 muss S4 (S4C in Bild 1) mit PC3 verbunden sein. Signal „B“ des Gebers (S5C) kommt an PC0 via S1 auf JP4. Signal „A“

von S5C kommt via S2 auf JP5 an PC1 des Mikrocontrollers. Der Drehknopf kann nicht nur gedreht, sondern auch gedrückt werden, um zum Beispiel eine getroffene Auswahl zu bestätigen. Hierzu kommt bei JP6 etwas Lötzinn auf S3 und PC2. Nun kann der Zustand des Drucktasters via PC2 des Controllers gelesen werden. Die grüne Signalleuchte liegt via JP14 an PC7 des Controllers. Zur Strombegrenzung braucht die LED noch R8 mit seinen 470 Ω als Vorwiderstand. Die LCD-Hintergrundbeleuchtung wird hier nicht genutzt, da sie viel Strom verbraucht. Dafür ist aber ein Piezo-Summer nötig. Hierzu wird auf Platino BUZ1 mit PB4 via JP1 verbunden. Der verwendete Mikrocontroller des Typs ATmega1284P hat ein 40-poliges DIL-Gehäuse. Man kann ihn eingebaut via ISP (In System Programming) über eine synchrone serielle Verbindung mit Software beschicken. Ein externer Programmierer [9] kann an den sechspoligen Pin-Header K3 angeschlossen werden. Die Pins MOSI, MISO und SCK werden über die Lötbrücken JP13, JP12 und JP11 geleitet.

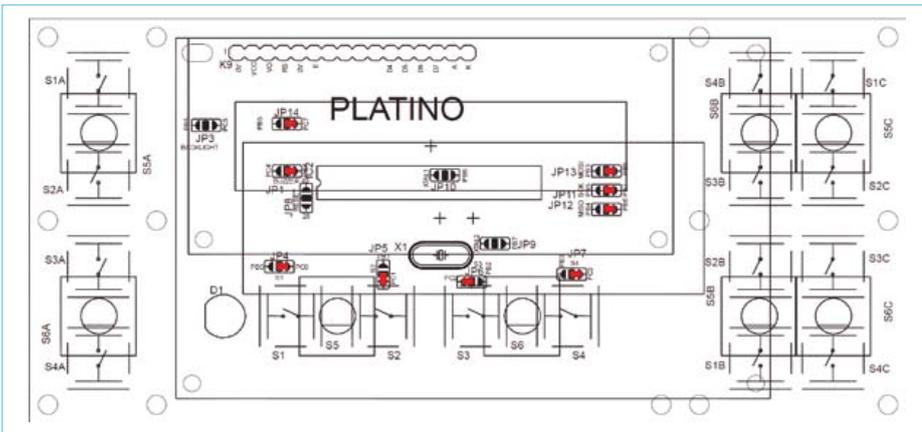


Bild 4. Lötbrücken auf der Kupferseite von Platino und...

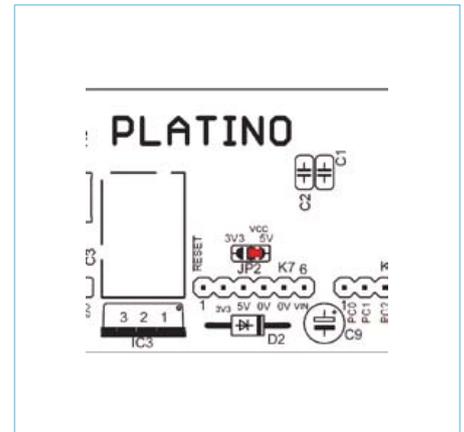


Bild 5. ...noch eine Lötbrücke auf der anderen Seite.

Masse kommt an K8-1 und die positive Betriebsspannung an K8-3. Das Modul rMP3 erhält seine +5 V über die Lötbrücke JP14.

### Betrieb und Funktion

Wie schon erwähnt, besteht das Ereignis der Objekterkennung darin, dass der RFID-Leser in die Nähe eines RFID-Tags kommt. Wenn das passiert, gibt Platino dem rMP3-Modul die nötigen Befehle, um die passende Audio-Datei auszulesen und wiederzugeben. Bei der Objekterkennung leuchtet zunächst die grüne LED auf und der Sumner gibt einen kurzen Quittungston von sich. Zum Programm „110544-l\_audio-guide\_firmware\_v1.2.bas“ gehört auch die Text-Datei mit der Bezeichnung „tags.txt“. In dieser Datei werden Identifikationscode, Titel und Autor des erkannten Objekts abgelegt, die auf dem Display erscheinen sollen (siehe Listing 1). Diese Daten werden durch die Anweisung „\$include tags.txt“ mit in die Firmware einkompiliert. Die Namenskonvention der Audio-Dateien auf der Speicherkarte ist „IDx.mp3“, wobei das

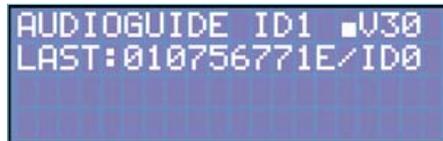


Bild 6. „ID=0“ bedeutet, dass dieses Tag noch nicht registriert ist.

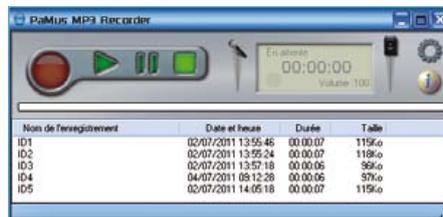


Bild 7. Eine nette Zugabe: PaMus MP3 Recorder.

„x“ für die Nummer in der Text-Datei steht. Die Datei „ID4.mp3“ würde so zum Beispiel zum Gemälde „Die ersten Schritte“ von Vincent von Gogh gehören. Beim Dateinamen

wird übrigens nicht zwischen Klein- und Großschreibung unterschieden.

Die Lautstärke ist in Schritten von 5 im Bereich 0...100 mit Hilfe des Drehknopfs einstellbar. Dieser lässt sich nicht nur nach links oder rechts drehen, sondern wie beschrieben auch als Taster nutzen, der von der Elektronik als Schließler an S4C interpretiert wird. Man kann damit beispielsweise das Abspielen der gerade laufenden Darbietung stoppen. Ein zweiter Druck auf den Knopf lässt das Gerät die abgebrochene Wiedergabe wiederaufnehmen. Was man zu hören bekommt, ist die Datei, die in der ersten Zeile der Anzeige zu sehen ist. Wenn die Wiedergabe gestartet wird, dann zeigen sich auch der Titel und der Künstler des Exponats auf dem LCD. Man kann also eine Aufzeichnung auch dann abspielen, wenn man den Audiofühler nicht permanent in die Nähe des Exponats hält. Man kann das Abspielen der Erläuterung zum Exponat auch mehrmals wiederholen.

Das RFID-Tag, das an erster Stelle steht (unter RFID(1)), startet die Datei „ID1.

### Listing 1.

Die Datei „tags.txt“ enthält die Informationen, die auf dem LCD erscheinen. Die Titel (Title(x)) und die Namen der Künstler (Artist(x)) dürfen nicht länger als 20 Zeichen sein.

```
const maxi = 6
Dim Rfid(maxi) As String * 10
Dim Title(maxi) As String * 20
Dim Artist(maxi) As String * 20

Rfid(1) = «0107567708»
Title(1) = «VOLUME SETTING»
Artist(1) = «MARCUS MILLER/POWER»
Rfid(2) = «0107567790»
```

```
Title(2) = «LA GIOCONDA»
Artist(2) = «LEONARDO DA VINCI»
Rfid(3) = «01075677B4»
Title(3) = «STARRY NIGHT»
Artist(3) = «VINCENT VAN GOGH»
Rfid(4) = «01075677AE»
Title(4) = «FIRST STEPS»
Artist(4) = «VINCENT VAN GOGH»
Rfid(5) = «010756785E»
Title(5) = «FRONT COVER»
Artist(5) = «ELEKTOR 1978»
Rfid(6) = «01075676E6»
Title(6) = «THE LAST SUPPER»
Artist(6) = «LEONARD DE VINCI»
```

mp3“. Damit kann man zum Beispiel die Lautstärke mit dem Drehknopf den eigenen Wünschen anpassen. Die nachfolgenden Dateien richten sich dann nach den Exponaten der Ausstellung. Angenommen, man hätte die Audio-Dateien von ID1.mp3 bis ID6.mp3 auf die SD-Karte kopiert. Wenn nun die Firmware (110544-I\_audioguide\_firmware\_v1.2.hex) zum ersten Mal geladen ist, dann funktioniert der Audioführer zunächst nur per Handbedienung. Das System kann zwar die Codes der Tags einlesen, weiß aber nicht, welcher Tag zu welcher Audiodatei gehört. Von der Software aus gesehen beziehen sich alle Tags noch auf ID0.

Als Vorbereitung ist es dann erforderlich, dass man die RFID-Tags in die gewünschte Reihenfolge bringt und so ihre Nummer festlegt. Anschließend öffnet man die Datei „tags.txt“ mit einem gewöhnlichen Text-Editor. Nun hält man den RFID-Leser an das erste RFID-Tag, schreibt die Hex-ID dieses Tags vom Display ab und überträgt sie in „tags.txt“. Auf die gleiche Weise verfährt man mit den anderen Tags. Dann sichert man die Datei „tags.txt“, kompiliert die Firmware neu und überträgt sie auf Platino. Jetzt ist der Audioführer fertig für den Einsatz. Man kann ihn überprüfen, indem man ihn in Reichweite eines beliebigen Tags bringt. Dann sollte die zugehörige Audio-Datei abgespielt werden. Die Firmware hat Platz für 96 RFID-Tags – im Code sollte in der Konstante „maxi“ die korrekte Anzahl stehen. In unserem Beispiel sollte das also „const maxi = 6“ zu lesen sein.

### MP3-Rekorder

Der Autor verwendet die Software „PaMus MP3 Recorder“ [10], um die Hardware in ein Diktiergerät zu verwandeln, das direkt in MP3-Dateien aufzeichnet. Das funktioniert ähnlich wie bei einem Kassettenrekorder (siehe Bild 7). Es gibt drei Stufen für die Klangqualität. Wer mit einer französisch-sprachigen Software nicht zurechtkommt, kann sich im Internet eine passende deutsch- oder englisch-sprachige Alternative suchen (man google nach „mp3 recorder open source“).

(110544)

### Weblinks

- [1] [www.elektor.de/110544](http://www.elektor.de/110544)
- [2] [www.lextronic.fr/P18805-Modul-de-restitution-rmp3-pour-arduino.html](http://www.lextronic.fr/P18805-Modul-de-restitution-rmp3-pour-arduino.html)
- [3] [www.elektor.de/100892](http://www.elektor.de/100892)
- [4] [www.elektor.de/products/kits-Module/Module/080910-91-rfid-savvy.925192.lynkx](http://www.elektor.de/products/kits-Module/Module/080910-91-rfid-savvy.925192.lynkx)
- [5] [www.lextronic.fr/P1503-carte-transpondeur-rfid-card1.html](http://www.lextronic.fr/P1503-carte-transpondeur-rfid-card1.html)
- [6] [www.lextronic.fr/P1478-antenne-rfid-125-khz-ant-rfid2.html](http://www.lextronic.fr/P1478-antenne-rfid-125-khz-ant-rfid2.html)
- [7] [www.roguerobotics.com/wikidocs/rmp3/start](http://www.roguerobotics.com/wikidocs/rmp3/start)
- [8] [www.elektor.de/080910](http://www.elektor.de/080910)
- [9] [www.elektor.de/080083](http://www.elektor.de/080083)
- [10] <http://papiermusique.fr/dossier03.php>

ZUR FEIER DES 20-JÄHRIGEN JUBILÄUMS  
STELLT PICO TECHNOLOGY VOR:

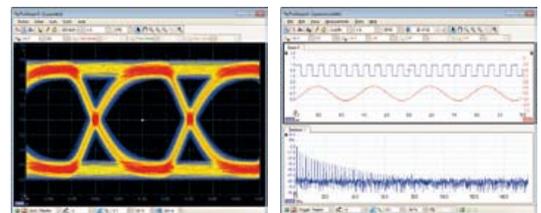
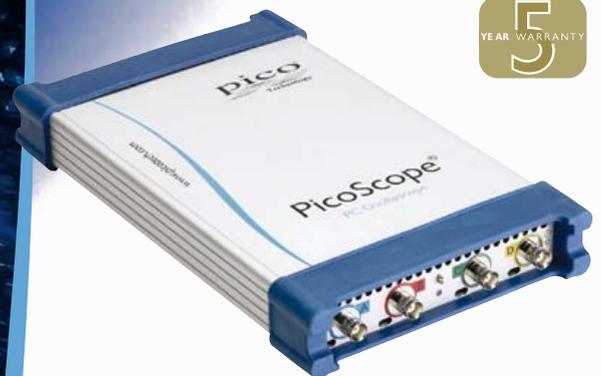
## DAS 500-MHz- PICOSCOPE 6404



**500 MHz BANDBREITE**  
**5 GS/s SAMPLING**  
**1 GS SPEICHER**  
**EINGEBAUTER AWG**  
**X100.000.000 ZOOM**  
**INNOVATIVE TRIGGER**

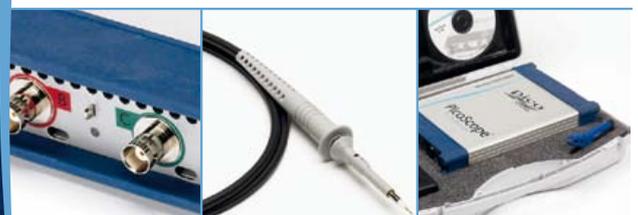


PICOSCOPE 6000 SERIE



**KEINE KOSTSPIELIGEN OPTIONEN - EXTRAS  
INBEGRIFFEN: SERIELLES DECODIEREN**

- MASKENGRENZPRÜFUNG
- SEGMENTIERTER SPEICHER...



**pico**  
Technology

[www.picotech.com/ps3115](http://www.picotech.com/ps3115)

# RGB/YPbPr-Konverter

Von Christian Tavernier (F)

Spätestens seit Erscheinen des hoch auflösenden Fernsehens (HDTV) ist so gut wie sicher, dass die analogen Geräteanschlüsse langfristig von der digitalen Schnittstelle HDMI oder einem anderen digitalen Standard abgelöst werden. Doch bevor es so weit ist, wird die alte analoge Technik noch eine Weile bestehen bleiben.

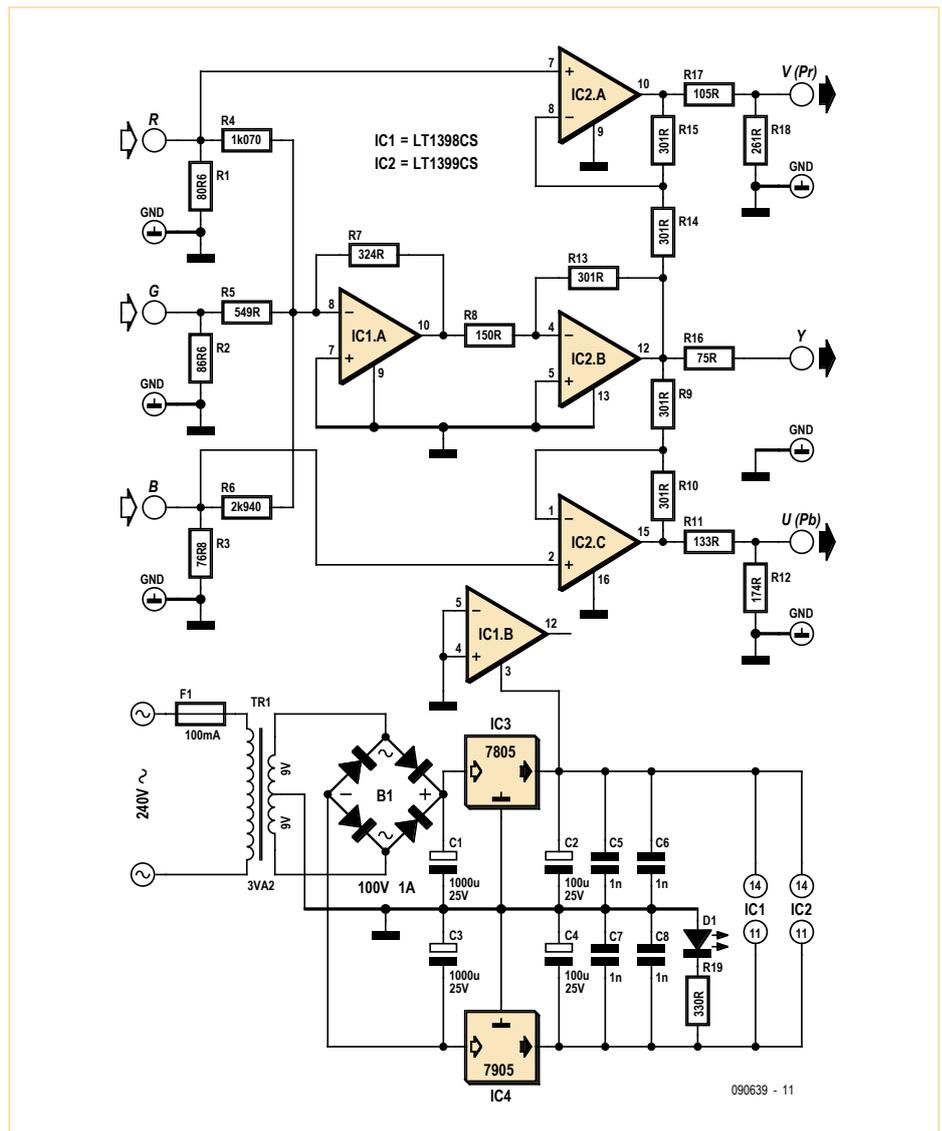


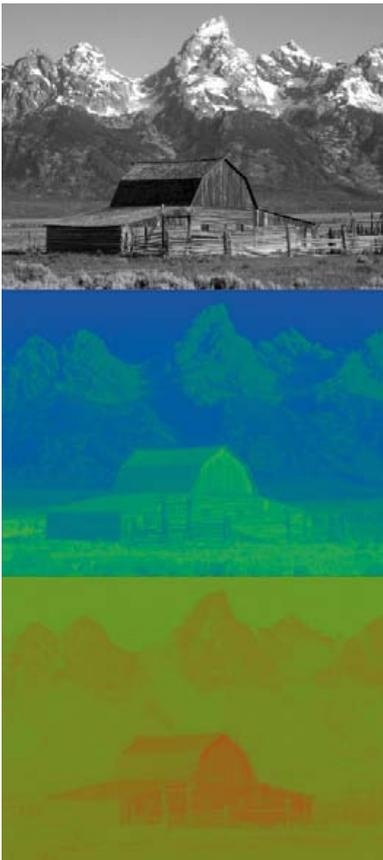
An vielen SAT- und Kabel-Receivern, die heute ihren Dienst tun, ist ein digitaler HDMI-Ausgang noch nicht vorhanden. Die Bild- und Tonsignale werden über das altvertraute analoge SCART-Kabel zum TV-Gerät weiter geleitet. Moderne HDTV-Flachbildgeräte und HDTV-Beamer haben außer mehreren HDMI-Eingängen oft auch einen so genannten Komponenten-Eingang vorzuweisen. Die mit „YPbPr“ bezeichneten Buchsen sind manchmal auch mit „YUV“ beschriftet, was aber genau genommen nicht ganz korrekt ist.

An den SCART-Ausgängen der meisten Consumer-Geräte liegen separate Videosignale der Primärfarben Rot, Grün und Blau (RGB) an. Diese Signale sind zwar keine HD-Signale, die Qualität ist jedoch dem S-Video- und insbesondere dem Composite-Signal deutlich überlegen. Leider können die Signale Rot, Grün und Blau nicht unmittelbar an die Eingänge Y, Pb und Pr eines TV-Geräts oder Beamers gelegt werden. Für die Anpassung bietet der Handel Signalkonverter an, die bei guter Qualität etwa 100 € und mehr kosten. Der hier beschriebene Konverter erreicht mindestens gleiche Qualität, er ist schnell aufgebaut, und die Kosten betragen nur einen Bruchteil.

## Rot, Grün und Blau

An manchen TV-Geräten oder Beamern sind die Eingänge Y, Pb und Pr fälschlicherweise rot, grün und blau markiert. Trotzdem dürfen diese Eingänge nicht auf direktem Weg mit den Ausgängen R, G und B eines SCART-Ausgangs verbunden werden. Der Y-Ein-





gang ist für das Luminanz-Signal bestimmt, ein Summsignal aus den gewichteten Signalen R, G und B. Die Signale der Eingänge Pb und Pr sind so genannte Farbdifferenzsignale, sie werden ebenfalls aus den Signalen Rot, Grün und Blau gebildet.

Die Regeln, nach denen die Signale R, G und B addiert oder subtrahiert werden müssen, sind natürlich kein Geheimnis. Schon aus diesem Grund ist der Entwurf eines Signal-Konverters von RGB nach YPbPr nicht schwierig. Für die Addition oder Subtraktion analoger Signale bieten sich Operationsverstärker (Opamps) an, wobei allerdings nicht jeder Opamp-Typ gleichermaßen geeignet ist. Mit dem bekannten TL081 dürfte der Erfolg nur mäßig sein, weil seine Bandbreite nicht ausreicht. Das Frequenzspektrum analoger Videosignale kann unschwer an die 100-MHz-Marke heranreichen, insbesondere wenn das Videosignal von einer HD-Signalquelle kommt. Opamps mit niedrigen Bandbreiten würden sich auf das Videosignal stark qualitätsmindernd auswirken, die Konturen wären verwaschen. Eine Opamp-Familie, die für diesen Zweck wie geschaffen ist, wurde von Linear Technology unter den Typenbezeichnungen LT1398 und LT1399 auf den Markt gebracht. Die Bandbreite

## Signale und Signalkomponenten

Das Konvertieren von RGB nach YPrPb oder YUV beschränkt sich auf Additionen und Subtraktionen von Signalanteilen, die durch Faktoren gewichtet sind. Auf Foren im Internet ist gelegentlich zu beobachten, dass die Zusammenhänge und Begriffe nicht immer klar erkannt und unterschieden werden.

Generell sind YPrPb-Signale nicht identisch mit YUV-Signalen. Die beiden Signal-Typen werden gern verwechselt, vermutlich weil die Bezeichnungen ähnlich klingen. Doch nicht nur die Signale unterscheiden sich, sie wurden auch für unterschiedliche Zwecke definiert. Während der Signaltyp YUV aus der alten analogen Farbfernsehtchnik der Standards PAL, SECAM und NTSC kommt, hat der Signaltyp YPrPb seinen Ursprung in der Welt der professionellen analogen Video-Anwendungen.

Die folgenden Gleichungen beschreiben die quantitativen Beziehungen der Signale.

### Von YUV nach RGB und umgekehrt:

$$Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B$$

$$U = -0,147 R - 0,289 G + 0,436 B$$

$$V = 0,615 R - 0,515 G - 0,1 B$$

$$R = Y + 1,14 V$$

$$G = Y - 0,395 U - 0,581 V$$

$$B = Y + 2,032 U$$

### Von YPbPr nach RGB und umgekehrt:

Im Gegensatz zu den vorherigen Gleichungen, die sich hinsichtlich einer YUV-Signalquelle nur auf Standard-TV (SD) beziehen, können YPbPr-Signale sowohl SD- als auch HD-Informationen transportieren. Aus diesem Grund existieren für die Konvertierung zwei Gleichungssätze.

SDTV (Standard TV):

$$Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B$$

$$Pb = -0,169 R - 0,331 G + 0,5 B$$

$$Pr = 0,5 R - 0,419 G - 0,081 B$$

$$R = Y + 1,420 Pr$$

$$G = Y - 0,344 Pb - 0,714 Pr$$

$$B = Y + 1,772 Pb$$

HDTV (High Definition TV):

$$Y = 0,213 R + 0,715 G + 0,072 B$$

$$Pb = -0,115 R - 0,385 G + 0,5 B$$

$$Pr = 0,5 R - 0,454 G - 0,046 B$$

$$R = Y + 1,575 Pr$$

$$G = Y - 0,187 Pb - 0,468 Pr$$

$$B = Y + 1,856 Pb$$

An SCART-Anschlüssen liegen grundsätzlich nur SDTV-Signale an (Standard Definition TV). Der hier beschriebene Konverter ist so konzipiert, dass die für SDTV geltenden Signal-Gewichtungen erfüllt sind.

dieser Opamps beträgt 300 MHz, die Verstärkung verläuft im Bereich 0...150 MHz nahezu linear (Abweichungen weniger als 0,1 dB). Linear Technology fertigt diese Opamps zwar nur in SMD-Ausführung, die SMDs sind jedoch noch so groß, dass sie mit einem feinen LötKolben und punktförmiger Spitze von Hand gelötet werden können.

### Konverterschaltung

Unser Videosignal-Konverter baut auf Dokumenten und Schaltungsvorschlägen von Linear Technology auf [1]. Der Konverter arbeitet mit vier Opamps, die in einem LT1398 (IC1) und einem LT1399 (IC2) integriert sind. Der LT1398 ist ein doppelter Opamp, hier bleibt eine Hälfte unbenutzt. Wie das Schaltbild zeigt, addiert Opamp IC1A die gewichteten Signale R, G und B zum Luminanz-Signal Y, die Rechenvorschrift lautet  $Y = 0,3 R + 0,59 G + 0,11 B$ . Die in dieser Formel stehenden Faktoren werden durch die Widerstände R4...R7 realisiert. Für das Signal R ist die Verstärkung gleich dem Widerstandsverhältnis  $R4/R7$ , für G beträgt die Verstärkung  $R5/R7$  und für B wird die Verstärkung durch  $R6/R7$  festgelegt. Die Widerstände R1...R3 an den Eingängen bewirken, dass die Eingangsimpedanzen normgemäß  $75 \Omega$  betragen. Vom Normwert abweichende Eingangsimpedanzen können Signalverformungen zur Folge haben.

Von IC1A gelangt das invertierte Luminanz-Signal zu IC2B, wo es noch einmal invertiert und mit dem Faktor 2 (=  $R13/R8$ ) verstärkt wird. Diese Verstärkung ist notwendig, weil R16 am Ausgang von IC2B zusammen mit der Eingangsimpedanz des angeschlossenen Geräts eine Abschwächung um den Faktor 2 bewirkt.

Signal Pr muss nach der Beziehung  $Pr = 0,71 (R - Y)$  gebildet werden, und für Pb gilt  $Pb = 0,56 (B - Y)$ . Da diese Gleichungen identisch aufgebaut sind, werden sie mit Opamp-Schaltungen nach gleichem Muster realisiert. Für Signal Pr ist IC2A als Subtrahierer geschaltet, während IC2C die gleiche Funktion für Signal Pb hat. Die Signale an den Ausgängen dieser Opamps hängen von R9 und R10 (beziehungsweise R14 und R15) ab. Das Ausgangssignal von

IC2C ist gleich  $2 \cdot (B - Y)$ , während am Ausgang von IC2A das Signal  $2 \cdot (R - Y)$  liegt. Die Faktoren 0,56 und 0,71 werden von den Spannungsteilern R11/R12 (R17/R18) und den Eingangsimpedanzen ( $75 \Omega$ ) des angeschlossenen Geräts gebildet.

Die Opamps arbeiten mit einer symmetrischen Betriebsspannung von  $\pm 5 V$ . Die Mitteleingänge auf der Niederspannungsseite des Netztrafos liegt an Masse, so dass ein Brückengleichrichter die positive und negative Spannung liefern kann. In beiden Zweigen sorgen Spannungsregler und Kondensatoren an den Ausgängen für Stabilität. LED D1 zeigt die Betriebsbereitschaft an.

### Aufbauen

Obwohl die in der Schaltung angegebenen Widerstandswerte weder der E12- noch der E24-Normreihe angehören, sind die Werte standardisiert. Falls sie beim Bauelementehändler vor Ort nicht verfügbar sind, können sie zusammen mit dem LT1398CS und LT1399CS beispielsweise bei RS Components oder Farnell (privat via [www.hbeshop.de](http://www.hbeshop.de)) bestellt werden. Für die Bestellung ist wichtig, dass die Versionen des LT1398 und LT1399 mit dem Suffix „GN“ nicht verwendbar sind. Die zu diesem Suffix gehörende Ausführung passt nicht auf die Platine, wegen der kleineren Bauform ist das Löten von Hand nicht mehr möglich!

Die Platine [2] wurde so entworfen, dass alle Leitungen auf die unbedingt notwendigen Längen beschränkt bleiben. Damit die aufgebaute Platine in einem Gehäuse nach Wahl untergebracht werden kann, befinden sich die Eingangs- und Ausgangsbuchsen nicht auf der Platine. Die SMD-Opamps (IC1 und IC2) haben ihren Platz auf der Platinenunterseite (Kupferseite). Ein feiner LötKolben mit punktförmiger Spitze und eine ruhige Hand sind für das Auflöten unabdingbar. Alle übrigen Komponenten werden wie gewohnt auf der Platinoberseite bestückt.

Bei der Montage der Widerstände kommt es auf den richtigen Wert am richtigen Ort an. Die Widerstände sind wegen der hohen Genauigkeit mit mehr Farbcodierungen als üblich gekennzeichnet. Um Verwechslun-

gen vorzubeugen, ist das Messen mit dem Ohmmeter vor dem Löten empfehlenswert. Die in das Gehäuse einzubauenden Buchsen sollen vom Typ „Cinch“ sein, denn bei Consumer-Videosystemen sind Cinch-Buchsen und Cinch-Stecker zum Quasi-Standard geworden. Dies gilt nicht nur für die Videosignale, sondern auch für die dazu gehörenden Audio-Signale.

### Anschließen

Nach dem Schaltungsaufbau ist der Konverter sofort einsatzfähig, Einstellungen müssen nicht vorgenommen werden. Die Konverter-Eingänge werden mit den RGB-Ausgängen des steuernden Geräts verbunden, mehr ist nicht zu tun.

Manchmal liegen an den RGB-Ausgängen einer SCART-Buchse keine Signale an. Das hat zur Folge, dass an den Konverter-Ausgängen Y, Pr und Pb ebenfalls keine oder fehlerhafte Signale erscheinen. In diesem Fall muss das steuernde Gerät über sein Konfigurationsmenü so eingestellt werden, dass die RGB-Signale zum SCART-Anschluss durchgeschaltet werden. SCART-Anschlüsse sind für RGB-, S-Video- und Composite-Videosignale vorgesehen, abhängig von der Gerätekonfiguration ist jedoch lediglich nur das Composite-Signal präsent. Bei vielen Gerätemodellen mit zwei SCART-Anschlüssen, insbesondere bei Satelliten-Receiver, sind die Signale R, G und B nur zu einem SCART-Anschluss durchgeschaltet. Ob das zutrifft, kann ein SCART-Anschlusswechsel schnell zeigen.

(090639)gd

### Weblinks

- [1] <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/13989fa.pdf>
- [2] [www.elektor.de/090639](http://www.elektor.de/090639)

# Elektor Academy Web-Seminare in Kooperation mit *element14*

## Webinar 1: Platino – die multi-talentierte Platine für AVR-Controller!

Datum: Donnerstag, 13. Oktober 2011

Beginn: 16:00 Uhr (MEZ)

Präsentiert von: Clemens Valens (Elektor-Redakteur und Entwickler des Platino-Projekts)

Die meisten Embedded-Anwendungen haben denselben Aufbau: Ein LCD, ein paar Taster und einige Schnittstellen zur Kommunikation mit der „realen Welt“. Platino bietet ein hochflexibles Design, um Applikationen rund um einen der beliebten AVR-Controller aufzubauen (ganz ohne SMDs). Unterstützt werden die 28- und 40-Pin-AVR-Controller sowie verschiedene LCDs; Taster und Drehencoder lassen sich auf die unterschiedlichste Weise bestücken. Darüber hinaus kann man Arduino-Shields und auch selbst entwickelte Add-on-Boards andocken. Man hat ebenfalls die Wahl zwischen der Arduino IDE und diversen weiteren Entwicklungsumgebungen.

Jetzt  
**GRATIS**  
anmelden!



element14

www.element14.com

**Webinar-Programm und -Anmeldung: [www.elektor.de/webinar](http://www.elektor.de/webinar)**



**FRONTPLATTEN & GEHÄUSE**  
Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

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

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

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



Schaeffer AG  
Nahmitzer Damm 32  
D-12277 Berlin  
Tel +49 (0)30 8 05 86 95-0  
Fax +49 (0)30 8 05 86 95-33  
Web info@schaeffer-ag.de  
www.schaeffer-ag.de

## Termine für Elektor Dezember 2011

Anzeigenschluss:



18. 10. 2011

Erscheinungs-  
termin:



16. 11. 2011

## Anzeigen:

Verlagsbüro ID

Telefon:

(0511) 61 65 95-0

E-Mail:

[service@id-medienservice.de](mailto:service@id-medienservice.de)

Internet:

[www.id-medienservice.de](http://www.id-medienservice.de)

## EXPRESSLIEFERUNG AB 12 STUNDEN.

GARANTIRT PÜNKTLICH ODER GARANTIRT KOSTENLOS.



**LEITON**  
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Leiterplatten • Flex • Alu • Schablonen  
Jederzeit **online kalkulieren** und bestellen.

[www.leiton.de](http://www.leiton.de) Info-Hotline +49 (0)30 701 73 49 0

# Sinus-Inverter mit PFC

Von Michael Kiwanuka (UK)

Mit einem Spannungswandler (oder denglisch: Power Inverter) kann man aus 12-V- oder 24-V-Bordnetzen von Fahrzeugen Wechselspannungen erzeugen, die das 230-V- oder 115-V-Netz ersetzen. Es gibt sie in vielen Leistungsklassen von etwa 15 W an aufwärts bis über 1 kW. Auch die Qualität der Ausgangswechselspannung variiert von ungeschliffener Rechteckform bis hin zur nahezu idealen Sinuskurve. Einige Ausführungen können sogar die Ausgangsspannung gegenüber wechselnder Last stabilisieren. Nur wenige allerdings bieten die Kombination von PFC und sinusförmiger Ausgangsspannung, weshalb hier genau solch eine Schaltung präsentiert wird – ergänzt um etwas theoretisches Beiwerk.

## Zur Schaltung

In der Schaltung von **Bild 1** bildet IC2 zusammen mit dem Quarz Q1 einen Taktgenerator mit der Frequenz von 4,096 MHz. Der 14-stufige Binärzähler IC2 teilt diesen Takt mit dem Johnson-Zähler IC3, einem CD4017, auf 50 Hz herunter. Für 60-Hz-Betrieb nimmt man einfach einen Quarz mit 4,9152 MHz.

Das Taktsignal wird dann von IC5 und IC6.A weiter verarbeitet, wobei sich mit den zugehörigen Netzwerken eine Art Soft-Start ergibt. Das Doppel-T-Filter um IC6.B filtert aus der Rechteckwelle die Grundwelle von 50 Hz (oder 60 Hz) heraus, wodurch eine recht saubere Sinuskurve entsteht.

IC6.C ist als Schmitt-Trigger geschaltet und

liefert ein symmetrisches 16-kHz-Signal. In der Schaltung rund um IC6.D wird das Signal mit der 50-Hz-Sinuswelle gemischt.

Der Komparator IC13 vergleicht das Mischsignal mit der 5-V-Gleichspannung und erzeugt so an seinem Ausgang ein pulsbreitenmoduliertes Steuersignal für den MOSFET-Treiber IC14. Dieser steuert die aus je zwei parallel geschalteten Transistoren (T2/T3 und T4/T5) bestehende Halbbrücke an, wodurch hohe Ausgangsströme möglich sind.

Die Halbbrücke versorgt die Primärseite eines Trafos (9 V bei 16 A), womit an der anderen Seite potentialgetrennte 230 V (oder 115 V) mit einer Nennleistung von gut 100 VA zur Verfügung stehen. Die in Serie

mit dem Trafo geschaltete 100- $\mu$ H-Spule (Bourns 23000L; stehende Montage) unterdrückt zusammen mit den beiden parallel geschalteten Kondensatoren C11 und C25 auf der Sekundärseite störende höherfrequente Anteile des PWM-Signals. Im Gegensatz zu einem konventionellen Netzteil ist in diesem Fall also die Niedervoltseite die Primärseite und die „Netzspannung“ steht an der Sekundärseite zur Verfügung.

Die Induktivität der Sekundärseite korrigiert gleichzeitig den Power Factor, wenn zum Beispiel Energiesparlampen angeschlossen werden, die durchaus Blindleistungsanteile haben (siehe **Kasten**).

An weiteren Bauteilen fällt die Ladezustandsüberwachung der Akkus rund um



## PFC und Energiesparlampen

Der Power Factor einer typischen Energiesparlampe von Osram liegt bei einem Wert 0,6 und ist kapazitiv. Bei einer 21-W-Lampe beträgt die Leistung  $S_1 = 21/0,6 = 35$  W. Der „VA-Wert“ wird vektoriell ermittelt:

$$Q_1 = \sqrt{(35^2 - 21^2)} = 28 \text{ VA}$$

Wenn der Power Factor nach Korrektur nun bei 0,9 liegt, ergibt sich:

$$S_2 = 21 / 0,9 = 23,3 \text{ W}$$

$$Q_2 = \sqrt{(23,3^2 - 21^2)} = 10,1 \text{ VA}$$

Daher ist  $Q_c$  (zu korrigierender Betrag) = 17,9 VA (kapazitiv)

Nun zur Rolle der Induktivität der Sekundärwicklung:

$$L_s = V^2 / (2\pi \times 50 \times 17,9) = 9,45 \text{ H}$$

Die Messung ergab:  $L_p = 12,32$  mH.

$L_s = n^2 L_p = 9,49$  H, wobei  $n = 28$ , was sich aus den bekannten Wicklungsdaten des Trafos ergibt. Von daher erhält man durch den Trafo tatsächlich eine Korrektur des Power Factors von 0,9.

# Spannungswandler von 24 V Gleich- auf 230 V sinusförmige Wechselspannung mit 100 W Leistung

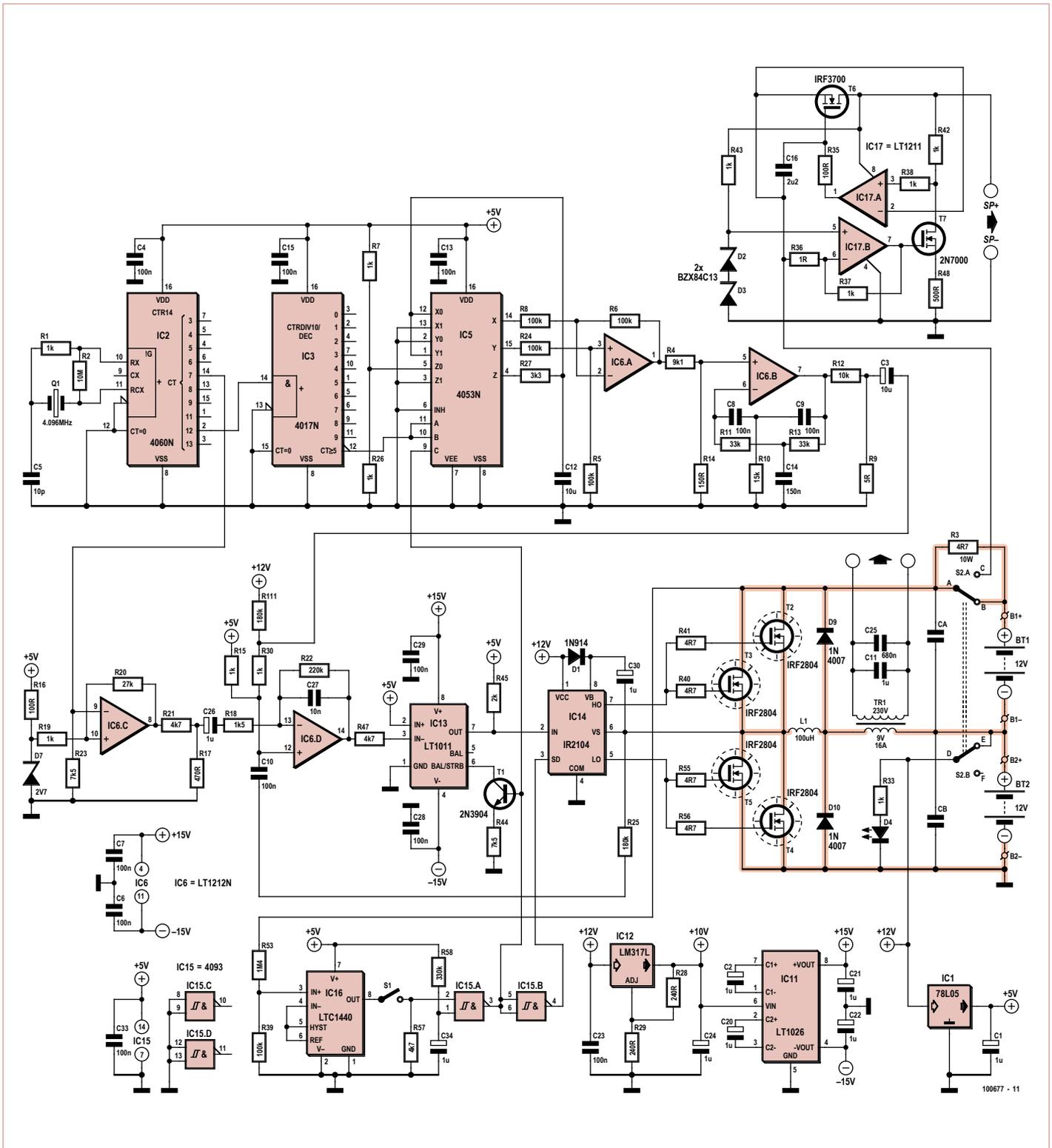
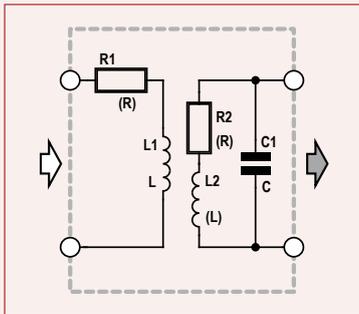


Bild 1. Die Schaltung dieses Spannungswandlers kommt trotz der guten Eigenschaften mit Standard-Bauteilen aus.

## Das Ausgangsfilter



Das Ausgangsfilter hat die Aufgabe, Frequenzanteile oberhalb des Nutzsignals deutlich abzuschwächen. Das kann man wie hier in der Schaltung durch einen Kondensator parallel zur Sekundärwicklung machen. Die Eingangsimpedanz der Primärwicklung errechnet

sich zu:

$$Z_1 = R_1 + jX_1 + Z_2$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1 + \frac{(\omega M)^2 R_2}{R_2^2 + X_2^2} - j \frac{(\omega M)^2 X_2}{R_2^2 + X_2^2}$$

Bei Resonanz der Sekundärwicklung bei  $\omega_0$  ergibt sich:

$$Z_1 = R_1 = jX_1 + \frac{(\omega_0 M)^2}{R_2}$$

Oberhalb von  $\omega_0$  ist  $I_{pr}$  proportional zu  $1/\omega$ . Da  $\omega$  deutlich höher ist als  $\omega_0$ , ergibt sich:

$$Z_1 = R_1 + j \frac{X_1 - (\omega M)^2 X_2^2}{R_2 + X_2} + \frac{(\omega M)^2 R_2}{R_2^2 + X_2^2}$$

Die zweite Resonanz ist dann:

$$X_1 - \frac{(\omega M)^2 X_2}{R_2^2 + X_2^2} = 0$$

$$X_2^2 - \frac{(\omega M)^2}{X_1^2} X_2 + R_2^2 = 0$$

$$X_2 = \frac{(\omega M)^2}{2X_1} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(\omega^2 M^2)^2}{X_1^2} - 4R_2^2}$$

Aber  $X_1 = X_2(N_1/N_2)^2$  und jetzt noch der Ausdruck für  $Q$  sowie das Verhältnis  $L_1/L_2$  ausgedrückt als  $(N_1/N_2)^2$  ergibt sich für  $Q \gg 1$ :

$$X_2 = k^2 R_2 Q$$

Nach Seriell/Parallel-Transformation ergibt sich  $R_2 = R_p/Q^2$ , wobei  $R_p$  der Widerstand der Primär- und  $R_2$  der Sekundärwicklung ist..

Daher  $X_2 = 0$ ,

$$\text{oder } X_2 = \frac{R_p k^2}{Q}$$

$$\text{oder } X_2 = k^2 R_2 Q$$

Wenn man nun  $X_2$  substituiert und den Imaginärteil zu null setzt, ergibt sich

$$Z_1 = R_1 + \frac{(\omega M)^2}{R_2 \times (1 + k^4 Q^2)}$$

Daher ist  $I_{pr}$  in etwa proportional zu  $1/\omega^2$  für  $\omega \gg \omega_0$ , was sehr wünschenswert ist.

IC16 und die Ladeschaltung mit IC17A, IC17B und den FETs T6 und T7 auf, wobei sich mit letzterer eine Spannung von 25...26 V erreichen lässt. Mit IC11 und IC12 ist eine symmetrische Versorgung der Opamps mit  $\pm 15$  V realisiert und IC1 schließlich ist ein gewöhnlicher 5-V-Spannungsregler. Die Schmitt-Trigger-Gatter IC15A und IC15B erzeugen ein „Power On Reset“. Die Kondensatoren CA und CB sind zu groß, um sie auf der Platine zu montieren. Ihren konkreten Wert muss man durch Ausprobieren ermitteln. Beim Musteraufbau wurden zwei Elkos mit 22.000  $\mu$ F und 25 V von Evox/Rifa verwendet.

Die dicker gezeichneten Leitungen in der Schaltung entsprechen Leiterbahnen auf der Platine, die Ströme von bis zu 32 A aushalten sollten.

### Praxisaspekte

Das Foto zeigt einen frühen Prototypen, der bis zur Produktion noch deutlich weiter entwickelt wurde. Die Power-MOSFETs der Ausgangsstufe sind auf einen Kühlkörper vom Typ SFP100 montiert, der auch als Gehäusedeckel dient. Zwei Muttern an den Seitenteilen dienen zur Befestigung der Elkos CA und CB, wobei die beiden Becher durch Folien-Scheiben isoliert sind.

Der Autor hat eine passende Platine entworfen, deren Layout-Dateien (Leiterbahnen und Lötstopmmaske) von [1] heruntergeladen werden können.

Im Download befinden sich auch Bearbeitungshinweise für das Gehäuse KOH10-KOR2-160-ME-SL von Fischer Elektronik. Die erwähnten Leiterbahnen für hohe Ströme sollten zusätzlich mit aufgelötetem Kupferdraht (1,5 mm<sup>2</sup>) verstärkt werden.

(100677)

### Weblink

[1] [www.elektor.de/100677](http://www.elektor.de/100677)

# Von den Machern von Elektor!

**e**lektor

9 | 2011 [D] 17,50 € [A] 20,00 € [L] 20,00 € [B] 20,00 € CHF 30,00

## Special Project **LEDs 3**

**Leuchtdioden  
in Theorie und Praxis**

### Theorie & Anwendung:

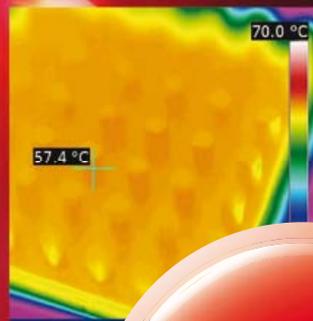
- Thermische Simulation von LED-Systemen
- Laserdiode für 3D-Laserscanning
- Wärmemanagement bei LEDs
- LEDs ans Netz – Herausforderungen und Lösungen
- Leuchtdioden statt Halogen
- Entwicklungs-Tools LED-Beleuchtung

### News:

- LEDs, LED-Treiber und Netzteile

### Selbstbauprojekte:

- LED-Luftschreiber und -Farbschreiber mit Arduino-Prozessor-Board
- LED-Treiber für Maglite-Taschenlampe
- Lichtbögen für die Modelleisenbahn



**Jetzt neu  
am Kiosk!**



Oder frei Haus unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de) bestellen!

# TDR-Meter

## Aufspüren von Kurzschlüssen und Unterbrechungen in langen Kabeln

Ein Durchgangspiepser genügt zur Feststellung von Kurzschlüssen und Unterbrechungen - normalerweise. Doch bei längeren Kabeln ist die Sache nicht mehr so trivial. Das gilt vor allem dann, wenn sich die fehlerhafte Stelle schlecht zugänglich im Mauerwerk oder in der Erde befindet. Auch die Diagnose von „halben“ Kurzschlüssen und Kabelbrüchen oder auch nur schlechten Verbindungen ist alles andere als einfach. Und genau da zeigt das TDR-Meter seine Stärken.



Von Peter A. Stark (USA)

Das Akronym TDR hat zwei Bedeutungen: Einmal bezieht es sich auf die so genannte **Time Domain Reflectometry** und zum anderen ist damit das Messgerät gemeint, das auf diesem Verfahren basiert. Außerdem gibt es natürlich noch OTDR = optische TDR für Glasfaserkabel. Das Grundprinzip ist einfach: Es wird ein Signal (üblicherweise ein Impuls) auf die Leitung gegeben und erfasst, welche Reflexionen am Eingang auftreten. Über die Art der Reflexion kann man nämlich auf das potentielle Problem schließen.

TDR-Messgeräte sind normalerweise sehr teuer und gehören daher nicht unbedingt zur Standardausrüstung eines Elektroniklers. Auch in einem professionellen Elektronik-Labor ist solch ein Gerät kaum zu finden. Aber wenn man will, dann kann man aufschlussreiche TDR-Messungen auch mit einfacheren Mitteln durchführen: Ein Impulsgenerator und ein Oszilloskop reichen aus. Einen brauchbaren Impulsgenerator kann man sogar selbst bauen und es ist nicht unbedingt ein Oberklasse-Oszilloskop

notwendig. Bandbreite kann man bei einem Oszilloskop zwar nie genug haben, aber 10 MHz reichen aus. Zumindest wurden die Fotos für diesen Artikel mit einem 15 Jahre alten Exemplar dieses Typs gemacht.

### Transienten und „steady-state“

Die Schaltung in **Bild 1** ist einfach — bei offenem Schalter fließt kein Strom. Bei geschlossenem Schalter aber ergibt sich nach dem Ohmschen Gesetz und Adam Ries(e) ein Strom von 0,1 A (10 V/100 Ω).

Angenommen, die Leitungen vom Schalter zum Widerstand wären sehr lang, zum Beispiel 299.792.458 m lang. Außerdem unterstellen wir einen idealen Leiter mit einem ohmschen Widerstand von 0 Ω. Was ist dann? Dem Ohmschen Gesetz ist die Länge egal. Es behauptet immer noch  $I = U/R$ , und daher sollten immer noch 0,1 A fließen. Jetzt wird es spannend!

Der Grund für die krumme Längenangabe ist, dass für diese Strecke das Licht genau 1 s benötigt. Und (fast) so schnell ist auch der Strom. Von daher ist man sich im Moment des Einschaltens bei einem so langen Kabel nicht einmal sicher, dass ein Widerstand am anderen Ende ist. Man könnte also auch

nicht sofort feststellen, ob nicht ein Scherzbold am anderen Ende der Leitung einen Widerstand mit einem anderen Wert angeschlossen hat. Welcher Strom wird dann beim Einschalten fließen?

Das ist nicht so einfach. Dieser Strom hängt nämlich vom Kabel ab und nicht vom Lastwiderstand. Auch wenn man den ohmschen Widerstand des Kabels vernachlässigt, so hat ein Leiter doch immer eine Induktivität (auch wenn er nicht zu einer Spule gewunden ist) und eine Kapazität (gegenüber der Rückleitung). Induktivität und Kapazität bestimmen aber den im Einschaltmoment fließenden Strom. In unserem Fall braucht es über 1 s, bis sich der Strom weitgehend auf die ohmschen 100 mA eingependelt hat. Aus bekannten Werten für Spannung und Strom kann man den äquivalenten Widerstand des Kabels berechnen, den man üblicherweise als Kabel-Impedanz  $Z_0$  bezeichnet, die charakteristisch für ein Kabel ist (auch wenn sie sich wie ein Widerstand verhält, sprechen wir hier generell von einer Impedanz).

Ein Beispiel: Das Koaxial-Kabel, das vielfach zum Anschluss von Antennen verwendet wird, hat eine Impedanz  $Z_0$  von 50 Ω. Wenn

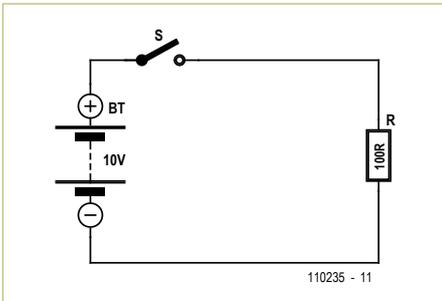


Bild 1. Ein Schalter mit Gleichspannung. Oder?

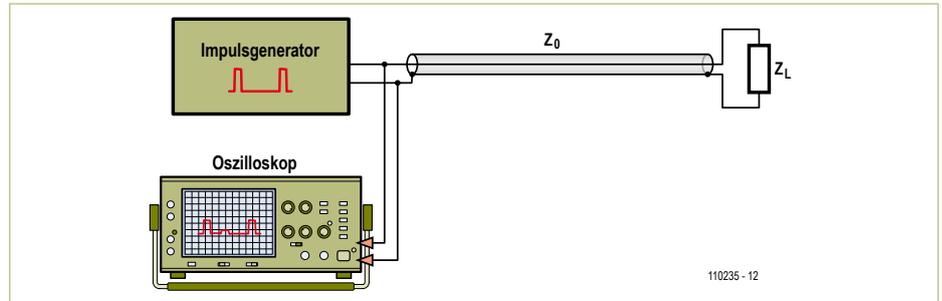


Bild 2. Impulseinspeisung in ein Kabel.

man ein unendlich langes Kabel dieses Typs an eine Spannung von 10 V anschließen würde, dann ergäbe sich – wieder laut ohmschem Gesetz - ein fließender Strom von:

$$I = U / Z_0 = 10 \text{ V} / 50 \Omega = 0,2 \text{ A}$$

Schaltet man nun ein 1 Lichtsekunde langes Koax-Kabel (aber idealisiert mit 0 Ω ohmschem Widerstand) zwischen Spannungsquelle und 100-Ω-Widerstand (wie in Bild 1), so hat die Spannungsquelle ja keine Ahnung, wie lang das Kabel ist. Also fließen zunächst die für 50 Ω des Kabels passenden 200 mA. Nach etwas über einer Sekunde würden die 200 mA über den Widerstand wollen. Der Widerstand aber sagt zum Kabel: „Hey, das ist zu viel Strom für zu wenig Spannung. Kriege ich nur 10 V, nehme ich nur 100 mA. Aber wenn Du auf 0,2 A bestehst, dann gib mir bitte 20 V, denn  $U = I \cdot R$  und ich bin konstant. Mach schon!“ Das Kabel überlegt und versucht es damit: „Gut, machen wir einen Kompromiss. Ich erhöhe die Spannung etwas und Du lässt etwas mehr Strom durch.“ Sie rechnen und einigen sich auf eine Erhöhung von 1/3. Die Spannung wird also auf 13,3 V erhöht und der Strom logischerweise auf 133 mA. Der Widerstand ist zufrieden, denn nach seiner Rechnung ergibt sich:

$$I = U / R = 13,3 \text{ V} / 100 \Omega = 0,133 \text{ A}$$

Und 0,133 A sind auch für einen Widerstand 133 mA.

Doch schon kommt das nächste Problem, denn jetzt unterscheidet sich die Spannung am rechten Ende des Kabels von der am lin-

ken Ende. Daher wandert der erhöhte Anteil zurück zur Quelle.

In Zahlen: 10 V wandern von links nach rechts, doch ein Drittel (3,3 V) davon wird von rechts wieder nach links reflektiert. Also landen etwas mehr als eine weitere Sekunde zusätzliche 3,3 V an der Spannungsquelle. Diese runzelt die Stirn und flucht: „So nicht! Ich bestehe auf 10 V!“ So zwingt sie die Spannung am Eingang wieder auf 10 V, was natürlich wieder etwas weniger Strom zur Folge hätte. Und noch eine Sekunde Später protestiert dann der Widerstand...

Alles klar? Die Spannungsquelle erzwingt eine (reduzierte) Spannung von 10 V und der Widerstand würde gerne mehr haben. Während dem Hin und Her beim Aushandeln sinkt also die Spannung und irgendwann landet sie bei 100 mA an 10 V. Die Phase des Aushandelns entspricht den Transienten und der zustande gekommene Kompromiss dem eingeschwungenen statischen Zustand – im Englischen „steady state“ genannt.

Dieses Hin und Her passiert bei allen Kabeln, unabhängig von ihrer Länge. Bei kurzen Kabeln geht dieser Prozess einfach nur sehr schnell vor sich. Als grober Richtwert wandert ein Signal in einem Kabel etwa 20 cm pro Nanosekunde. Bei einem Kabel unter einem Meter Länge liegt die Laufzeit daher im Bereich weniger Nanosekunden.

Schneller als der Blitz (auf alle Fälle schneller als der Donner) haben sich Strom und Spannung bei kurzen Kabeln auf den steady-state eingependelt. Normalerweise nimmt man die auftretenden Transienten schlicht nicht wahr. Um das Geschehen zu beobach-

ten, braucht man schon ein sehr schnelles Speicher-Oszilloskop. Ist das Kabel aber länger, dann sieht man schon mit einem Standard-Oszi deutliche Transienten. Darum dreht es sich bei TDR und dieser Art der Reflektometrie.

### Der Reflexions-Koeffizient

Wie kommen nun Kabel und Widerstand auf den Kompromiss von 1/3 = 33,3% und ist das überhaupt ein guter Kompromiss? Die Antwort liegt in der folgenden Gleichung:

$$\text{Reflexions-Koeffizient} = (Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0)$$

wobei  $Z_L$  für den Lastwiderstand und  $Z_0$  für die Kabel-Impedanz steht. Und auch wenn diese Werte doch durchaus ohmschen Charakter haben, sind Elektroniker Impedanzen gewöhnt. In unserem Beispiel ergibt sich der Reflexions-Koeffizient zu:

$$(100 \Omega - 50 \Omega) / (100 \Omega + 50 \Omega) = 50 \Omega / 150 \Omega = 0,333... = 1/3$$

Der Reflexions-Koeffizient gibt den Anteil des eingespeisten Signals an, der reflektiert wird.

Der Reflexions-Koeffizient kann wie hier positiv sein. Aber er kann auch negativ ausfallen, wenn die Differenz  $Z_0 - Z_L$  negativ ist. Der Reflexions-Koeffizient wird null, wenn  $Z_L = Z_0$ . Daraus folgt, dass das reflektierte Signal positiv, negativ oder null sein kann.

### Impulse sind besser

Statt den Schalter zu schließen und geschlossen zu lassen, kann man ihn auch (fast) sofort wieder öffnen. Resultat ist ein

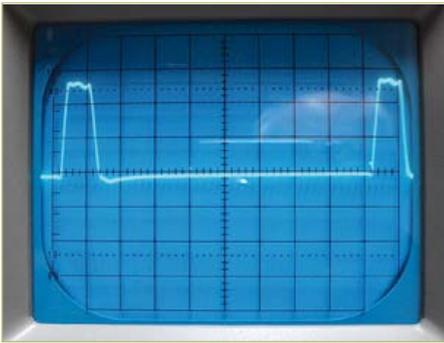


Bild 3. Impulsgenerator-Ausgang.

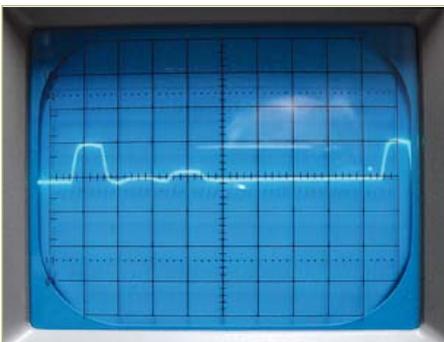


Bild 4. Reflektierte Impulse am 100-Ω-Widerstand.

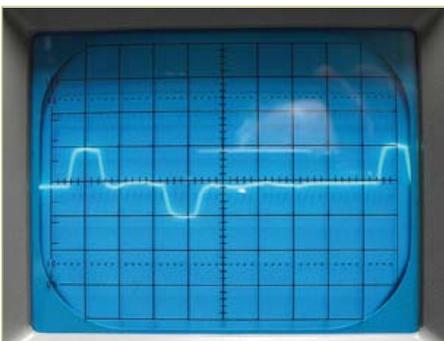


Bild 5. Reflexion bei einem Kurzschluss.

kurzer Impuls mit einer Amplitude von 10 V, der von links nach rechts wandert. Das Interessante kommt jetzt: Die Reflexion besteht nun ebenfalls aus einem kurzen Impuls mit der Amplitude von (man ahnt es schon) 3,3 V. Dieser kleinere Reflexionsimpuls taucht daher kurze Zeit später am Anfang der Leitung auf.

Da lediglich ein Impuls nach rechts und ein Reflexionsimpuls zurück nach links wandert, benötigt man schon ein Speicher-Oszilloskop, um die Reflexion zu erfassen. Wiederholt man aber Impulse entsprechend

häufig mit einem Impulsgenerator wie in **Bild 2**, braucht das Oszilloskop keinen Speicher. Man kann das mit jeder Art von Kabel ausprobieren. Wenn möglich verwendet man einen 10:1-Tastkopf, um das Kabel kapazitiv nicht zu sehr zu belasten.

**Bild 3** zeigt den Ausgang des Generators ohne angeschlossenes Kabel. Das Oszilloskop ist auf eine horizontale Ablenkung von 0,1 µs pro Teilstrich eingestellt. Die (vertikale) Empfindlichkeit ist 5 V pro Teilstrich. Man kann sehen, dass die Impulse des Generators 0,1 ms breit sind und 0,9 s Abstand haben.

Wenn man nun ein 30 m langes 50-Ω-Kabel vom Typ RG-58U zwischen Generator und 100-Ω-Widerstand schaltet, ergibt sich **Bild 4**. Man erkennt zwei Dinge: Der Ausgangsimpuls des Generators wird kleiner, da das Kabel den Ausgang belastet. Außerdem zeigt sich noch ein kleiner dritter Impuls im Oszillogramm.

Der zusätzliche Impuls (der zweite von links) ist die Reflexion des ersten Generatorimpulses am anderen Ende des Kabels. Ein Impuls braucht etwa 150 ns von links nach rechts und die Reflexion dann wiederum 150 ns für den Rückweg. Die Gesamtverzögerung ist deshalb 300 ns oder 0,3 µs. Die steigende Flanke der Reflexion befindet sich daher drei Teilstriche hinter der des Startimpulses. Wenn das Oszilloskop einen breiteren Bildschirm hätte, dann könnte man sehen, dass jeder Generatorimpuls von einer Reflexion gefolgt wird. Und da der Reflexions-Koeffizient 1/3 beträgt, erreicht die Amplitude der Reflexion auch 1/3 des Generatorimpulses. Weil wir es mit einem realen Kabel zu tun haben, gibt es auch noch kleine Verluste, weshalb der reflektierte Impuls etwas kleiner als 1/3 ausfällt.

Nun zur Verzögerung: Bei 0,1 µs pro Teilstrich ergibt sich ein Abstand zwischen Generatorimpuls und Reflexion von etwa 0,3 µs. Um beurteilen zu können, ob das in Ordnung ist, muss man die Geschwindigkeit elektrischer Signale in dieser Art von Kabel kennen, da sie kabelspezifisch ist.

Für gewöhnliches RG-58U-Kabel findet man Angaben zum VF (Velocity Factor) von 0,66. Das bedeutet, dass sich elektrische Signale in diesem Kabel mit der 0,66-fachen Lichtgeschwindigkeit bewegen. Da die Lichtge-

schwindigkeit bei rund 300.000 km/s liegt, kommt man somit auf eine Geschwindigkeit von 200.000 km/s. Das sind 200 m/µs oder 20 cm/ns. Bei einer Verzögerung von 300 ns ergäbe dies einen Weg von 60 m. Das stimmt für Hin- und Rückweg zusammen, denn das Kabel hatte ja eine Länge von 30 m. Je genauer man also die Verzögerung messen kann, desto exakter hat man damit auch die Länge des Kabels erfasst, ganz ohne Zollstock und ähnlich nichtelektronische Hilfsmittel.

Die Schlussfolgerung ist, dass man für solche Messungen ein gut kalibriertes Oszilloskop benötigt und einen genauen VF-Wert des Kabels. Kommerzielle TDR-Geräte können also durchaus präzise Resultate liefern.

### Andere Belastungen...

Außer dem 100-Ω-Widerstand sind noch drei weitere Fälle von Interesse: Der Kurzschluss (0 Ω), die Unterbrechung (∞ Ω) und der Widerstand, der exakt der Kabelimpedanz entspricht ( $Z_L = Z_0$ ). Hier die drei Spezialfälle:

- **Kurzschluss:** Bei  $Z_L = 0 \Omega$  ergibt sich der Reflexions-Koeffizient zu:

$$(Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) = (0 \Omega - 50 \Omega) / (0 \Omega + 50 \Omega) = -50 \Omega / 50 \Omega = -1$$

Dies bedeutet, dass 100 % des Impulses reflektiert werden, aber mit invertierter Polarität. Dieser Sachverhalt ist in **Bild 5** dargestellt.

- **Unterbrechung:** Ohne Last ist  $Z_L = \infty \Omega$ .  $Z_0$  ist nun so klein im Vergleich zu  $Z_L$ , dass man  $Z_0$  vernachlässigen kann:

$$(Z_L - 50 \Omega) / (Z_L + 50 \Omega) \approx Z_L / Z_L = +1$$

Also wird auch hier 100% des Impulses reflektiert, aber nicht invertiert. **Bild 6** zeigt, wie das Signal bei Unterbrechungen aussieht.

- **Korrektter Abschluss:** Entspricht die Last der Kabelimpedanz, ist  $Z_L = Z_0$ . Folglich rechnen wir:

$$(Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) = (50 \Omega - 50 \Omega) / (50 \Omega + 50 \Omega) = 0 \Omega / 100 \Omega = 0$$

## Hausaufgaben

Wenn der Impulsgenerator funktioniert, dann kann man ein paar Experimente zum Aufwärmen durchführen. Eventuell muss man mit der Synchronisierung des Oszilloskops spielen, bis sich eine stabile Anzeige ergibt.

1. Man nehme ein Kabel von 15...30 m Länge und lege es aus. Dann bittet man eine andere Person, etwas am entfernten Ende anzuschließen. Wenn man nun versucht herauszufinden, was da wohl angeschlossen ist, bekommt man Übung im Umgang mit der TDR-Methode. Der Kabeltyp spielt dabei keine Rolle.
2. Macht es einen Unterschied, ob das Kabel aufgerollt ist oder gerade ausgelegt?
3. Man kann die Länge des Kabels mit einem Maßband messen und anhand der Laufzeit der Signale den VF-Wert des Kabels bestimmen.
4. Es ist interessant auszuprobieren, wie kurz ein Kabel sein kann, damit Generatorimpuls und Reflexion so miteinander verschmelzen, dass man sie mit Hilfe des Oszilloskops nicht mehr sauber unterscheiden kann. Bei sehr kurzem offenem Kabel überlagern sich Generator- und Reflexionsimpuls – die Spannung verdoppelt sich (fast).
5. Ebenfalls aufschlussreich ist es, wenn man die charakteristische Impedanz diverser Kabel bestimmt. Wie verhält sich hier ein Spiralkabel?
6. Wenn man zwei verschiedene Kabel mit unterschiedlichen Impedanzen miteinander verbindet, wird sich an der Verbindungsstelle eine Reflexion ausbilden, die man mit dem Oszilloskop sichtbar machen kann.
7. Wenn man ein sehr kurzes Kabel mit einem passenden Widerstand ( $Z_L = Z_0$ ) korrekt abschließt, wird man keine Reflexion feststellen können. Wenn man diesen Widerstand aber nicht direkt, sondern über kurze Litzen mit Krokodilklemmen an das gleiche Kabel anschließt, wird man einige kleinere Reflexionen feststellen können. Was ist hier los und warum? Sind die Krokodilklemmen schuld daran?
8. Eine Denksportaufgabe: Wenn man die TDR-Methode mit Sinuswellen statt mit Impulsen durchführt – was ergibt sich dann?

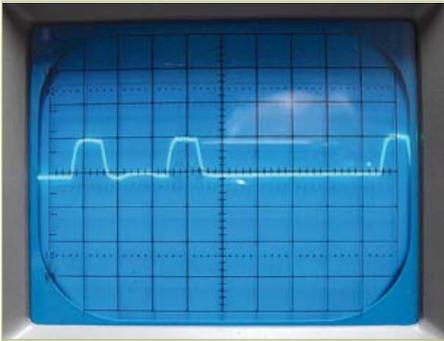


Bild 6. Reflektierte Impulse sind bei offenem Kabelende positiv.

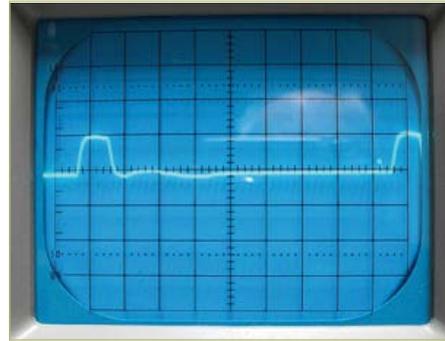


Bild 7. Keine Reflexion => Korrekter Abschluss!

Bei einem Reflexions-Koeffizient von null gibt es auch keine Reflexion. Damit ergeben sich Verhältnisse wie bei **Bild 7**, wo ein 51- $\Omega$ -Widerstand an das Ende des 50- $\Omega$ -Kabels angeschlossen wurde. Die kleine Welle kurz nach dem Generatorimpuls ist die Folge einer Notlösung, denn der Autor hatte in Ermangelung eines längeren Kabels zwei 15-m-Stücke miteinander verbunden. An der Verbindungsstelle ergibt sich eine kleine Reflexion.

Da sich bei Lastwiderstand = Kabelimpedanz keine Reflexion ergibt, spricht man hier von einem richtig abgeschlossenen Kabel.

Es ergibt sich somit eine einfache Methode, die Kabelimpedanz herauszufinden: Man probiere solange unterschiedliche Widerstände aus, bis sich keine Reflexion mehr zeigt.

### Ein Impulsgenerator ist genug

Wenn man schon einen hat, ist alles gut. Wenn nicht, kann man sich einen Generator für kaum 2 € selbst bauen. **Bild 8** zeigt die Einfachschaltung: Ein 555-Timer liefert schmale Impulse mit einer Frequenz von etwa 1 MHz (der exakte Wert schwankt mit den Bauteiltoleranzen, ist aber unwichtig). Dann folgt ein Verstärker aus sechs parallel geschalteten CMOS-Invertiern für erhöhten Ausgangsstrom. Der 33- $\Omega$ -Widerstand erhöht die Ausgangsimpedanz des Verstärkers und verhindert so, dass reflektierte Signale nochmals am Verstärkerausgang reflektiert werden und erneut durchs Kabel wandern.

Trotz der einfachen Schaltung sollte man die Bauteile gut auswählen. Nicht jeder 555

macht bei 1 MHz noch gut mit. Eine gute Wahl ist der CMOS-Typ TLC555 von Texas Instruments. Das CMOS-IC vom Typ 4069 bringt gleich sechs Inverter mit. Dieses IC eignet sich gut für eine Betriebsspannung von 9 V, womit man die gesamte Elektronik mit einer 9-V-Batterie versorgen kann.

Das TTL-IC 7404 und seine Varianten sind zwar pincompatibel, erfordern aber eine Versorgung mit 5 V, was die Elektronik aufwändiger machen würde. Die Schaltung ist so simpel, dass sie leicht auf einem Stück Lochrasterplatine aufgebaut werden kann.

(110235)

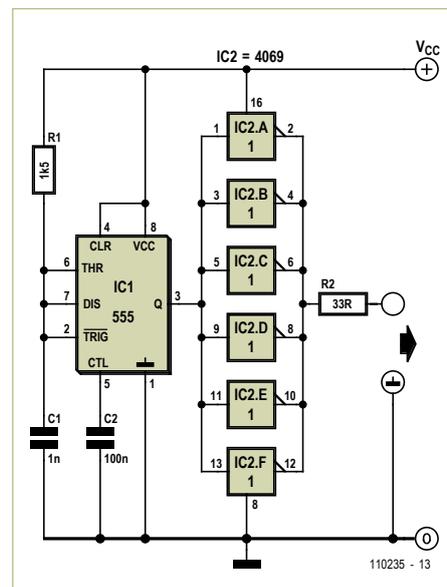


Bild 8. Schaltung des Impulsgenerators.

# FIRST STEP

**NEU!**

## Erste Schritte mit dem Mikrocontroller

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

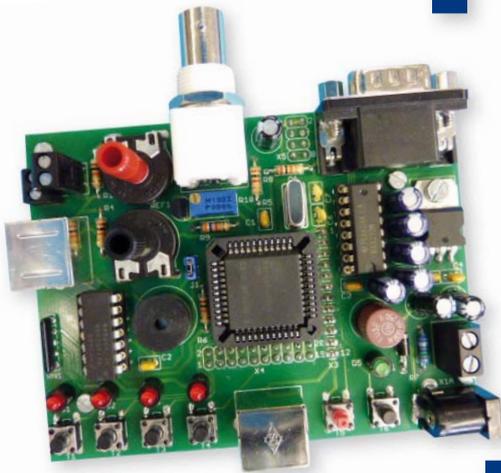
### Bestandteile des „First Step“-Pakets:



#### → 3 Arbeitshefte

(inkl. passendes DIN A4-Ringbuch)

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



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

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

#### → 1 CD-ROM mit Zusatzinfos

- Datenblätter
- Systemdokumentation
- Entwicklungsumgebung
- Beispielprogramme

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

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

# Die Mischung macht's...

Von K. Beckers (Praktikant Elektor-Labor) und J. Raemaekers

Ein projektorientiertes Praktikum im Fachbereich Elektrotechnik eines berufsbildenden Lehrinstituts hatte den Entwurf und die Realisierung eines Audio-Mischpults zum Thema. Das Ergebnis ihrer Arbeiten stellten die vorstehend genannten Akteure in einem kurzen Bericht vor:

„Projektorientierte Praktika sind Übungen, in denen Kenntnisse der Theorie auf die Praxis angewendet werden. Wir durften unser Thema frei wählen, und da die Elektroakustik zu unseren Schwerpunkten zählt, entschieden wir uns für die Konstruktion eines Vierkanal-Audio-Mischpults. Als zentralen Baustein nahmen wir den LM1036 von National Semiconductor, in diesem IC ist die Volumen-, Klang- und Balance-Einstellung integriert. Die einzustellenden Parameter werden über variable Gleichspannungen gesteuert, die an den Baustein angelegt werden. Drei Gleichspannungen greifen wir mit Potentiometern ab, sie liegen an einer konstanten Spannung, die der LM1036 bereitstellt. Die vierte Spannung generieren wir mit dem D/A-Wandler MCP4921 und einem zur Spannungsanpassung nachgeschalteten Opamp. Notwendig ist diese Maßnahme, weil

die maximale Ausgangsspannung des D/A-Wandlers 5 V beträgt, während der LM1036 erst bei 5,4 V voll angesteuert ist. Den Signalpegel visualisieren wir über eine LED-Kette, wobei die LEDs von einem LM3914 abhängig vom Ausgangssignal des D/A-Wandlers gesteuert werden. Das **Bild oben** gibt den ersten Entwurf zu Beginn des Projekts wieder. Wir hatten kalkuliert,

dass 100 LEDs nötig sind, die insgesamt  $100 \cdot 20 \text{ mA} = 2 \text{ A}$  aufnehmen. Wenn ein Spannungsregler 78S05 diesen Strom liefert, entstehen mindestens  $(7 \text{ V} - 5 \text{ V}) \cdot 2 \text{ A} = 4 \text{ W}$  Verlustwärme. Falls die Regler-Eingangsspannung nicht 7 V, sondern 15 V beträgt, was für die Opamps wünschenswert ist, würde der Spannungsregler wegen thermischer Überlastung abschalten.

Als Lösung des Problems lag der Einsatz eines Schaltnetzteils mit hohem Wirkungsgrad nahe, doch hier gab es unüberwindbare Hürden: Die Realisierung eines qualitativ hochwertigen Schaltnetzteils für Audio-Systeme lag nicht im Bereich unserer Möglichkeiten, und ein nur mittelmäßiges Schaltnetzteil würde wahrscheinlich unakzeptable Rausch- und Interferenz-Störungen verursachen.

Ein gangbarer Kompromiss bestand darin, die Stromversorgung mit einem linearen Spannungsregler aufzubauen und gleichzeitig den Strom zu begrenzen. Vorversuche zeigten, dass die Stromaufnahme wesentlich unter der 2-A-Marke lag, weil niemals alle LEDs gleichzeitig aufleuchteten. Der kostengünstigere Spannungsregler-Universaltyp 7805 reichte völlig aus.

Nachdem wir die Platinen unseres Vierkanal-Audio-Mischpults in Eagle gelayoutet hatten, mussten wir feststellen, dass es an unserem Lehrinstitut keinen Weg gab, die Platinen anzufertigen. Der Elektor PCB-Service half uns weiter, mit unseren Eagle-Dateien wurden die Platinen schnell und preiswert produziert.

Nach der Platinenbestückung und Mischpultverdrahtung stieg unsere Spannung. Leider wurden unsere Erwartungen enttäuscht, denn uns war ein sicher nicht seltener Fehler unterlaufen. Aus dem Eagle-Symbol des Opamps ging nicht hervor, wo Masse und Betriebsspannung ( $V_{CC}$ ) des Opamps lagen.

Durch seitenverkehrte Montage zerstörten wir nacheinander vier Opamp-Exemplare, bis wir endlich den Fehler erkannten. Da wir zuvor die Höhe der Betriebsspannung kontrolliert hatten, waren wir nur vermeintlich auf der sicheren Seite.

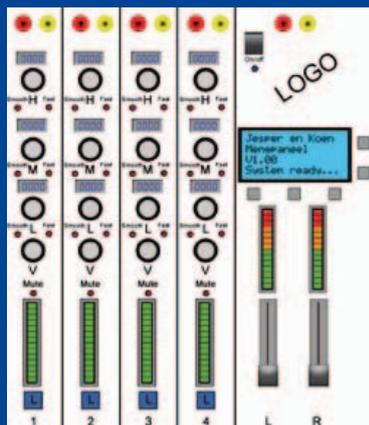
Das **Bild unten** zeigt den aufgebauten Prototyp unseres Mischpults. Das dunkelfarbige Kunststoff-Pult ist eine Notebook-Konsole, die das schwedische Möbelhaus IKEA im Sortiment hatte. Die Notebook-Konsole dient unserem Mischpult als ebenso praktischer wie stabiler Unterbau.

Ursprünglich hatten wir geplant, ein Vierkanal-Mischpult zu konstruieren, bei dem alle mit dem

LM1036 einstellbaren Größen über Dreh-Impulsgeber und D/A-Wandler gesteuert werden. Die Einstellungen wollten wir als Zahlenwerte auf Siebensegment-Displays darstellen, und für die Lautstärke (Volume) hatten wir ein motorgetriebenes Schiebepotentiometer vorgesehen. Diese Planungen überstiegen das verfügbare Budget, so dass wir uns auf nur einen D/A-Wandler und nur einen Dreh-Impulsgeber zusammen mit einem Mikrocontroller ATmega88 beschränken mussten. Als Kostenobergrenze waren 100 € vorgegeben. Wir haben diese Grenze eingehalten, allerdings mussten wir unser Konzept wiederholt umstellen.

Während dieses Praktikums konnten wir viele wertvolle Erfahrungen sammeln. Das Projekt hat uns (abgesehen von der Panne mit dem Opamp) viel Spaß gemacht.“

(110601)gd



# Strahlungsdetektor nachgemessen

Von Thijs Beckers (Redaktion NL)

Nach Erscheinen des Beitrags „Fotodiode misst Gammastrahlung“ [1] von Burkhard Kainka in Elektor Juni dieses Jahres, in dem es um kostengünstige Strahlungssensoren ging, erreichte uns eine Mail des Physikalischen Instituts der Universität Namur in Belgien. Aurélien Nonet, der an diesem Institut beschäftigt ist, hatte uns einen aufschlussreichen Kommentar geschickt. Wir lasen unter anderem, dass die Strahlungssensoren des Instituts mit dem notwendigen Zubehör bis zu 200.000 € kosten. Aurélien Nonet lud uns ein, unseren Sensor im Institut an kalibrierten radioaktiven Präparaten zu testen und gegebenenfalls mit den dort verwendeten Sensoren zu vergleichen.

Am 12. Juli stand ich zusammen mit Burkhard Kainka und seinem Messaufbau vor den Toren des „Laboratoire d'Analyses par Réactions Nucléaires“ [2]. Nach herzlicher Begrüßung wurden wir durch das teilweise unter der Erdoberfläche liegende Institut geführt. Zu meiner Überraschung ist dort ein „ALTAIS“ genannter 2-GeV-Teilchenbeschleuniger installiert. Der Name steht für „Accélérateur Linéaire Tandetron pour l'Analyse et l'Implantation des Solides“. Um Eigenschaften von Materialien zu erforschen, werden mit dem Teilchenbeschleuniger beispielsweise Stickstoffatome auf Materialproben geschossen. Beim Aufprall der Atome treten unterschiedliche Strahlungen auf (insbesondere Röntgen- und Gammastrahlung), die hochpräzise gemessen werden. Die Messwerte liefern Erkenntnisse über die Eigenschaften der Materialien. Der Teilchenbeschleuniger ALTAIS wird auch für Forschungen im Bereich der Nuklearmedizin eingesetzt.

## Jetzt wird gemessen!

Nach einem Rundgang durch das Institut schlug für unseren Low-cost-Strahlungssensor (die Fotodiode BPW34 kostet rund 1 €!) die Stunde der Wahrheit. Die ersten Messversuche waren nicht erfolgreich, doch nach einigem Experimentieren mit unterschiedlichen radioaktiven Präparaten begann sich etwas zu regen. Der Zähler unserer Messschaltung lief hoch, ein Zeichen dafür, dass Strahlung erkannt wurde. Die Empfindlichkeit

unseres Sensors war zwar nicht überwältigend, doch das war uns bereits bekannt. Erst bei radioaktiven Präparaten mit vergleichsweise hohen Energien (ausgedrückt in eV, *Elektronenvolt*) zeigte unser Messaufbau brauchbare Reaktionen.

Vor dem Messvorgang musste unser Sensor gegen jede Art von Licht abgeschirmt werden. Hier leistete eine leere Handcreme-Dose gute Dienste. Nach Einbau des Sensors wurde die Dose so verschlossen, dass kein Umgebungslicht auf den Sensor treffen konnte. Das radioaktive Präparat wurde mit einem Stück Knetgummi auf dem Dosendeckel fixiert. Nach außen nahm das Sensorsignal seinen Weg über eine Koax-Buchse, die wir zuvor in die Handcreme-Dose eingebaut hatten. Die Koax-Buchse stellte die Verbindung unseres Sensors mit den messtechnischen Einrichtungen des Instituts her. Nach feinfühligem Einstellen diverser Parameter (die institutseigenen Sensoren lieferten wesentlich stärkere Signale) erschienen endlich aussagefähige Informationen auf dem Bildschirm. Das Programm, das auf dem Messgeräte-Rechner lief, setzte die Sensorsignale in lesbare Zahlenwerte und Grafiken um. Diese Informationen gaben Aufschluss über die Strahlung des radioaktiven Präparats, das sich vor unserem Sensor befand. Wir waren recht freudig überrascht, unser Low-cost Sensor hielt, was wir uns von ihm versprochen hatten! Das Ergebnis hielten wir in einem kurzen Messprotokoll fest:

*Messen von Gammastrahlung mit Fotodiode BPW34*

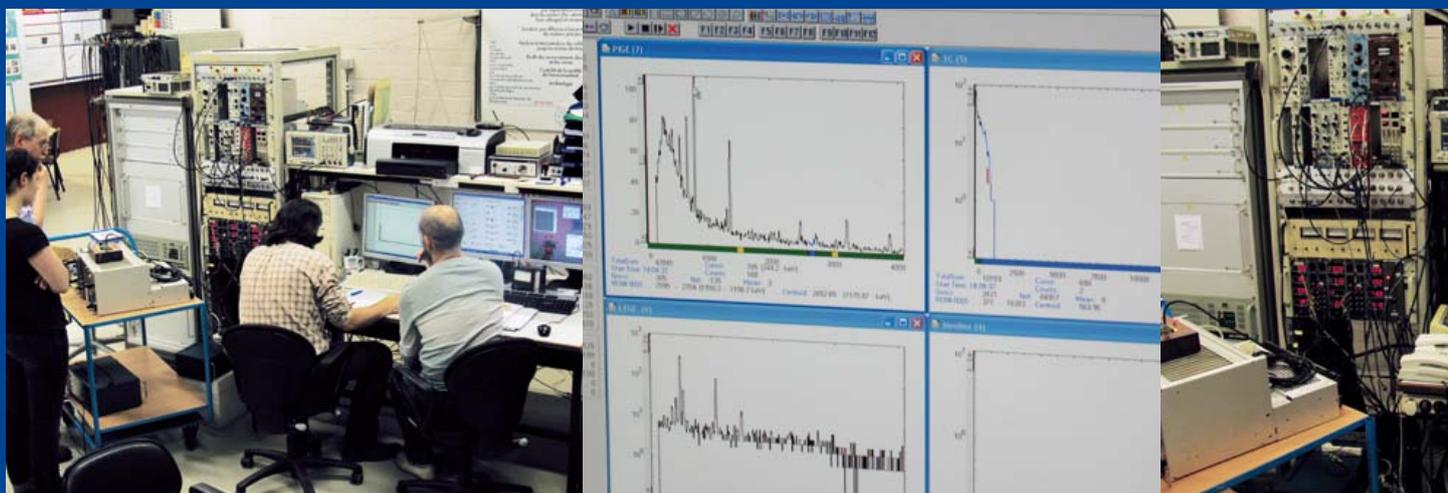
*Präparat:  $^{137}\text{Cs}$  (Cäsium), 661 keV Gammastrahlung*

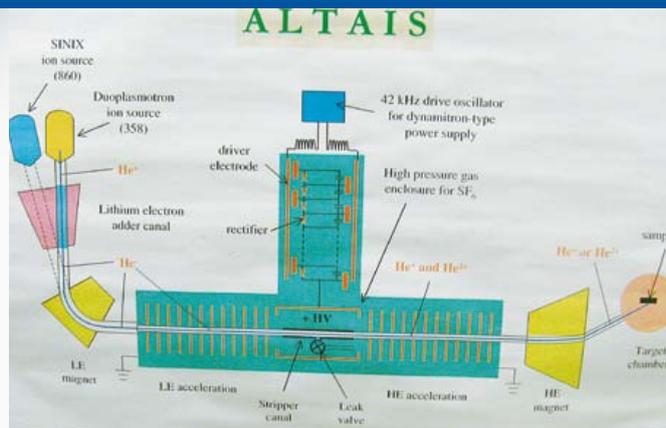
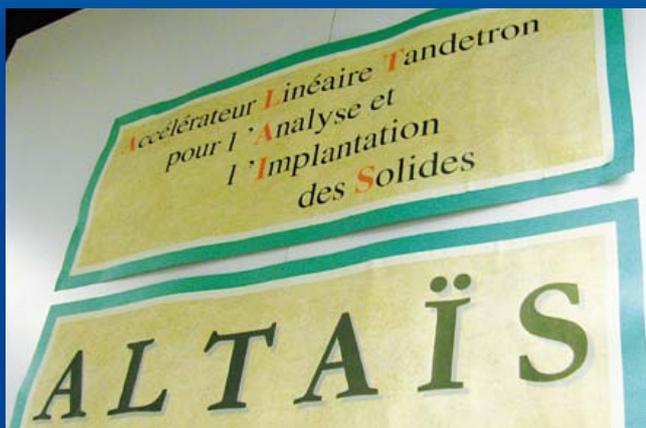
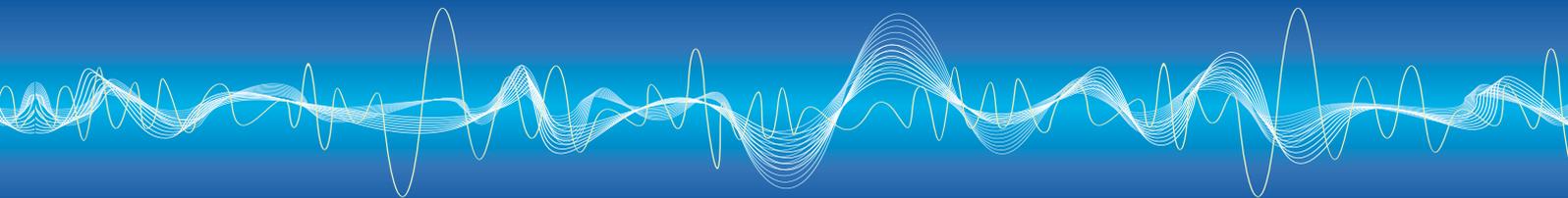
*Ergebnis: Gute Empfindlichkeit für Gammastrahlung, auch durch das Aluminium-Gehäuse hindurch. Ein ausgeprägtes Energiespektrum war nicht erkennbar, da die Sperrschicht der Fotodiode zu dünn ist. In der Sperrschicht wird nur ein Teil der Energie absorbiert, der Rest tritt auf der Rückseite der Fotodiode wieder nach außen. Die Richtung hängt von dem im Sensor zurückgelegten Weg ab.*

*Fazit: Die Fotodiode BPW34 ist für Teilchenzähler-Anwendungen bei Gammastrahlung geeignet.*

## Ein zweiter Sensor

Da die Leserresonanz auf den Beitrag im Juni hoch war, hatte Burkhard Kainka die Experimente mit einem zweiten Sensor-Typ fortgesetzt. Der zweite, mit einer Fotodiode BPX61 bestückte





Sensor konnte auch die schwächere Alphastrahlung detektieren. Unseren Besuch am physikalischen Institut der Universität Namur nutzen wir natürlich, um diese Eigenschaft zu überprüfen. Auch diesmal hielten wir das Ergebnis in einem kurzen Messprotokoll fest:

Messen von Alphastrahlung mit Fotodiode BPX61

Präparat: 244 Cm (Curium), 5,8 MeV Alphastrahlung

Das radioaktive Präparat befand sich in lichtdichter Umhüllung in unmittelbarer Nähe des Sensors. Die gemessene Impulshöhe war ein aussagefähiges Maß für die Energie der radioaktiven Teilchen, die den Sensor erreichten. Die Fotodiode erwies sich als vollwertiger Detektor für Alphastrahlung. Unterschiedliche Abstände zwischen Präparat und Fotodiode ergaben, dass die Energie bei 5 cm Abstand nicht mehr messbar war.

Zweiter Versuch:

Präparat: 239 Pt (Plutonium), 5 MeV

Mit diesem Präparat betrug die Spannung am Messverstärker-Ausgang 210 mV, bei 1 cm Abstand sank sie auf 190 mV.

Fazit: Die Fotodiode BPW61 BPX61 eignet sich nicht nur für Teilchenzähler-Anwendungen, sondern auch für die Alpha-Spektroskopie.

### Betastrahlung messen?

Die Frage, ob auch Betastrahlung mit Low-cost-Sensoren gemessen werden kann, ließ sich leider nicht eindeutig klären. Das Physikalische Institut der Universität Namur beschäftigt sich normalerweise nicht mit dieser Strahlungsart, die dort verfügbaren radioaktiven Präparate geben nur vergleichsweise

geringe Betastrahlung ab. Für Betastrahlung signifikante Signale haben wir nicht beobachten können. Gute Vorschläge und Ideen, die diese Frage beantworten, sind uns stets willkommen. Zögern Sie nicht, mit uns über [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de) Kontakt aufzunehmen!

### Neue Initiativen

Wenn Ihnen kein Kernforschungslabor zur Verfügung steht und auch eine Reise ins ferne Japan zu beschwerlich und kostspielig ist, können Sie fürs Erste eine mit Leuchtzeigern ausgestattete Armband- oder Weckuhr als Strahlungsquelle nutzen. Auch wenn die Zeiger nach vielen Jahren nicht mehr leuchten, bleibt die Strahlung aktiv. Allerdings muss das Glas vor dem Zifferblatt entfernt werden, da die Strahlung so gering ist, dass sie das Glas nicht durchdringt.

Zum Schluss noch ein Hinweis darauf, dass ein neues Strahlungsdetektor-Projekt in Vorbereitung ist. Dafür wird es dann auch eine Platine und eine ausführliche Anleitung geben. Sie sollten also die nächsten Hefte im Auge behalten...

(110605)gd

### Weblinks

- [1] [www.elektor.de/110372](http://www.elektor.de/110372)
- [2] [www.fundp.ac.be/en/sci/physics/larn/page\\_view/presentation.html](http://www.fundp.ac.be/en/sci/physics/larn/page_view/presentation.html)



# Praktisch, dieses Display



Von Luc Lemmens und Thijs Beckers (Elektor-Labor / Redaktion NL)

Wo immer möglich, werden bei uns die LC-Displays von früheren Musteraufbauten für Neuentwicklungen wiederverwendet. Es wäre weder sinnvoll noch wirtschaftlich, für jeden Prototyp ein fabrikneues Exemplar aus dem Bauteilelager zu ordern, während in den Labormuster-Schränken eine stattliche Anzahl auf neue Verwendung wartet. Natürlich ist diese Art des LC-Display-Recycling nur machbar, wenn die Displays in Fassungen montiert sind. Da auch wiederverwendete LCDs nicht ewig leben, müssen hin und wieder fabrikneue Exemplare nachrücken. Die erste wichtige Aktion ist dann die Montage von Stiftleisten. Bei einigen LC-Display-Typen ist die Wiederverwendung schwierig, als Beispiel seien die DOGM-Displays von Electronic Assembly genannt. Diese Displays bestehen im Wesentlichen nur aus einer Glasplatte mit aufgesetzten und angeklebten Pins. Die grazile Konstruktion ist sicher nicht für häufiges Auswechseln gedacht. Trotz aller Vorsicht passiert beim Herausziehen schnell

das Malheur, dass sich Pins vom Glas lösen oder dass sogar die Glasplatte bricht. Das Display hat dann nur noch Schrottwert. Für dieses Problem haben wir uns eine Lösung überlegt, die eigentlich trivial ist: Auf die Pins wird ein Stück Lochraster-Platine in Display-Größe aufgeschoben, die Lötunkte werden nicht angelötet. Nach Einstecken des Displays in die Fassung auf der Schaltungsplatine befindet sich das Stück Lochraster-Platine beweglich zwischen Fassung und Display-Glasplatte. Wenn das Display herausgezogen werden soll, müssen die Zugkräfte nicht auf die Ränder der zerbrechlichen Glasplatte einwirken. Die Lochraster-Platine verteilt die Kräfte auf die gesamte Display-Rückseite, so dass Glasplatte und Pins unbeschädigt bleiben. Ein universelles LC-Display-Modul entsteht, wenn die Pins an die Lötunkte gelötet werden und die Verbindungen auf einer Steckverbinder-Leiste zusammenlaufen. Die Anschlussbelegung wird so gewählt, dass sie mit den gängigen LCD-Typen übereinstimmt.

(110506)gd

# Widerspenstige Bits

Von Raymond Vermeulen (Elektor-Labor)

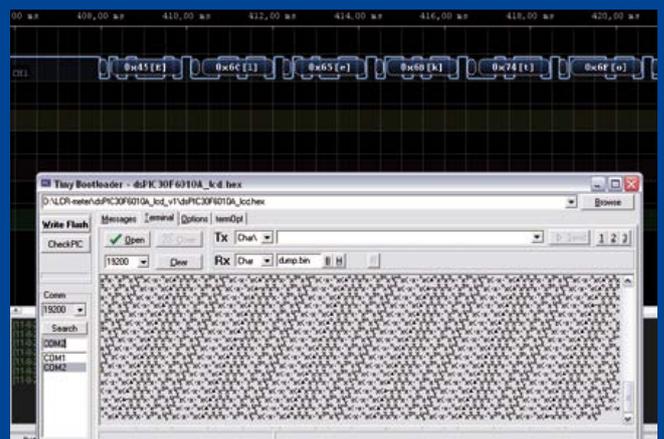
Während der Entwicklung eines Projekts geschah Merkwürdiges (siehe Bild): Das Terminalprogramm gab auf dem Bildschirm ein Zeichenwarrwarr aus, während auf dem Logikanalysator in ASCII der String „Elektor“ erschien. Dort war auch ablesbar, dass der UART mit 4800 Baud arbeitete, einem Viertel der von mir programmierten 19200 Baud. Die Änderung, die ich zuvor in meinem Programmcode für den dsPIC vorgenommen hatte, war eine Vervierfachung der Taktfrequenz. Ich musste daraus den Schluss ziehen, dass die Taktfrequenz unverändert war. Doch wo lag die Ursache?

Die Erleuchtung kam (wie so oft!?) unter der Dusche. In einem anderen Projekt hatte ich einen ATmega32 mit einem Bootlader benutzt. Die einzige Einschränkung war, dass der Bootlader die Fuse-Bit nicht programmieren konnte. „Es wird doch hier wohl nicht genau so sein“, dachte ich. Doch tatsächlich, der Bootlader meines dsPIC hatte die gleiche Einschränkung. Erfahrene Programmierer werden jetzt lächeln, und auch ich hätte sofort darauf kommen müssen. Jeder hat eben mal gute

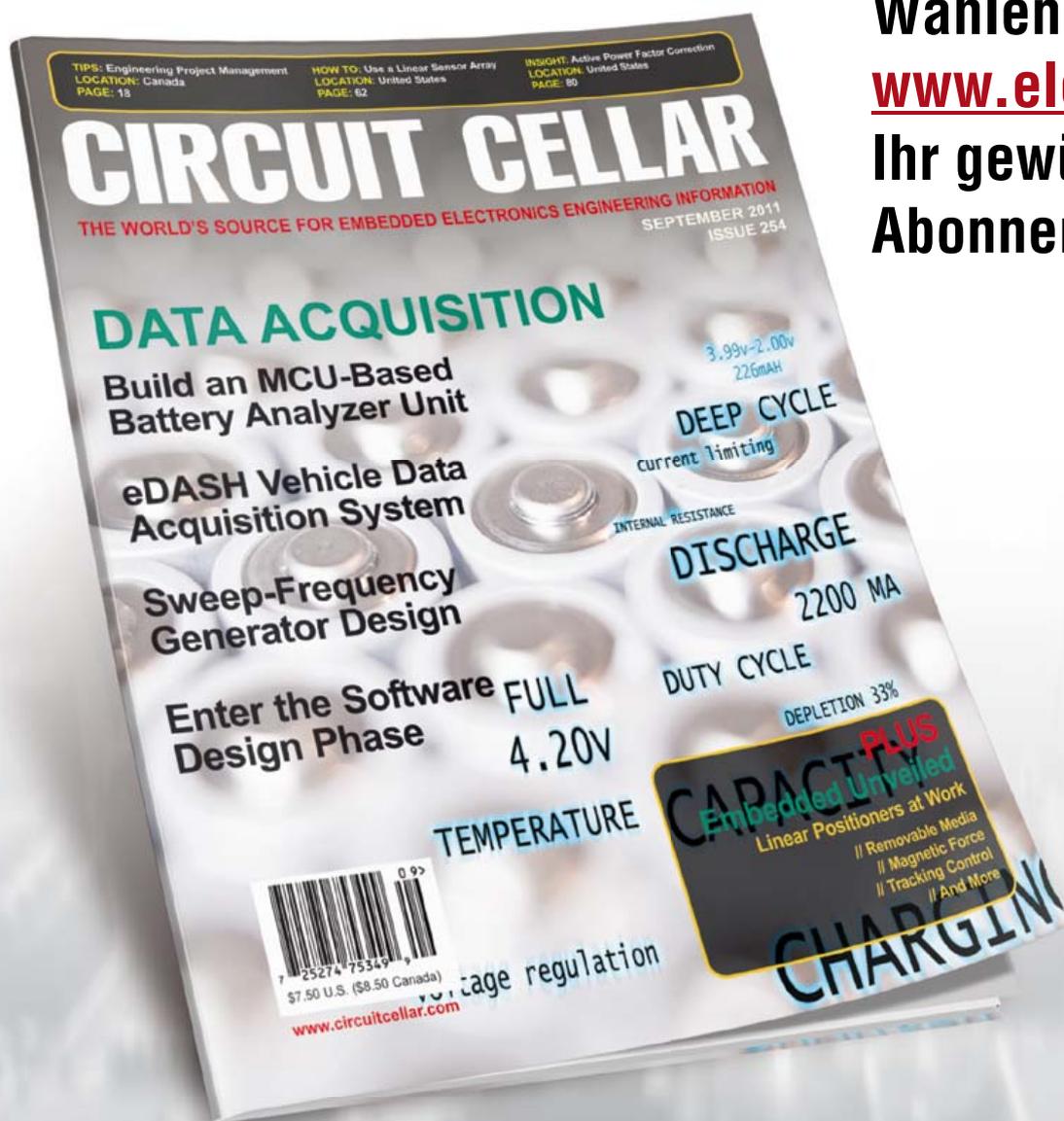
und mal schlechte Tage...

(Nebenbei bemerkt: Hier ist natürlich ein „richtiger“ Programmierer wie der ICD3 gefragt!)

(110613)gd



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



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

**12 Original-Ausgaben jährlich für nur**

Digital: 38 US-Dollar

Print: 63 US-Dollar

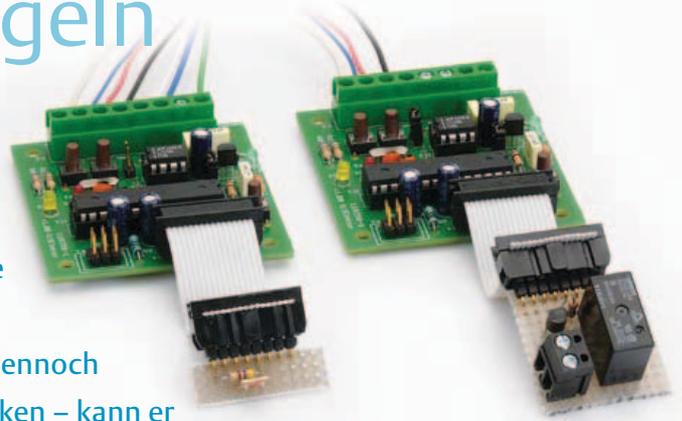
Digital + Print: 90 US-Dollar

**CIRCUIT  
CELLAR®**  
THE MAGAZINE FOR COMPUTER APPLICATIONS

# Hier kommt der Bus (8)

## Messen, Steuern, Regeln

Im letzten Teil haben wir ein einfaches Protokoll zur Messwert-Übermittlung vorgestellt; nun soll dieses in einer kleinen Steuerung zum Einsatz kommen. An die Experimental-Knoten werden dazu nur ein paar Bauteile wie Fotowiderstand und Relais angeschlossen, die viele Elektroniker sowieso in der Schublade haben dürften. Dennoch braucht sich unser erster Sensorknoten nicht zu verstecken – kann er doch Werte in verschiedenen Einheiten ausgeben und selbsttätig Grenzwerte überwachen.



Von Jens Nickel

Die fleißigen Bus-Leser wissen es schon: Den Anfang jeder Folge beginnen wir immer mit einer kleinen Wiederholung der letzten „Lektion“. Im Septemberheft hatten wir ein einfaches Protokoll vorgestellt, das bestimmt, wie die acht Nutzdaten-Bytes innerhalb der 16-Byte-Messages verwendet werden. So wird sichergestellt, dass sich unterschiedliche Knoten (Sensoren, Aktoren, Steuerung) auch untereinander verstehen.

Mit Hilfe der acht Bytes kann ein Busteilnehmer bis zu vier Messwerte auf einmal übermitteln. Man denke zum Beispiel an einen Knoten, an den vier Temperatursensoren angeschlossen sind. Umgekehrt lassen sich vier Aktoren über eine einzige Nachricht mit Werten ansteuern.

Welche Bytes innerhalb der Nutzdaten zu welcher Untereinheit des Knotens gehören, ergibt sich einfach aus deren Position; wobei wir die Bytes 6 und 7 als *Channel0*, die Bytes 8 und 9 als *Channel1* bezeichnen und so weiter (siehe **Bild 1**). Über jeden dieser Kanäle können wir einen vorzeichenbehafteten 10-bit-Wert übermitteln, **Bild 2** zeigt noch einmal, wie die Daten-Bits aufgeteilt werden. Bit *xH.5* sagt uns, ob es sich um

einen Soll- oder einen Ist-Wert handelt (1 = Soll bzw. *SetValue*; 0 = Ist bzw. *CurrentValue*). Bit *xH.4* verwenden wir zur Unterscheidung einer *AcknowledgeMessage* (= 1) von der

Originalnachricht.

Wir hatten bereits angekündigt, noch einen Modus einzuführen, der vier Bytes pro Channel nutzt, womit wir genauere Werte oder spezielle Kommandos transportieren können (*4ByteMode*). Zur Unterscheidung vom *2ByteMode* dient immer Bit 6 des ersten Bytes (1 = 2 Bytes pro Channel; 0 = 4 Bytes pro Channel).

Auch im Folgenden wird mitunter mit Bits jongliert, was natürlich nicht jedermanns Sache sein kann. Für den schnellen Einsatz des Protokolls haben wir die wichtigsten Dezimal-Werte daher in **Tabelle 1** zusammengefasst.

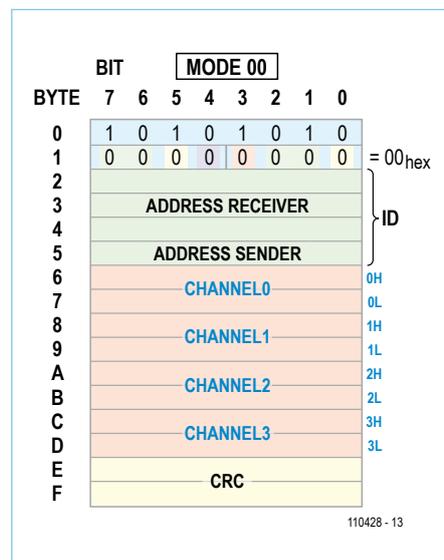


Bild 1. Im *2ByteMode* werden unsere acht Nutz-Bytes in vier Paare aufgeteilt. Hintereinander lassen sich die Werte von vier Channels (Sensoren/Aktoren auf dem Knoten) übertragen.

### Der erste Sensor

Damit wir nun einmal etwas Reales messen können, kommt die Einfachst-Schaltung in **Bild 3** zum Einsatz. K1 wird 1:1 mit dem Erweiterungs-Steckverbinder K4 unseres Experimental-Knotens [1] verbunden. Wir haben die Schaltung auf einer kleinen Lochrasterplatte aufgebaut und ein Flachbandkabel passend konfektioniert (von den aufgequetschten 2x8-Steckverbindern nutzen wir jeweils nur eine Reihe). So ein Kabel werden wir noch öfter brauchen können.

Wer noch die Firmware aus dem letzten Teil in die Knoten einprogrammiert hat, kann

### Elektor Produkte & Service

- Experimental-Knoten (Platine 110258-1 oder 3er-Set Platinen 110258-1C3)
- USB/RS485-Konverter (fertig aufgebaut und getestet 110258-91)

- Gratis Software-Download (Controller-Firmware plus PC-Software)

Alle Produkte und Downloads sind über die Website zu diesem Artikel erhältlich: [www.elektor.de/110428](http://www.elektor.de/110428)

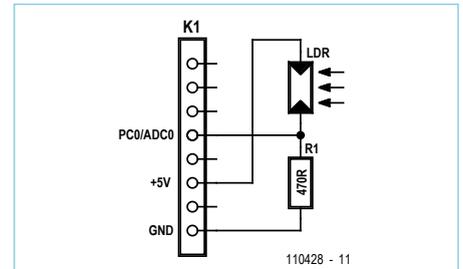
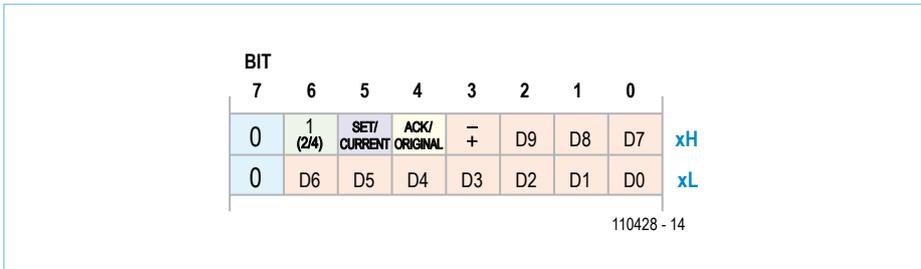
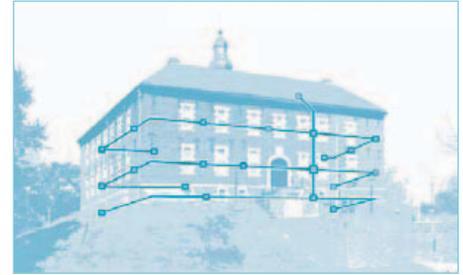


Bild 2. Der 2ByteMode im Detail: Eine Auflösung von 10 bit (plus Vorzeichen) reicht für die meisten Anwendungen schon aus.

Bild 3. Unser erster Sensor. K1 wird 1:1 mit K4 unseres Experimental-Knotens verbunden.

nach dem Bau der Hardware gleich lossetzen. Der Knoten mit dem angeschlossenen Fotowiderstand sollte auf die Bus-Adresse 02 und einen *Devicemode* 01 eingestellt sein, was man einfach dadurch erledigt, dass man unter den EEPROM-Adressen 002 und 006 die entsprechenden Bytes ablegt.

Unter der Adresse 004 brennt man noch eine 01 ins EEPROM (Code-Variable *Scheduled*), so dass der Knoten weiß, dass er regelmäßig vom Scheduler (PC-Software) abgefragt wird. Die PC-Software und die Firmware zum letzten Teil findet man auf der entsprechenden Projektwebsite [2].

Nach dem Start des Schedulers innerhalb der PC-Software wird der entsprechende ADC-Wert in regelmäßigen Abständen von Knoten 2 an den PC übermittelt (auf *Channel0*, also mit Hilfe der beiden ersten Nutzbytes). Der in der Textbox angezeigte ADC-Wert ist ein Maß für die Helligkeit.

Tabelle 1: Schnell zu den richtigen Werten				
<b>Wert -1023..+1023 übermitteln</b> SIGN = 8, wenn Wert negativ, sonst = 0    LOW = untere 7 Bits des Betrags (BASCOM: Low = Wert And 127)				
HIGH = die oberen 3 Bits (BASCOM: Shift Wert, Right, 7 : High = Wert)				
	Byte 1	Byte 2		
Messwert mitteilen	64 + SIGN + HIGH	LOW		
Sollwert setzen	96 + SIGN + HIGH	LOW		
Anschalten	96	1		
Ausschalten	96	0		
Bestätigung vom Empfänger: Byte 1 jeweils plus 16				
<b>Größe, Einheit und Skalierung</b> CH = Channel-Nummer    POT = Zehnerpotenz der Einheit (Betrag)    PSIGN = 16, wenn Zehnerpotenz negativ, sonst = 0				
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Setzen	40 + CH	193	s. Tabelle 2	PSIGN + POT
Spannung in V	40 + CH	193	16	0
Spannung in mV	40 + CH	193	16	19
Strom in mA	40 + CH	193	17	19
Mitteilen der eingestellten Größe/Einheit vom Sensor aus: Byte 1 = 8 + CH				
<b>Grenzwert &amp; Alarm</b> CH = Channel-Nummer				
	Byte 1	Byte 2		
Unteren Grenzwert setzen	104 + CH	209		
Oberen Grenzwert setzen	104 + CH	210		
Alarm! Grenzwert unterschritten	72 + CH	209		
Alarm! Grenzwert überschritten	72 + CH	210		
Messwert innerhalb der Grenzwerte	72 + CH	208		
Bestätigung vom Empfänger: Byte 1 jeweils plus 16				

Tabelle 2: Physikalische Größen		
Byte (hex)	Byte (dez)	Größe
01	1	ADC-Wert in Rohdarstellung
10	16	Spannung / Voltage
11	17	Strom / Current
12	18	Widerstand / Resistance
14	20	Leistung / Power
21	33	Temperatur / Temperature
22	34	Feuchtigkeit / Humidity
24	36	Druck / Pressure

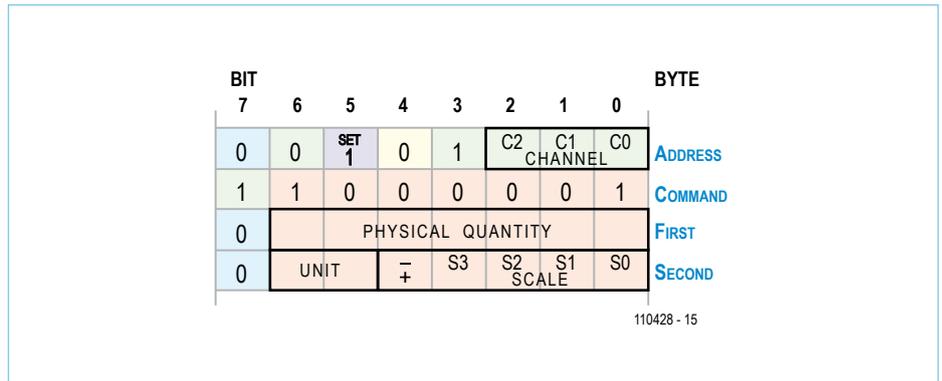


Bild 4. Um die Messgröße, Einheit und Skalierung bei einem intelligenten Sensor zu setzen, verwenden wir insgesamt vier Bytes.



Bild 5. Die Benutzeroberfläche unserer kleinen Kontrollstation.

Elektroniker könnten sich aber auch für den aktuellen Widerstand des Fotosensors interessieren. Wenn man wie wir den Wert des Festwiderstands in der Zusatzschaltung, die Auflösung des ADCs und dessen Referenzspannung (= 5 V) kennt, könnte man den Foto-Widerstand natürlich innerhalb der PC-Software aus dem übermittelten ADC-Wert berechnen. Doch nun stellen wir uns einmal vor, jemand anders hätte den Sensor gebaut und noch dazu in einem schwer zu öffnenden Gehäuse gekapselt. Da wäre es schön, wir könnten unseren intelligenten Sensor einfach über den Bus anweisen, gleich den Widerstandswert statt des rohen ADC-Wertes zu übermitteln.

### Andere Einheit

Unser ElektorApplicationProtocol sieht genau hierfür eine Möglichkeit vor. Diesmal benutzen wir gleich vier aufeinanderfolgende Bytes: Address, Command, First und Second, so wie in **Bild 4** gezeigt. Das Protokoll schreibt diesmal nicht vor, an welcher Stelle diese vier Bytes innerhalb unserer Message stehen. So kann man die ersten vier Nutz-Bytes verwenden, aber auch die zweite Hälfte der Nutzdaten. Letzteres würde zum Beispiel erlauben, gleichzeitig noch zwei Werte an Aktoren (auf *Channel0* und *Channel1*) zu übertragen.

Alle Spezialfunktionen sind durch eine 1 im höchstwertigen Bit des zweiten Bytes gekennzeichnet. Dass wir das höchstwertige Bit benutzen, ist im Protokoll eine große Ausnahme, sonst ist dieses immer = 0. Doch wie wir uns erinnern, wollen wir damit lediglich ausschließen, dass eines der Nutz-Bytes = AA<sub>hex</sub> = 170 wird, denn dieser Wert ist ja für das Startbyte unserer Messages reserviert. Hier verwenden wir aber den festen Wert C1<sub>hex</sub> = 193, und zwar zur Kennzeichnung der Funktion „Größe, Einheit und Skalierung“. Betrachten wir nun das erste

Byte. Da wir die Größe/Einheit setzen und nicht auslesen wollen, ist das *SetBit* = 1. Die Bits C2..C0 adressieren den entsprechenden Channel, sprich Sensor (welcher Sensor gemeint ist, kann ja nun nicht mehr durch die Position der Bytes codiert werden). Da wir unseren Helligkeitssensor auf *Channel0* gelegt haben, ist hier 0-0-0 einzutragen. Bit 3 des ersten Bytes ist beim *4ByteMode* immer = 1. Mit diesem einfachen Trick stellen wir sicher, dass auch ein 4-Byte-Datenpaket immer mit einem Byte eingeleitet wird, das größer als 0 ist. An 0-Byte-Werten kann der Empfänger dann zweifelsfrei erkennen, dass einfach „nichts“ gesendet wurde. Zusammengefasst für unser Beispiel heißt das: Wenn wir bei einem *Channel0*-Sensor die Größe, Einheit und Skalierung setzen wollen, dann müssen wir zuerst 28<sub>hex</sub> und dann C1<sub>hex</sub> senden.

Die beiden letzten Bytes sind einfach erklärt. Das dritte Byte bestimmt, welche physikalische Größe übermittelt werden soll (einen ersten Vorschlag von mir findet man in **Tabelle 2**). Da für manche Größen (zum Beispiel die Temperatur) verschiedene Einheiten gebräuchlich sind, kann man mit Hilfe

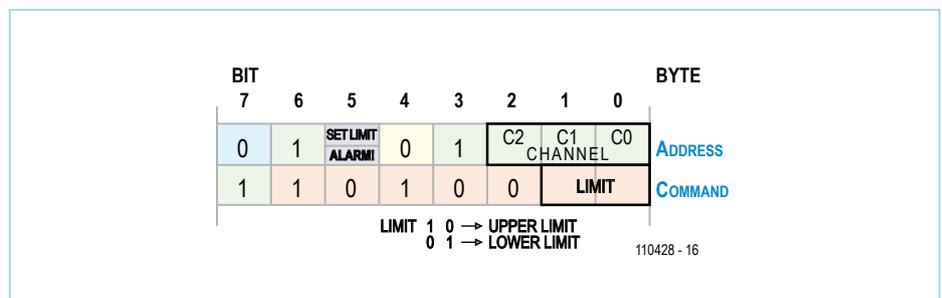


Bild 6. Wenn hier Bit 5 des ersten Bytes = 1 ist, wird ein Sensor angewiesen, den momentanen Messwert als oberen oder unteren Grenzwert zu speichern (Upper/Lower Limit). Mit fast denselben zwei Bytes meldet der Sensor den entsprechenden Grenzwert-Alarm; Bit 5 des ersten Bytes ist dann 0.

## Fließkommazahlen

Gerade Messungen elektrischer Größen verlangen oft, einen Messbereich über viele 10er-Potenzen mit ausreichender Genauigkeit abzudecken. Solche hochdynamischen Werte kann unser *2ByteMode*, bei dem nur 10 Bits plus Vorzeichen zur Verfügung stehen, nicht übertragen. Wir benutzen daher in diesem Fall gleich 4 Bytes, um einen Messwert oder einen Soll-Wert zu transportieren. Im Bild sieht man wieder die im Text beschriebene Adressierung des einzelnen Sensors oder Aktors auf dem Knoten (mit Hilfe der Channel-Bits C2..C0 innerhalb

BIT												BYTE		
7	6	5	4	3	2	1	0							
0	0	SET CURRENT	ACK ORIG.	1	C2	C1	C0	CHANNEL				ADDRESS		
0	0	FLOAT NOFLOAT	- MSIGN D18	M3 D17	M2 D16	M1 D15	M0 D14					HIGH		
0		D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7					MIDDLE	
0		D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0					LOW	

110428 - 18

des ersten Bytes). Die Bytes High, Middle und Low übertragen den eigentlichen Zahlenwert. High.6 = 1 legt fest, dass es sich um eine Fließkommazahl handelt; High.5 bestimmt das Vorzeichen. MSIGN, M3, M2, M1 und M0 stehen für die Größenordnung (Zehnerpotenz), es bleiben 14 Bits (D13..D0) für den eigentlichen Zahlenwert. Somit sind Zahlen bis  $16.383 \cdot 10^{+15}$  (ohne Umschaltung der Skalierung) darstellbar.

Falls High.6 = 0 ist, stehen 19 Bits für eine Ganzzahldarstellung zur Verfügung.

des letzten Bytes codieren, welche davon verwendet wird. Für die SI-Einheiten wie Volt, Ohm und Ampere sollten wir die entsprechenden Bits = 0 lassen. Die unteren fünf Bits des letzten Bytes werden für die Skalierung benutzt. Die Bits S3..S0 für die Zehnerpotenz und das zugeordnete Vorzeichenbit erlauben einen Bereich, der sich von  $10^{-15}$  bis  $10^{+15}$  erstreckt. Dies dürfte für die meisten Anwendungen unserer Leser ausreichen ;-). In unserem Beispiel (Widerstand in einfachen Ohm) müssen wir laut Tabelle 12-00<sub>hex</sub> senden; insgesamt lautet das Kommando also 28-C1-12-00<sub>hex</sub>.

### Demosoftware

Das Ganze wurde wie immer gleich in Demo-Software gegossen, die man auf der Projektwebsite zu diesem Artikel gratis downloaden kann [3]. Im Gegensatz zu den bisherigen Softwareversionen hat nun auch der Domotik-Master (Knotenadresse 10) des Öfteren etwas mitzuteilen, daher wird dieser nun ebenfalls vom Scheduler regelmäßig zum Senden aufgefordert (bisher hatte unsere Haustechnik-Zentrale ja nur *AcknowledgeMessages* versandt). In der PC-Software wurde der Befehl, mit dem der Domotik-Master seine Nachrichten versendet, der Einfachheit halber in die Scheduler-Schleife mit hineingepackt. Das ist natürlich nicht ganz die reine Lehre, da es sich bei Scheduler und Master ja eigentlich um voneinander unabhängige Busteilnehmer handelt. Der Trick erspart uns aber einiges an Thread-Programmierung und Timing-Abstimmung.

Wenn man die entsprechende Checkbox auf der Benutzeroberfläche setzt (siehe Screenshot in **Bild 5**), übermittelt der Domotik-Master die Bytes 28-C1-12-00<sub>hex</sub> zum Sensor-Knoten und bekommt von nun an den Messwert in Ohm angeliefert. Die

Bytes 28-C1-01-00<sub>hex</sub> schalten auf die Rohdarstellung zurück. In der BASCOM-Firmware wird der Foto-Widerstand übrigens unter Umgehung von Fließkommazahlen ausgerechnet, was den Code etwas schlanker hält. Der Wert des Festwiderstandes ist in der Zeile *Resistor* = ... einzutragen.

Widerstandswerte über 1023 Ohm können wir leider nicht übertragen. Der *2ByteMode* erlaubt prinzipiell kein fließendes Komma, wie es zum Beispiel ein Multimeter mit Messbereichsumschaltung beherrscht. Im *4ByteMode* geht es aber (siehe Kasten), was wir allerdings in dieser Folge noch nicht verwenden.

### Alles geregelt

Am Anfang des Textes habe ich eine erste richtige Anwendung versprochen. Wie wäre es mit einer kleinen Nachtbeleuchtung, die automatisch angeschaltet wird, wenn die Helligkeit unter einen bestimmten Wert gesunken ist? So einen Grenzwert könnte man mit der Domotik-Zentrale überwachen, doch wählen wir hier einen besseren Weg, indem wir unseren Sensor noch ein wenig intelligenter machen. Wenn es abends dunkel wird, weisen wir den Sensor-Knoten einfach an, den aktuellen Messwert als Grenzwert zu speichern. Immer wenn dieser Grenzwert unterschritten wird, meldet sich der Sensor von nun an mit einer speziellen „Alarm“-Nachricht. Und wenn es morgens wieder heller wird, sendet unser Sensor eine andere Spezial-Nachricht, um den Grenzwert-Alarm wieder zurückzusetzen.

**Bild 6** zeigt den Aufbau dieser Nachrichten. Wir benötigen zwei Bytes, die wie bei allen Spezialfunktionen an beliebiger Stelle innerhalb der Nutzdaten stehen können. Daher muss der Sensor, der den Grenzwert-Alarm meldet, sich innerhalb des ersten

Bytes durch seine Channel-Nummer ausweisen (Bits C2..C0). Die entsprechenden Werte für das zweite Byte lauten D1<sub>hex</sub> für eine Grenzwertunterschreitung, D2<sub>hex</sub> für eine Grenzwertüberschreitung und D0<sub>hex</sub> für eine Nachricht, dass nun wieder „alles im grünen Bereich“ ist.

Dieselbe Nachricht verwendet der Domotik-Master, um den entsprechenden Sensor anzuweisen, den aktuellen Wert als unteren oder oberen Grenzwert zu verwenden. Dann aber mit gesetztem *SetBit*, was ja für „Soll-Wert“ steht. In unserem Beispiel (Grenzwertunterschreitung auf Channel0) lautet die Alarmpmeldung 48-D1<sub>hex</sub>, das Setzen des Grenzwertes geschieht mit 68-D1<sub>hex</sub>. Zur Sicherheit bestätigt der Domotik-Master die Alarm-Meldung mit 58-D1<sub>hex</sub>, der Sensor das Setzen des Grenzwertes mit 78-D1<sub>hex</sub> (gesetztes *AcknowledgeBit*). Wie eine erste Leser-Anwendung im Praxiseinsatz zeigt, kann dieses Feature durchaus sinnvoll sein (siehe Kasten).

In einem der nächsten Teile der Serie wird übrigens noch ein Weg gezeigt, Grenzwerte frei zu definieren (also nicht nur den momentanen Messwert).

### Ein erster Aktor

In der Demo-PC-Software wird die Grenzwertunterschreitung durch das Wort „Alarm!“ in einer Textbox gemeldet. Den Grenzwert setzt man mit einem Klick auf den Button „Set Limit“, gleichzeitig wird der aktuell geltende Grenzwert in einer anderen Textbox festgehalten. Doch das allein wäre ja noch keine Steuerung.

An den Knoten 1 schließen wir daher noch die kleine Schaltung in **Bild 7** an. Mit dem Pin ADC0/PC0 am Steckverbinder steuern wir über einen Transistor ein kleines 5-V-Relais( max. 100mA) an. Den ganzen Aufbau im Überblick zeigt **Bild 8**. Für

## Bus im Einsatz!

Unser Leser André Goldberg hat die erste mir bekannte Bus-Anwendung für den praktischen Einsatz aufgebaut: Eine Füllstandsmessung bei einem Wasservorratsbehälter. Natürlich sollte hier nicht ständig ein PC benötigt werden, der Scheduler muss also auf einem Mikrocontroller laufen. Kurzerhand implementierte der Elektronik-Fan einen kleinen Scheduler mit Hilfe eines einfachen Timers in BASCOM. Nachdem ich ihm vorab den Entwurf des Protokolls und der Demo-Software zu dieser Folge zugesandt hatte, entwickelte André sogleich noch eine Steuerung zum automatischen Nachfüllen des Behälters. Leider stellte er fest, dass eine einmalig gesendete Alarmmeldung nicht immer zuverlässig beim Empfänger ankam (wir konnten in der Kürze der Zeit leider nicht mehr feststellen, woran das lag). Für kritische Anwendungen stellt das Protokoll deswegen die Möglichkeit bereit, sich

Nachrichten vom Empfänger bestätigen zu lassen. Der Sender muss die Alarmmeldung dann so lange wiederholen, bis die *AcknowledgeMessage* des Empfängers eintrifft (die gleichen Bytes, nur mit gesetztem *AcknowledgeBit*). In der Demo-Software zu diesem Teil habe ich dies noch eingebaut. Das *Sendalarmflag* in der Controller-Firmware wird = True, wenn der Grenzwert unterschritten ist und = False, wenn die Bestätigung der Alarm-Nachricht vom Domotik-Master eintrifft. Der regelmäßig abgefragte Sensor-Knoten sendet die Alarm-Meldung einfach so lange innerhalb seiner Nachrichten mit, wie das *Sendalarmflag* gesetzt ist. Falls der untere Grenzwert zwischenzeitlich wieder überschritten wurde, ist der Alarm aufgehoben, dann wird das *Sendresetalarmflag* gesetzt (und gleichzeitig das *Sendalarmflag* zurückgesetzt, desgleichen umgekehrt). Auf Seiten der PC-Software werden die Integer-

Variablen *intSetAlarmstatus* und *intResetAlarmStatus* verwendet. Eine 2 bedeutet, dass die Alarmmeldung eingegangen und das Relais geschaltet werden soll, eine 1, dass die Alarmmeldung dem Sensor bestätigt werden muss, und eine 0, dass keine Nachrichten mehr zu versenden sind. Die Reihenfolge der Zustände lautet  $0 > 2 > 1 > 0$  .... Zuerst wird also die Schalt-Nachricht zum Relais versandt, um keine Zeit zu verlieren. Auch hier muss eine Alarmmeldung, die *intSetAlarmstatus* auf 2 setzt, gleichzeitig *intResetAlarmstatus* auf 0 setzen (und umgekehrt), sonst kann man bei schnellen Änderungen in undefinierte Zustände gelangen.

Zurzeit experimentiert André Goldberg übrigens noch mit einem Webserver-Modul von Ulrich Radig, um die Messdaten zu visualisieren (Werte lassen sich dann in einem Browser betrachten). Mehr zu diesem interessanten Thema in den nächsten Teilen der Serie.

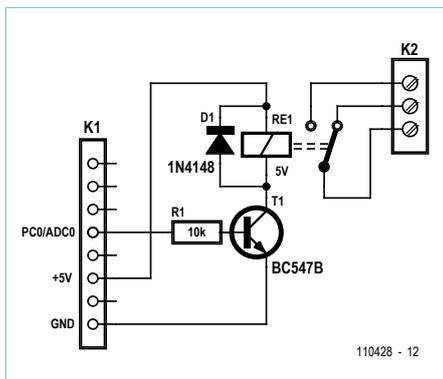


Bild 7. Die Relaisschaltung kann man auf einer kleinen Lochrasterplatte aufbauen.

Knoten 1 und Knoten 2 wird die gleiche Firmware verwendet, die Variable *Devicemode* (gesetzt durch das EEPROM-Byte 006) bestimmt, ob es sich um einen Aktor (Relais) oder einen Sensor (Foto-Widerstand) handelt. Dementsprechend wird ADC0/PC0 entweder als Analog-Eingang oder als digitaler Ausgang konfiguriert. Wenn der Domotik-Master den Grenzwert-Alarm von Knoten 2 empfängt, schickt er an den Knoten 1 die Bytes 60-01<sub>hex</sub>, was diesen dazu veranlasst, PC0 auf High zu setzen. Falls Knoten 2 meldet, dass der Alarm nun wieder aufgehoben ist, sendet die Domotik-Zentrale 60-00<sub>hex</sub> an den Knoten 1. Dieser

setzt PC0 auf Low und das Relais fällt wieder ab. Wer bisher gut aufgepasst hat, weiß natürlich, dass die 60<sub>hex</sub> von einem gesetztem Bit 6 (*2ByteMode*) und einem gesetztem *SetBit* herrühren.

Wenn Sie einen Grenzwert gesetzt (und alles richtig gelötet, programmiert und verkabelt) haben, müsste nun ihre ans Relais angeschlossene Notbeleuchtung bei einer Helligkeitsunterschreitung am Sensor angehen. Et voilà!

(110428)

Entwickeln Sie mit! Hinweise und Ideen sind willkommen unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de)

### Weblinks

- [1] [www.elektor.de/110258](http://www.elektor.de/110258)
- [2] [www.elektor.de/110382](http://www.elektor.de/110382)
- [3] [www.elektor.de/110428](http://www.elektor.de/110428)

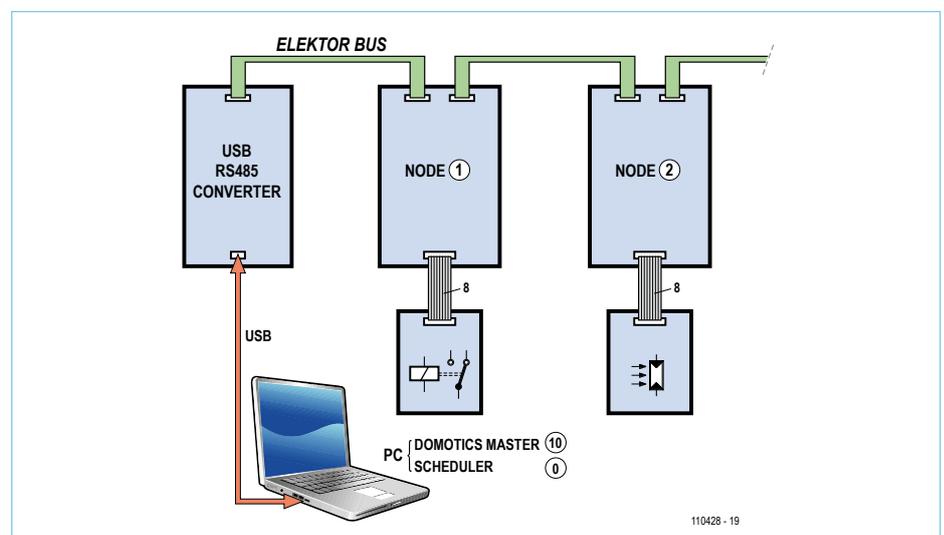


Bild 8. Die kleine Applikation im Überblick. Der PC ist gleichzeitig Bus-Scheduler (Adresse 0) und die Zentrale der Anwendung (Adresse 10).

# Fan-Flash alternativ

## Stroboskopeffekte mit diskreter digitaler Logik

Die alternative Version schließt an den „Fan-Flash“ vom Dezember 2010 an [1], einem Lichtblitzgeber nach Art eines Stroboskops, der die Flügel des PC-Lüfters scheinbar still stehen lässt. Viele Freunde des PC-Moddings wünschten sich eine Version, die ohne programmierten Mikrocontroller auskommt. Deshalb stellen wir hier einen „Fan-Flash“ vor, der identische Funktionalität hat, jedoch mit einfachen Logik-Bausteinen aufgebaut ist. Der diskrete Schaltungsaufbau kommt Experimenten und Modifikationen entgegen.



Von Raymond Vermeulen (Elektor-Labor)

Die Effekte, die unsere zweite Version des „Fan-Flash“ generiert, sind mit den Effekten der ersten Version identisch: Eine oder mehrere LEDs werden von Stromimpulsen gesteuert, wobei die Pulsfrequenz proportional zur Anzahl der Lüfter-Flügel ist. Wir haben die Dimensionierung für gängige PC-Lüfter mit 750 Umdrehungen pro Minute (rpm, *rotations per minute*) und neun Flügel ausgelegt. An Lüfter mit abweichenden Eigenschaften, zum Beispiel mit mehr oder weniger Flügeln, lässt sie sich unkompliziert anpassen.

### LEDs

Maßgebend ist der Strom, der durch die LED (oder mehrere parallele LEDs) fließt. Der LED-Strom hängt vom Wert des Widerstands  $R_1$  ab (siehe **Bild 1**). Als Richtwerte für den Strom weißer LEDs können im Dauerbetrieb 20 mA und im Impulsbetrieb bis 500 mA veranschlagt werden, der Richtwert für die LED-Spannung ist 3,5 V. Für den PC-Lüfter und vier weiße, parallel geschaltete

5-mm-LEDs gilt folgende Berechnung:

Der Strom durch die LEDs beträgt insgesamt  $(12\text{ V} - 3,5\text{ V}) / 12\ \Omega = 0,708\text{ A}$ . Durch jede LED fließen  $0,708\text{ A} / 4 = 0,177\text{ A}$ . Der Lüfter dreht mit 750 U/min, was 12,5 Hz entspricht. Daraus folgt, dass  $12,5 \cdot 9 = 112,5$  Impulse in der Sekunde erzeugt werden müssen. Ein einzelner Impuls ist 0,11 ms breit (siehe Absatz „555“), so dass die gesamte Impulsbreite in der Sekunde  $112,5 \cdot 0,11\text{ ms} = 12,38\text{ ms}$  beträgt. Damit ergibt sich ein Duty-Cycle von 1,238 %. Der mittlere Strom, der durch eine einzelne LED fließt, beträgt somit  $177\text{ mA} \cdot 0,01238 = 2,19\text{ mA}$ . Mit diesen Werten liegt der LED-Strom weit unterhalb des zulässigen Grenzwerts.

Ebenso wie bei der ersten „Fan-Flash“-Version ist der LED-Typ frei wählbar. Die Schaltung kann sowohl für eine einzelne Power-LED als auch für mehrere parallel geschaltete 5-mm-LEDs dimensioniert werden. Im zweiten Fall ist darauf zu achten, dass die LEDs vom gleichen Typ und möglichst auch aus gleicher Produktionscharge sind. Andernfalls kann sich der Gesamtstrom unterschiedlich auf die LEDs verteilen, die LEDs leuchten mit abweichender Helligkeit.

### MOSFET

Der Teil der Schaltung, in dem hohe Ströme fließen, stimmt mit der ersten Version weitgehend überein. Unterschiede gibt es lediglich beim Typ des MOSFET, ferner ist der dreipolige Lüfteranschluss statt mit der PC-Hauptplatine unmittelbar mit der Fan-Flash-Schaltung verbunden. Die Tachosignal-Leitung wird von einem Pullup-Widerstand auf +12 V gezogen.

Außer dem angegebenen MOSFET-Typ IRF3704 sind auch andere Typen verwendbar. Der MOSFET muss ein N-Kanal-Typ sein, der bei +4 V voll durchgesteuert ist, und  $U_{th}$  soll unter 2,5 V liegen. Im Datenblatt des MOSFET wird das Diagramm betrachtet, das den Strom  $I_d$  abhängig von der Spannung  $U_{ds}$  darstellt. Auf der 4-V-Kurve (oder der nächstgelegenen Kurve) kann bei  $U_{ds} = 12\text{ V}$  der zugehörige Wert des Stroms  $I_d$  abgelesen werden. Die Kurve muss flach verlaufen, und  $I_d$  muss höher als der Spitzenstrom sein, der durch die LED (oder LEDs) fließen soll. Ein Sicherheitsabstand vom höchsten zulässigen Wert kann natürlich nicht schaden. Von Bedeutung sind auch die Anstiegs- und Abfallzeiten (*rise- und falltime*). Diese Zeiten

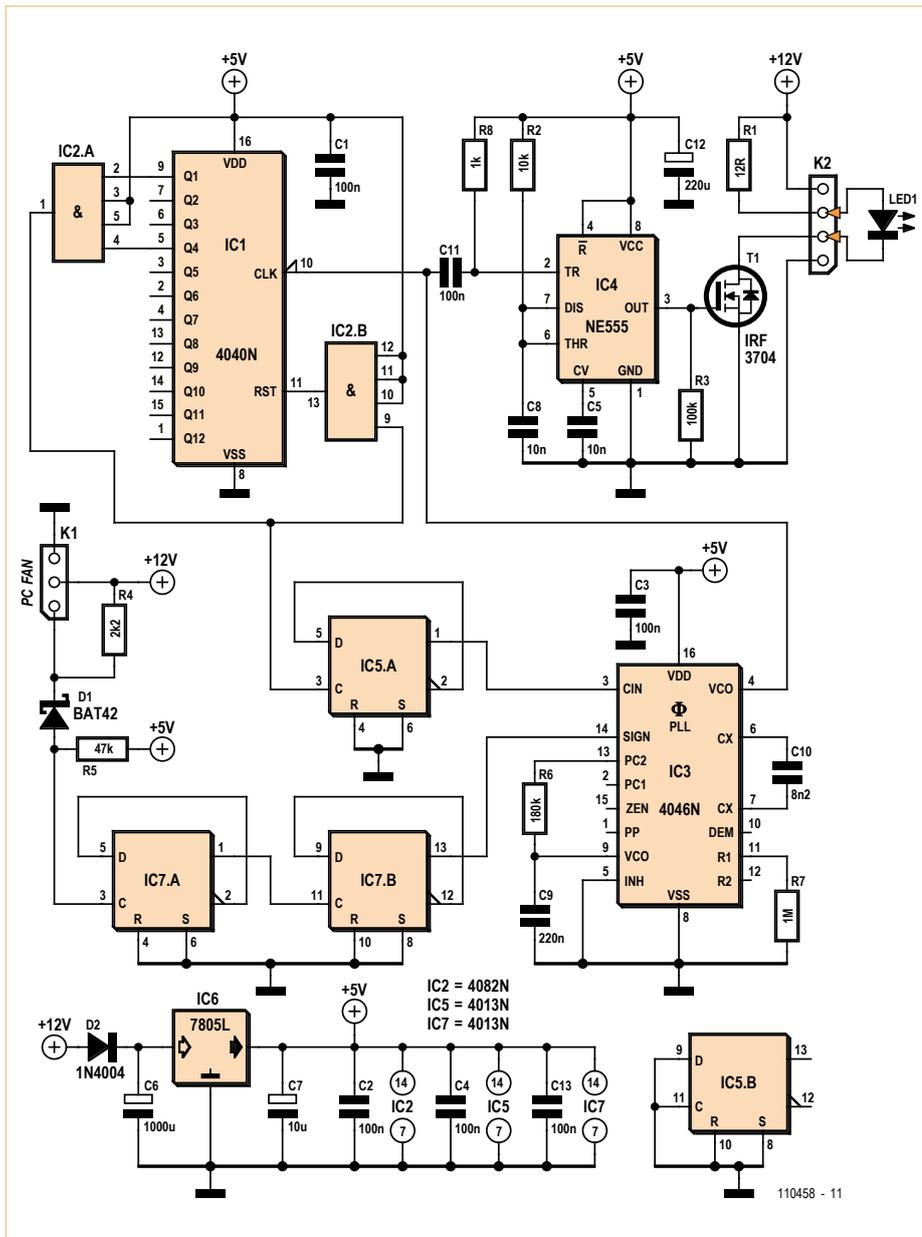


Bild 1. Diese Version ist mit Bauelementen aufgebaut, die es schon in der „guten alten Zeit“ der Elektronik gab.

sollen nicht länger als 10 % der Impulszeit sein, damit die Impulsform nur unwesentlich verzerrt wird. Die meisten MOSFET-Typen erfüllen diese Bedingung.

### Digitale Logik

Der PLL-Baustein 4046 (IC3, PLL = Phase Locked Loop) vergleicht die Tachosignalfrequenz, die zur Lüfterdrehzahl proportional ist, mit der Frequenz des Signals, das die Lichtimpulse steuert. Die PLL regelt die Frequenz des Ausgangssignals VCO (Pin 4) in der Weise, dass die Frequenzen der Signale an den Eingängen CIN (Pin 3) und SIGN

(Pin 14) miteinander übereinstimmen. Weil in der Rückkopplung ein Frequenzteiler liegt (IC1 und IC5), entsteht ein Frequenzvervielfacher, er arbeitet wie folgt:

Angenommen, am Eingang SIGN liegt ein Signal mit der Frequenz 1 Hz, während die Frequenz des Signals am Eingang CIN 0 Hz beträgt (kein Signal). Am Ausgang VCO erscheint ein Signal mit der Frequenz 1 Hz, um die Frequenzdifferenz der Eingangssignale auszugleichen. Diese Frequenz wird durch den Zähler mit nachgeschaltetem Flipflop durch 18 geteilt. Dadurch sinkt die

Frequenzdifferenz der Eingangssignale, sie ist jedoch ungleich Null. Die PLL erhöht die Frequenz des Ausgangssignals VCO, bis die Frequenzen der Eingangssignale gleich sind. Daraus folgt, dass die Frequenz des Ausgangssignals VCO um den Faktor 18 höher als die Frequenz des Eingangssignals SIGN ist. Die Frequenz des impulsförmigen Signals, das die LEDs steuert, ist an die Eigenschaften des verwendeten Lüfters angepasst.

Das Flipflop (IC5A) ist notwendig, weil am Ausgang von Zähler IC2B wegen der Rückkopplung zum Reset-Eingang nur sehr kurze Impulse erscheinen. Das Flipflop formt dieses Signal in ein Rechtecksignal mit 50 % Duty-Cycle um, gleichzeitig wird die Pulsfrequenz durch den Faktor 2 geteilt. Außerdem bewirkt IC2B eine zusätzliche Verzögerung, so dass IC1 nicht vorzeitig rückgesetzt werden kann.

Dem Eingang für das Tachosignal ist ein D-Flipflop (IC7) vorgeschaltet, es halbiert die Frequenz des Tachosignals. Diese Maßnahme ist notwendig, weil IC1 Frequenzen nur durch ganze Zahlen teilen kann. Da IC5A die Bezugsfrequenz halbiert, geschieht das Gleiche mit IC7B noch einmal am Eingang. Bei 750 U/min besteht das Tachosignal aus 1500 Einzelimpulsen in der Minute, seine Frequenz beträgt folglich 25 Hz. Diese Frequenz wird durch 4 geteilt und mit 18 multipliziert, so dass am Ausgang VCO (Pin 4) des PLL-Bausteins IC3 ein Signal mit der Frequenz 112,5 Hz erscheint.

### 555

Für die LED-Steuerung wird das PLL-Ausgangssignal in ein Rechtecksignal umgesetzt, das in seiner Impulsbreite veränderlich ist (PWM-Signal). Diese Aufgabe übernimmt ein Timer des bekannten Typs 555 (IC4), der hier als Monoflop geschaltet ist. Die Impulse an seinem Trigger-Eingang dürfen nicht breiter als seine Monoflopdauer sein. Wegen der niedrigen Pulsfrequenz und des Duty-Cycles von 50 % ist das 112,5-Hz-Signal über C11 kapazitiv mit dem Trigger-Eingang gekoppelt. Die Rückflanken des 112,5-Hz-Signals haben schmale Impulse am Trigger-Eingang zur Folge, sie triggern den 555. Für die Impulsbreite des Signals am Ausgang des 555 (Pin 3) gilt folgende Beziehung:



# Audio-DSP-Kurs

## Teil 4: Test der Hardware

Von Alexander Potchinkov (D)

In den bisherigen Folgen der Serie haben wir den DSP als Spezialprozessor für die digitale Audiosignalverarbeitung kennengelernt, die Software-Entwicklungsumgebungen mit ihren Aufgaben beschrieben und das DSP-Board zu diesem Kurs vorgestellt. Diesmal werden wir die Entwicklungssoftware einrichten und die Hardware testen. Dabei können wir zwischen einer traditionellen Entwicklungssoftware mit separaten Komponenten und zwei unterschiedlichen Debuggern sowie einer integrierten Software-Entwicklungsumgebung wählen. Beim Hardware-Test kommen einige kurze DSP-Programme zum Einsatz, die wir unseren Lesern selbstverständlich frei zur Verfügung stellen.

Uns stehen mit Suite56 und Symphony-Studio zwei Software-Entwicklungsumgebungen (SDE) zur Verfügung. Wir müssen uns entscheiden, welche von beiden wir verwenden wollen, da unterschiedliche Adapter zum Verbinden von DSP und Debugger(-Programm) verwendet werden und sich auch der Leistungsumfang und die Komplexität erheblich unterscheiden, was unterschiedlich lange Einarbeitungszeiten mit sich bringt. Um es kurz auf den Punkt zu bringen: Die Kursprogramme und alle von den Lesern selbst erstellten Programme lassen sich gleichermaßen mit beiden in diesem Text gegenübergestellten SDEs bearbeiten und anwenden. Denn die bei Suite56 separat zu benutzenden Programme sind Plug-Ins im Symphony-Studio. So unterscheiden sich beide SDEs zwar hinsichtlich ihrer Bedienung, nicht aber hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit, da sie auf dieselben Programme zurückgreifen. Ein (allerdings für unseren Kurs unerheblicher) Unterschied betrifft die Programmierung der Zweikern-DSPs aus der Familie DSP5672x, die unter dem Symphony-Studio ohne Umwege vorgenommen werden kann. Im Folgenden stellen wir beide SDEs vor und zeigen deren Verwendung am Beispiel des ersten Testprogramms mit dem Quelltext

tst\_dsp.asm, und zwar von der Assemblierung bis hin zum Laden des Programms auf den DSP. Dieses Testprogramm und vier weitere werden dann im zweiten Teil dieses Artikels vorgestellt.

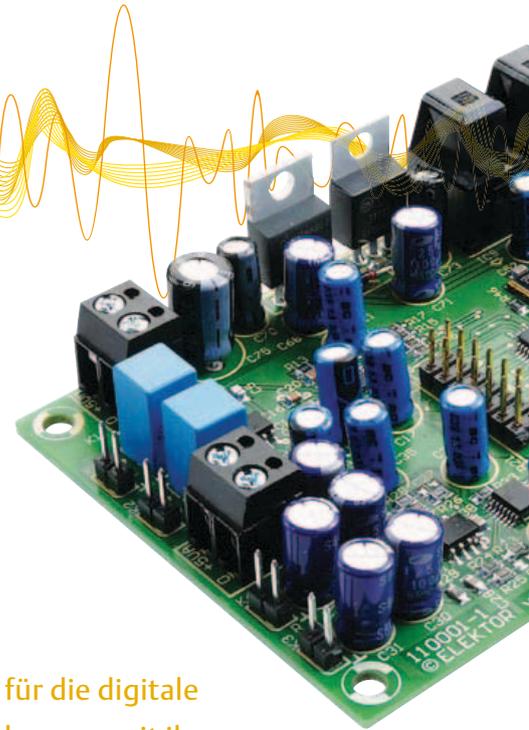
Wenn der Leser sich nicht gleich auf das zeitgemäße und wohl auch zu bevorzugende Symphony-Studio festlegen möchte, kann man mit beiden Programmen erst einmal ohne Adapter das Editieren, Assemblieren, Simulieren und (eingeschränkte) Debuggen ausprobieren. Im Anschluss daran ist dann die notwendige Entscheidung zu treffen, denn spätestens dann muss ein Adapter beschafft werden.

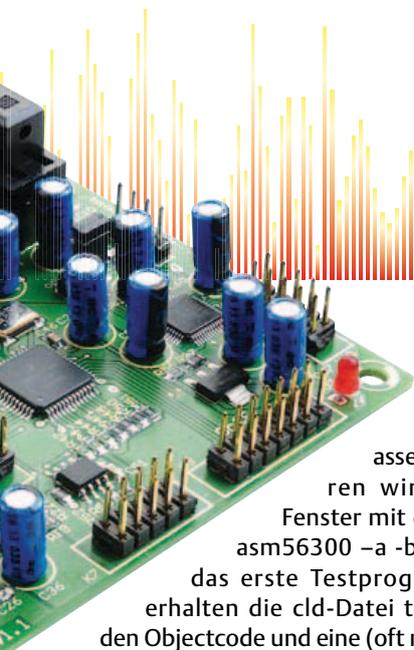
### Suite56

Die Suite56-Software (DSP56300\_TOOLS.exe mit ca. 8,9 MB als selbstentpackender Datei) setzt sich aus bereits älteren Einzelkomponenten, dem Assembler asm56300.exe, dem Simulator sim56300.exe (oder gds56300.exe in der Windows-Version) und dem Debugger gui56300.exe mit Parallelport-Adapter zusammen. Falls kein Parallelport-Adapter eingesetzt wird, muss statt des Suite56-Debuggers ein anderer Debugger verwendet werden. Ein wegen „intuitiver Bedienung“ attraktiver Debug-

ger ist evm30xw.exe (mit USB-Adapter), der nicht von Freescale, sondern von Domaintec stammt und aus dem Domaintec-Download-Bereich aus einer gepackten Datei [1] extrahiert wird. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass von der Suite56 der Assembler und Simulator und von Domaintec der Debugger verwendet werden. Die Vorteile von Suite56 und dem Domaintec-Debugger sind die Transparenz und die sehr geringe Einarbeitungszeit. Nachteile sind das „beträchtliche Alter“ und der Umstand, dass der Debugger vermutlich nicht mehr unter einem 64-bit-Betriebssystem läuft. Der Autor verwendet dennoch diese separaten Softwarekomponenten, weil er davon überzeugt ist, so schneller an seine Ziele zu kommen.

Nachdem man sich die Software von Freescale und Domaintec beschafft hat, ist eine einfache Installation schnell erledigt. Das Domaintec-Debugger Programm ist mit der Option -cx aufzurufen, wobei x die vom Windows-Betriebssystem vergebene Nummer des (virtuellen) COM-Ports ist, an den der Adapter angeschlossen wird. Falls kein DSP angeschlossen ist, kann die Software mit der Option -D auch im Demo-Modus betrieben bzw. ausprobiert werden. Im





ersten Schritt assemble-

ren wir im cmd-Fenster mit dem Aufruf `asm56300 -a -b -l tst_dsp` das erste Testprogramm und erhalten die `cld`-Datei `tst_dsp.cld`, den Objectcode und eine (oft recht nützliche) Textdatei. Bei letzterer handelt es sich um das Listing mit dem Namen `tst_dsp.lst`. Warnhinweise, die während des Assemblierens ausgegeben werden, können wir übersehen. Sie haben ihre Ursache zumeist in vom Assembler erkannten Befehls-Pipeline-Timing-Konflikten. Diese Konflikte werden von `nop`-Befehlen behoben, die der Assembler selbst in das DSP-Programm einfügt. Wenn man über Erfahrung im DSP-Programmieren verfügt, kann man statt der `nop`-Befehle unter Umständen auch „sinnvollere“ Befehle einfügen. Mehr als den Object-Code benötigt der DSP nicht, um zu arbeiten. Anschließend wird der Debugger aufgerufen und die Kommando-

- `force r` (Reset des DSPs)
- `load tst_dsp.cld` (Laden des Object-Codes in den DSP)
- `go 0` (Ausführen des Programms ab P(rogramm)C(ounter)=0)
- `force b` (Setzen des DSPs in den Debugstatus)
- `disp x:$200` (Anzeigen des Speicherinhalts im X-Ram ab der Adresse \$200)
- `disp y:$200` (Anzeigen des Speicherinhalts im Y-Ram ab der Adresse \$200)

abgearbeitet. Das war auch schon alles. **Bild 1** zeigt die Debugger-Oberfläche nach Ausführung des letzten Kommandos. In der linken Hälfte haben wir die Anzeigen mit dem DSP-Programm und den Debugger-Kommandos sowie die DSP-IO-Register angeordnet. In der rechten Hälfte findet man zwei Anzeigen für die ausgewählten Speicherbereiche im X- und Y-Speicher sowie eine Anzeige mit den DSP-Registern. In diesen Speicher- und Registeranzeigen haben wir mit [FRA] die Fractional-Darstellung

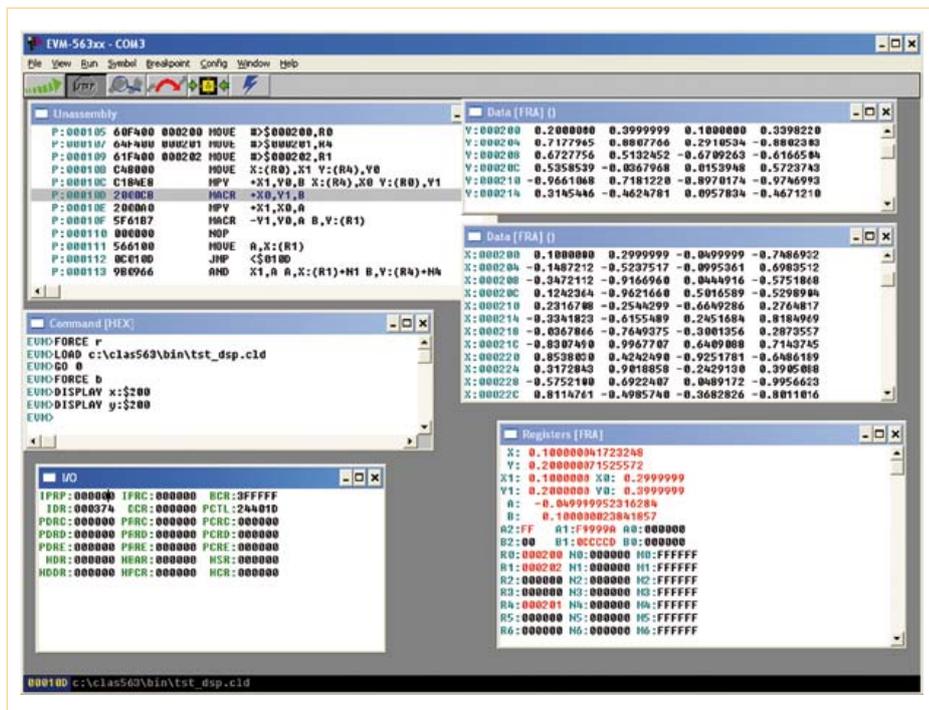


Bild 1. Benutzeroberfläche des Domaintec-Debuggers.

lung eingestellt. Alternativ lassen sich auch ganze Zahlen sowie Hex- und Binärzahlen darstellen oder sogar eine grafische Darstellung wählen.

Man kann den DSP alternativ im Programm (mit der Assembleranweisung `debug`) in den Zustand versetzen, in dem der Debugger auf ihn zugreifen kann. Dasselbe wurde aus dem Debugger heraus in der oben angegebenen Kommando-folge mit „force b“ erreicht.

**Symphony-Studio**

Im Symphony-Studio sind Assembler, Simulator und Debugger zusammen mit C-Compiler und mehr integriert. Symphony-Studio verwendet die ursprünglich für die Entwicklung von Java-Programmen geschaffene, quelloffene integrierte Entwicklungsumgebung *Eclipse*. Im Gegensatz zu Suite56 handelt es sich um ein zeitgemäßes Produkt. Eclipse wird auch von anderen Prozessorherstellern genutzt und es ist auch schon deswegen recht nützlich, sich mit einer sol-

chen Umgebung vertraut zu machen, da es auf dem Weg zum Industriestandard ist. Der größte Vorteil des Symphony-Studios ist die Unterstützung der Entwicklung im Team inklusive Synchronisation und Versionsverwaltung. Auch steht der Verwendung unter einem 64-bit-Windows nichts im Weg. Ein Nachteil ist die aufwendige Einrichtung der Oberflächen mit zahlreichen Einstellungen. Wenn wegen falsch gewählter Einstellungen die gewünschte Reaktion der Software auf Benutzereingaben ausbleibt, zeigt sich das Programm nicht besonders transparent. Auch muss man feststellen, dass mancher Bedienschnitt nicht sehr einsichtig ist.

Eine Eclipse-Oberfläche fußt auf spezifischen und nützlichen Komponenten, Views, Editoren und Perspektiven. Eine informative Beschreibung finden wir in der Wikipedia, aus der einige der nachstehenden Informationen und Formulierungen entnommen wurden (an das Symphony-Studio angepasst). Views sind kleine Fenster, die Aufgabenbereiche anzeigen. Views im Sym-



Bild 2. Installationspfad.

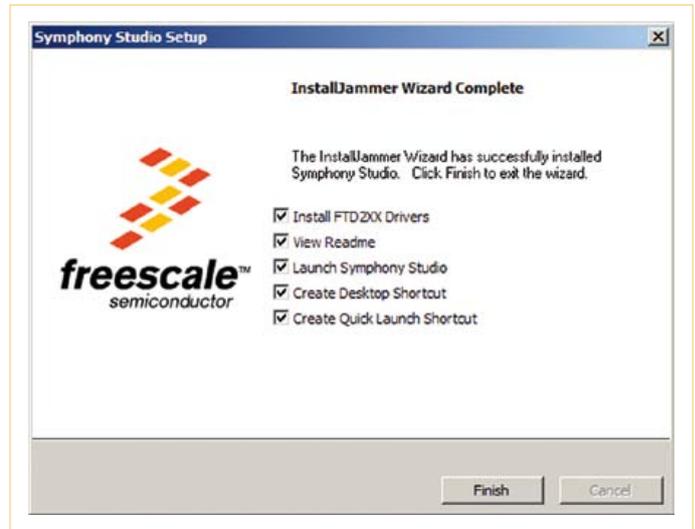


Bild 3. Installationsoptionen.

phony-Studio sind z.B. der Navigator oder die Darstellung der Projektverzeichnisstrukturen. Diese Views können durch Drag and Drop beliebig angeordnet werden. Zum Beispiel in Form von Tabs (Registerkarten), die durch Klick auf den Reiter aktiviert werden, in Form von dauerhaft sichtbaren Fenstern oder in Form von *fast views*, die als Symbole in einer weitgehend frei positionierbaren Leiste angeordnet sind (und nur bei Klick auf das Symbol eingeblendet werden). Mit Editoren werden die Quelltexte mit Syntaxhervorhebung angezeigt. Perspektiven sind vollständige Anordnungen von Menü- und

Symbolleisten, Views und Editoren. Sie sind weitgehend konfigurierbar; benutzerdefinierte Konstellationen können gespeichert und geladen werden. Symphony-Studio enthält zwei Perspektiven, die Perspektive **C/C++** für das Einrichten und Verwalten von Projekten und das Assemblieren von Quelltexten und die Perspektive **Debug**, in der der Simulator und Debugger eingebunden und genutzt werden können.

Zwischen den beiden Perspektiven wechselt man durch Betätigung eines „Wechselschalters“ im rechten oberen Teil der

Benutzeroberfläche. Simulator und Debugger werden beide als Debug-Tools angesehen, die sich nur am Vorhandensein eines DSPs unterscheiden. Das ist durchaus sinnvoll, und daher wird für den Simulator keine eigene Perspektive vorgehalten. In den folgenden Abschnitten werden wir die Installation des Symphony-Studios und seine Nutzung an einem Programmbeispiel vorstellen. Die hier angegebenen Schritte sind allenfalls beispielhaft, denn es ließen sich auch alternative Schritte angeben. Man wird etwas Zeit benötigen, bis man für sich selbst die bevorzugten Wege gefunden

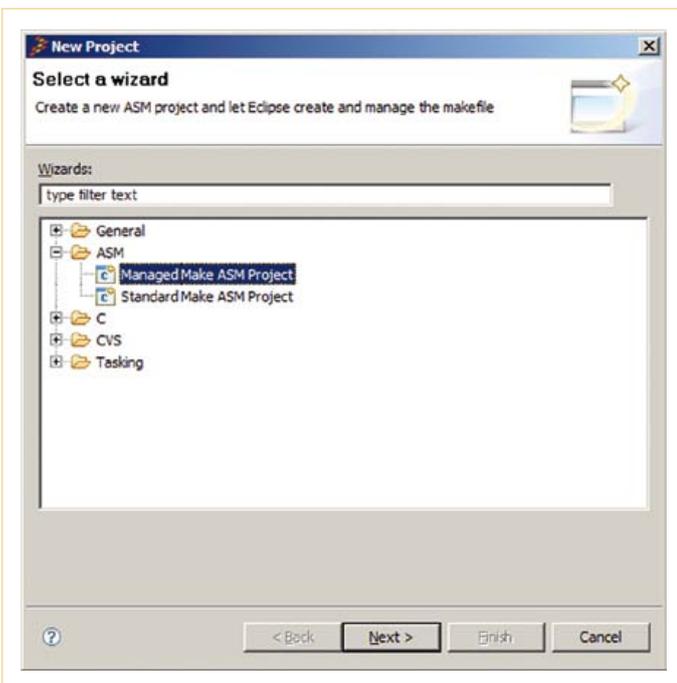


Bild 4. Auswahl des Projekttyps.

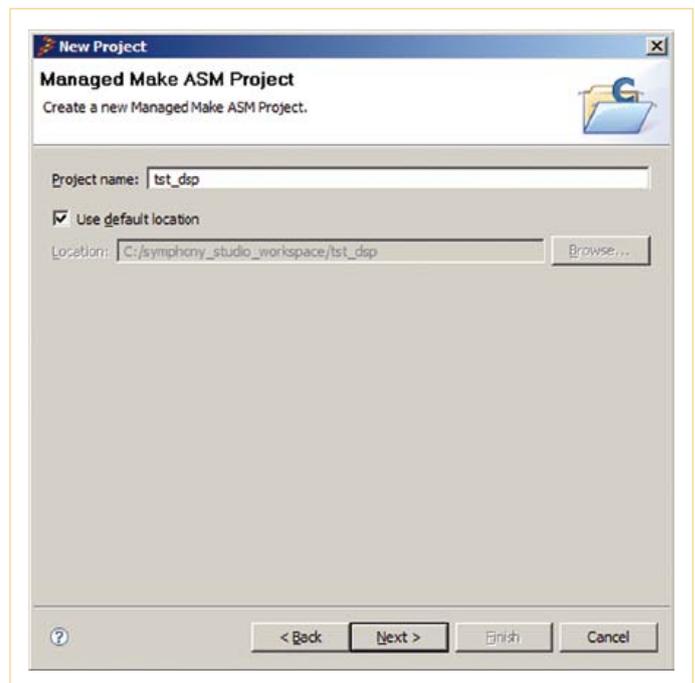


Bild 5. Vergeben des Projektnamens.

hat. Freescale bietet ein Handbuch [2] und Application-Notes [3] mit weiterführenden Informationen.

### Schritt für Schritt

Das Symphony-Studio wird nach Registrierung von der Freescale-Webseite als Datei SYMPHONY\_STUDIO\_IDE.zip mit ca. 55 MB heruntergeladen und anschließend installiert. Da das Symphony-Studio die Eclipse-Umgebung nutzt, muss ein *Java Runtime Environment* JRE ab Version 1.5 vorhanden sein. Im Falle einer nicht vorhandenen JRE kann diese unter [4] beschafft werden. Die **Bilder 2 und 3** zeigen zwei Dialogboxen der Installation. Im Besonderen sollte man die FTDI-Treiber (Häkchen im in Bild 3 abgebildeten Fenster nicht entfernen!) installieren, weil die USB-Adapter hierauf zugreifen. Der erste Aufruf öffnet eine Willkommens-Oberfläche, auf der das *workbench* Icon am rechten Rand angeklickt werden muss. Auf der nun erscheinenden Oberfläche muss am rechten oberen Rand *Open Perspective* angeklickt und dann die Perspektive *C/C++* ausgewählt werden.

Software unter Eclipse wird **immer** in Form von **Projekten** erstellt. Ein solches Projekt

ist als Erstes neu anzulegen und einzurichten. Dazu klicken wir hintereinander auf *File -> New -> Project -> Managed Make ASM Project*. **Bild 4** zeigt das *New Project* Fenster. Wir geben dem Projekt einen Namen, z.B. den Namen des Testprogramms, so wie es **Bild 5** zeigt. Nun müssen wir den Typ des Projekts festlegen. **Bild 6** zeigt schon die richtigen Einstellungen für uns. Wir befinden uns im Modus *Build Automatically*, was besagt, dass immer, wenn im Quelltext etwas geändert und mit *Save* bestätigt wurde, ein Assemblieren automatisch veranlasst wird. Im nächsten Schritt wird das Verzeichnis für den Quelltext festgelegt, und zwar mit Klicks auf *File -> New -> Sourcefolder*. Im **Bild 7** tragen wir den Projekt-Unterverzeichnisnamen ein, hier haben wir einfach *src* verwendet. Das Unterverzeichnis ist nun angelegt. Aus dem Windows-Explorer heraus kopieren wir unser Quelltext-File *tst\_dsp.asm* mit *Paste* in das zuvor angelegte Unterverzeichnis *...\tst\_dsp\src* im *Project*-Fenster (*View Project*) hinein. Den Quelltext öffnen wir mit *Open File* in einem Editor. Unter *File* klicken wir *Refresh* an, was das Assemblieren unseres Quelltextes auslöst. Wir können den Quelltext stattdessen

auch einmal (pro forma) editieren und die Assemblierung mit Klicks auf *File -> Save* veranlassen. Gleichzeitig wird die Listing-Datei angelegt, die wir aus der *Project-View* in einen Editor laden können. **Bild 8** zeigt die Oberfläche der Perspektive *C/C++* mit dargestelltem Quelltext inklusive farblicher Schlüsselwort-Hervorhebung und der Listing-Datei *tst\_dsp.lst*. Am linken Rand erkennen wir in der *Project-View* die Verzeichnisstruktur unseres Projekts und darin auch schon das Unterverzeichnis *Debug*, mit dem es im Folgenden weitergeht.

Simulieren, Laden von Code in den DSP und Debuggen erfolgen in der Perspektive *Debug*. Im SDE werden Plug-Ins wie Simulator und Debugger als sogenannte *External Tools* geführt, was insofern auch stimmig ist, da es sich um von der Eclipse-Umgebung unabhängige Programme handelt. Um eines der beiden *External Tools* nutzen zu können, muss es angeschlossen werden. Dabei wird ein Weg der Datenübertragung eingerichtet und das Tool konfiguriert. Zur Datenübertragung dient hier ein TCP/IP-Port. Die Konfiguration ist von der angeschlossenen Hardware abhängig. Sym-

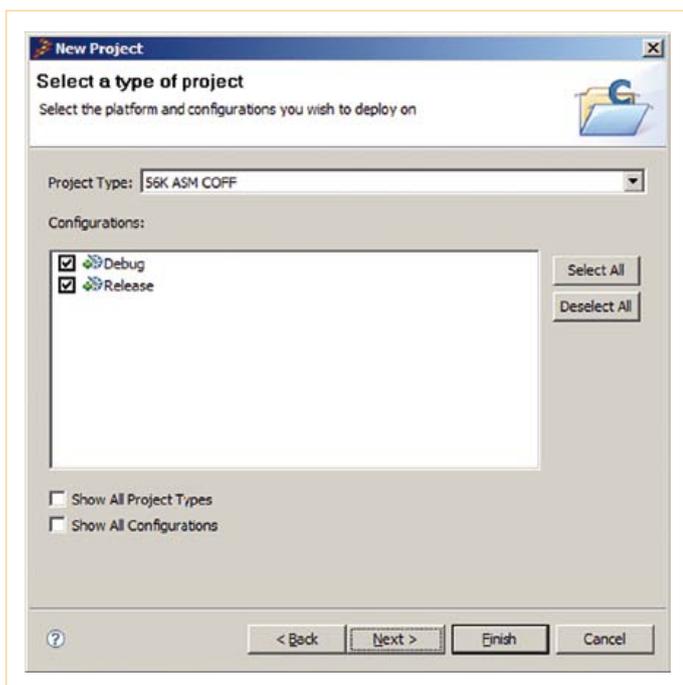


Bild 6. Typ des Projekts.

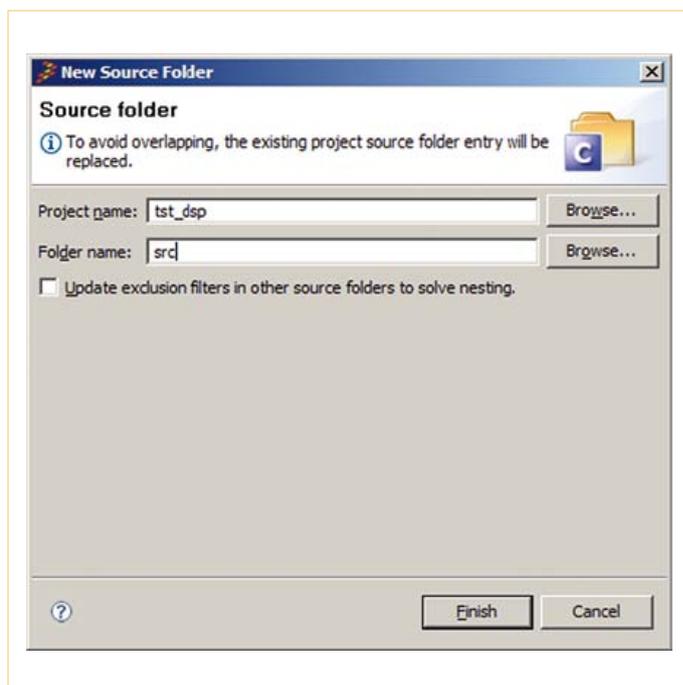


Bild 7. Benennung des Projekts.

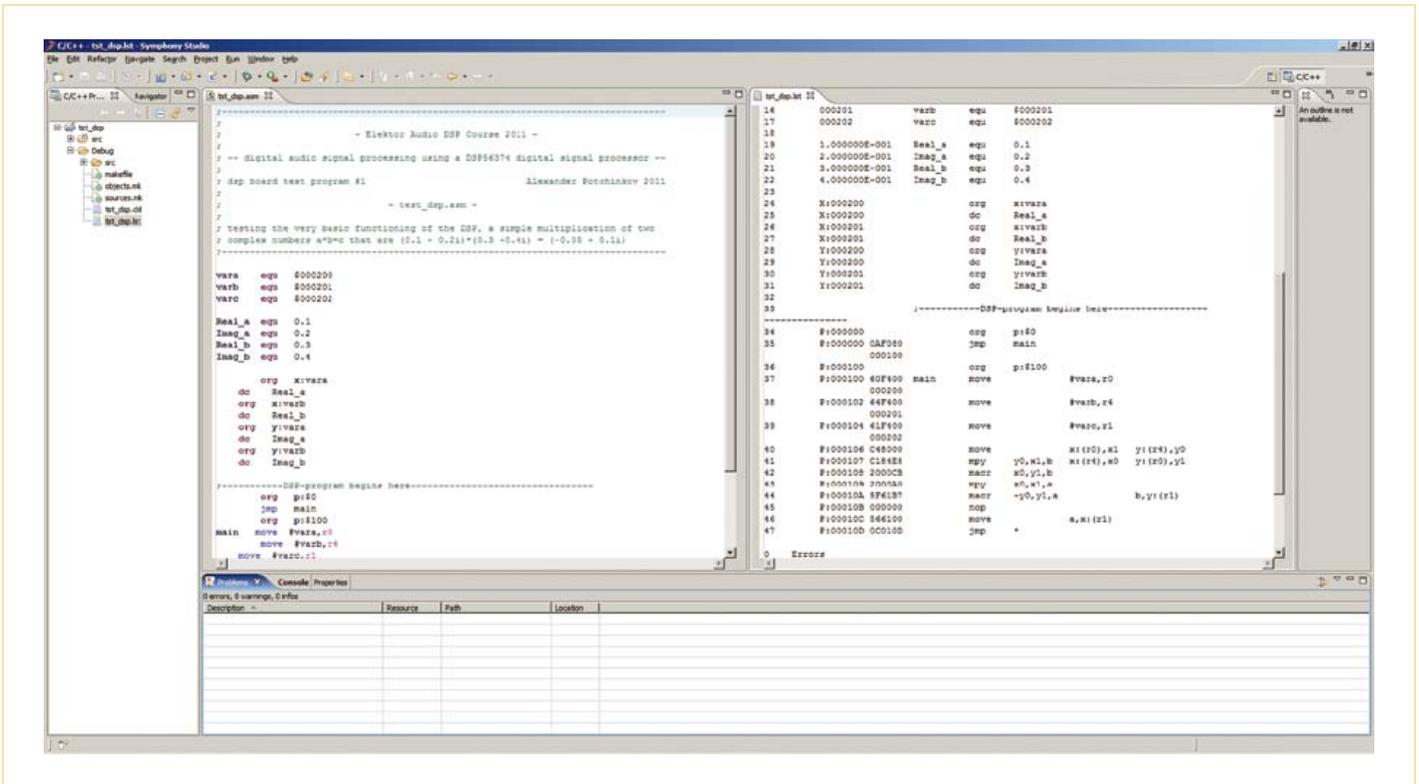


Bild 8. View Project, Quellcode und Listing in der Perspektive C/C++.

phony-Studio kennt das Freescale Soundbite Board, den wegen einer „Anomalie“ speziellen Signalprozessor DSP56371 und die DSP56300-Familie, zu der auch unser DSP56374 gehört. Zur Einrichtung des Debuggers für unsere Hardware führen wir die nachfolgenden Schritte aus.

Wechsle in die *Debug*-Perspektive (rechte obere Ecke in der Benutzeroberfläche) und folge dem Aufklapp-Menü *Run -> External Tools -> External Tools*.

Wähle die External-Tools-Vorlage *OpenOCD GDB Server*.

Betätige den *New Launch Configuration* Knopf, der wie ein Papierbogen mit gelbem „+“-Zeichen aussieht. Alternativ kann diese Konfiguration auch durch einen Doppelklick auf *OpenOCD GDB Server* erstellt werden.

Wähle *DSP56300* in der Device-Auswahlliste und *soundbite* in der Dongle-Auswahlliste.

Verbinde die Hardware über den Adapter mit dem PC. Windows benötigt gegebenenfalls etwas Zeit, um den Treiber anzubinden. Wenn die Hardware erkannt und betriebsbereit ist, betätige den *Run*-Knopf, um den Debugger zu starten. Nach erfolgreichem Start sollte eine Statuszeile mit der Meldung *Info: openocd.c:82 main(): Open On-Chip Debugger... ohne Fehlermeldungen* zu sehen sein. Falls eine Fehlermel-

dung erscheint, hilft es meistens, zurück zu Schritt 1 zu gehen und erneut zu versuchen, eine Kommunikation aufzubauen.

Vor dem Start des Debuggers muss das Projekt ausgewählt sein, innerhalb dessen wir debuggen wollen. Wir gehen in die Perspektive *C/C++* und klicken das Projektverzeichnis *tst\_dsp* an. Die Auswahl erkennt man an der farblichen (blauen) Hinterlegung.

Wir gehen nun zurück in die Perspektive *Debug*.

Zum Debuggen den Menüpunkt *Run -> Debug* wählen. Als Prozessor wählen wir (siehe **Bild 9**) wieder den Freescale 563xx aus und erzeugen eine neue Debug-Konfiguration mit dem *New Launch Configuration* Knopf („Papierbogen“ mit gelbem „+“-Zeichen). Alternativ kann diese Konfiguration auch durch einen Doppelklick auf *Freescale 563xx* erstellt werden.

Eine neue Debug-Konfiguration mit dem Namen des aktuellen Projekts ist nun erstellt.

Es fehlt noch das in den DSP zu ladende Programm, was durch die Fehlermeldung „Program not specified“ unter der Titelzeile „Create, manage and run configurations“ angezeigt wird. Der Object-Code *tst\_dsp.cld* lässt sich mit Hilfe des *Browse*-Buttons

auf dem Rechner suchen oder einfacher durch *Search Project* auswählen.

Durch Klicken auf *Apply* wird die eingestellte Konfiguration gespeichert und im Anschluss daran mit *Debug* der Debugger gestartet. Das Programm lässt sich in der *Debug-Ansicht* nun mit *Run -> Resume* starten und mit *Run -> Suspend* anhalten. Unterbrechungspunkte (Breakpoints) lassen sich durch Doppelklicks auf den linken Rand der *disassembly-View* setzen und löschen. Die Ansicht der Prozessorregister ist das wichtigste Werkzeug zum Debuggen. Durch Anklicken des „+“-Symbols kann man dazu Registergruppen gezielt öffnen.

Mit *Run -> Step Into* oder der Funktionstaste *F5* lässt sich das DSP-Programm schrittweise ausführen, um die Auswirkungen einzelner Befehle auf die Registerinhalte zu untersuchen.

Wenig befriedigend ist das sofortige Schließen dieser Registergruppen nach Ausführen eines Befehls. Die Registeransicht kann durch mehrfaches Anklicken dazu bewegt werden, diese doch geöffnet zu halten.

Bei wiederholtem Debuggen lassen sich sowohl die gespeicherten „External Tools“ als auch die „Debug“-Konfiguration wieder aufrufen. Diese Konfigurationen sind unter

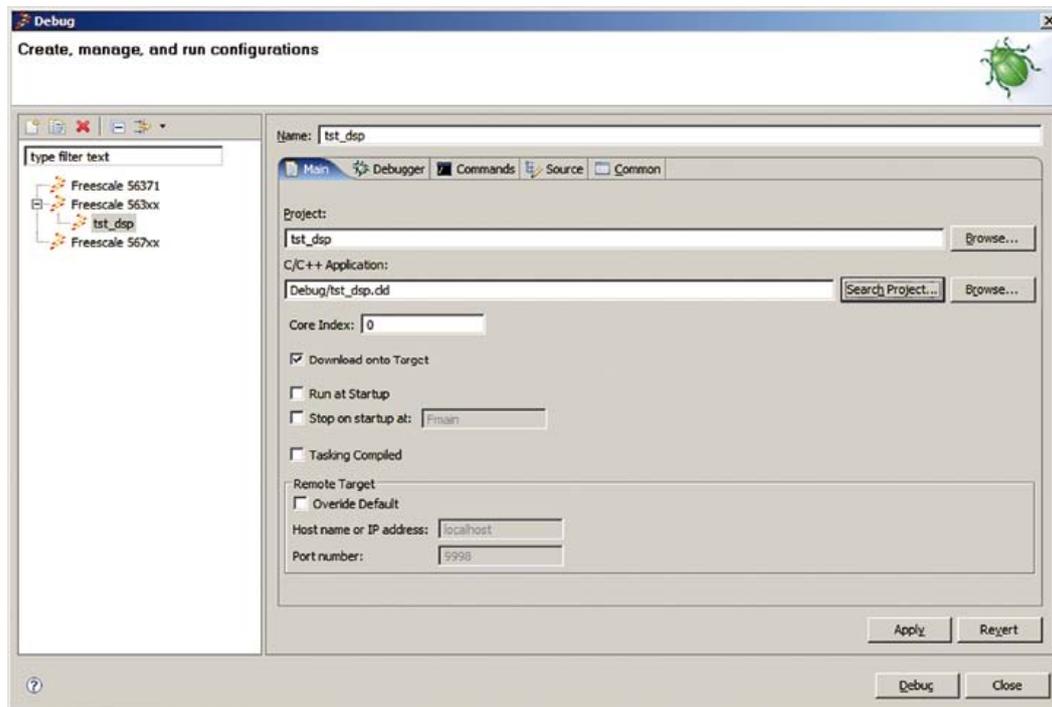


Bild 9. Einrichten des Debuggers.

den „External Tools“- bzw. „Debug“-Menüpunkten und -Icons gespeichert.

Nach Beendigung der Debug-Session muss auch die Open-OCD-Verbindung „gekappt“ werden, da andernfalls ein erneuter Start des Debuggers nicht möglich ist. Das Kappen erfolgt mit *Terminate*.

Zur Einrichtung des Simulators führen wir die nachfolgenden Schritte aus:

Wechsle in die Perspektive Debug (rechte obere Ecke in der Benutzeroberfläche) und folge dem Aufklapp-Menü *Run -> External Tools -> External Tools*.

Wähle die External-Tools-Vorlage *Simapi GDB Server*.

Betätige den *New Launch Configuration* Knopf („Papierbogen“ mit gelbem „+“-Zeichen). Alternativ kann diese Konfiguration auch durch einen Doppelklick auf *Simapi GDB Server* erstellt werden.

*Run* Anklicken.

In der View *Console* erscheint die Titelzeile „DSP56720 Simulator [SIMAPI GDB Server]“ mit Pfadangabe und einem roten Stop-Button, mit der dieser Simulator-Server wieder beendet werden kann.

Zur Verwendung des Simulators sind dieselben Schritte wie zur Verwendung des Debuggers (ab Schritt 7) auszuführen.

### Adapter für die Elektor-Leser

Der Begriff *Dongle* im Symphony-Studio entspricht unserem Adapter. Die oben im 4. Schritt der Bedienung des Debuggers erfolgte Auswahl *soundbite* ist auch für den USB-Adapter des Autors zu verwenden. Falls ein anderer Adapter verwendet werden soll, ist dies zu berücksichtigen (geeignete Adapter wurden bereits im zweiten Artikel angesprochen). Der Autor verfügt über zwei selbstentwickelte USB-Adapter, einen für Suite56 mit Domaintec-Debugger und einen für das Symphony-Studio, der als *soundbite dongle* eingebunden wird.

Der Suite56-Domaintec-Adapter des Autors besteht aus einem FTDI-IC zur Umsetzung von USB in ein serielles  $\mu$ C-Format und einem OTP-Mikrocontroller (one time programmable micro controller) aus der 68HC05-Familie, der zum einen die bidirektionale RS232-Format-Kommunikation mit dem PC und zum anderen die synchrone serielle ONCE-Kommunikation über fünf Leitungen betreibt. Mit dem FTDI-IC vom Typ FT232BL wird der Betrieb eines virtuellen COM-Ports am PC via USB ermöglicht. Hierzu muss, falls unter dem Betriebssystem nicht schon ein Treiber verfügbar ist, ein VCP-Treiber (VCP: Virtual Com-Port) von der Hersteller-Webseite unter [5] her-

untergeladen und installiert werden. Da der Autor die Nachfrage der Elektor-Leser nach diesem Adapter nicht einschätzen kann, hat er sich nur mit einigen wenigen Leiterplatten und programmierten Mikrocontrollern bevorratet, die er den Elektor-Lesern anbieten kann. Im Falle einer größeren Nachfrage kann eine Fertigung in Angriff genommen werden.

Der Symphony-Studio-Adapter des Autors verwendet einen USB-Parallel-FTDI-Konverter und keinen Mikrocontroller, was den Adapter etwas einfacher macht, denn es ist dann nur ein wenig Peripherie rund um den FTDI-IC nötig. Der Autor hat eine gewisse Anzahl von Adaptern fertigen lassen und bietet diese den Elektor-Lesern an.

ei Interesse an einem oder beiden Adaptern kann der Autor unter [6] kontaktiert werden. Wie es bereits im zweiten Artikel ausgeführt wurde, gibt es darüber hinaus mehrere Adapter von unterschiedlichen Herstellern. Sogar der „gute alte“ Parallelport-Adapter, den man leicht selbst anfertigen kann, lässt sich unter Symphony-Studio einrichten und nutzen. Allerdings müssen wir davon ausgehen, dass ein USB-Parallelport-Konverter als Ersatz für eine der früher in den PCs vorhandenen bidirektionalen Par-

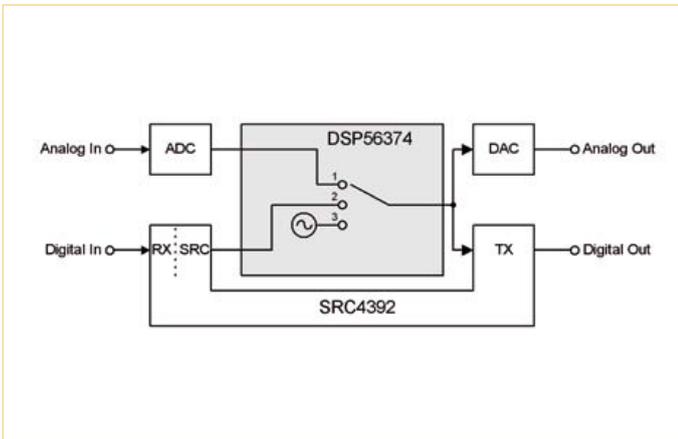


Bild 10. Audiosignalfade.

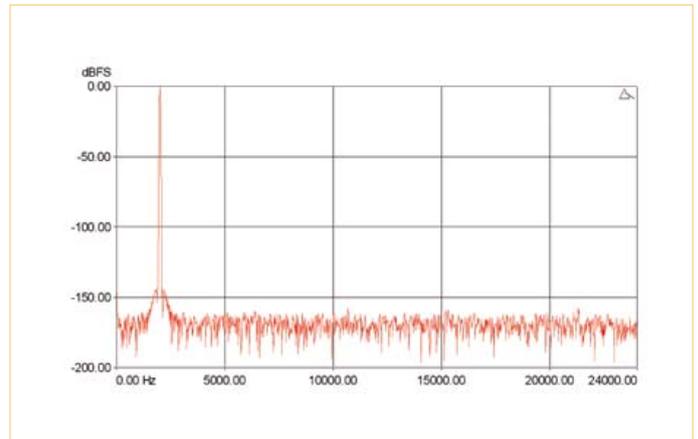


Bild 11. Spektrum am Digitalausgang im Test 5.

allel-Ports zwar zum Betrieb eines betagten Druckers, nicht aber zum Betrieb eines von uns benötigten Adapters geeignet ist.

### Test der Hardware

Das Board ist fertig aufgebaut und die mehrteilige Spannungsversorgung funktioniert (die Stromaufnahme ist etwas höher als 130 mA). Nun müssen die vier Schaltungseinheiten der Signalverarbeitung getestet werden: Die beiden Einheiten um den ADC und um den DAC herum für die analoge und die beiden Einheiten rund um den SRC und den DSP für die digitale Signalverarbeitung. Der DSP ist ein fest eingerichteter Audiomaster für alle vier Schaltungseinheiten. Das vereinfacht zwar die Schaltung und die Programmierung des DSPs, aber es funktioniert eben auch nichts ohne DSP-Programme. Dies gilt auch für das Testen der Hardware, daher haben wir für den Test eine Folge von fünf DSP-Programmen geschrieben. Die Nummerierung der Testprogramme legt eine zwar nicht zwingende, aber dennoch sinnvolle Testreihenfolge nahe.

Zum Testen der Hardware ist ein Audioanalysator mit Analog- und Digital-Audio-Schnittstellen das am besten geeignete Messgerät. Da aber vermutlich nur den wenigsten Lesern ein Audioanalysator zur Verfügung steht, lässt sich mit einfacherer Technik und dem ohnehin vorhandenen PC arbeiten, auch wenn verlässliche Messergebnisse in vergleichbarer Genauigkeit dann nicht ohne weiteres erwartet werden können. Im Einzelnen sind nützlich:

CD- oder DVD-Player als Analog- und Digitalsignalerzeuger. Man findet im Internet Wave-Dateien mit Testsignalen zur Verwendung auf CDs/DVDs. Wir benötigen vor

allem Sinusschwingungen mit unterschiedlichen, aber definierten Pegeln, die wir alternativ auch mit einem Audioeditor erstellen und auf den Datenträger brennen können. So können wir Analogsignale in den ADC oder Digitalsignale in den SRC einspeisen.

Ein Waveeditor, z.B. das kommerzielle und professionelle Wavelab oder eine kostenfreie Software wie Audacity als Analog- und Digitaloszilloskop im Zeitbereich (Wellenform) oder Frequenzbereich (FFT-Analyse). Wavelab stellt beide Oszilloskop-Arten im Online-Betrieb zur Verfügung. Bei anderen Editoren muss unter Umständen im Offline-Betrieb, das heißt nach Aufnahme einer Wave-Datei, getestet werden. Über das Internet sind auch für den Online-Betrieb kostenfreie Audiooszilloskope verfügbar, die die Soundkarte im PC nutzen. Zum Testen des DACs kann man auch ein konventionelles Oszilloskop verwenden, wobei dann aber die Signalverzerrungen kaum auszumachen sind, selbst wenn das Gerät ein Digitaloszilloskop mit FFT-Option ist.

Eine einfache USB-Audiosoundkarte, die zu recht geringen Kosten beschafft werden kann. Die Audiosoundkarte lässt sich auch zur Testsignalerzeugung nutzen. Für den Test des SRCs ist es aber sinnvoll, ein Testsignal mit einer anderen Abtastfrequenz zu nutzen als die vom DSP für Testprogramme vorgesehene Abtastfrequenz von 48 kHz. Aus diesem Grund (asynchrone Kopplung) haben wir auch die Verwendung eines CD/DVD-Players als Signalquelle vorgeschlagen.

Die Testprogramme (siehe **Tabelle 1**) sind zusammen mit einigen benötigten Dateien von der Elektor-Website herunterzuladen [7]. Diese zusätzlichen Dateien enthalten Programmcode wie z.B. die Interrupt-Ser-

vice-Routinen zur Bedienung der Audioschnittstellen, nützliche Definitionen, die Bytefolge zur Programmierung des SRCs oder die Sinussignale für die beiden Testprogramme 2 und 4.

### Testprogramm 1, tst\_dsp.asm,

#### Test des DSPs

Das Testprogramm berechnet das Produkt zweier komplexer Zahlen  $a * b = c$  mit den Zahlenwerten  $(0,1+0,2i) * (0,3+0,4i) = (-0,05+0,1i)$ . An den Speicherstellen \$200, \$201 und \$202 legen wir die Realteile im X-Ram und die Imaginärteile im Y-Ram in der Reihenfolge a, b und c ab. Wenn das Programm erfolgreich ausgeführt ist und der DSP in den Debug-Zustand versetzt wurde, müssen wir in DSP-Registern und Datenspeicherbereichen die folgenden Einträge mit dem Debugger lesen können:

$x0=0.3, x1=0.1, y0=0.4, y1=0.2,$   
 $a=-0.0499999..., b=0.1000..., r0=\$200,$   
 $r1=\$202, r4=\$201, x:\$200=\$0CCCCD$  (entspr. 0,1),  $x:\$201=\$266666$  (entspr. 0,3),  $x:\$202=\$F9999A$  (entspr. -0,05),  $y:\$200=\$19999A$  (entspr. 0,2),  $y:\$201=\$333333$  (entspr. 0,4),  $y:\$202=\$0CCCCD$  (entspr. 0,1).

### Testprogramm 2, tst\_dac.asm,

#### Test des DACs

Das Testprogramm arbeitet mit der Schalterstellung 3 in **Bild 10** und erzeugt zwei Sinusschwingungen mit den Frequenzen 1 kHz für den linken und 2 kHz für den rechten Kanal, jeweils mit der Aussteuerung 0.5 FS. Am Analogausgang müssen beide Schwingungen detektiert werden können. Hier kann man entweder ein Oszilloskop oder einen möglichst hochohmigen Kopfhörer einsetzen, wobei wir bei Letzterem

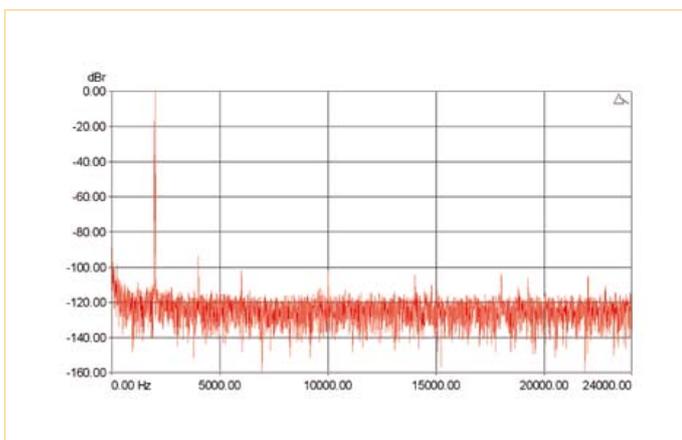


Bild 12. Spektrum am Analogausgang im Test 5.

**Tabelle 1. Von den Testprogrammen benötigte zusätzliche Dateien.**

<b>src4392.tab</b>	Bytefolge zur Programmierung des SRC
<b>sin1k192.tab,</b> <b>sin2k192.tab</b>	Sinussignale, 1 kHz und 2 kHz, 192 Abtastwerte
<b>ivt.asm</b>	Einträge in die Interruptvektortabelle, Audio-Interrupts
<b>esai4r2t.asm</b>	Audio ISR, 4 Eingangskanäle, 2 Ausgangskanäle
<b>mioequ.asm</b>	Nützliches, Klarnamen für die DSP-IO-Adressen

am besten mit einem Vorwiderstand die Wiedergabelautstärke begrenzen.

Um dieses Programm assemblieren zu können, muss man im Projekt die Einstellungen für die verwendeten Include-Files anpassen. Ein eigenes Verzeichnis für alle benötigten Include-Files im Projekt-Ordner macht das Ganze übersichtlicher. Dieses Verzeichnis nennen wir natürlich „include“. Das kann man mit dem Explorer erledigen, aber es geht auch so, wie wir das src-Verzeichnis angelegt haben. Nun kopiert man die betreffenden Files in diesen neuen Ordner (siehe Tabelle 1). Der Ordner muss noch dem Projekt zugeordnet werden, indem man einen Refresh durchführt. Zwischenzeitliche Fehlermeldungen in der Konsole darf man ignorieren. Im Tab „C/C++ Projects“ (Perspektive C/C++) sucht man nun den Unterordner „src“ auf und klickt mit der rechten Maustaste auf „test\_dac.asm“. Klicken Sie dann auf „Properties“ und wählen „C/C++ Build“. Danach ist im Tab „Tool Settings“ „Options“ auszuwählen, dann scrollt man bis „Include File (-I)“. Klicken Sie nun auf das kleine grüne Plus und suchen Sie mit dem „File System“ nach dem richtigen Ordner. Danach müssen allein die drei asm-Files vom Assemblieren ausgeschlossen werden. Suchen Sie jedes dieser Files nacheinander im Include-Unterverzeichnis (auch wieder im Tab „C/C++ Projects“) und klicken Sie mit der rechten Maustaste darauf. Danach ist jeweils wieder „Properties“ und dann „C/C++ Build“ zu wählen. Unter „Active Resource configuration“ setzt man nun die Checkbox „Exclude from build“. Wenn dies bei allen drei asm-Files durchgeführt wurde, sieht man in der Konsole, dass das Assemblieren gelungen ist und das File „tst\_dac.cld“ erzeugt wurde.

**Testprogramm 3, tst\_adc.asm, Test des ADCs**

Nachdem mit dem Testprogramm 2 die Funktionsfähigkeit des DACs gezeigt wurde, kann der ADC getestet werden. Das Testprogramm arbeitet mit der Schalterstellung 1 in Bild 10, mit der das Signal des ADCs zum DAC durchgereicht wird. Ein am Analogeingangsport angelegtes Audiosignal, das beispielsweise mit einem Tongenerator erzeugt wurde, muss am Analogausgangsport erfasst werden können.

**Testprogramm 4, tst\_src1.asm, Test des SRC, Ausgabe**

Nun kann der SRC getestet werden, der für die beiden Digital-Audio-Schnittstellen zuständig ist. Das Testprogramm arbeitet mit der Schalterstellung 3 in Bild 10 und erzeugt zwei Sinusschwingungen mit den Frequenzen 1 kHz für den linken und 2 kHz für den rechten Kanal, jeweils mit der Aussteuerung 0.5 FS. Mit dem Testprogramm wird zunächst der SRC resettet und programmiert. Die beiden vom DSP erzeugten Sinusschwingungen müssen sowohl am Analog- als auch am Digitalausgang festgestellt werden können. Zum Test der Digitalausgangsschnittstelle empfehlen wir einen PC mit Digital-Audio-Schnittstelle (USB-Soundkarte) und einen Wave-Editor.

**Testprogramm 5, tst\_src2.asm, Test des SRC, Ein- und Ausgabe**

Das Testprogramm arbeitet mit der Schalterstellung 2 in Bild 10, mit der das Signal Digital In nach Digital Out und zum DAC durchgereicht wird. Ein digitales Audiosignal (z.B. von einem CD-Player) muss sowohl am Analog- als auch am Digitalausgang festgestellt werden können. Die **Bilder 11 und 12**, die mit einem Audioanalysator (dScopell von Prism Sound) gewonnen

wurden, zeigen für eine digital eingespeiste 2-kHz-Schwingung die Spektren am Digital- und Analogausgang.

Falls sich die Testprogramm-Dateien und die in der Tabelle angeführten weiteren benötigten Dateien nicht in einem einzigen Verzeichnis befinden, müssen die include-Anweisungen in den DSP-Programmen angepasst werden.

Wenn alle fünf Tests erfolgreich verlaufen sind, können wir uns eigenen Programmen zuwenden.

(110004)

**Weblinks**

- [1] [www.domaintec.com/ftp/domtech/e30x\\_331.zip](http://www.domaintec.com/ftp/domtech/e30x_331.zip)
- [2] [www.freescale.com/files/dsp/doc/user\\_guide/DSPSTUDIOUG.pdf](http://www.freescale.com/files/dsp/doc/user_guide/DSPSTUDIOUG.pdf)
- [3] [http://cache.freescale.com/files/dsp/doc/app\\_note/AN3754.pdf](http://cache.freescale.com/files/dsp/doc/app_note/AN3754.pdf)
- [4] <http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp>
- [5] [www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm](http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm)
- [6] [signum.dsp@gmx.de](mailto:signum.dsp@gmx.de)
- [7] [www.elektor.de/110004](http://www.elektor.de/110004)

Schließlich wollen wir noch darauf hinweisen, dass in der folgenden Ausgabe ein (von Elektor entwickeltes) OnCE/JTAG-Interface vorgestellt wird. In Kombination mit Symphony-Studio lässt sich dieses zum Programmieren des DSP-Boards verwenden. Der Adapter wird – so wie das DSP-Board selbst – komplett bestückt erhältlich sein.

# Testen mit JTAG-Interface

## Verbindungen ohne Prüfspitzen durchmessen

Von Rob Staals, JTAG Technologies (NL)

Die manuelle Prüfung von Platinen ist bei Multilayern und komplexen ICs schwierig bis unmöglich. Glücklicherweise ist heutzutage in vielen ICs schon eine besondere Logik integriert, mit der man Verbindungen auf der Platine ausgiebig testen kann. Dabei wird die durch das IEEE standardisierte JTAG-Schnittstelle eingesetzt.



Nach dem Bau eines Prototypen oder der Herstellung von Endprodukten sollte man schnell und einfach testen können, ob die Elektronik funktioniert. Normalerweise schließt man die Stromversorgung an und beobachtet, was passiert. Prototypen aber arbeiten normalerweise nicht auf Anhieb so, wie sie eigentlich sollten. Dann stellt sich als erste Frage, ob der Fehler in der Schaltung steckt oder aber ob ein Bauteil nicht richtig bestückt oder montiert ist. Schnell folgt dann der Griff zu Multimeter und Oszilloskop, um Signale zu überprüfen oder Verbindungen auf der Platine auf Kurzschlüsse oder Unterbrechungen hin zu untersuchen. Bei modernen Multilayer-Platinen sowie IC-Gehäusen mit sehr engem Kontaktabstand oder gar in BGA-Ausführung ist so ein Vorgehen allerdings fast unmöglich. Hier muss man anders testen.

Häufig wird ein so genannter **funktionaler Test** durchgeführt. Mittels spezieller Test-Software werden die Funktionen auf der Platine unter die Lupe genommen. Wichtigstes Kriterium ist hierfür, dass der Schaltungskern funktioniert, da man sonst mit dieser Methode nicht weiter kommt. Die Fehlerdiagnose eines funktionellen Tests bleibt immer noch recht kryptisch: Bei einem Fehler in einem Speicher wird zum Beispiel nicht angegeben, mit welchem Pin der Fehler assoziiert ist.

Als Alternative gibt es den **strukturellen Test**. Falls auf einer Platine alle Bauteile korrekt miteinander verbunden sind, dann muss die

Elektronik auch funktionieren. Wenn nicht, dann steckt der Fehler in der Schaltung.

Man geht dabei davon aus, dass alle Bauteile selbst in Ordnung sind. Der Test soll feststellen, ob sie auch gut verlötet wurden. Die einfachste Methode zur Detektion von Lötfehlern besteht in der Anwendung des Durchgangsprüfers im Multimeter bei allen Bauteileanschlüssen (siehe **Bild 1**).

Der große Vorteil dieses Verfahrens ist, dass ein Problem exakt lokalisiert wird. Ein schlecht verlöteter Pin oder ein Kurzschluss zwischen zwei Pins fallen sofort auf. Für eine möglichst vollständige Diagnose müssen allerdings auch eine große Menge an Verbindungen getestet werden. Zu diesem Zweck werden sogar extra Test-Pads auf der Platine angelegt. Doch Test-Pads kosten Geld und Platz.

Moderne Elektronik mit hoher Bestückungsdichte macht solche Messungen reichlich problematisch. Bei Multilayern und Fine-Pitch- oder BGA-Gehäusen ist kein Platz für Prüfspitzen. Außerdem können Prüfspitzen sehr leicht Kurzschlüsse verursachen (siehe **Bild 2**). Diese Probleme wurden ab den 1980er Jahren mit der so genannten B-Scan-Technik (**Boundary-Scan**) angegangen.

### B-Scan-Architektur

Beispiel Mikrocontroller: Hier ist neben der eigentlichen Hardware (Core) noch eine extra Testelektronik für B-Scan-Zwecke integriert.

Diese extra Hardware besteht neben anderen Teilen aus einem Bypass-, Instruction- und B-Scan-Register sowie einem Controller. Das BSR (**B-Scan-Register**) wird durch transparente Zellen gebildet, die zwischen den Pins des ICs und der eigentlichen Elektronik eingefügt sind. Außerdem hat so ein Controller noch zusätzliche Pins: TDI (**Test Data In**), TDO (**Test Data Out**), TCK (**Test Clock**), TMS (**Test Mode Select**) und optional noch TRST (**Test Reset**), wie in **Bild 3** zu sehen.

Synchron mit dem Takt an TCK können Bits via TDI in das IC und via TDO wieder nach außen geschoben werden. Ein spezieller Befehl an TMS bestimmt, welche Pfade diese Daten einschlagen. Es gibt Befehle, um das Bypass-, Instruction- oder BS-Register in den Pfad von TDI nach TDO zu legen. Die Pins TDI, TDO, TMS, TCK und TRST bilden zusammen den TAP (**Test Access Port**), der vielfach unter JTAG-Interface bekannt ist. Mittlerweile verfügen schon viele ICs über einen TAP und sind daher für B-Scan-Tests geeignet.

### Wie funktioniert ein B-Scan?

Bei der Konfiguration TDI→BSR→TDO kann man ein beliebiges Bitmuster in die B-Scan-Zellen schieben und mit dem Befehl „Update“ an die Anschluss-Pins des ICs legen. Umgekehrt holt der Befehl „Capture“ die Pegel der Anschluss-Pins in das BSR. Anschließend kann der BSR-Status via TDO nach außen transportiert werden. Diese beiden Aktivitäten reichen völlig aus, um die Verbindungen zwischen Bauteilen zu testen.

#### Beispiel 1

Indem man TDO eines B-Scan-kompatiblen Chips mit TDI des nächsten verbindet, wird eine B-Scan-Kette gebildet. Für eine saubere Synchronisation werden die TCK- und TMS-Pins jedes Chips gemeinsam angesteuert (siehe **Bild 4**). Prinzipiell könnte man eine unbegrenzte Zahl an Bauteilen in die B-Scan-Kette aufnehmen. Aus praktischen Gründen bleibt die Kettenlänge in der Regel auf zehn Elemente begrenzt.

In **Bild 4** sind mit einem µC und einem FPGA zwei B-Scan-ICs verkettet. Außerdem sind ein Teil der Anschluss-Pins der ICs über die Leitungen Net\_1...Net\_5 miteinander verbunden. Nun muss man überprüfen, ob sich die reale Schaltung auf der Platine auch so verhält, wie es anhand des Schaltbilds zu erwarten wäre. Man muss also prüfen, ob die beiden ICs gut verlötet sind und ob weder ein Kurzschluss noch eine Leiterbahnunterbrechung vorliegt.

Jeder mit einer der Leitungen Net\_1...Net\_5 verbundene Pin hat auch seine eigene B-Scan-Zelle, womit man die Verbindung über die Leitungen testen kann. Als erster Schritt wird der Pfad TDI→BSR→TDO konfiguriert. Danach werden via TDI passende Daten in Form eines so genannten Vektors eingetaktet, so dass sich in den mit Net\_1...Net\_5 verbundenen B-Zellen von IC1 jeweils eine logische „1“ befindet. Bis jetzt sind die Pegel dieser Pins noch unverändert. Sie ändern sich erst mit dem Befehl „Update“, denn dann werden die Inhalte der B-Scan-Zellen an die zugehörigen Pins gelegt. Nun steht der Vektor „11111“ an Net\_1...Net\_5 (siehe **Bild 5**).

Jetzt kann man diesen Vektor mit dem Befehl „Capture“ in die mit Net\_1...Net\_5 verbundenen B-Scan-Zellen von IC2 einlesen

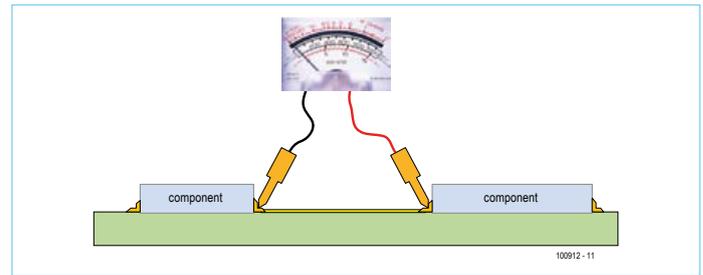


Bild 1. Die einfachste Methode zur Überprüfung von Bauteilverbindungen ist immer noch der Einsatz des Durchgangstesters eines Multimeters.

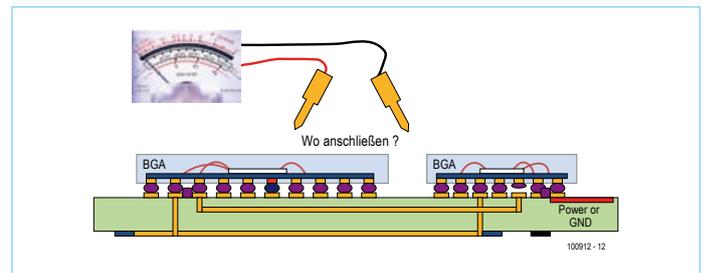


Bild 2. Bei einer Multilayer-Platine mit ICs im Fine-Pitch- oder BGA-Gehäuse sind Prüfspitzen nutzlos.

(siehe **Bild 6**).

Nach dem Einlesen wird schließlich der komplette BSR-Inhalt aus der Kette herausgeschoben. Mit Hilfe geeigneter Software kann man nun den ursprünglichen Vektor mit dem Resultat des Scans vergleichen. Sollte etwa statt „11111“ der Vektor „11011“ dabei

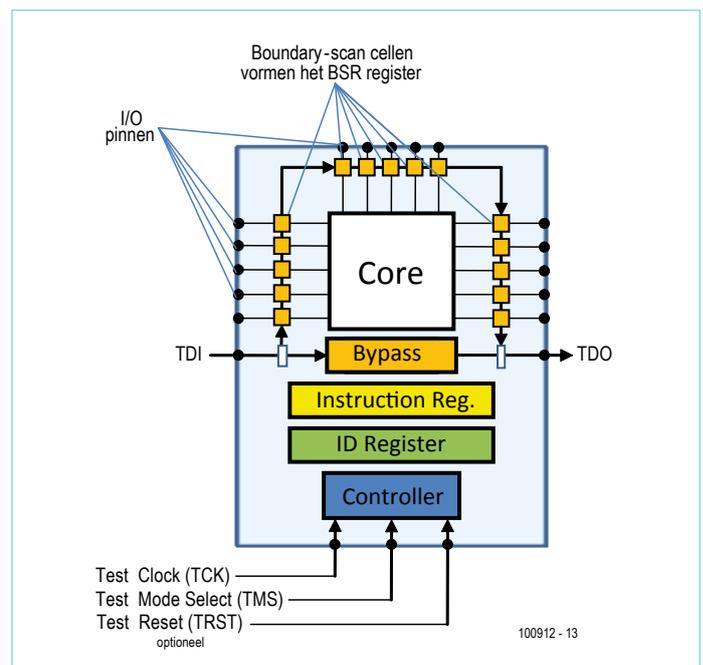


Bild 3. Ein B-Scan-kompatibler Chip hat spezielle Hardware aus je einem Bypass-, Instruction- und Boundary-Scan-Register sowie einem Controller integriert.

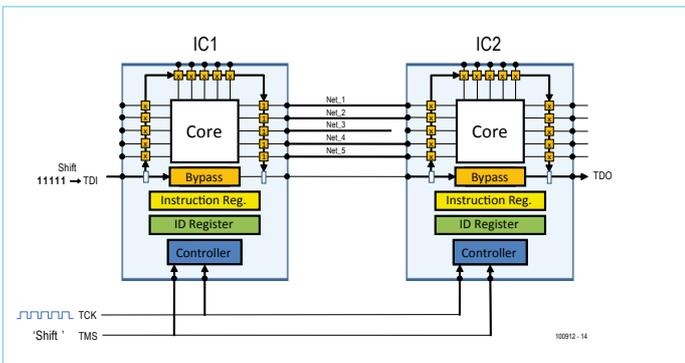


Bild 4. Mit einem Mikrocontroller und einem FPGA sind hier zwei B-Scan-kompatible Chips miteinander verbunden.

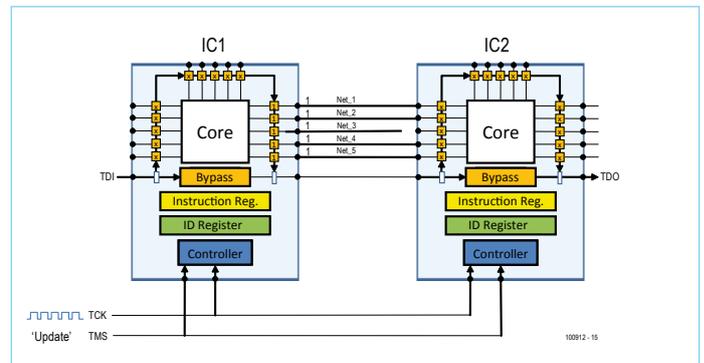


Bild 5. Der Vektor „11111“ wird auf die Leitungen Net\_1...Net\_5 gelegt.

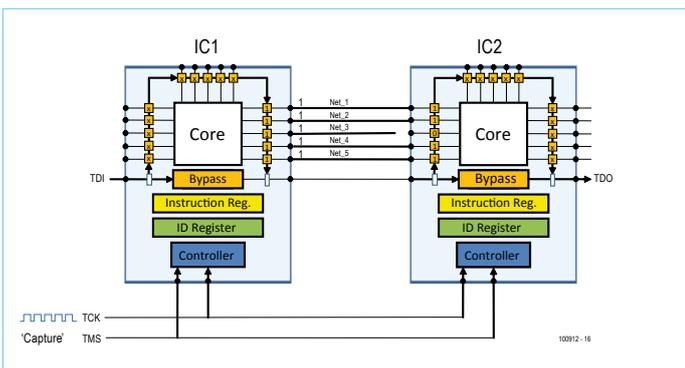


Bild 6. Der Befehl „Capture“ überträgt die Leitungsspiegel von Net\_1...Net\_5 in die zugehörigen B-Scan-Zellen von IC2.

herauskommen, dann gibt es wohl ein Problem mit Net\_3. Durch geschickt gewählte weitere Testvektoren kann man nun den Fehler eingrenzen und so zum Beispiel herausfinden, dass ein Anschluss-Pin von IC2 keine gute Verbindung zur Leiterbahn Net\_3 hat. Auf diese Weise kann man nicht nur auf Unterbrechungen, sondern auch auf Kurzschlüsse zwischen Leiterbahnen oder Kurzschlüsse von Leiterbahnen mit „Vcc“ oder „Gnd“ testen. Die Bilder zeigen ein Beispiel mit nur fünf Leitungen. In der Praxis sind es oft sehr viel mehr. Glücklicherweise kann man so recht bequem sogar mehrere hundert Verbindungen testen.

Das Beispiel zeigt den Test von Verbindungen zwischen B-Scan-Bauteilen. Diese Methode funktioniert sehr gut mit Bauteilen, die sich nach der Spezifikation IEEE 119.1 richten und somit als „B-Scan compliant“ gelten.

Auf einer real existierenden Platine befinden sich allerdings neben B-Scan-kompatiblen Chips auch noch etliche andere Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Speicher, I/O-Chips, analoge ICs und

Steckverbinder ganz ohne TAP. Doch auch bei diesen Bauteilen lässt sich ein B-Scan sinnvoll durchführen.

### Beispiel 2

In Bild 7 geht es um eine Platine, die mit Mikrocontroller, FPGA, RAM, Flash-Speicher und I/O bestückt ist. Lediglich Controller und FPGA sind mit B-Scan-Technologie gesegnet. Der Deutlichkeit halber ist die B-Scan-Kette durch eine fette grüne Linie symbolisiert. Die B-Scan-Kette deckt also alle I/O-Pins von Controller und FPGA ab, und somit gibt es auch Zugriff auf den Bus mit seinen Adress-, Daten- und Steuerleitungen. Man erhält also via JTAG-Interface indirekt auch Zugriff auf die Pins von RAM und anderen Bauteilen.

Um die Anschlüsse des RAM-Bausteins zu testen, werden spezielle Datenpakete in das BSR geschoben, die mit den Bits von Adress-, Daten- und Steuerleitungen korrespondieren. Durch geschickt gewählte Vektoren lässt sich per Vorher-Nachher-Vergleich der korrekte Anschluss des RAM-ICs eindeutig überprüfen. Mit dem gleichen Verfahren lässt sich auch der Flash-Speicher testen.

Für den Test von I/O und Steckverbindern benutzt man schlauserweise ein externes B-Scan-kompatibles Modul mit einer ausreichenden Anzahl an I/O-Pins. Diese I/O-Pins werden dann mit den Anschlüssen des Steckverbinders auf der zu testenden Platine verbunden. In diesem Fall wird also auch noch das externe Modul in die B-Scan-Kette der Platine aufgenommen (siehe Bild 8). Auf diese Weise besitzt man mit B-Scan-Technik auch einen kompletten Zugriff auf Steckverbinder. Man kann die B-Scan-Testverfahren somit auf alle Bauteile der Platine anwenden und diese daher umfassend testen.

Nachdem diese Tests ohne Fehler abgeschlossen sind, kann man beruhigt via JTAG-Interface die gewünschte Software in den internen Flash-Speicher des Controllers laden.

### Fazit

Boundary-Scan eignet sich in besonderer Weise zum Testen (und zum Programmieren) von Platinen mit moderner Digitalelektronik. Da schon in vielen Schaltungen B-Scan-fähige Mikrocontroller und CPLDs/FPGAs eingesetzt werden, kann die Anzahl notwendiger Testpads deutlich reduziert werden. Auch teure Testadapter werden

# Event-Kalender

Workshops • Seminare • Weiterbildungen

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



## Workshop zum $\mu$ C-Fernlehrgang 2

Hanau 17.09.2011

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

## PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C

Karlsruhe 20.09. + 21.09.2011

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

## CAN/AVR für Einsteiger

Hamburg 21.09.2011

Berlin 28.09.2011

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

**NEU!**

## Grafische AVR-Programmierung mit Flowcode

Hamburg 22.09.2011

Berlin 27.09.2011

Dortmund 10.11.2011

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

## AVR-Mikrocontroller (für Einsteiger)

Hanau 24.09.2011

Hamburg 05.11.2011

Hannover 10.12.2011

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

## FPGA – Der Logikbaukasten für Jedermann

Hannover 29.09.2011

Hanau 05.10.2011

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

## Eagle PCB und Design

Hannover 29.09.2011

Hanau 06.10.2011

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

## LabVIEW meets $\mu$ C

München 07.10. + 08.10.2011

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

## Echtzeitbetriebssysteme in Theorie und Praxis

Hamburg 02.11. bis 04.11.2011

München 06.12. bis 08.12.2011

[www.elektor.de/ezb-systeme](http://www.elektor.de/ezb-systeme)

**events**

Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

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

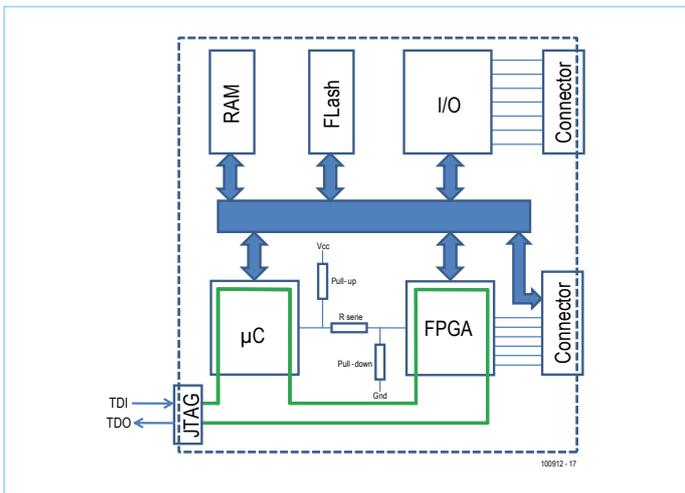


Bild 7. Beispiel einer mit Mikrocontroller, FPGA, RAM, Flash und I/O bestückten Platine. Nur der Mikrocontroller und das FPGA sind „B-Scan-compliant“.

überflüssig oder können stark vereinfacht werden. Die guten Diagnosemöglichkeiten verbessern die Fehlersuche erheblich. Immer mehr Hersteller erkennen diese Vorteile und wenden B-Scan-Techniken erfolgreich an.

(100912)

Weblink: [www.jtag.com](http://www.jtag.com)

Kontakt zum Autor: [robstaals@jtag.com](mailto:robstaals@jtag.com)

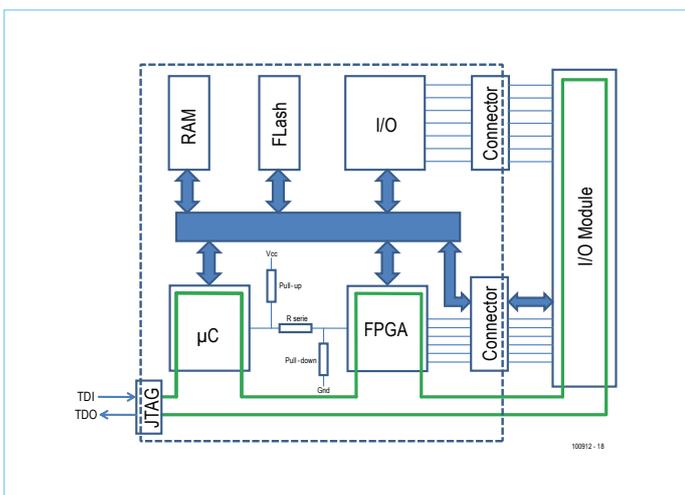


Bild 8. Für den Test von I/O und Steckverbindern wird ein externes B-Scan-Modul mit genug I/O-Pins eingesetzt. Diese Pins sind mit den Steckverbindern verbunden.

# Einfacher IR-Fernbedienungs-Tester

Von Tom van Steenkiste (NL)

Im Internet sind sie in allen Formen und Größen zu finden: Schaltungen zum Testen von Infrarot-Fernbedienungen. Hier beschreiben wir eine sehr einfache und kostengünstige Methode, die nicht so bekannt ist. Diese Methode beruht auf der Tatsache, dass eine LED nicht nur als Lichtemitter, sondern auch als Lichtempfänger funktioniert. Wenn eine LED beleuchtet wird, erzeugt sie an den Anschlüssen eine (kleine) Spannung. Man kann natürlich auch auf traditionelle Weise einen Foto-Transistor oder eine Fotodiode verwenden. Der Vorteil einer LED besteht darin, dass man fast immer eine greifbar hat – im Gegensatz zu einer „echten“ Fotodiode. Das Ganze funktioniert auch mit IR-LEDs, die sogar sehr gut geeignet sind, um eine Fernbedienung zu testen. Man braucht dann nur noch ein Multimeter als Voltmeter an die LED anzuschließen, und schon hat man einen Fernbedienungs-Tester.

Das Multimeter ist auf Gleichspannungsmessung zu stellen, bei manueller Bereichswahl in einen Bereich, der sich für Spannungen bis 1 V eignet. Hält man die Fernbedienung mit der Vorderseite nahe an die LED und drückt eine Taste der Fernbedienung, muss das Multimeter eine Spannung anzeigen, die verschwindet, so bald man die Taste loslässt. Bei einer IR-LED als Lichtempfänger ist eine Spannung von etwa 300 mV zu erwarten. Bei nicht zu hoher Umgebungshelligkeit ist diese Spannung immer deutlich von dem Wert bei nicht aktiver Fernbedienung zu unterscheiden. Nur bei zu viel Sonnen- oder Leuchtstofflampenlicht kann es sein, dass die IR-Strahlung der Umgebung das von der Fernbedienung gesendete IR-Licht überstrahlt.

Um die Spannung an der Diode vor einer Messung schnell auf Null zu bringen, kann man die Diodenanschlüsse kurzzeitig kurzschließen. Der LED schadet das nicht.

(090480)



# LED-Fernbedienung für RC-Modelle

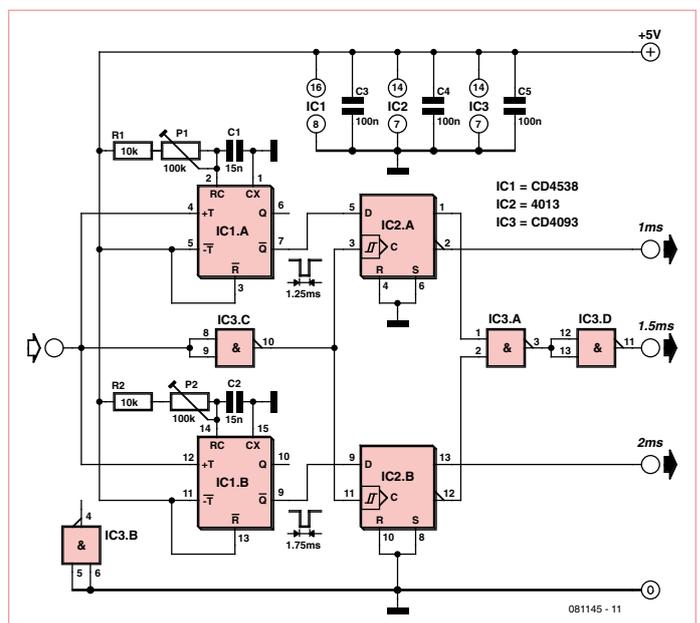
Von Al Baur (Israel)

Beim Fliegen eines ferngesteuerten Flugmodells im Dunkeln ist es hilfreich, verschiedenfarbige Lichter an den Tragflächen zu haben. Helle rote und blaue LEDs dienen als Referenz bei Start und Landung und sind auch noch aus großer Entfernung sichtbar. Verschiedenfarbige LEDs an Modellhubschraubern können sehr bald zu Berichten über UFO-Sichtungen führen.

Die meisten RC-Sender haben einen Reserve-Kanal für eine einfache Ein-/Aus-Funktion (SWITCH), in dem Impulse mit einer festen Pulslänge von 1 ms oder 2 ms übertragen werden. Ist ein solcher Kanal nicht vorhanden, kann die hier vorgestellte Schaltung auch in Verbindung mit einem normalen Proportionalkanal verwendet werden.

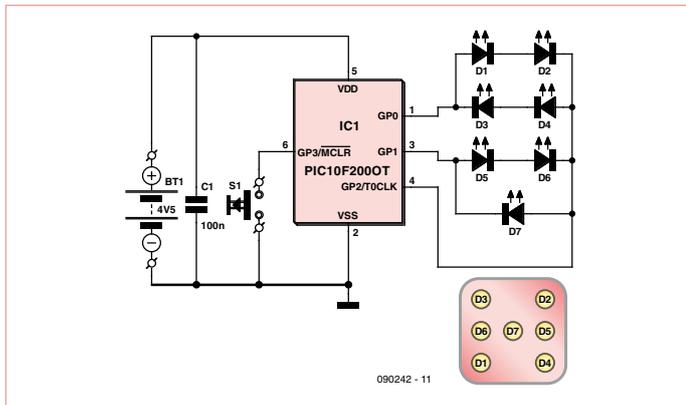
Die Schaltung besteht im Wesentlichen aus drei ICs. Zwei Hälften eines CD4538 erzeugen Impulse mit einer festen Länge und werden vom Ausgangssignal des Empfängers getriggert. IC1.A liefert 1,25-ms-Impulse und IC1.B 1,75-ms-Impulse.

Zwei Flip-Flops in einem 4013, IC2.A und IC2.B, vergleichen diese



Referenz-Impulse mit denen vom Empfängerausgang, die bei einem Schaltkanal entweder 1 ms oder 2 ms lang und bei einem Proportionalkanal zwischen 1 ms und 2 ms variieren. Das Ergebnis des Vergleichs liegt an den Ausgängen der Flipflops. Werden keine Impulse von 1 oder 2 ms Dauer detektiert, wird mit Hilfe

des Gatters IC3.A erkannt, dass die Impulsdauer 1,5 ms beträgt. Wenn helle LEDs (high brightness) verwendet werden, müssen diese über Treiber-Transistoren angeschlossen werden, da die Ausgangsströme der IC-Ausgänge nur für Low-current-LEDs ausreichen. (o81145)



Von Petrus Bitbyter (NL)

Im Laufe der Zeit wurden schon viele elektronische Würfel veröffentlicht, und manche sind cleverer gemacht als andere. Die hier vorgestellte Variante eines Mini-Würfels zeichnet sich durch die geringe Zahl an Bauelementen aus: ein IC, ein Kondensator, ein Taster und sieben LEDs. Um alles noch kleiner zu machen, hat der Autor für seine Prototypen SMDs und eine Mini-Platine verwendet. Wer darauf verzichten kann, der baut die Schaltung einfacher und schneller mit bedrahteten Bauteilen auf einem Stück Lochrasterplatine auf. Für die Schaltung wurde der kleinste Mikrocontroller aus der bekannten PIC-Familie verwendet, der PIC10F200. Nach dem Einschalten der Schaltung passiert erst mal gar nichts. Drückt man aber den Taster, so leuchten LEDs auf – die erste Augenzahl wird angezeigt. Drückt man den Taster noch einmal, gehen die LEDs wieder aus. Der Würfel denkt erst mal kurz nach und zeigt dann die nächste Augenzahl. Betätigt man den Taster zu schnell hintereinander, dann reagiert der Würfel nicht. Hält man die Taste beim Drücken hingegen zu lange fest, reagiert der Würfel erst auf das Loslassen der Taste und nicht auf das Drücken. Das Programm ist recht einfach. Mit dem eingebauten Timer wird ein Takt von ca. 1 kHz erzeugt. Die genaue Frequenz ist weniger wichtig als die Stabilität. Der Takt steuert einen Software-Zähler, der fortlaufend bis sechs hoch zählt und dann wieder bei Null beginnt. Am Ende jeder Taktperiode wird abgefragt, ob der Taster gedrückt ist. Ist das der Fall, wird der momentane Zählerstand gespeichert und als folgende Augenzahl verwendet. Gleichzeitig gehen die LEDs aus, und es werden zwei Software-Timer gestartet. Der erste bestimmt, wie lange die LEDs dunkel bleiben. Nach Ablauf dieser Zeit wird die neue Augenzahl angezeigt. Der zweite Timer bestimmt die Wartezeit, nach deren Ablauf der Taster wieder betätigt werden kann. So lange dieser Timer noch nicht abgelaufen ist, reagiert der Taster nicht aufs Drücken. Ist der Taster hingegen nach Ablauf dieses Timers immer noch (oder schon wieder) gedrückt, wertet der Controller das Loslassen des Tasters als Aufforderung, eine neue Augenzahl auszugeben. Die Betriebsspannung des Würfels kann zwischen 3,5 V und 5 V liegen. Nominal sind es 4,5 V von drei Mikro- oder Mignonzellen.

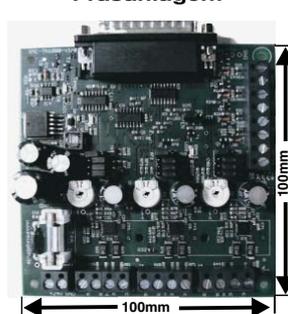
# Mini-Würfel

Ein 5-V-Netzteil kann man über eine Diode (1N4148 oder 1N4001) anschließen, dann hat man auch rund 4,4 V. Die Helligkeit der LEDs in der Schaltung hängt stark von den verwendeten LEDs ab. Die LEDs werden gemultiplext, so dass der Mikrocontroller für die Begrenzung des LED-Stroms sorgt. Dies reduziert zwar die Anzahl der Bauteile, führt aber auch dazu, dass die LED-Helligkeit empfindlich auf Änderungen der Betriebsspannung reagiert. (090242)

Source- und Hex-Code für dieses Projekt finden Sie als Download-Datei auf der Seite [www.elektor.de/090242](http://www.elektor.de/090242) unter der Nummer 090242-11. Auch ein Platinen-Layout im Eagle-Format kann auf dieser Seite heruntergeladen werden.

**Schrittmotorsteuercarte SMC-TR-1000** *Neuheit*

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



100mm x 100mm

- 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

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

Besuchen Sie unsere Homepage

**EMTRON**  
ONE STOP SHOPPING

2011 Jahre 30 1981

**WDR**  
DIN-Hutschienennetzteile

- 180 - 550VAC Eingangsbereich
- DC OK Relaiskontakt
- Wirkungsgrad bis 92%
- Konstantstrombegrenzung
- 3 Jahre Herstellergarantie

**SPS 2011**  
**Halle 4, Stand 282**

>> [www.emtron.de](http://www.emtron.de) >>

# Der virtuelle PC

## Was ist Virtualisierung und wozu taugt sie?

Durch Virtualisierung kann mehr als ein Betriebssystem gleichzeitig auf einem Computer laufen. Wer diese Technik noch nicht kennt, wird von den vielen möglichen Anwendungen begeistert sein. Besonders schön ist, dass man mit brauchbarer und kostenloser Software aus dem Internet virtuelle Betriebssysteme risikolos testen kann.

Von Evelien Snel (NL)

Unter einem virtuellen PC versteht man weder den Laptop des Avatars von Bild 1 noch einen Server im Rack direkt dahinter. In diesem Beitrag geht es um virtuelle PCs auf realen PCs: Mit Hilfe von Software kann ein realer PC nämlich einen PC simulieren.



Bild 1. Ein virtueller Geschäftsmann an einem virtuellen Laptop. Im Hintergrund virtuelle Server in virtuellen Racks.

### Was ist Virtualisierung?

Besonders einfache Beispiele von virtuellen Maschinen stellen die Rechner in Windows, Linux oder OS X dar: Diese Rechner sind ein Stück Software, das alle relevanten Eigenschaften eines richtigen Taschenrechners hat. Bis auf eine Kleinigkeit natürlich, denn so einen Rechner kann man nicht in die Tasche stecken ;-)  
Auf ähnliche Weise kann Software auf einem PC das Verhalten eines anderen PCs simulieren, und genau dann spricht man von einem virtuellen PC. Der reale PC (seine Hardware samt Betriebssystem)

ist der so genannte Host und der simulierte PC dementsprechend ein Guest. Dabei muss sich ein Host nicht mit einem einzigem Guest bescheiden, denn wenn der Host genügend Leistung zur Verfügung stellt, reicht es auch für mehrere parallel laufende Guests. Man ist auch nicht an ein bestimmtes Betriebssystem gebunden: Unter Windows kann man Linux laufen lassen oder aber unter OS X auch Windows und umgekehrt, versteht sich.

An sich ist die Idee der Virtualisierung nicht neu, aber ältere PCs hatten einfach nicht genug Power, um darauf einen virtualisierten PC mit akzeptabler Geschwindigkeit zu betreiben. Heute stehen nicht nur sehr viel schnellere Prozessoren zur Verfügung, sondern sie haben auch noch spezielle Funktionen, die eigens für die Virtualisierung gedacht sind. Zudem gibt es heute keine Probleme mit mangelndem Arbeitsspeicher mehr, der sich als Performance-Engpass auswirken könnte.

### Anwendungen

Für den Elektroniker ist vor allem die Möglichkeit von Interesse, eine komplette Entwicklungsumgebung in einer virtuellen Umgebung aufzubauen, wovon sich dann sehr einfach eine Kopie als Backup herstellen lässt. Das ist vor allen Dingen dann eine große Erleichterung, wenn Jahre später noch Bugs ausgemerzt werden sollen. Auch auf einem virtuellen PC hat die Entwicklungsumgebung Zugriff auf die seriellen und die USB-Ports des Hosts. Das Gleiche gilt für CD/DVD/Blu-ray-Laufwerke, Netzwerk und andere Peripherie. Das virtuelle System ist also kaum eingeschränkt.

Durch regelmäßige Backups ist man mit dem Projekt, an dem man gerade arbeitet, immer auf der sicheren Seite. Bei eventuellen Virusproblemen kann man das Projekt sehr schnell wieder auf den aktuellen Stand bringen. Um Sicherungen kommt man also auch bei einer Virtualisierung nicht herum.

Ideal ist ein virtueller PC, wenn man einmal Linux ausprobieren will, ohne dafür die bestehende Installation des Betriebssystems auf der Festplatte zu opfern. Bei einem virtuellen Linux auf dem PC kann man nach Herzenslust ohne das Risiko experimentieren, dass etwas am Host kaputt geht. Der Host bleibt ja von Fehlern des Guests unbeeinträchtigt, da die beiden Systeme dank Virtualisierungs-Software voneinander abgeschirmt sind. Man kann sogar Viren untersuchen, ohne



Bild 2. Installation des VMware Players.



Bild 3. VMware Player ist installiert. Nun braucht es noch eine virtuelle Maschine.

dass der Host infiziert wird. Auf die gleiche Weise kann man auf einem Mac oder einem Linux-PC problemlos unter virtualisiertem Windows entwickeln, ohne einen zweiten Rechner zu benötigen.

Virtualisierung kann also auch Geld sparen: Viele PCs in Firmen sind die meiste Zeit damit beschäftigt, auf Eingaben zu warten. Selbst Server sind selten voll ausgelastet. Mehrere simulierte PCs oder Server auf insgesamt weniger Maschinen spart nicht nur Gerätekosten, sondern auch Strom und Platz.

### Verfügbare Lösungen

Eine kurze Übersicht verbreiteter Virtualisierungs-Programme:

**Windows Virtualisierung:** Microsoft bietet mehrere Produkte für die Virtualisierung, allerdings keinen Support für die Virtualisierung fremder Betriebssysteme. Das bedeutet zwar nicht, dass es unmöglich wäre, Linux unter Microsoft Virtual PC zu betreiben - es gibt lediglich keine Hilfestellung hierfür.

**XenSource:** XenSource wurde vor kurzem durch Citrix übernommen, und das dürfte vermutlich der Beginn der Kommerzialisierung dieser interessanten Software sein. Der Xen Hypervisor ist ein Open-Source-Projekt einer universitären Gruppe. Xen ist stark auf den professionellen Markt hin ausgerichtet. Bislang gibt es immerhin noch eine kostenlose Version.

**Virtual Box:** An kommerzielle Virtualisierungen wie Parallels oder VMware kommt Virtual Box wohl nicht ganz heran, aber immerhin fast. Dafür glänzt es dank Open-Source-Charakter mit Kosten von exakt null Euro. Die Software gibt es für Windows, Linux, OS X und OpenSolaris und sie kann so gut wie alle Windows-Varianten, Linux, Solaris, OpenSolaris und OpenBSD ausführen [2]. OS X fehlt hier, da Apple den virtuellen Betrieb von Nicht-Server-Varianten untersagt.

**Parallels:** Parallels bietet ein breites Spektrum an Virtualisierungs-Produkten. Für Windows, Mac und Linux gibt es unterschiedliche Versionen für den privaten und professionellen Einsatz. Es gibt keine freie Version von Parallels, lediglich eine zeitlich befristete Demoversion mit kostenloser Registrierung.

**VMware:** VMware als erfolgreichster Hersteller in diesem Bereich bietet ebenfalls eine große Produktpalette. Hier gibt es sogar bestimmte freie und ausgereifte Versionen für die unbegrenzte Nutzung. Wer VMware also ausprobieren will, ohne sich in Unkosten zu stürzen, der wird hier gut bedient (siehe den folgenden Abschnitt).

### Kostenlose Software von VMware

Die Webseite von VMware bietet eine Übersicht verfügbarer Produkte. Die folgende Software kann man kostenlos downloaden und ohne zeitliche Beschränkung nutzen:

**VMware Player:** Bis vor kurzem war VMware Player nur mit fertigen virtuellen Maschinen erhältlich, doch seit Version 3.0 können damit auch neue virtuelle Maschinen erstellt werden [3].

**Virtual Appliances:** Unter den Virtual Appliances von VMware werden präkonfigurierte virtuelle Maschinen verstanden, die mit dem VMware Player geladen werden können. Es gibt die freie Auswahl unter hunderten Varianten, die bis auf die Linux-Installationen nicht alle kostenlos sind. Zum kostenlosen Download muss man sich bei VMware registrieren [4].

**VMware Converter:** Mit dem VMware Converter kann man von einem bestehenden, realen PC ein Image erstellen, das dann als virtuelle Maschine verwendet werden kann. Als Quelle eignet sich nicht nur der PC, auf dem der Konverter selbst läuft, sondern auch ein Image, das mit Software wie Ghost oder Linux-Tools erstellt wurde.

**VMware Tools:** Ein virtueller PC ist zunächst komplett vom Host isoliert. Das merkt man spätestens dann, wenn man Dateien vom Guest zum Host oder umgekehrt kopieren will. Das funktioniert nämlich nicht ohne weiteres. Installiert man aber VMware Tools auf dem Guest, dann hat man ein kleines Loch in den Zaun gebohrt. Dann nämlich kann man Dateien hin- und her kopieren. Wer das nicht möchte, kann Dateien etwas komplizierter über das Netzwerk austauschen. Realer und virtueller PC sind nämlich im Netzwerk gleichermaßen sichtbar.



Bild 4. Elektor-Videos auf YouTube unter einem virtuellen Ubuntu-System!

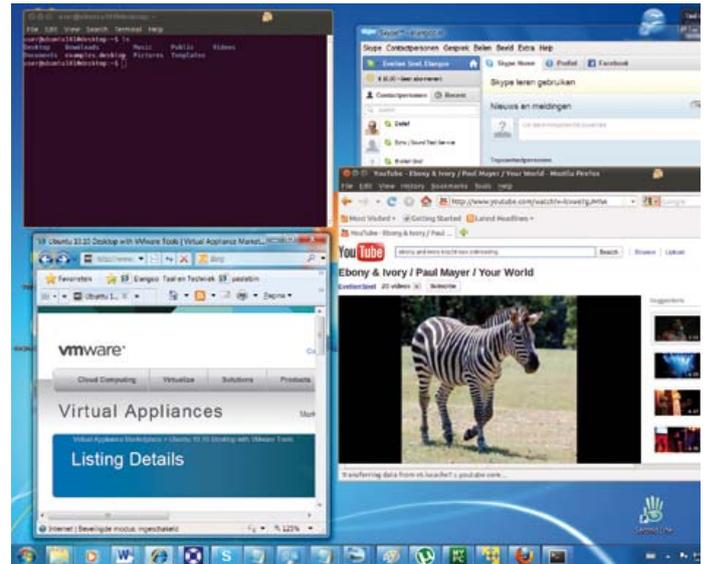


Bild 5. Integration von Linux unter Windows mittels VMware im Unity-Modus.

**Erste Schritte**

Für Experimente mit VMware muss zunächst der Player heruntergeladen werden [3]. Das Programm wird wie üblich installiert (Bild 2). Anschließend kann man den Player starten (Bild 3), doch ohne installierte virtuelle Maschine funktioniert noch nichts. Über das Menü „File -> Download a Virtual Appliance“ kommt man dann direkt auf die Webseite von VMware und kann dort unter verschiedenen Möglichkeiten wählen [4]. Die Schaltfläche „Operating Systems“ führt hauptsächlich zu diversen Linux-Distributionen. Diese sind schon für den direkten Gebrauch eingerichtet (bei einigen Distributionen gibt es auch Informationen zum Einloggen auf dem frisch geladenen System – notieren!)

Eine gute Wahl ist sicher „Ubuntu 10.10 Desktop with VMware Tools“ [5]. Diese Maschine wird von Chrysaor.info bereit gestellt - von daher landet man auch dort, wenn man auf „Download“ klickt. Der Download selbst wird mit Hilfe von BitTorrent erledigt. Wer damit noch keine Erfahrung hat: Ein zuverlässiger Client findet sich unter [6]. Vor dem Download sollte man darauf achten, die Häkchen für ansonsten untergeschobene Dinge wie Toolbars von Drittherstellern zu deaktivieren.

Das geladene Image ist als tgz-Archiv komprimiert. Unter Linux ist das Format kein Problem; unter Windows wird das Archiv beispielsweise mit dem kostenlosen 7-zip [7] entpackt.

Anschließend steht man vor einem Ordner mit der Bezeichnung „ubuntu1010desktop.vmx“, der bevorzugt unter „Eigene Dokumente/Virtual Machines“ abgelegt wird, wo der VMware Player standardmäßig sucht. Die virtuelle Maschine kann mit dem Player durch „Open Virtual Machine“ geöffnet und dann mit „Play Virtual Machine“ gestartet werden. VMware Player registriert dann eine neue virtuelle Maschine und will zunächst wissen, ob diese verschoben oder kopiert ist. Die richtige Antwort lautet „kopiert“. Möglicherweise erscheint dann noch ein Dialog mit der Abfrage zu über USB angeschlossener Peripherie, was aber vorläufig ignoriert werden kann.

Jetzt kann man sich beim neuen Linux-System mit den zuvor notierten Angaben einloggen. Dann öffnet man ein Terminal-Fenster (im Menü „Applications -> Accessories -> Terminal“). Nun startet man

wie folgt die VMware-Toolbox, um anschließend Dateien von und zum Host-System kopieren zu können:

```
user@ubuntu1010desktop:~$ vmware-toolbox & [1]
19318
user@ubuntu1010desktop:~$ vmware-user
```

Noch ein Neustart der virtuellen Maschine mit „Restart...“ im Menü rechts oben und anschließend funktioniert das Kopieren von Dateien zwischen Guest und Host nach jedem Start. Willkommen bei Linux!

Wenn das alles geklappt hat, kann man sich von der Leistungsfähigkeit der Virtualisierung überzeugen, indem man beispielsweise ein YouTube-Video unter dem virtuellen Linux startet (Bild 4). Funktioniert auch das gut, kann man eine Entwicklungsumgebung unter dem virtuellen System installieren.

**Zum Schluss: Unity**

Wer möchte, kann auch noch eine weitergehende Integration von virtuellem Linux unter dem Host-System ausprobieren. Man wähle hierzu im Menü „Virtual Machine -> Enter Unity“ und staune, wie sich Linux-Fenster nahtlos auf dem Desktop des Hostsystems zeigen (Bild 5). Windows und Linux friedlich vereint!

(100585)

**Weblinks**

- [1] [http://de.wikipedia.org/wiki/Virtualisierung\\_\(Informatik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Virtualisierung_(Informatik))
- [2] [www.virtualbox.org/](http://www.virtualbox.org/)
- [3] [www.vmware.com/products/player](http://www.vmware.com/products/player)
- [4] [www.vmware.com/appliances](http://www.vmware.com/appliances)
- [5] [www.vmware.com/appliances/directory/767933](http://www.vmware.com/appliances/directory/767933)
- [6] [www.utorrent.com](http://www.utorrent.com)
- [7] [www.7zip.com](http://www.7zip.com)

**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)

# Die Chaos-Maschine:

## Analoge Computer wiederentdecken (2)

Von Maarten H. P. Ambaum und R. Giles Harrison (Department of Meteorology, University of Reading, UK) sowie Jan Buiting und Thijs Beckers (Elektor-Labor)

Der Analog-Computer, um den es hier geht, besteht aus getrennten Recheneinheiten für Multiplikation, Integration, Summation und Skalierung, deren Kombination das Lorenzsche Gleichungssystem von 1963 (siehe Teil 1) repräsentieren soll. Die Schaltungen für diese Einheiten basieren weitgehend auf Vorschlägen aus dem Buch „Analog Electronic with Op Amps: A Source Book of Practical Circuits“ von Peyton und Walsh, in dem man weitere Details finden kann. Wir fanden die Verwendung von Steck-Boards eigentlich sehr passend für dieses Projekt, haben uns aber dann doch noch für eine Lötversion entschieden, die zuverlässiger ist.

### Modularer Zugang zum Chaos

**Bild 1** gibt einen Überblick über die Kombination und die Signalfade der Recheneinheiten. In den **Bildern 2a...2g** finden sich die individuellen Schaltungen der Module. Zusammenfassungen ihrer Funktionen folgen, doch zunächst wirft man besser einen Blick auf die Blockschaltung in **Bild 1**. Hier ist die umfassende Anordnung der Recheneinheiten des kompletten analogen Computers dargestellt. Die Dreiecke mit mehreren Eingängen und einem Ausgang repräsentieren die einzelnen Funktionen.

Die Symbole +, - und x bezeichnen nichtinvertierende, invertierende und multiplizierende Eingänge. Integratoren haben noch ein

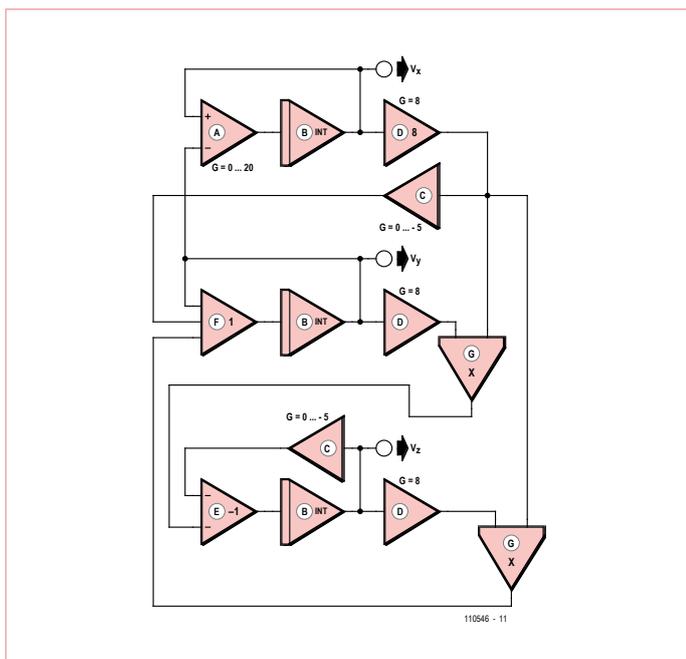


Bild 1. Blockschaltung der Chaos-Maschine. Jede Funktion wurde mit einer der sieben Schaltungen in den Bildern 2a...2g realisiert. Das Gesamtwerk löst Lorenz-Gleichungen.

schmales Rechteck auf der Eingangsseite. Mit den maximal achtfach verstärkenden Skalierungsmodulen vom Typ D ( $G = 8$ ) wird auch verhindert, dass die Spannungen für die nachfolgenden Moduleingänge den Bereich von  $\pm 10$  V überschreiten.

Es sind insgesamt drei Ausgänge vorgesehen, an denen sich die Spannungen  $V_x$ ,  $V_y$  und  $V_z$  abgreifen und mit einem Oszilloskop im XY-Modus und der Intensität als Z-Achse darstellen lassen.

Beim Modul A ist zudem noch eine Einstellmöglichkeit der so genannten Prandtl-Zahl (Parameter  $\sigma$  der Lorenz-Gleichungen) im Bereich  $0 \dots 20$  vorgesehen, um unterschiedliche Zustände der Gleichungen darstellen zu können.

**A: Differenzverstärker (Bild 2a).** Die beiden Eingangsspannungen  $V_1$  und  $V_2$  werden vom Dual-Opamp gepuffert und von A2.A subtrahiert. Anschließend sorgt A2.B für eine einstellbare invertierende Verstärkung  $G$  im Bereich  $0 \dots -20$ . Die Funktion des Moduls ist:  $V_{\text{out}} = G(V_1 - V_2)$ .

**B: Invertierender Integrator (Bild 2b).** Die Eingangsspannung  $V_1$  wird von A2.A gepuffert und von A2.B integriert und invertiert. Die Funktion ist:  $V_{\text{out}} = \int V_1 dt / (3,3 \times 10^{-4} \text{ s})$

**C: Invertierender Skalierer (Bild 2c).** Die Eingangsspannung  $V_1$  wird von A4.A gepuffert und von A4.B invertierend und mit einem Poti einstellbar verstärkt. Der Bereich der Verstärkung  $G$  reicht von 0 bis -5. Die Funktion ist somit:  $V_{\text{out}} = GV_1$ . Der Lorenz-Schmetterling ergibt sich bei  $G = -3,5$  für das obere und  $G = -2,7$  für das untere C-Modul.

**D: Nichtinvertierender Skalierer (Bild 2d).** Die Eingangsspannung  $V_1$  wird von A5.A gepuffert und von A5.B nichtinvertierend um den fixen Faktor 8 verstärkt. Die Funktion ist:  $V_{\text{out}} = 8V_1$ .

**E: Invertierender Addierer (Bild 2e).** Die Eingangsspannungen  $V_1$  und  $V_2$  werden von A6.A und A6.B gepuffert und von A7.A invertierend addiert. Der zweite Opamp von A7 bleibt arbeitslos. Die Funktion ist:  $V_{\text{out}} = -(V_1 + V_2)$ .

**F: Nichtinvertierender Addierer (Bild 2f).** Die drei Eingangsspannungen  $V_1$ ,  $V_2$ , und  $V_3$  werden von A8.A, A8.B und A9.A gepuffert und von A9.B addiert. Die dreifache Verstärkung von A9.B gleicht die Spannungsabfälle an den drei summierenden  $60\text{-k}\Omega$ -Widerständen aus. Die Funktion ist:  $V_{\text{out}} = V_1 + V_2 + V_3$ .

**G: Multiplizierer (Bild 2g).** Hier wird die eigentliche Multiplikation mit dem Spezial-IC AD633 vorgenommen. An seinem Ausgang steht

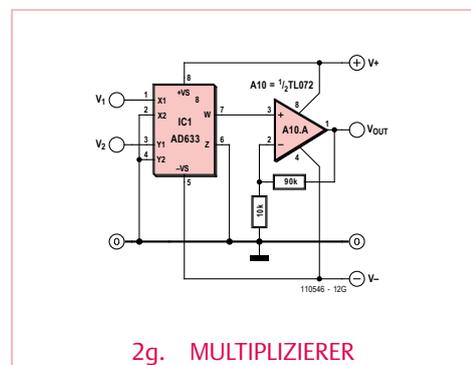
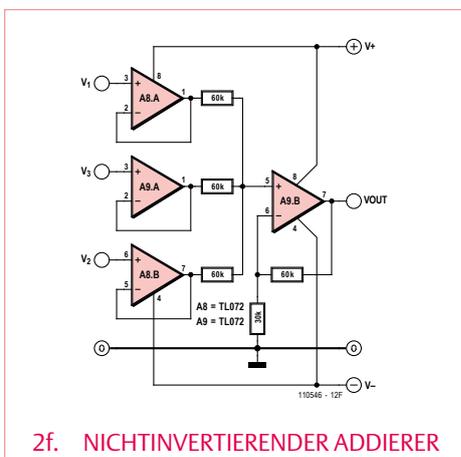
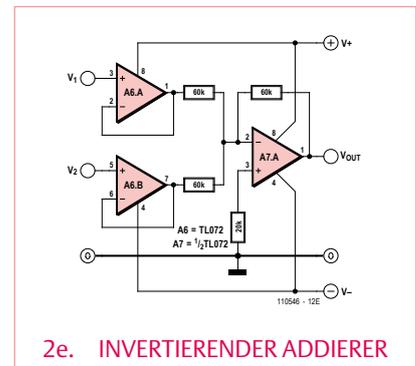
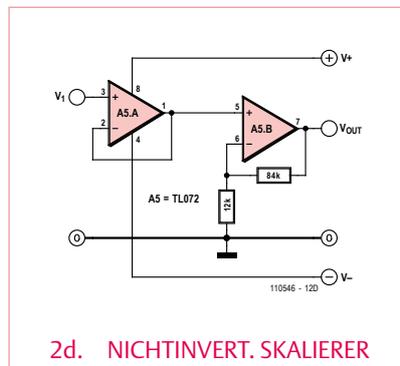
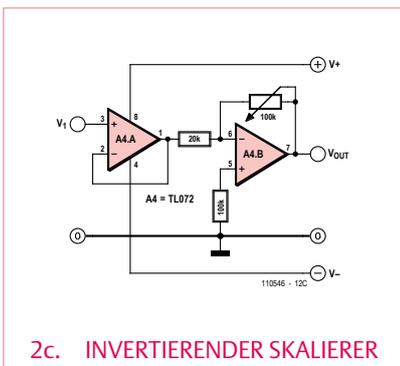
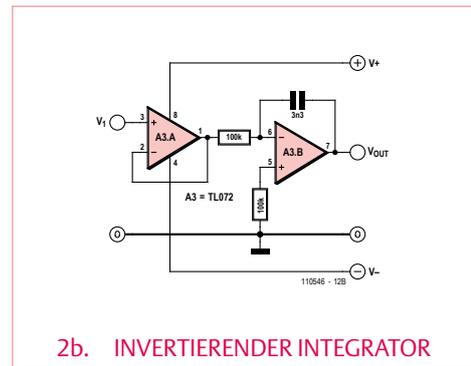
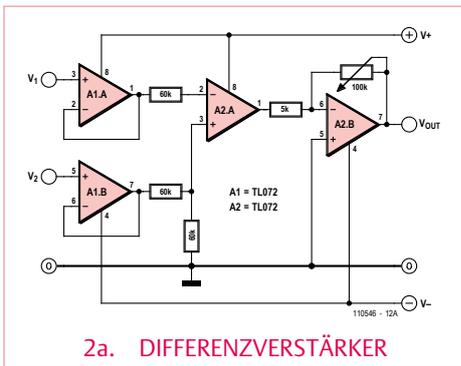


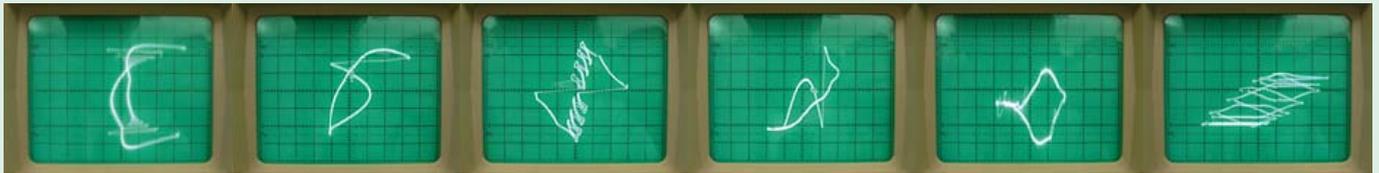
Bild 2. Überblick über die für die Chaos-Maschine notwendigen mathematischen Funktionen, die fast komplett mit Opamps realisiert wurden.

## Chaos in der Theorie

Eine der wichtigsten Schlussfolgerungen aus der Arbeit von Lorenz ist wohl, dass selbst bei genauer Kenntnis der Anfangsbedingungen eines Systems darin enthaltene kleinste Fehler sehr schnell zu relevanten Größen werden können und dass sie nicht voraussagbar sind. Die hochgradige Abhängigkeit der Resultate von den Anfangswerten ist eine zentrale Eigenschaft dieser Art von Chaos

## Echtes Chaos

Von Jan Buiting



In der Rubrik Retronik geht es normalerweise um Hintergründe und Information für die elektronisch gebildeten Elektor-Leser. Oft gibt es kleine Überraschungen dahingehend, was für alte Kisten und Apparate aus irgendwelchen vergessenen Kellern es in das mittelalterliche Verließ geschafft haben, in dem das Labor von Elektor untergebracht ist. Doch wenn es um das Chaos geht, das der erste Teil dieses Beitrags zum Gegenstand hatte, waren einige meiner Kollegen fast enttäuscht, dass sie weder Chaos noch Unordnung zu sehen bekamen, sondern „nur“ einen ordentlich formatierten Artikel über ein solides Stück Elektronik alias Chaos-Maschine.

Gespannt darauf, endlich einmal richtiges Chaos zu erleben, schritten Thijs Beckers und ich an einem chaosfreien Tisch in einer ruhigen Ecke des Elektor-Labors zur Tat.

Die mathematischen Funktionen, aus denen das reine Chaos entstehen sollte, wurden mit den Schaltungen realisiert und die Signale und Stromversorgung dieser Module dann verdrahtet. Die Sache funktionierte auf Anhieb und produzierte die wirrsten Linien auf dem Schirm unseres im XY-Modus betriebenen Hameg-Oszilloskops. Leider waren unsere Modelle mit Z-Modulation gerade alle defekt. Dennoch waren wir in der Lage, mit Hilfe von zwei Potis und etwas Streukapazität in Form von Fingern unter den Platinen extrem komplexe Muster vom Seepferdchen bis hin zu Möbius-Bändern zu erzeugen. Die Formen überraschten wirklich, denn da tauchte eine DNA-ähnliche Doppelhelix auf und dann ein skurriles Y – man könnte die Chaos-Maschine glatt als zeitgemäßen chaostheoretisch unterfütterten psychoanalytischen Interpretationsmustergenerator einsetzen. Vielleicht aber werden solche Maschinen längst professionell eingesetzt, mutmaßten wir dann. Die gegenwärtigen Finanzkrisen sind doch ein starkes Indiz dafür, dass die Charts von Bankern, Börsenhändlern und Spekulanten nicht etwa Waren- oder Finanzströme abbilden, sondern die wirkliche Wirklichkeit: das Chaos. Und das haben wir dann davon...

Einige der eindrucksvolleren chaotischen Bilder werden hier wiedergegeben. Es gibt sogar Videos davon – man muss nur mal im YouTube-Kanal von Elektor stöbern. Die hier gezeigten Bilder sind vermutlich auch die Folge von Opamp-Sättigungseffekten.

Ebenfalls interessant ist der Klang der chaotischen Signale. Im ersten Teil dieses Beitrags war von Poltergeistern die Rede. Man muss es wirklich gehört haben, um es glauben zu können.

Manche unserer Kollegen konnten einfach nicht genug davon bekommen, an den Knöpfen zu drehen und die Bilder zu bewundern. Für andere Zeitgenossen wäre hingegen nur die gelungene Umsetzung von komplexen mathematischen Funktionen in einem Mikrocontroller eine echte Herausforderung. Der praktische Nutzen der Chaos-Maschine ist recht begrenzt. Man könnte sie beispielsweise als Analogon des Wetters oder von ähnlichen Naturphänomenen begreifen. Letztlich wird sie irgendwo ein würdiges Plätzchen bei Elektor finden, bis sie irgendwann wieder irgendjemandem in die Finger fällt...

An diesem Punkt möchten wir unsere Leser dazu aufrufen, so eine Chaos-Maschine einmal in Software auf ihrem im Vergleich zu dieser simplen Elektronik monströsen 32- oder 64-bit-PC zu realisieren. Wenn das nicht klappen sollte oder wenn Sie von den Fehlermeldungen (Fehler: Division durch Null!) genervt sind, schicken Sie uns einfach die beste Lösung, die Sie sich vorstellen können. Oder wie wäre es mit einer Chaos-App für iPhone oder Android? Damit könnte man sogar etwas Geld verdienen...



# live! chaos

Die Chaos-Maschine auf der Elektor Live! 2011  
Eindhoven, Niederlande, 26. 11. 2011

das Produkt der beiden Eingangsspannungen  $V_1$  und  $V_2$  an. A10.A verstärkt dieses Signal noch um den Faktor 10, um eine Skalenspannung  $V_0$  von 1 V zu erhalten. Die Funktion ist:  $V_{out} = V_1 \times V_2 / V_0$ .

## Vorschläge für den Aufbau

An der University of Reading wurden die Bauteile einfach auf Steckbrettern lötfrei zusammengesteckt. Pro Modul wurde ein Steckbrett verwendet. Alle Module werden gemeinsam mit  $\pm 15$  V versorgt und auch die Masseleitungen sind durchverbunden. Als Opamp wurde der Typ OP97 eingesetzt. Von diesem gibt es auch eine Dual-Ausführung mit der Bezeichnung OP297. In den Schaltungen sind die Pin-Nummern der Dual-Variante angegeben. Der Multiplizierer AD633 wird aus der gleichen Quelle wie die Opamps symmetrisch versorgt.

Im Elektor-Labor wurde ein Exemplar der Chaos-Maschine mit Opamps des Typ TL072 realisiert, weil von diesem IC einfach viele vorhanden waren. Außerdem wurde statt des unüblichen Widerstandswerts von 60 k $\Omega$  der ähnlichste vorhandene Wert verwendet. Aus ästhetischen Gründen wurden die einzelnen Module mechanisch so montiert, dass sie aufgefächert wie eine Treppe um eine einzige Achse angeordnet sind (siehe **Bild 3**). Der Aufbau der einzelnen Module erfolgte mit jeweils einer universellen Elex-Experimentierplatine von Elektor (UPB-1 = Elex-1). Die Boards wurden entsprechend beschriftet und manche mehrfach gebaut, um auch andere mathematische Funktionen damit realisieren zu können.

Danksagung: Dieses Projekt wurde durch einen interdisziplinären Workshop von Künstlern und Wissenschaftlern angestoßen, der von Charlie Hooker vom Fine Art Department der University of Brighton (UK) geleitet wurde. Der Analog-Computer wurde dann im Labor des Meteorology Departments der University of Reading (UK) von Stephen R. Tames gebaut.

(110546)

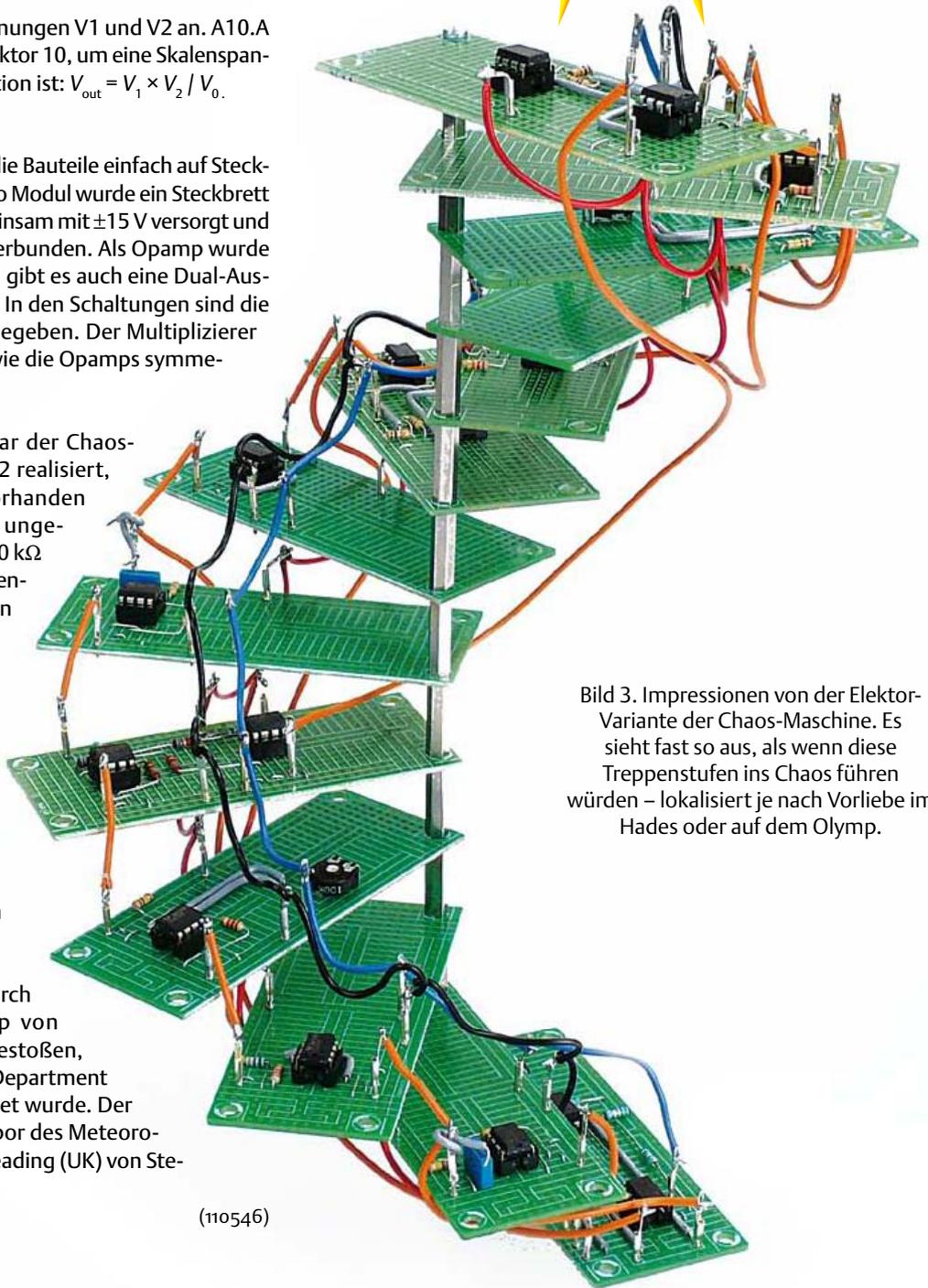


Bild 3. Impressionen von der Elektor-Variante der Chaos-Maschine. Es sieht fast so aus, als wenn diese Treppenstufen ins Chaos führen würden – lokalisiert je nach Vorliebe im Hades oder auf dem Olymp.

# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Das Jonglieren mit Hexadezimal-Ziffern ist vielen Elektor-Lesern vertraut – sei es vom Programmieren oder von unserem monatlichen Hexadoku her. Und hier kommt wieder ein neues Exemplar! Wer alles ausgefüllt hat, sollte uns die Ziffern in den grauen Kästchen zusenden. Hier warten vier Gutscheine auf die Gewinner!

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

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

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

### Mitmachen und gewinnen!

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

### Einsenden

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail, Fax oder Post an:  
 Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen  
 Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: hexadoku@elektor.de  
**Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!**  
**Einsendeschluss ist der 31. Oktober 2011!**

### Die Gewinner des Hexamurais aus dem Sommerheft stehen fest!

Die richtige Lösung ist: ABC879.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: Marianne Meyers aus Luxemburg.

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Jean-Claude Carré, Erik Petrich und Brian Unitt.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

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

 <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><b>Auch Ihr Unternehmen ist eine Anzeige wert!</b></p>	<p><a href="http://www.anttronic.de">www.anttronic.de</a> ab 1 Stck.  <b>Leiterplatten zu TOP-Preisen!!</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><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>
<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</b> TECHNOLOGIES</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>• PC-Erweiterungen digital/analog</li> </ul>	<p> <b>schlanke Preise - fettes Angebot</b> <b>Schnellversand ohne Mindestumsatz</b> Bauteile - Ersatzteile - Zubehör Fernbedienungen - Zeilenträfos HDTV DVB-T Sat Audio/Video Überwachungstechnik und vieles mehr. <b>www.Laehn-Versand.de</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>SCOPES und mehr</b> <b>HAMEG®</b> Instruments A Rohde &amp; Schwarz Company <b>MESSTECHNIK</b> zum fairen Preis</p>
<p><b>Ausgabe:</b> <b>Elektor Dezember 2011</b></p> <p><b>Anzeigenschluss:</b> <b>18. 10. 2011</b></p> <p><b>Erscheinungstermin:</b> <b>16. 11. 2011</b></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>	

**www.elektor.de**

# Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik in einem Shop!



Bücher

Der 3. Band der erfolgreichen Buchreihe  
**Embedded Electronics 3**

Die weitaus meisten der heutigen elektronischen Geräte beruhen nicht nur auf einem einzigen Wirkprinzip. Oftmals steht irgendeine Art Computer (typischerweise ein Mikrocontroller) im Mittelpunkt. Aus dieser grundsätzlichen Struktur heraus – der Einbettung des Computers in eine bestimmte Anwendungsumgebung – hat sich die Allgemeinbezeichnung Embedded Systems ergeben. Die meisten dieser Systeme müssen von Grund auf entwickelt werden. Hierbei kommt es auf jede Kleinigkeit an. Findigkeit und Vielseitigkeit sind gefragt. Die zu lösenden Probleme sind nicht selten wirkliche Herausforderungen. Sie betreffen die analoge und digitale Elektronik, aber auch die Systemarchitektur, Programmierung und Programmorganisation.

Die Bände dieser Reihe wenden sich an jene, die sich von A bis Z in die professionelle Schaltungs- und Systementwicklung einarbeiten wollen. Dieser neue 3. Band befasst sich mit den Grundlagen, Grundschaltungen und Wirkprinzipien der Computertechnik.

412 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-185-0 • € 49,00 • CHF 53,90



„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 50,60



**MIFARE und kontaktlose Smartcards angewandt**

**RFID**

MIFARE ist die weltweit meistgenutzte RFID-Technologie. Dieses neue Buch bietet einen praxisorientierten und umfassenden Einstieg in diese Technologie. Die einleitenden Kapitel behandeln u. a. die physikalischen Grundlagen, die relevanten Normen, das RFID-Antennendesign, die Sicherheitsaspekte und die Kryptografie. Das vollständige Hardware- und Softwaredesign eines Readers ist ausführlich beschrieben.

464 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-219-2  
€ 56,00 • CHF 61,60



Callbacks, Fließkommafunktionen und BCD-Arithmetik

## Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller

Mit jeder neuen Controllergeneration nimmt die Anzahl der bereitgestellten Interrupts zu. Eine Möglichkeit Interrupts zu organisieren, um dieser Zunahme Herr zu werden, nämlich der Einsatz von Callbacks und Callback Chains, wird im ersten Teil des Buches vorgestellt. Es folgt die Ergänzung und Erweiterung der Fließkommaarithmetik aus dem ersten Buch der Reihe „Systemprogrammierung“ mit den wichtigsten mathematischen Funktionen.

319 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-243-7  
€ 42,00 • CHF 46,20

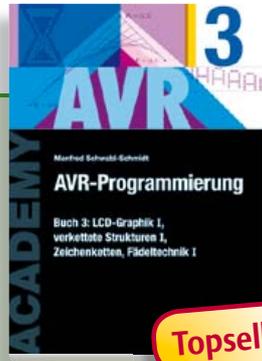


Von Top-Autor und Entwickler Kainka

## 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 43,80



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

## AVR-Programmierung 3

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

319 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-231-4  
€ 46,00 • CHF 50,60

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)

**elektor**



Mikrocontroller selber programmieren

## Das MSP430 Mikrocontroller Buch

Moderne Mikrocontroller werden immer leistungsfähiger und können vielfältige Aufgaben übernehmen, für die vor wenigen Jahren noch ein kompletter Computer nötig gewesen wäre. Dieses Buch eröffnet einen schrittweisen Einstieg in die Welt der Mikrocontrollerprogrammierung und führt mit ausführlichen Anwendungsbeispielen in die Fähigkeiten dieser außergewöhnlichen Prozessorfamilie ein.

296 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-236-9  
€ 42,00 • CHF 46,20



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 48,40

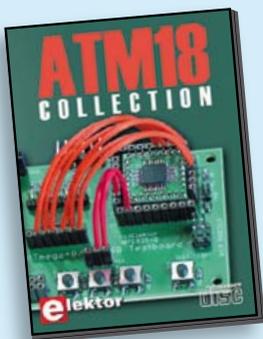


**Kompletter Elektor-Jahrgang 2010 auf DVD**

**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 30,30

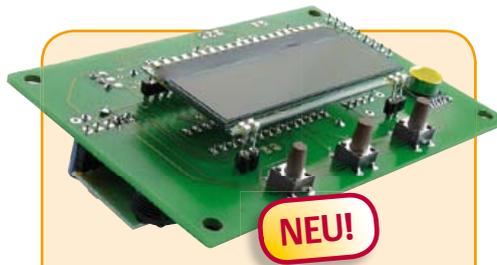


**Mikrocontroller-Programmierung leicht gemacht**

**ATM18-Collection**

Diese CD-ROM enthält Artikel der populären Elektor-Serie „CC2-AVR-Projekt“ mit mehr als 25 Projekten mit dem ATM18-Board inkl. der benötigten Software und Platinenlayouts sowie weiteren Zusatzinformationen. Des Weiteren umfasst die CD auch den kompletten 6-teiligen Elektor-BASCOM-AVR-Kurs.

ISBN 978-0-905705-92-7 • € 29,50 • CHF 32,50



**USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher**

(Elektor September 2011)

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

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

Art.-Nr. 100888-73 • € 34,95 • CHF 38,50



**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 27,50



**OBD-2-Wireless**

(Elektor April 2011)

Die preiswerteste Lösung für die Autodiagnose ist ein OBD-2-Interface zum Anschluss an einen Notebook/PC mit Diagnosesoftware. Allerdings ist eine solche Kabellösung nicht wirklich praktisch. Ein autonomer OBD-Tester ist hingegen wesentlich teurer und nicht so vielseitig wie eine PC-gestützte Diagnose. Eine interessante Alternative ist dieses kabellose OBD-Interface mit Funkverbindung zum PC (via ZigBee oder Bluetooth).

*(ZigBee-)Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Gehäuse + ZigBee-USB-Stick*

Art.-Nr. 100872-71 • € 124,95 • CHF 137,50

*(Bluetooth-)Bausatz mit allen Bauteilen inkl. Gehäuse*

Art.-Nr. 100872-72 • € 124,95 • CHF 137,50



**Pico C**

(Elektor April 2011)

HF-Entwickler müssen häufig parasitäre Kapazitäten im Picofarad-Bereich aufspüren. Leider werden auch bessere Digitalmultimeter ziemlich unpräzise, wenn es um das Messen solcher kleiner Kapazitäten geht. Gewöhnlich liegt der kleinste Messbereich bei 2.000 pF! Mit dem „Pico C“ klappt das Messen besser, er zeigt die Picofarads sogar mit Nachkommastelle an!

*Bausatz mit allen Bauteilen inkl. 'Elektor Project Case', Platine, prog. Controller und LCD*

Art.-Nr. 100823-71 • € 82,50 • CHF 90,80

Oktober 2011 (Nr. 490) €

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

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
110274-1 .....	Platine .....	<a href="http://www.elektor.de">www.elektor.de</a>
110274-71 .....	Kit bestehend aus Platine mit LPC1343-Controller, Quarz, Spannungswandler, LCD- und USB-Interface (bereits bestückt), LED und Stiftleisten .....	<a href="http://www.elektor.de">www.elektor.de</a>
110274-72 .....	LCD, 4 x 20 Zeichen (HD44780-kompatibel) .....	<a href="http://www.elektor.de">www.elektor.de</a>

**Hier kommt der Bus (7)**

110258-1 .....	Platine (Experimental-Knoten) .....	5,95
110258-1C3 ...	3 x Platine (Experimental-Knoten) .....	12,95
110258-91 .....	Bestückte und getestete Platine .....	24,95

**Twittern mit E-blocks**

EB003 .....	E-blocks Sensor-Interface .....	26,80
EB005 .....	E-blocks LCD-Board .....	29,75
EB006 .....	E-blocks PIC-Multiprogrammer .....	89,25
EB007 .....	E-blocks Switch-Board .....	17,85
EB059 .....	E-blocks Servo-Board .....	17,85
EB069 .....	E-blocks WLAN-Board .....	164,95
TESS14 .....	Flowcode 4 für dsPIC (Professional-Version) .....	221,65

Juli/August 2011 (Nr. 487/488)

**Akkutester**

110154-41 .....	Progr. Controller PIC16F873A .....	13,95
-----------------	------------------------------------	-------

**Timer für 2-4-6 Stunden**

110219-41 .....	Progr. Controller PIC12F675 DIL8 .....	9,95
-----------------	--	------

**Morseuhr**

110170-41 .....	Progr. Controller ATtiny4520-PU DIP8 .....	9,95
-----------------	--	------

**Elex-Experimentierplatine**

ELEX-1 .....	Experimentier-Platine Elex-1 .....	5,50
ELEX-2 .....	Experimentier-Platine Elex-2 .....	9,95
ELEX-4 .....	Experimentier-Platine Elex-4 .....	17,95

**Baustellenampel für den Modellbau**

110203-41 .....	Progr. Controller ATtiny13 DIP8 .....	9,95
-----------------	---------------------------------------	------

**Berührungsloses Thermometer**

100707-1 .....	Platine .....	22,95
100707-41 .....	Progr. Controller PIC16F876A DIL28 .....	15,00

**R8C/13 spricht CAN / Mehr Portleitungen für den R8C/13**

050179-91 .....	R8C/13-Starterkit (aufgebautes Board + Software-CD) ..	13,95
-----------------	--	-------

**Schweißlicht für die Modellbahn**

110085-41 .....	Progr. Controller PIC10F200-I/P DIP8 .....	9,95
-----------------	--	------

**Jogging-Timer**

110160-41 .....	Progr. Controller ATtiny44-20PU DIP14 .....	9,95
-----------------	---	------

**Tochterblitz für Unterwasserkamera**

100584-41 .....	Progr. Controller PIC12F675i/p DIL8 .....	9,95
-----------------	---	------

**RGB-Solarlampe**

100581-41 .....	Progr. Controller ATtiny13 DIL8 .....	9,95
-----------------	---------------------------------------	------

**WAV-Türgong**

110080-41 .....	Progr. Controller ATmega328p DIL28 .....	12,95
-----------------	--	-------

Juni 2011 (Nr. 486)

**Hier kommt der Bus (6)**

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

# Bestseller

Bücher	1	↑	<b>AVR-Programmierung 3</b> ISBN 978-3-89576-231-4 ..... € 46,00 ..... CHF 50,60	
	2	↘	<b>Stromversorgungen in der Praxis</b> ISBN 978-3-89576-239-0 ..... € 46,00 ..... CHF 50,60	
	3	↘	<b>Basiskurs BASCOM-AVR</b> ISBN 978-3-89576-238-3 ..... € 39,80 ..... CHF 43,80	
	4	↘	<b>C# 2010 Programmierung und PC-Anbindung</b> ISBN 978-3-89576-244-4 ..... € 44,00 ..... CHF 48,40	
	5	↘	<b>Embedded Linux in der Mikrokontrollertechnik</b> ISBN 978-3-89576-208-6 ..... € 44,00 ..... CHF 48,40	
Bausätze & Module	CD- & DVD-ROMs	1	→	<b>ECD 6</b> ISBN 978-90-5381-258-7 ..... € 29,50 ..... CHF 32,50
		2	↘	<b>The Audio Collection 3</b> ISBN 978-90-5381-263-1 ..... € 21,50 ..... CHF 23,70
		3	↘	<b>Elektor-DVD 2010</b> ISBN 978-90-5381-267-9 ..... € 27,50 ..... CHF 30,30
		4	↘	<b>Wireless-Toolbox</b> ISBN 978-90-5381-268-6 ..... € 32,50 ..... CHF 35,80
		5	↘	<b>ATM18-Collection</b> ISBN 978-0-905705-92-7 ..... € 29,50 ..... CHF 32,50
Bausätze & Module	1	↑	<b>USB-Wetterlogger mit Langzeitspeicher</b> Art.-Nr. 100888-73..... € 34,95 ..... CHF 38,50	
	2	↘	<b>USB/RS485-Konverter</b> Art.-Nr. 110258-91..... € 24,95 ..... CHF 27,50	
	3	→	<b>Netzer</b> Art.-Nr. 100552-91..... € 59,95 ..... CHF 66,00	
	4	↘	<b>OBD-2-Wireless (Bluetooth)</b> Art.-Nr. 100872-72..... € 124,95 ... CHF 137,50	
	5	↘	<b>Pico C</b> Art.-Nr. 100823-71..... € 82,50 ..... CHF 90,80	

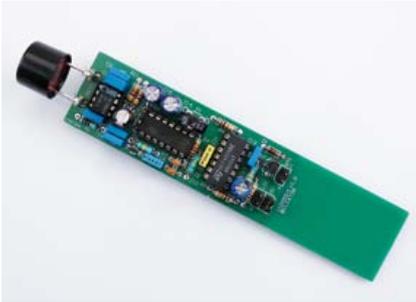
Bestellen Sie jetzt einfach und bequem online unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop) oder mit der portofreien Bestellkarte am Heftende!

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



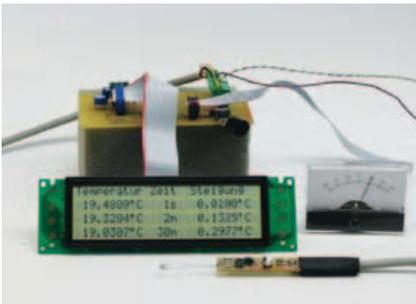
### OnCE/JTAG-Interface

Für den Audio-DSP-Kurs wurde ein DSP-Board mit dem DSP56374 von Freescale entwickelt. Zum Programmieren und Debuggen verfügt dieses Board über eine JTAG-Schnittstelle, für die Freescale eine 14-polige Stiftleiste mit der Bezeichnung OnCE (On-Chip-Emulation) definiert hat. Wir stellen ein USB-nach-OnCE/JTAG-Interface vor, das auf einem Hi-Speed-Dual-USB-UART/FIFO-IC von FTDI basiert. Die Schnittstelle ist auch für andere DSPs von Freescale verwendbar und fungiert als so genannter Symphony-SoundBite-Adapter.



### Low-Cost-Fledermaus-Detektor

Der jährliche „Europäische Nacht der Fledermaus“ vom 26. auf den 27. August ist zwar schon vorbei, die für das nächste Heft geplante Schaltung ist aber trotzdem interessant. Dank einer einfachen Schaltung zur Frequenzteilung lassen sich die Ultraschall-Töne der Fledermäuse in den menschlichen Hörbereich umsetzen. Die Schaltung lässt sich SMD-frei mit Standard-Bauteilen realisieren und in ein Stück PVC-Rohr einbauen.



### Temperaturänderungs-Messgerät

Um Temperaturen genauer als 1/10 Grad zu bestimmen, ist ein erheblicher Aufwand nötig. Die im nächsten Heft vorgestellte Schaltung kommt trotzdem mit nur vier aktiven Bauteilen aus und zeigt eine gemessene Temperatur mit einer Auflösung von einem zehntausendstel Grad an. Dabei ist der angezeigte Wert allerdings nur auf rund ein Grad genau. Das gibt einen Sinn, wenn sehr geringe Temperaturänderungen aufgespürt werden sollen. Das Messgerät zeigt die hoch aufgelösten Temperaturwerte und zusätzlich den Grad der Änderung an und verfügt außerdem über eine PC-Schnittstelle.

Elektor November erscheint am 19. Oktober 2011.

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!



**Abo-Service:**  
E-Mail: [abo@elektor.de](mailto:abo@elektor.de)

**Bestellannahme und Bestellservice:**  
E-Mail: [bestellung@elektor.de](mailto:bestellung@elektor.de)

**Geschäftszeiten**  
Montag – Donnerstag von 08:30 bis 17:00 Uhr  
Freitag von 08:30 bis 12:30 Uhr  
Tel. +49 241 88 909-0  
Fax +49 241 88 909-77

Unser Kundenservice berät Sie bei allen Fragen zu Bestellungen, Lieferterminen und Abonnements. Änderungen, Reklamationen oder besondere Wünsche (wie z. B. Geschenkabonnement) richten Sie ebenfalls an den Kundenservice. Vergessen Sie bitte nicht, Ihre Kundennummer anzugeben – falls vorhanden.

<b>Einzelheft</b>			<b>Studentenabo-PLUS</b>	
Deutschland	€ 7,40		Deutschland	€ 79,50
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 8,20		Österreich	€ 85,10
Schweiz	CHF 14,30		Schweiz	€ 95,50
<b>Jahresabonnement-Standard</b>			<b>Upgrade zum Abo-PLUS</b>	
Deutschland	€ 77,50		Alle Länder	€ 17,50
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 84,50			
Schweiz	€ 97,50			
Andere Länder	€ 102,50		Jahres- und Studentenabonnements (11 Hefte) dauern immer 1 Jahr und verlängern sich automatisch um weitere 12 Monate, wenn nicht spätestens 2 Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.	
<b>Jahresabonnement-PLUS</b>				
Deutschland	€ 95,00			
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 102,00			
Schweiz	€ 115,00			
Andere Länder	€ 120,00			
<b>Probeabonnement</b>				
Alle Länder (zzgl. Porto)	€ 14,90			
<b>Studentenabo-Standard</b>				
Deutschland	€ 62,00			
Österreich	€ 67,60			
Schweiz	€ 78,00			
			<b>Bankverbindungen</b>	
			<b>Commerzbank Aachen</b>	
			Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)	
			IBAN: DE89 3904 0013 0120 1102 00	
			BIC: COBADEFFXXX	
			<b>Postgiro Köln</b>	
			Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)	
			IBAN: DE17 3701 0050 0229 7445 07	
			BIC: PBNKDEFF	

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.



# 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-Letterplatten-Service – jetzt unter  
**[www.elektorpcbservice.de/](http://www.elektorpcbservice.de/)**

Elektor-PCB-Service ist der Letterplatten-Service von Elektor! Über die Webseite **[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

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

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

Kunden-Nr.

E-Mail

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

Antwort

Elektor-Verlag GmbH  
Süsterfeldstr. 25  
52072 Aachen



# Elektor Electronic Toolbox



## Umfangreiche Elektroniker-App von Elektronikern für Elektroniker

Die neue „Elektor Electronic Toolbox“-App ist ganz auf die Belange von Elektronikern zugeschnitten. 29 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.

INSERENTENVERZEICHNIS OKTOBER 2011		
Becker & Müller	www.becker-mueller.de	9
Beta Layout	www.beta-layout.com	2
Emis	www.emisgmbh.de	69
Emtron	www.emtron.de	69
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	55
Good Will Instruments	www.gwinstek.com	19
Jackaltac	www.jackaltac.com	11
LeitOn	www.leiton.de	33
Markt		79
MikroElektronika	www.libstock.com	3
PICO Technology	www.picotech.com/ps3115	29
Reichelt	www.reichelt.de	88
Schaeffer AG	www.schaeffer-ag.de	33



# Elektor OSPV

**Wheelie reloaded:  
Das Open-Source-Projekt auf 2 Rädern**

Mit unserem beliebten ElektorWheelie (Elektor 06/2009) sind inzwischen viele Menschen unterwegs, die Technik des balancierenden Fortbewegungsmittels fasziniert Jung und Alt. Hinter dem neuen Open Source Personal Vehicle (kurz „OSPV“) stehen die gleichen Ideen – Unterschiede gibt es jedoch in der Umsetzung. Der leichter gebaute, zusammenlegbare „OSPV“ wurde für den Indoor-Betrieb entwickelt, Konstruktion und Software sind wiederum Open Source. Auch mit diesem innovativen Einachser ist maximaler Fahrspaß garantiert!



- Technische Daten:**
- 2 x 200-W-DC-Getriebemotoren
  - 2 x 12-V-Bleigel-Akkus mit 9 Ah
  - 2 x PU-Räder mit 14 cm Durchmesser
  - Zahnriemenantrieb
  - Höchstgeschwindigkeit: 15 km/h
  - Reichweite: ca. 8 km
  - Gewicht: 25 kg
  - Maße (H x B x T): 120 x 47 x 47 cm
  - Belastung: 90 kg
  - Bodenfreiheit Trittflächen: 2 cm
  - Höhe Trittflächen: 5,6 cm
  - Breite zwischen Trittflächen: 29,5 cm
  - Ladezeit: 2,5 Stunden

Der „Elektor OSPV“-Komplettbausatz umfasst zwei DC-Motoren (je 200 W), zwei 12-V-Bleigel-AGM-Akkus, zwei PU-Räder mit Riemenscheibe und HTD-Zahnriemen, Gehäusesatz inkl. aller Schrauben, bestückte und getestete Controller-Platine mit aufgesteckter Sensor-Platine + Ladegerät.

Art.-Nr.: 110320-91  
Preis: 1095,00 € (inkl. MwSt., zzgl. Porto/Versand)



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

### UNI-T. AC/DC-Stromzange

- bis 400 A mit 28 mm Klemmendurchmesser
- 3 ¼-stelliges Display 3999
- umschaltbare Bereichswahl: manuell / Autorange
- Diodentest • Data Hold
- Durchgangsprüfung
- Relativwertmessung
- Sicherheit: IEC 61010, CAT. II 600V, CAT III 300V
- Inkl. Messleitung, 9-V-Batterie und Bedienungsanleitung



UT 203  
**38,95**

### 2-Kanal-Digital-Speicheroszilloskop

Konzipiert für eine komfortable Benutzerfreundlichkeit mit einer äußerst schnellen Umsetzung der Messeingaben, hervorragenden Leistungsdaten und extra großem hintergrundbeleuchteten Farb-Display.

- 50 MHz • 1 GS/s • <7 ns
- Display-Auflösung: 800 x 480 Pixel
- USB-Schnittstelle für den Export der Messergebnisse zum PC/Notebook

UTD 2052 CEL

**299,00**



**Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!**



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

### Digitalmultimeter, GS-geprüft

- hintergrundbeleuchtetes, 4-stelliges Display
- Bereichswahl: manuell, Autorange
- Ausstattung: Diodentest, Durchgangsbuzzer, Data-Hold, MIN/MAX, REL-Funktion
- Sicherheit: Cat II 600 V, CAT III 300 V
- inkl. Software, Messleitungen, 9V-Block, Temperaturfühler, USB-Kabel, Mehrfach-Adaptersockel, Bedienungsanleitung

UT 61B  
**44,95**



Modellübersicht	UT 61B	UT 61C	UT 61D
Digits/Bargraf	4000/ja	6000/ja	6000/ja
Widerstand	bis 40M Ω	bis 60 MΩ	bis 60 MΩ
Spannung AC/DC	bis 600 V	bis 600 V	bis 600 V
Strom AC/DC	bis 10 A	bis 10 A	bis 10 A
Frequenz	bis 10 MHz	bis 10 MHz	bis 10 MHz
Kapazitätsmessung	ja	ja	ja
Temperatur	-10 - 1000°C	-40 - 1000°C	—
True RMS	—	ja	—
Schnittstelle	USB	USB	USB
Sonstiges	Duty Cycle/EF	Duty Cycle	Duty Cycle
	<b>44,95</b>	<b>47,95</b>	<b>49,95</b>

UNI-T

### Wärmebildkamera

Einfach anvisieren, aufzeichnen und auswerten - mehr ist nicht erforderlich, um hochwertige Wärmebilder und thermische Informationen zu erhalten.

- Farb-LC-Display (7,11cm/2,8")
- Objekttemperaturbereich: -20 °C bis +250°C
- Genauigkeit: ±2 °C oder ±2 % des Ablesewertes
- Thermische Empfindlichkeit: 0,15 °C
- Wärmebildqualität: 60 x 60 Pixel
- Sichtfeld (h x v): 12,5 x 12,5 °
- Messverfahren: Messpunkt



\* nach System-Registrierung unter [www.flir.com](http://www.flir.com)

FLIR I3  
**1184,05**



FLIR



### Entdecken Sie die reichelt-App:

Bequem per iPhone oder iPad im reichelt-Shop surfen.

Erhältlich im App Store



... oder surfen Sie gleich los:  
 QR-Code per Smartphone scannen und direkt in die Welt der Messtechnik eintauchen!



### Professionelles Laser-Entfernungsmessgerät PeakTech

- LCD-Anzeige mit Hintergrundbeleuchtung
- Schnellstasten für Addition, Subtraktion, Pythagoras, Flächen-/Volumenberechnung
- Messbereich: 0,05 - 50 m • Messgenauigkeit: +/- 1,5 mm • Auflösung: 1 mm
- Messeinheiten: m (meter), in (inch), ft (feet) • autom. Abschaltung: nach 3 Min.
- Laser: Klasse II 635 nm, < 1 mW • Maße: 48 x 115 x 28 mm
- Inkl. 2x AAA Batterien, Tasche und Anleitung



Messung entfernter und schwer zugänglicher Objekte in Profiqualität!

PEAKTECH 2800  
**89,95**

### Radioaktivitätsmessgerät mit Alarm

Ein handliches Gerät in einem schwarzen Gehäuse in Stick-Form zur Ermittlung von radioaktiver Strahlung. Durch seine handliche Bauform eignet sich dieser Geiger-Zähler optimal auch für den mobilen Einsatz.

- misst Beta- und Gamma-Strahlung
- akustisches Signal
- LED-Anzeige
- Ein-/Ausschalter
- mit Halter (Clip)
- Maße: 160 x 26 x 24 mm
- Stromversorgung: 2 Mikrobatterien (AAA) (nicht im Lieferumfang)

Ideal für den täglichen Einsatz!

GEIGER STICK  
**195,00**



Passende Mikrobatterien gleich mitbestellen:

ENERGIZER 4XLR6 1.70 4er-Pack (Ø x H) 10,5 x 45 mm