

**GRATIS DVD**

# elektor

elektronik, die begeistert

Nr. 430  
Oktober 2006  
(D) € 6,50 • (A) € 7,15 • CHF 12,50  
(B) € 7,15 • (L) € 7,15  
G3078 E  
www.elektor.de

## EKG AUF DEM GAMEBOY

Herzmonitor selbst gebaut

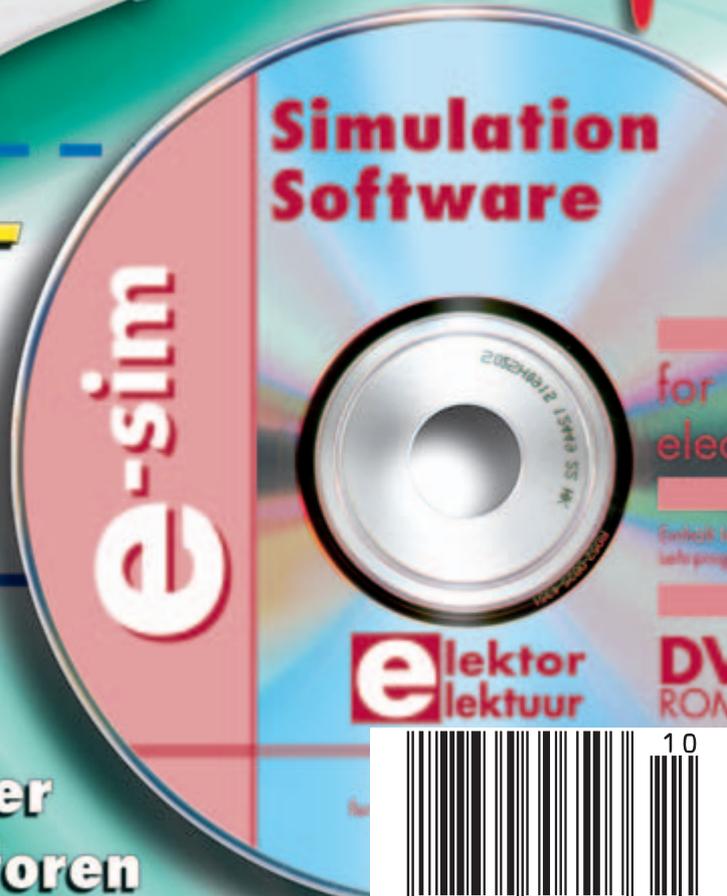


## SCHALTUNGS-SIMULATION

**GRATIS DVD mit über 35 Programmen!**

### Bauen:

- EKG mit der Soundkarte
- PIC-Debugger/Programmer
- Schweißen mit Kondensatoren



## SMD-Micro-Klemmprüfspitzen

Der Challenger-Clip mit seinen Mini-Klemmen ist einer der kleinsten und genauesten Klemmprüfspitzen. Seine Dimensionen erlauben Messungen an SMD-Gehäusen mit engsten Kontaktabständen. Durch die besondere Positionierung sind auch gleichzeitig Reihenkontrollen (Punkt nach Punkt) möglich.

- CLIP 6800 RT rot
- CLIP 6800 SW schwarz
- CLIP 6800 BL blau
- CLIP 6800 GN grün
- CLIP 6800 GE gelb
- CLIP 6800 WS weiß



ELECTRO PJP

je **6.15**

## Anschlussadapter

Messleitung,  
Ø 0,8 / 4,0 mm



ELECTRO PJP

**0.62**

## CLIP 6810

Anschlussadapter Messleitung, Ø 0,8 / 4,0 mm

- ML 6824-10 RT rot
- ML 6824-10 SW schwarz
- ML 6824-10 BL blau
- ML 6824-10 GN grün
- ML 6824-10 GE gelb
- ML 6824-10 WS weiß



ELECTRO PJP

je **2.60**

## Profi-Alarmpaket mit VdS-zertifizierten Meldern

Dieses Sparset mit dem unglaublichen Preis- / Leistungs-Verhältnis beinhaltet alles, was Sie für die Installation einer professionellen Alarmanlage benötigen. Herzstück des Systems ist die prozessorgesteuerte 9-Zonen-Alarmzentrale mit LCD-Bedienteil. Zur Absicherung von Türen und Fenstern sind 5 Einbau- / Aufbaumagnetkontakte im Set beinhaltet. Raumüberwachung durch zwei VdS-PIR-Bewegungsmelder. Inkl. Schlüssel-schalter, Verteiler + Notstromakku



AZ 5300

VdS

**369.00**

## Alarmtechnik

### Telefonwählgerät -

ruft automatisch Hilfe bei Einbruch, Brand oder medizinischem Notfall. Wählt bis zu 4 Rufnummern an und überträgt einen Haupttext gefolgt von einem von 4 Ereignistexten



AZ 6300

**119.00**

### Zusatz-LCD-Bedienteil -

wird mittels 4-adrigem Leitung an die 9-Zonen-Alarmzentrale angeschlossen. Alle erforderlichen Einstellungen sowie das Scharf- / Unscharfschalten der Zentrale sind somit von unterschiedlichen Orten aus möglich.  
· inkl. RFID-Leser



AZ 5110  
RFID-TP 35

LCD-Bedienteil  
RFID-Transponder-Schlüsselanhängers

**59.00**

1.60

# www.reichelt.de

...über 30.000 Artikel aus PC-Technik & Elektronik!

## ABUS VdS-Heimrauchmelder

### Superflacher Rauchmelder

- Erfassungsbereich: ca. 40 m<sup>2</sup>
- Kontroll-LED für Funktionsüberwachung
- Funktionstaste für manuellen Selbsttest
- VdS-zugelassen / GS-geprüft
- Batterieunterspannungsmeldung
- Inkl. 9V-Alkaline-Batterie



**14.85**

- RM 004 Rauchmelder
- RM 005 3er-Set Rauchmelder

29.85

## Öffnungsmelder, Ein- & Aufbau

Universell einsetzbarer Magnetkontakt, zur Einbaumontage (Einbau) oder Aufbaumontage geeignet. Die Befestigung kann entweder in Parallel- oder Vor-Kopf-Montage erfolgen.



**4.75**

- FU 7350W NC-Schaltkontakt, 2m Kabel (2-adrig)
- FU 7350B NC-Schaltkontakt, 2m Kabel (2-adrig)
- MK 1010W NC-Schaltkontakt, 4m Kabel (4-adrig), VdS-B
- MK 1010B NC-Schaltkontakt, 4m Kabel (4-adrig), VdS-B

4.75

6.95

6.95

## PIR-Bewegungsmelder

### Modell Orion:

- hohe Resistenz gegen HF-Störfelder & externen Lichteinfall
- Betriebsspannung: 9-16 VDC / 15 mA
- NC-Alarmkontakt / NC-Sabotagekontakt
- Erfassungsbereich: 14 x 14 m, 90°
- Maße: 60 x 114 x 50 mm



**14.75**

- BW 2200 Bewegungsmelder
- BW 2240 Wand- / Deckenhalter

8.95

### Modell Centauri:

- VdS-anerkannt, exzellente Resistenz gegen externe Störgrößen
- Betriebsspannung: 9 - 16 VDC / 10 mA
- NC-Alarmkontakt / NC-Sabotagekontakt
- Erfassungsbereich: 15 x 15 m
- Maße: 64 x 113 x 45 mm



**22.00**

- BW 2100 Bewegungsmelder
- BW 2240 Wand- / Deckenhalter

8.95

## Alarmler, 106 dB

- verfügt über eine lautstarke Sirene und optional über eine Blitzleuchte
- hohe Manipulationsicherheit durch zusätzliches Innengitter, Abreißkontakt und Deckelschalter
- Aluminiumgehäuse
- Betriebsspannung: 12 V / DC
- Maße Sirene: 190x210x115 mm, Maße + Blitz: 190x300x115 mm



**69.90**

- SG 1650 Sirene + Blitz
- SG 1660 Sirene
- SG 3210 Sirene + Blitz (Dummy)

44.95

34.50

### Miniatur-Alarmsirene

- wahlweise mit Dauer- oder Dualton, hoher Schallpegel: >94 dB; 11-16V / 100 mA
- 43 x 39 x 62 mm



**7.85**

AS 300

### Luftgezogene Sirene

- Kunststoffgehäuse - durchdringender Alarmton bis über 150 m Entfernung
- 12 V / 0,4 A



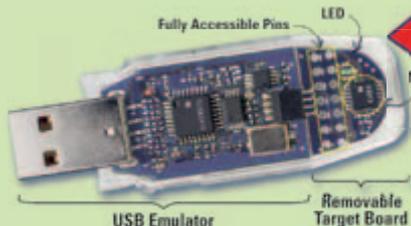
**12.25**

BS 12

12 V, 0,4 A, Metall

04422-955 286  
04422-955 359

Der Technik-Sortimenter



## USB-Entwicklungstool

Vollwertiger Programmer / Debugger als USB-Stick, passend zur 14-pin MSP430F20XX-Familie. Der Stick enthält ein MSP430D2013-Target-Board mit den Löt-punkten für alle Pins. Das steckbare Target kann durch ein Kabel ersetzt werden, um die Software direkt in der Applikation zu debuggen.

TEXAS INSTRUMENTS

MSP EZ430-F2013

36.75

## MSP430 F20xx Familie, 16 MHz / MIPS

TEXAS INSTRUMENTS

Gehäuse	Flash	SRAM	I/O	
MSP430 F2001 N	DIL-14	1k	128	10
MSP430 F2001 PW	TSSOP-14	1k	128	10
MSP430 F2011 N	DIL-14	2k	128	10
MSP430 F2011 PW	TSSOP-14	2k	128	10
MSP430 F2002 N	DIL-14	1k	128	10
MSP430 F2002 PW	TSSOP-14	1k	128	10
MSP430 F2012 N	DIL-14	2k	128	10
MSP430 F2012 PW	TSSOP-14	2k	128	10
MSP430 F2003 N	DIL-14	1k	128	10
MSP430 F2003 PW	TSSOP-14	1k	128	10

1.40

1.75

1.75

2.45

2.45

2.85

2.85

3.10

3.70

4.10

### MSP430 F16x Familie

Interessanter Baustein, der mit bis zu 60 kB Flash und 10 kB RAM, Komparator 12 bit / 8 Ch., ADC Temperatursensor, 2x USART und I<sup>2</sup>C-Modul auch über 2x 12 bit DAC und DMA verfügt.

Damit ist leicht eine komplette Signalkette „on-Chip“ zu realisieren.

TEXAS INSTRUMENTS

Gehäuse	Flash	SRAM	I/O	
MSP430 F169 PM	LQFP-64	60k	2048	48

14.85

## 6-fach-Steckdosenleiste

- Überspannungs- und Blitzschutz bis 10000A
- mit dem in der roten Einschaltsteckdose „Master“ angeschlossenen Gerät werden bis zu 5 Zusatzgeräte „Slaves“ elektronisch ein- / ausgeschaltet
- 90°-Anordnung der Steckdosen zum gleichzeitigen Anschluss von 6-Elektro-Geräten
- 2 m Anschlussleitung H05VV-F3G1,0
- Steckdosen mit Kinderschutz



MASTER SLAVE CL6

31.95

## 7-fach-Gerätemanager

- auf der Geräterückseite angeschlossene Geräte können am übersichtlichen Bedienfeld einfach ein- und ausgeschaltet werden
- alle Komponenten durch Hauptschalter gleichzeitig schaltbar
- Einzelschalter beleuchtet
- Gesamtanschlussleistung: 3500 Watt



POWERBOX M1 Gerätemanager

POWERBOX M2 Gerätemanager mit Überspannungsschutz 49.95

39.95

# www.reichelt.de

...über 30.000 Artikel aus PC-Technik & Elektronik!

## AVR-RISC-Controller

ATTiny Flash-Memory: 2 kByte, EEPROM: 128 Byte, RAM: 128R

		MHz	I/O	
ATTINY 24-20 PU	DIL-14	20	12	
ATTINY 24-20 SSU	SOIC-14	20	12	
ATTINY 24V-10 PU	DIL-14	10	12	
ATTINY 24V-10 SSU	SOIC-14	10	12	

je 1.70

ATTiny Flash-Memory: 4 kByte, EEPROM: 256 Byte, RAM: 256R

		MHz	I/O	
ATTINY 44-20 PU	DIL-14	20	12	
ATTINY 44-20 SSU	SOIC-14	20	12	
ATTINY 44V-10 PU	DIL-14	10	12	
ATTINY 44V-10 SSU	SOIC-14	10	12	

je 1.95

ATmega Flash-Memory: 256 kByte, EEPROM: 4 kByte, RAM: 8 kByte

		MHz	I/O	
ATMEGA 2560-16 AU	TQFP-100	16	86	
ATMEGA 2560-8 AU	TQFP-100	8	86	
ATMEGA 2561-16 AU	TQFP-100	16	86	

je 13.95

ATmega Flash-Memory: 64 kByte, EEPROM: 512 Byte, RAM: 1 kByte

		MHz	I/O	
ATMEGA 644-20 AU	TQFP-44	20	32	

6.65

## PHILIPS LPC 21xx / 22xx

### 16/32bit-Flash-Microcontroller

- ISP - Flash-In-System-Programmierung
- IAP - In-Application-Programmierung
- CPU-Versorgung: 1,65 - 1,95 V / 3,0 - 3,6 V
- I/O-Versorgung: 3,0 - 3,6 V
- Fast- $\mu$ C / 2 UARTs / 2 SPIs / PWM
- 4x 32bit-Timer inkl. RTC und Watchdog

PHILIPS

ARM7TDMI



	Gehäuse	Flash	RAM	
LPC 2101 FBD48	LQFP48	8k	2	2.95
LPC 2103 FBD48	LQFP48	16k	4	4.10
LPC 2119 FBD64	LQFP64	128k	16	10.00
LPC 2129 FBD64	LQFP64	256k	16	10.95
LPC 2131 FBD64	LQFP64	32k	8	5.85
LPC 2134 FBD64	LQFP64	128k	16	8.50
LPC 2136 FBD64	LQFP64	256k	32	10.25
LPC 2138 FBD64	LQFP64	512k	32	12.25
LPC 2194 JBD64	LQFP64	256k	16	12.90
LPC 2214 FBD144	LQFP144	256k	16	13.45
LPC 2290 FBD144	LQFP144		16	7.55

## USB-Mini-Mess-Labor

- Ideal zum Messen & Steuern mit Notebook / PC
- durch Plug&Play und Software-Konfiguration einfach zu installieren und zu bedienen
- Analog-Eingänge: 8 Single-ended- oder 4 differenzielle 12-bit-Analog-Eingänge / gemischt
- $\pm$ 20 V Eingangsbereich, 12 bit Auflösung
- Präzisions-PGA mit Verstärkung 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, oder 20 V/V effektive Auflösung größer 16 bit
- bis zu 8 kS/s (Burst) oder 1,2 kS/s (Stream)
- unterstützt Software- oder Hardware-getimte Erfassung und Erfassung mit Trigger
- 2 Analog-Ausgänge, 10 bit
- 20 Digital-E/A-Kanäle (<50 Hz)
- 32 bit Zähler, Frequenz-Zählung bis 1 MHz
- mit Hubs bis 80 LJ U12 an einem USB-Port für langsame Vorgänge, z. B. Temperaturmessungen
- Watchdog-Timer
- LxBxH: 157 x 102 x 40 mm



ME LABJACK U12 Mini-Mess-Labor

ME EXALAB

wie oben, jedoch inkl. grafischer Software ProfilLab-Expert

149.00

239.00

## Katalog 08/2006 kostenlos!

- Prall gefüllt mit tollen Angeboten: jetzt 926 Seiten stark!
- über 30.000 Artikel aus Elektronik & PC

KATALOG

0.00



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

Reichelt Elektronik e. Kfr.  
Elektronikring 1 · 26452 Sande

## DVD, die zweite

Vielleicht sind Sie es als ELEKTOR-Leser inzwischen schon gewöhnt, von Ihrer Lieblings-Elektronikzeitschrift regelmäßig ein kleines „Extra“ zu bekommen. Für uns ist es aber jedes Mal wieder etwas Besonderes. Nicht nur wegen des Extra-Aufwands an Zeit und Geld, sondern vor allem, weil wir versuchen, etwas Ganzes daraus zu machen. Nicht einfach bloß eine Zugabe ein- oder aufzukleben. Uns geht es darum, dass Sie auch etwas damit anfangen können – mit Extra-Informationen im Heft und nach Möglichkeit auch mit praktischen Projekten (wie bei den RFID-Readern im letzten Heft).

Die erste Gratis-DVD gab es schon vor fast einem Jahr im Novemberheft 2005 - mit vielen CAD-Programmen zum Schwerpunkt Platinendesign. Die Reaktionen waren überaus positiv, und zahlreiche Erfahrungsberichte zeigten, dass die Programme auch verwendet wurden. Nun erhalten Sie also die zweite Heft-DVD von ELEKTOR. Diesmal zum Thema Schaltungs-Simulation, die immer wichtiger wird, vor allem bei größeren Schaltungen und höheren Frequenzen. Die Computer-Simulation hat inzwischen ein so hohes Niveau erreicht, dass sie neben der Zeitersparnis auch einen wesentlichen Beitrag zur Designsicherheit leistet.

Die Sammlung auf der DVD umfasst 36 Programme, die auf das Simulieren von analogen und digitalen Schaltungen ausgerichtet sind. Bei den meisten Programmen handelt es sich um Demo- oder Studentenversionen. Es sind aber auch einige funktional uneingeschränkte Programme (Vollversionen) dabei. Jetzt können Sie also gleich loslegen, Programme ausprobieren und herausfinden, was Ihnen am besten gefällt. Und lassen Sie es uns auch wissen! Keine Simulationen sind hingegen die in der Praxis erprobten Projekte dieser Ausgabe: Der Gameboy-EKG-Monitor, das EKG mit Soundkarte, der PIC-Debugger/Programmer und der universelle Funkschalter. Und auch das Schweißen mit Kondensatoren wurde ganz real ausprobiert...

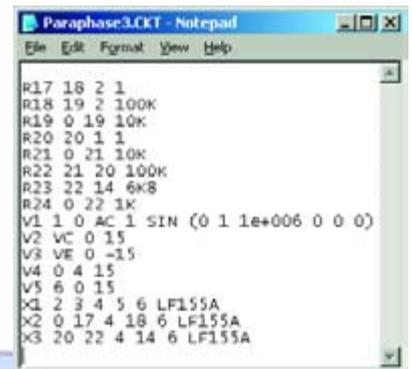
**Ernst Krempelsauer**

# 32 Gameboy-

**Das eigene EKG auf einem portablen Gerät sichtbar machen - für welchen Elektroniker wäre das keine Herausforderung? Professionelle Geräte sind allerdings sehr teuer. Mit der hier vorgestellten Lösung kann man die elektrischen Signale des Herzens sehr preiswert darstellen, bequem aufzeichnen und einfach wiedergeben - die Basis ist der bekannte GameBoy!**

## 16 Der PC als Elektronik-Baukasten

Der Lötcolben als wichtigstes Werkzeug ist schon bei vielen Entwicklern durch den PC abgelöst worden. Intelligente Simulatoren können heute auch komplexe Schaltungen nachbilden. Die bekannteste Software ist SPICE. Obwohl deren Ursprung bis ins Jahr 1972 zurückreicht, ist sie noch immer Basis für viele Schaltungs-Simulatoren.



```
File Edit Format View Help
R17 18 2 1
R18 19 2 100K
R19 0 19 10K
R20 20 1 1
R21 0 21 10K
R22 21 20 100K
R23 22 14 6K8
R24 0 22 1K
V1 1 0 AC 1 SIN (0 1 1e+006 0 0 0)
V2 VC 0 15
V3 VE 0 -15
V4 0 4 15
V5 6 0 15
X1 2 3 4 5 6 LF155A
X2 0 17 4 18 6 LF155A
X3 20 22 4 14 6 LF155A
```

## 20 Simulatoren auf DVD

Für das Simulieren von Schaltungen und Systemen bieten einige Dutzend Software-Hersteller ihre Produkte an. Zu dieser ELEKTOR-Ausgabe gehört eine DVD-ROM, auf der wir eine repräsentative Auswahl an Demo-, Test- und Vollversionen fast aller bekannten Simulatoren zusammengetragen haben. Eine gute Gelegenheit also, sich selbst ein Bild über die gegenwärtigen Angebote und deren Möglichkeiten zu verschaffen!



## -EKG



## Grundlagen

**16** Der PC als  
Elektronik-Baukasten

## Praxis

- 32** GBEKG  
Game Boy als Herzmonitor
- 44** EKG - mit Soundkarte!
- 50** In-Circuit-  
Debugger/Programmer
- 56** Funkschalter
- 64** FPGA-Kurs - Teil 5  
Bussysteme und Verbindungen
- 68** Mit Blitz und Knall  
Schweißen mit Kondensatoren

## Technik

- 28** Der elektronische Doktor
- 60** Entwicklungstipps
- 72** Laborgeflüster:  
Fehlersuche an unzugänglichen ICs
- 74** Controllerwechsel fürs  
Flashboard

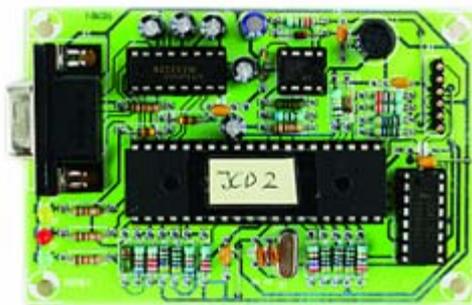
## Info & Markt

- 8** Mailbox
- 11** elekTermine
- 12** Der Multi-Core-Controller
- 13** Bücher
- 14** Produkte
- 20** Simulatoren auf DVD-ROM
- 84** Vorschau

## Infotainment

- 77** Hexadoku  
Sudoku für Elektroniker
- 78** Retronik  
Computer im Weltraum

## 50 In-Circuit-Debugger/Programmer



PIC-Mikrocontroller der 8-bit-Serien 16F und 18F sind in vielen Geräten zu finden und auch bei ELEKTOR-Lesern sehr beliebt. Allerdings benötigt man eine Schaltung zum Laden des Programms und einen In-Circuit-Debugger zur Fehlersuche. Beide Aufgaben

übernimmt unser Projekt, das mit dem von Microchip vertriebenen ICD2-Modul weitgehend kompatibel, aber wesentlich kostengünstiger ist.

## 56 Funkschalter

Die üblichen Funkfernbedienungen arbeiten als Garagentoröffner, Türschlüssel für Autos oder Lichtschalter. Diese vielfältigen Anwendungen haben uns spezialisierte Chips beschert, mit denen der Selbstbau für das „freie“ 433-MHz-Band besonders einfach ist. Die Elektronik unseres Senders ist dabei winzig genug, um mitsamt der passenden Batterie in einem Schlüsselanhänger Platz zu finden!





### Abo-Service

Riet Maussen, Marleen Brouwer  
E-Mail: [abo@elektor.de](mailto:abo@elektor.de)

### Bestellannahme und Bestellservice

Peter Custers  
E-Mail: [vertrieb@elektor.de](mailto:vertrieb@elektor.de)  
Tel. +49 241 88 909-66

### Geschäftszeiten

Montag – Donnerstag von 08:30 bis 17:00 Uhr  
Freitag von 08:30 bis 12:30 Uhr  
Tel. +49 241 88 909-0  
Fax +49 241 88 909-77

Unser Kundenservice berät Sie bei allen Fragen zu Bestellungen, Lieferterminen und Abonnements. Änderungen, Reklamationen oder besondere Wünsche (wie z. B. Geschenkabonnement) richten Sie ebenfalls an den Kundenservice. Vergessen Sie bitte nicht, Ihre Kundennummer anzugeben – falls vorhanden.

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

### Einzelheft

Deutschland € 6,50  
Österreich, Belgien, Luxemburg € 7,15  
Schweiz CHF 12,50

### Jahresabonnement-Standard

Deutschland € 67,75  
Österreich, Belgien, Luxemburg € 74,00  
Schweiz CHF 130,00  
Andere Länder € 89,00

### Jahresabonnement-PLUS

Deutschland € 77,70  
Österreich, Belgien, Luxemburg € 83,95  
Schweiz CHF 152,00  
Andere Länder € 98,95

### Probeabonnement

Deutschland € 12,50  
Österreich, Belgien, Luxemburg € 12,50  
Schweiz CHF 22,00  
Andere Länder € 12,50 (zzgl. Porto)

### Studentenabo-Standard

Deutschland € 54,20

### Studentenabo-PLUS

Deutschland € 64,15

### Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder € 9,95

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. Probeabonnements (3 Hefte) laufen automatisch aus; sie müssen nicht gekündigt werden.

Preisänderungen vorbehalten.

### Bankverbindungen

#### Commerzbank Aachen

Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)  
IBAN/BIC: DE89 3904 0013 0120 1102 00/COBADEFF

#### Postgiro Köln

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

### Bestellungen & Abos für Österreich

Alpha Buchhandel  
Wiedner Hauptstraße 144, 1050 Wien  
Tel. 01/585 77 45, Fax 01/585 77 45-20  
E-Mail: [alpha@austrodata.at](mailto:alpha@austrodata.at)  
Internet: [www.erb.at](http://www.erb.at)

### Bestellungen & Abos für die Schweiz

Thali AG  
Industriestrasse 14, 6285 Hitzkirch  
Tel. 041/919 66-66, Fax -77  
E-Mail: [bestellung@thali.ch](mailto:bestellung@thali.ch)  
Internet: [www.thali.ch](http://www.thali.ch)

## IMPRESSUM

### 37. Jahrgang, Nr. 430 Oktober 2006

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 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.

### Internationaler Chefredakteur

Mat Heffels

### 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, Guy Raedersdorf

### Redaktionssekretariat

Hedwig Hennekens

### Technische Redaktion

Ton Giesberts, Paul Goossens,  
Luc Lemmens, Karel Walraven

### Grafische Gestaltung und Layout

Ton Gulikers, Giel Dols

### Geschäftsführer/Herausgeber

Paul Snakkers

### Marketing (Leitung)

Carlo van Nistelrooy

### Vertrieb (Leitung)

Margriet Debeij

### Anzeigen

ID Medienservice  
Tel. 05 11/334 84-36  
Fax 05 11/334 84-81  
E-Mail: [elektor@id-medienservice.de](mailto:elektor@id-medienservice.de)  
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 36 ab 01.01.2006

### 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 eingedachte 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.

© 2006 Segment B.V.

Druck  
hoontetijl, Zwolle, Niederlande

ISSN 0932-5468



## Termine für Elektor Nr. 12

Anzeigenschluss:



17.10.2006

Erscheinungs-  
termin:



14.11.2006

Anzeigen:

Verlagsbüro ID

Telefon:  
(0511) 33 48 436

E-Mail:  
service@id-medienservice.de

Internet:  
www.id-medienservice.de

GTU LaserTechnik  
Baden - Baden



Präzisions Lasermodule 635 nm und 670 nm,  
Rundes Strahlprofil, fokussierbare Optik  
Individuelles Prüfprotokoll der elektrischen und  
optischen Daten.  
Module in 5 V bzw. 24 VDC -Technologie  
Aktive ESD Filter.  
Lasermodule in grün, 532 nm.  
Laserschutzklassen sind für Sie wichtig?  
Wir fertigen "Ihre" Module mit < 0,05 mW  
Genauigkeit.

Anwendung : präzise Pilotlaser,  
Lichtschranken, Meßsysteme, Medizintechnik,  
Roboter Teach-In

Rote Laser ab € 175,-  
Grüne Laser ab € 377,-



Weitere Lasertechnik : www.gtu-laser.de

GTU LaserTechnik GmbH  
76532 Baden-Baden  
Waldstr. 10  
Tel. 07221-991177  
www.gtu-laser.de

## Have a look!

... the specialist in  
Short  
Range  
Radio

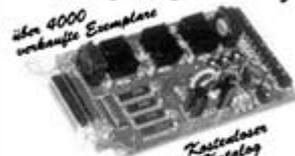
**HM** FUNKTECHNIK GmbH  
http://www.hmradio.de

## Schrittmotor- steuerkarte

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

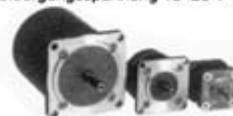
- Steuerung von Schrittmotoren für 3 Achsen!
- Phasenströme einstellbar!
- Variable Stromversorgung = einfache Adaption an viele Motortypen!
- Ansteuerung auch über SPS oder Taktgenerator möglich!
- Inklusive Treibersoftware für MS Dos und Windows mit Beispiel Sourcen!
- Anpassung an Ihre Anforderungen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

Nur  
€ 79,-



Technische Daten:

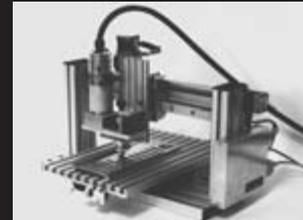
- Anschluss an PC mit Standard-Druckerkabel
- Stromchopperendstufen für Voll- und Halbschrittbetrieb
- optimal für 2- und 4-Phasen-Schrittmotoren
- Versorgungsspannung 15-28 V



**emis**

Zur Drehscheibe 4  
92637 Weiden i. d. Opf.  
Tel. (09 61) 3 20 40, Fax (09 61) 3 14 94  
www.emisgmbh.de

CNC unter Windows®



StepWalk® GRV-3000, mit Steuerung und Software zum  
Gravieren, Fräsen und Bohren von Aluminiumfronten  
Gehäuseteilen oder Leiterplatten. Anschluss an LPT1  
oder LPT2. Verarbeitet HPGL, DING0025, SMD-Dateien  
aus populären Grafikprogrammen wie CorelDRAW usw.  
Bearbeitungsraum 300x240x70mm, Aufspannfläche  
400x250mm, Auflösung 0,005mm/Schritt, Wiederhol-  
genauigkeit < 0,01mm rollengelagerte, spielfreie Präzi-  
sions-Linearführungen, Massive Profilkonstruktion  
Breites Angebot an Zubehör und Sonderlösungen.  
Komplettpreis (ohne Bohr-/Fräsmotor) ab... 1998,- EUR

Datentechnik Dr.Gert Müller GmbH  
Diezstr.2a,53113 Bonn, Tel: 0228-217297, Fax:+261387  
homepage: www.stepwalk.de e-mail: info@stepwalk.de

http://www.decision-computer.de

## ISA + PCI

Computerkarten

RS-232/422/485  
2/4/8-Port Karten  
und Konverter

Watchdog-, Analog-,  
Digital-, Relais- Opto-,  
8255-, Timer-, TTL- I/O

Alle Karten mit vielen Treibern sowie  
Programmierbeispielen.  
Bitte kostenlosen Katalog anfordern!

**MERZ**  
Decision-Computer Jürgen Merz e.K.  
Lengacher Str. 21 - 49536 Lienen  
Telefon 05483-77002  
FAX 05483-77003  
info@decision-computer.de

http://www.decision-computer.de



# NEU Reinigungsroboter selbstgebaut

Heinz W. Katzenmeier

Roboter-Wettbewerbe – wie zum Beispiel die alljährlich ausgetragene Roboter-Fußball-Weltmeisterschaft – sind ein besonderes Highlight, übersteigen allerdings in den meisten Fällen die Möglichkeiten eines Hobbyisten bei weitem. Andererseits ist der Aufbau eines vorgefertigten Bausatzes oder gar der Betrieb eines fertigen Roboters keine echte Herausforderung und wird schnell langweilig, zumal diese Roboter in der Regel auch keine realen Aufgaben erfüllen können. Besonders beeindruckend ist es, wenn ein Roboter sich nicht nur mehr oder weniger geschickt umher bewegt, sondern dabei gleichzeitig noch das Zimmer reinigt.

Dieses Buch stellt verschiedenste Möglichkeiten zum Selbstbau von Reinigungsrobotern vor; angefangen von einfachen mechanisch gesteuerten Wischrobotern bis hin zu komplexen, mikroprozessorgesteuerten Saugrobotern mit diversen Varianten der Hinderniserkennung.

224 Seiten (kartoniert)

Format 17 x 23,5 cm

ISBN 3-89576-166-4

€ 34,80 (D)

€ 35,80 (A)

CHF 59.90

**ROBOTERTECHNIK  
FÜR JEDERMANN**

## REINIGUNGSROBOTER SELBSTGEBAUT



Jetzt direkt beim Verlag ordern mit  
der Bestellkarte am Heftende oder:

**Elektor-Verlag GmbH**  
Süsterfeldstraße 25 • 52072 Aachen  
Tel. 02 41/88 909-0 • Fax 02 41/88 909-77  
vertrieb@elektor.de • www.elektor.de

**Schweiz: Thali AG**  
Industriestraße 14 • CH-6285 Hitzkirch  
Tel. 041/919 66-66 • Fax 041/919 66-77  
bestellung@thali.ch  
**Österreich: Alpha Buchhandel**  
Wiedner Hauptstraße 144 • A-1050 Wien  
Tel. 01/585 77 45 • Fax 01/585 77 45 20  
alpha@austrodata.at

Weitere Infos unter  
www.elektor.de

## Von Lesern für Leser

### „Sound & Music-Box“ als Messgenerator

In meinem beruflichen Umfeld habe ich unter anderem die Aufgabe, Messungen an Verstärker-, Übertragungs- und Ringleitungssystemen für Hörgeschädigte durchzuführen. Einfache Tongeneratoren sind meistens nicht geeignet, da viele Messungen mit komplexen Audiosignalen wie synthetischer Sprache, Musik, Rauschen und anderen ITU-Standardsignalen vorgenommen werden müssen. Mit Hilfe geeigneter Analyse-Software können der Qualitätsverlust, die Sprachverständlichkeit und das dynamische Verhalten der Systeme gemessen werden. Das am Eingang liegende Testsignal wird mit dem Ausgangssignal des Messobjekts (DUT = Device Under Test) verglichen. Notwendig sind nicht nur Messungen im Frequenz-, sondern auch im Zeitbereich. Phasengänge, Totzeiten und Impulsantworten sind ebenfalls Gegenstand der Messungen. Zur Beurteilung von Ringleitungssystemen kann auch die Wiedergabe von Impulsspitzen herangezogen werden, zum Beispiel mit dem Pegel +12 dB während 125 ms.

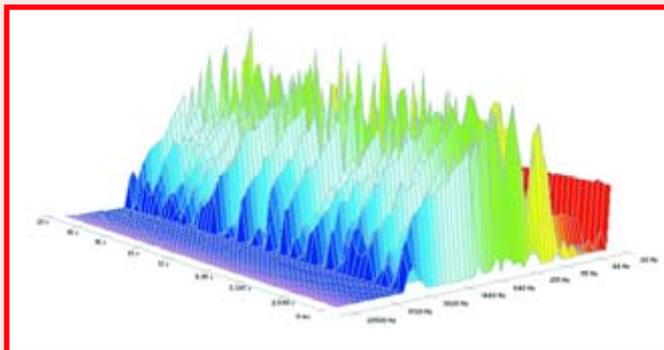
Die benötigten Signale stehen auf CD zur Verfügung, oder sie können von Programmen wie CoolEdit generiert werden (Anm. d. Red.: Jetzt „Audition“ von Adobe). Sinussignale werden auch als Bursts erzeugt, verschiedene Rausch- und sogar DTMF-Signale stehen ebenfalls zur Verfügung. Mit der „Sound & Music-

Unter diesem Titel veröffentlichen wir in der Rubrik Mailbox Schaltungen und Ideen von Lesern, die aus verschiedenen Gründen (Platzbedarf, thematische Spezialisierung o.ä.) nicht zu einem ELEKTOR-Projekt geführt haben beziehungsweise noch entwickelt werden müssen. Diesmal geht es aber um ein Leserprojekt, das eine interessante Anwendung für einen in ELEKTOR bereits veröffentlichten Bauvorschlag beschreibt.



Box - Altes CD-ROM-Laufwerk für neue Aufgaben“ aus ELEKTOR April 2004 habe ich für diesen Zweck einen handlichen Messgenerator aufgebaut. Entstanden ist ein robustes Gerät, das ohne die normalerweise üblichen Verbindungskabel auskommt. Falls das CD-ROM-Laufwerk defekt werden sollte, ist es leicht austauschbar. Sogar ein DVD-Laufwerk ist brauchbar, allerdings können keine DVDs wiedergegeben werden. Raue Behandlung vertragen die bei tragbaren CD- und MP3-Spielern üblichen 3,5-mm-Klinkenbuchsen meis-

tens nicht. Ihre Bedienung erschwert wesentlich die notwendigen komplizierten Prozeduren, die für das Speichern von Tracks in Repeat-Programmen notwendig sind. Eine einfache und schnell reagierende Repeat-Funktion ist bei Messungen an räumlich ausgedehnten Systemen unverzichtbar, da anderenfalls die Bedienung des entfernt aufgestellten Signalgenerators recht mühsam wäre. Die Repeat-Funktion ist dadurch realisiert, dass das „Ende Track“-Signal von den Ausgängen „IMM“ oder „DELAY“ zum Eingang „TRIG“



rückgekoppelt wird (Abspielen aller Tracks in einer Repeat-Sequenz), oder es wird auf einen der acht Track-Starteingänge rückgeführt. Zum Umschalten dient ein Vielfachschalter mit 12 Stellungen. Für die Rückführung zum Triggereingang genügt ein einfacher 10-µF-Elko, die Trackeingänge benötigen jedoch steilere Signale. Dafür sorgen zwei Transistoren (PNP und NPN) zusammen mit zwei Widerständen auf einer Mini-Platine. Am Musteraufbau des Messgenerators sind außerdem zwei symmetrische XLR-Mikrofon-Ausgänge sowie zwei symmetrische Cinch-Line-Ausgänge vorhanden, und ferner ist ein 2 x 15-W-Endverstärker eingebaut (Monacor IPA-222). Die Mikrofon- und Line-Ausgänge sind in Stereo ausgeführt, sie sind von der übrigen Schaltung galvanisch getrennt. Die Spannungsregler IC1...IC4 des Schaltnetzteils (+12 V und +5 V) befinden sich nicht auf der Platine, damit der Aufbau in einem flachen Gehäuse (Monacor UC-202H/SW) untergebracht werden kann.

#### Praxis

Zum Speichern der gemessenen Signale sind Laptops mit Standard-Soundchips wegen des oft schlechten S/R-Verhältnisses wenig geeignet. Die Industrie bietet jedoch qualitativ hochwertige externe A/D-Wandler an, die das Signal digital über eine Firewire- oder USB-Schnittstelle übertragen. Da CDs zum Speichern von Stereosignalen konzipiert sind, können bei der Aufnahme mit dem Laptop das Quellensignal links und das Messsignal rechts gespeichert werden. CoolEdit (bzw. Audition) ist auch in der Lage Testsignale zu generieren, bei

denen zum Beispiel das rechte Signal invertiert oder phasenverschoben zum linken Signal ist. Um 90 ° phasenverschobene Signale sind außerordentlich nützlich, wenn ein sogenanntes „orthogonales“ Ringleitungssystem mit Hilfe von Testschleifen durchgemessen werden soll.

Mitgliedern bestimmter Fachverbände stehen spezielle Mess-CDs zur Verfügung, mit denen auch weniger versiertes Personal qualifizierte Messungen vornehmen kann. Solche Messungen sind später leicht reproduzierbar. Auch die ITU hat diverse CDs herausgebracht, zum Beispiel mit dem Testsignal P50. Dies ist ein synthetisches Sprachsignal mit der Modulation und Dynamik natürlicher Sprache. Zum Testen anderer Kommunikationssysteme und Datenreduktionsverfahren wurden von der ITU komplexe Testsignale entwickelt, die spezifisch für unterschiedliche Geräte- oder Systemklassen verfügbar sind.

### Ausblick

Gestützt auf die gewonnenen Erfahrungen steht der Entwicklung eines ausgereiften, CD-basierten Messgenerators nichts im Weg. Sicher wäre eine Tracknummer-Anzeige nützlich, die direkt gewählten Tracks könnten in FIFO-Folge in einem Wiedergabespeicher abgelegt werden. Eine Play-Funktion könnte die Wiedergabeliste starten, während eine Repeat-Funktion für die kontinuierliche Wiederholung der Wiedergabeliste sorgt. Der Mustersaufbau auf der Basis der von ELEKTOR im April 2004 veröffentlichten „Sound & Music-Box“ ist trotz einiger noch vorhandener Schönheitsfehler bereits jetzt ein voll einsatzfähiges Messgerät.

**Willem K. Verhoog**

### Reisepass auslesen mit ELEKTOR-RFID-Reader

Ich wollte Sie nur darauf hinweisen, dass demnächst jeder Staatsbürger eine interessante „RFID-Karte“ besitzen wird, wenn er einen neuen Reisepass beantragt hat: seinen Reisepass.

Zumindest die Antikollisionsroutine bis zum Auslesen der UID kann man mit den beiden Readern aus dem Septemberheft auslesen, denn die eigentlichen Passdaten sind ja verschlüsselt und werden mit einer höheren Datenrate übertragen.

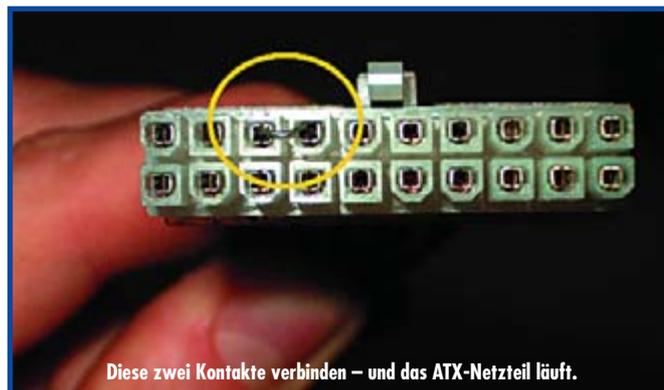
**Arno Neumann**

*Sie haben ganz Recht, darauf hätten wir auch hinweisen können. Im Juniheft dieses Jahres hatten wir schon einen Artikel über den Reisepass (übrigens auch von Gerhard Schalk, dem Entwickler des ELEKTOR-RFID-Readers). Dort ist zu lesen, dass der Reisepass über eine kontaktlose Schnittstelle nach ISO/IEC14443 verfügt, die auch unser Reader bereitstellt. Allerdings erhält man bei jedem Lesen eine andere UID angezeigt, weil der Pass-Chip aus Datenschutzgründen anstelle der UID immer nur eine zufällig erzeugte Zahl (Random ID) aussendet.*

### PC-Schaltnetzteil für Fensterantrieb

Auf Seite 50 des Januarheftes (2006) empfehlen Sie für die 12-Volt-Betriebsspannung ein Netzteil aus einem ausgedienten PC. Ich habe nun ein solches Netzteil ergattern können mit der Bezeichnung: Newton Power Ltd. Model: NPS-200PB-121A

Das Problem ist, dass bei eingeschaltetem Netzteil keine Spannung an den Ausgängen anliegt, obwohl im eingebauten Zustand der PC normal mit Power versorgt wurde. Auch der interne Lüfter läuft nicht. Mit anderen Worten: Wenn es nicht in den PC eingebaut ist, liefert das Netzteil anscheinend keine Spannung mehr. Kön-



Diese zwei Kontakte verbinden – und das ATX-Netzteil läuft.

nen Sie mir einen Tipp geben, wie ich das Netzteil eventuell überlisten kann?

**Herbert Saxer**

*Den Tipp haben wir in ELEKTOR schon veröffentlicht, und zwar im Workshop-Artikel „Halogen-Power“ in Heft 4/2006 auf Seite 64 in Bild 6, das wir hier noch einmal wiedergeben. Auf diesem Foto ist genau zu sehen, welche Kontakte man miteinander verbinden muss, damit das ATX-Netzteil auch außerhalb des Computers funktioniert.*

### Harte Nuss

Wirklich eine Herausforderung, das Alphadoku im Halbleiterheft! Für mich war die Herausforderung, ein Programm in MS-Excel zu schreiben, das mir beim Lösen etwas hilft. Am Schluss hatte ich ein Programm, das Sudoku-Rätsel automatisch ausfüllt. Normale Sudoku und auch die bereits erschienenen Hexadoku werden ohne Probleme gelöst. Aber beim Alphadoku bleibt das Programm nach einiger Zeit stehen, weil es keine eindeutige Möglichkeit mehr findet. Meiner Meinung nach steckt in diesem Rätsel ein Fehler – es ist so nicht lösbar.

**Franz Tresch**

*Das Alphadoku war tatsächlich eine harte Nuss, die aber zu knacken war. Trotz des sehr hohen Schwierigkeitsgrads haben viele Leser die Herausforderung angenommen. Und das nicht nur mit Papier und Bleistift, sondern – wie*

*Sie – auch mit einem Programm für den PC.*

*Ihre Vermutung, dass es keine eindeutige Lösung gab, wurde auch von einigen anderen Lesern geäußert. Wir können nicht hundertprozentig ausschließen, dass es bei so einem großen Rätsel mehr als nur eine Lösungsmöglichkeit gibt. Ein Computerprogramm kann dann Probleme bekommen und festlaufen.*

*Allerdings haben alle bis zum Schreiben dieser Zeilen (22. August) eingesandten vollständigen Lösungen mit unserer Lösung übereingestimmt. Wir gehen daher davon aus, dass folgende Lösung die einzig richtige ist: IDRFBV.*

*Insgesamt waren es bis zu diesem Zeitpunkt immerhin schon 49 richtige Lösungen, darunter auch solche, die von einem selbst geschriebenen Programm gefunden wurden (mit zwei Stunden Rechenzeit, wie uns Peter Zeller berichtete). Ein Kompliment an unsere Leser, das war eine tolle Leistung!*

**Harry Baggen**

**(niederländische Redaktion)**

### Dampfradio digital

Die ELEKTOR-Schaltungen in Röhrentechnik von Burkhard Kainka fand ich sehr interessant. Ich habe noch ein altes Röhrenradio. Leider ist es nicht mehr reparabel, aber das Gehäuse ist einfach zu schön zum Wegwerfen. Daher hatte ich folgende Idee:

Da ja bald alles digitalisiert wird, würde ich gerne auf dieser Basis einen Empfänger

# Updates, Bezugsquellen und Nachlese

**Batterieschoner, ELEKTOR Juli/August 2006, S. 55**  
 Leider fehlte die Autorenangabe: „Von Malte Fischer“.

**Achtkanal-Oszilloskopvorsatz, ELEKTOR Juli/August 2006, S. 128**

Bei IC1 ist in der Schaltung die Typenbezeichnung weggefallen. Es handelt sich um ein 74HCT14. Bei IC2 fehlt die Typenbezeichnung im Schaltplan ebenfalls, ist aber im Text mit 74HC393 korrekt angegeben. Bei IC3 steht die richtige Typenbe-

zeichnung 74HCT151 auch im Text, im Schaltplan steht aber 74HC151. Um alle Zweifel zu beseitigen, hier noch einmal die vom Autor angegebenen Typenbezeichnungen:  
 IC1 = 74HCT14  
 IC2 = 74HC393  
 IC3 = 74HCT151  
 IC4 = LT1227

**Amperestunden-Kontrollleur, Elektor April 2006, S. 28**

Murata hat die Typenbezeichnung der in der Schaltung

verwendeten Spulen (L1 und L2) geändert: von BLM21P221SG in BLM21PG221SN1J.

**Laufschrift, ELEKTOR November 2003, S. 18**

Für das Laufschrift-Projekt mit dem ELEKTOR-Flash-Board gibt es vom Autor Wilfried Wätzig eine Software-Erweiterung (Datei: runtxc2.asm) mit folgenden Funktionen:

- der Start-Text wird nicht im EEPROM gespeichert,
- ein Textfeld wird zum

Abspeichern von Steuer-Kommandos genutzt,  
 - mit den Steuer-Kommandos können wiederholte Display-Anweisungen angegeben werden,  
 - eine Funk-Tastatur mit Scan-Code 2 wird erkannt,  
 - alle Kommentare wurden in das Englische übersetzt.

Die neue Software steht auf der Projektseite des Artikels unter „Gratis-Software“ mit der Nummer 020407-12.zip zum Download bereit. Die Projektseite findet man bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de) am schnellsten unter „Suche“ mit der Eingabe „Laufschrift“.

in Röhrentechnik, aber mit Platinen bauen. Mit DRM und DAB in Hybridtechnik und Punktmatrixanzeige oder Grafik-Display für die Senderanzeige im Großformat (zwecks Ersatz der alten Senderskala im Röhrenradio!). Über Schaltungsvorschläge in Ihrer Zeitschrift würde ich mich freuen.

**Jürgen Schurr**

*Das wäre wirklich ein echtes Liebhhaberprojekt. Röhren könnte man gerade noch ganz am Anfang und am Ende der Signalverarbeitung einsetzen, nämlich für die erste HF-Stufe am Antenneneingang und für den NF-Verstärker zwischen D/A-Wandler und Lautsprecher. Dazwischen wäre schon alles digital. Das Problem sind die Signalprozessoren und/oder Module für DAB und DRM. Zur*

*Verwendung in einem eigenen Projekt gibt es noch nichts Passendes. Aber was nicht ist, kann ja noch werden, und das Röhren-Radio-Gehäuse ist bei sachgemäßer Lagerung sicher noch lange zu gebrauchen...*



**Genauere Werte?**

Von einem Kollegen erhielt ich Ihren Artikel über einen elektronischen Blinkgeber aus Heft 11/2005. Dazu meine Frage: Sie führen für die Kondensatoren Werte von 150 µF bzw. 270 nF auf. Die erhältlichen Werte sind aber 100 - 220 - 470 gestaffelt.

Was ist zu tun, damit die Schaltung funktioniert?

**Andreas Röder**

*Wir haben in unserem Labor zwar auch 150 µF und 270 nF, aber es kommt wirklich nicht so genau darauf an. Für C1 sind auch 220 µF ganz in Ordnung, und für C2 220 nF. Wenn die Blinkfrequenz nicht gefällt, können Sie R3 ändern: Widerstand größer = Schaltung blinkt langsamer und umgekehrt (Widerstand kleiner = Schaltung blinkt schneller).*

*Die Auswahl von Bauteilen mit Werten und Toleranzen behan-*

*delt auch unser Senior-Entwickler Karel Walraven in seiner Rubrik „Laborgeflüster“ in ELEKTOR 12/2005 auf Seite 63. Lesenswert!*

## Alphadoku-Lösung (zu ELEKTOR Juli/August 06)

T	E	H	Q	R	O	P	K	M	X	N	D	U	I	W	B	V	G	J	F	A	S	L	Y	C
Y	D	P	A	B	R	N	L	W	S	G	C	J	K	M	X	U	O	E	H	T	I	V	F	Q
J	N	F	G	I	H	V	Y	T	E	O	X	L	B	Q	M	C	A	S	R	P	U	K	W	D
W	L	X	K	V	B	D	J	U	C	S	H	F	A	E	P	I	T	Y	Q	O	N	M	R	G
S	U	C	O	M	G	A	I	F	Q	P	R	Y	V	T	N	L	D	K	W	J	E	B	H	X
D	T	E	H	P	F	Y	V	J	K	U	B	C	R	N	L	A	Q	X	M	I	G	O	S	W
M	O	L	J	C	D	B	W	X	T	V	S	I	H	P	Y	F	N	G	E	R	Q	U	K	A
G	V	R	B	N	Q	M	E	S	A	X	J	K	L	F	U	W	H	O	I	D	T	Y	C	P
U	S	W	F	Q	I	O	P	L	G	T	M	A	E	Y	R	K	C	B	D	X	H	N	J	V
I	K	A	Y	X	C	H	R	N	U	D	O	Q	W	G	V	J	S	P	T	L	B	E	M	F
O	W	Q	V	U	M	T	S	Y	B	A	G	X	F	C	I	N	L	H	P	E	K	J	D	R
C	R	N	S	D	L	W	H	O	P	M	I	T	Y	J	K	E	U	F	X	Q	A	G	V	B
F	M	T	X	G	J	C	A	K	N	E	W	S	U	R	Q	D	B	V	Y	H	L	P	I	O
B	I	J	P	Y	U	O	G	E	V	H	L	N	D	K	T	R	W	A	O	F	C	S	X	M
E	H	K	L	A	X	I	D	R	F	B	V	P	Q	O	S	G	M	C	J	N	Y	W	T	U
A	P	S	U	E	L	T	H	D	J	Y	V	G	X	C	M	I	R	B	W	F	Q	N	K	
Q	F	M	R	W	V	U	B	A	Y	I	P	O	C	S	D	T	E	N	K	G	J	X	L	H
N	C	G	I	T	K	R	X	Q	O	W	E	B	M	A	F	H	J	U	L	S	V	D	P	Y
H	X	B	D	L	P	J	N	G	W	F	K	R	T	U	O	S	Y	Q	V	C	M	A	E	I
K	Y	V	E	J	S	F	C	I	M	L	Q	H	N	D	A	P	X	W	G	U	O	R	B	T
V	J	Y	M	K	A	S	F	D	L	C	N	G	X	H	W	O	R	T	U	B	P	I	Q	E
X	Q	D	N	H	Y	G	U	C	J	K	T	W	O	V	E	B	P	I	S	M	R	F	A	L
P	B	O	C	F	T	E	Q	V	I	R	A	D	S	L	G	X	K	M	N	Y	W	H	U	J
L	G	I	T	S	W	K	M	P	R	Y	U	E	J	B	H	Q	F	D	A	V	X	C	O	N
R	A	U	W	E	N	X	O	B	H	Q	F	M	P	I	J	Y	V	L	C	K	D	T	G	S

## 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 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

# elekTermine

## SEPTEMBER

**25. - 26.** Stuttgart, Haus der Wirtschaft  
**f-cell Symposium**

Forum und Messe für Produzenten und Anwender der Brennstoffzelle. Bereiche: Fahrzeugtechnik, Stromerzeugung in Haushalten, Brennstoffzellen in tragbaren Geräten.  
[www.f-cell.de](http://www.f-cell.de)

**25. - 28.** Bad Homburg, Steigenberger Hotel  
**CARTS Europe 2006**

Auf dieser Konferenz werden technische Innovationen auf dem Gebiet der passiven Bauelemente vorgestellt (Anwendungen, Werkstoffe u.a.).  
[www.zvei.org/index.php?id=881](http://www.zvei.org/index.php?id=881)

**26. - 28.** Nürnberg, Berufsförderungswerk  
**Seminar zum TFH-System One**

Das Mikrocontroller-Lehr- und Lern-System auf Basis des bekannten AT89C51ers steht im Mittelpunkt dieses dreitägigen Seminars.  
[www.palmtec.de](http://www.palmtec.de)

**26. - 1.10.** Köln, Messegelände  
**Photokina**

Dank der Digitaltechnik gibt's auch auf dieser Foto- und Videomesse eine Menge Elektronik zu sehen. Für Fachbesucher und „Endverbraucher“.  
[www.photokina.de](http://www.photokina.de)



Immer schön lächeln heißt es auf der Photokina in Köln (Foto: Koelnmesse GmbH).

**27. - 28.** Dortmund, Hilton Hotel  
**Wireless Technologies**

Der jährliche Kongress hat in 2006 die Schwerpunkte Automotive, Gebäudeautomation und Automatisierung. Mit Workshops und Ausstellung.  
[www.mesago.de](http://www.mesago.de)

## OKTOBER

**4. (+ 13 weitere Termine)**

Göttingen (+ 13 weitere deutsche Städte)

**Welcher Bus ist optimal?**

Von USB bis PXI Express reicht das Gratis-Seminar des Messtechnikriesen National Instruments. Ein LabView-Software-Projekt wird live erstellt.

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

**9. + 10. + 11. + 12. + 13.**

Nürnberg / Stuttgart / Köln / Hannover / Berlin

**Dewetron Seminar**

Kostenloses Halbtages-Seminar des Messtechnik-Herstellers Dewetron über Signal-konditionierung/Sensorik, zeitsynchrone Messdatenerfassung und mehr.  
[www.dewetron.com/de/news/events](http://www.dewetron.com/de/news/events)

**10. - 13.** Wien, Messezentrum  
**1. Vienna TEC**

Sechs Fachmessen (Elektronik, Automatisierung, Messtechnik u.a.) finden hier gleichzeitig statt. Darunter die Industrieelektronik-Messe IE.  
[www.vienna-tec.at](http://www.vienna-tec.at)

**18.** Baden-Baden, Kongresshaus  
**Fahrzeugelektronik im Fokus**

Vom VDI veranstaltete Kurztagung mit Ausstellung. Kraftstoffersparung mit Elektronik, Diagnose, Nutzfahrzeugelektronik und Licht heißen die Schwerpunkte.  
[www.wissensforum.de/index.php?id=102](http://www.wissensforum.de/index.php?id=102)

**18. - 20.** Berlin, Messegelände  
**Belektro**

Schwerpunkte dieser Regionalmesse sind unter anderem: Licht, Messtechnik, Regelung und Steuerung, Energieversorgung, Gebäudetechnik, Sicherheit.  
[www.belektro.de](http://www.belektro.de)

**23. - 25.** Aachen, Eurogress  
**VDE-Kongress 2006**

Auf dem Programm stehen fünf Fachtagungen mit 150 Beiträgen. Außerdem präsentieren junge Forscher Innovationen aus Elektronik und IT.  
[www.vde.com/kongress2006](http://www.vde.com/kongress2006)

**23. - 27.** München, Neue Messe  
**Systems**

Internationale Fachmesse für IT, digitale Medien und Telekommunikation mit umfangreichem Kongressprogramm. Im Vordergrund steht der Business-to-Business-Sektor.  
[www.systems-world.de](http://www.systems-world.de)

**24. - 25.** Frankfurt, Sheraton Conference Center (am Flughafen)  
**Plastic Electronics**

Top-Event: Konferenz und Ausstellung zu allen Bereichen der organischen Elektronik wie Displays, Solarzellen, Labels & Tags, Akkus und mehr.  
[www.plastictronics.org/site/home.php](http://www.plastictronics.org/site/home.php)

**26. - 29.** Stuttgart, Messegelände Killesberg  
**Hobby & Elektronik**

Computer, PC-Zubehör und -Spiele, Elektronik, Telekommunikation sowie Multimedia sind die Schwerpunkte dieser bekannten Verbrauchermesse.  
[www.messe-stuttgart.de/hobby/](http://www.messe-stuttgart.de/hobby/)



Auf der „Hobby & Elektronik“ lassen sich mitunter Schnäppchen machen (Foto: Messe Stuttgart).

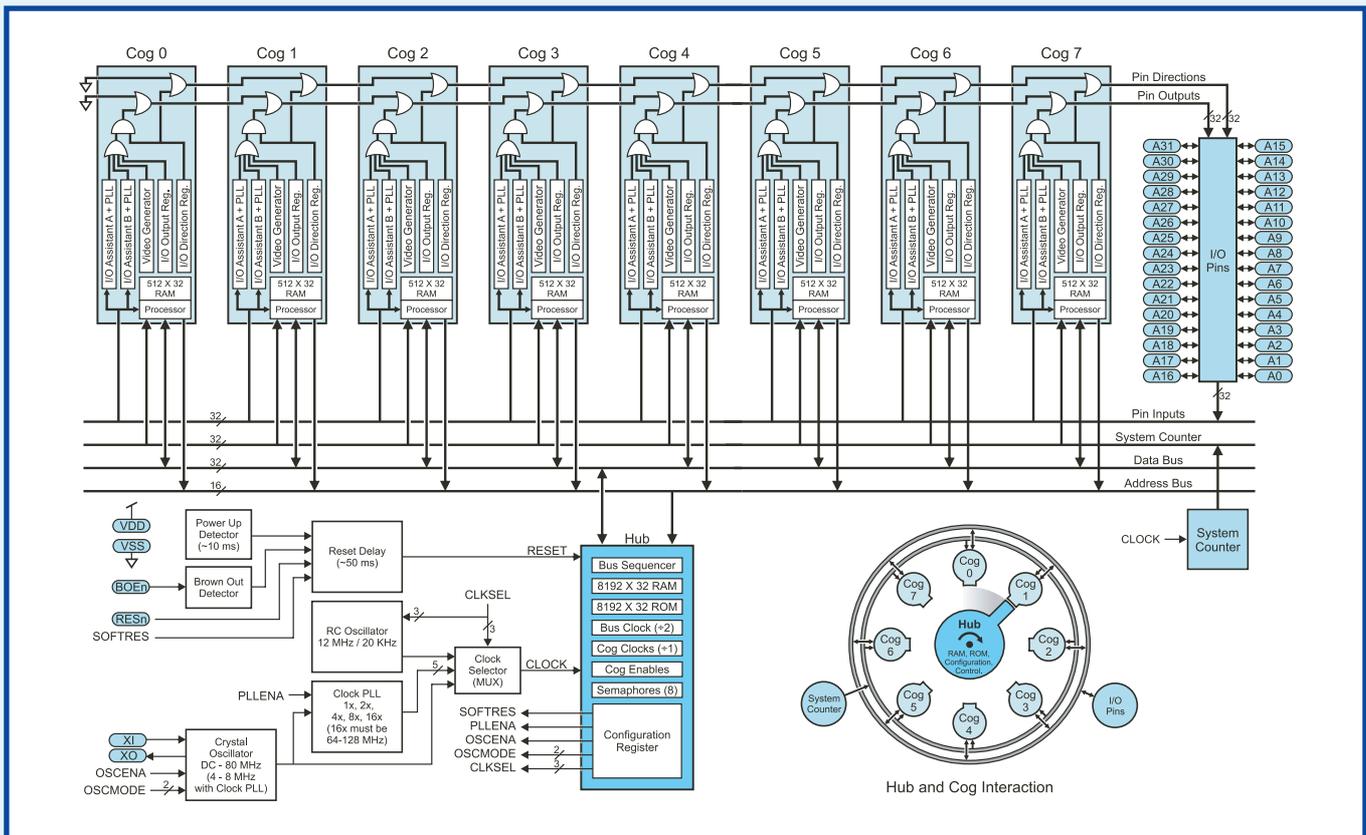
# „Propeller“ – ein Multi-Core-Controller

Neu entwickelte Mikroprozessoren versetzen auch den Profi immer wieder in Erstaunen. Aus der Schmiede des amerikanischen Halbleiter-Herstellers Parallax kommt der „Propeller“-Chip, der diesen Eindruck noch einmal bestätigt. Der in acht Jahren Entwicklungszeit herangereifte 32-bit-Mikroprozessor arbeitet mit acht Prozessorkernen, hier „COGs“ genannt. Die acht Prozessorkerne greifen gemeinsam unter anderem auf ein 32-KByte-ROM, ein 32-KByte-RAM und 32 I/O-Leitungen zu. Ein interner Systemmanager, hier „Hub“ genannt, koordiniert die Verteilung der Tasks auf die COGs.

Der Systemtakt steuert normalerweise alle COGs synchron, die COGs können jedoch auch von unterschiedlichen Taktsignalen

Beim Einsatz der chipeigenen Programmiersprache „Spin“ werden Instruktionen in maximal vier Taktperioden abgearbeitet. Die Prozessorleistung beträgt folglich  $8 \cdot 20 = 160$  MIPS. Für die zukünftige Weiterentwicklung ist daran gedacht, die Ausführungszeit auf einen einzigen Taktimpuls zu reduzieren. Angestrebt werden unter anderem noch wesentlich höhere Taktfrequenzen. Und sparsam ist der neue Baustein auch: Bei der sehr niedrigen Taktfrequenz 20 kHz und nur einem COG in Betrieb nimmt der „Propeller“ lediglich 3  $\mu$ A Strom auf!

Der Chip wird im 40-Pin-DIP-, 44-Pin-QFP- und 44-Pin-QFN-Gehäuse gefertigt. Die Software (Editor, Compiler, Downloader und Tools) ist



gesteuert werden. Der Systemtakt liegt ferner an einem Register, das den Namen „System counter“ hat. Dieser 32 bit breite Read-only-Counter wird von den Taktimpulsen hoch gezählt, er kann über das Register „cni“ von allen COGs gelesen werden. Das Kommando „waitcnt“ veranlasst den COG, einen beliebig vorgegebenen Registerwert abzuwarten. Damit ist das Implementieren von Echtzeit auf einfache Weise möglich.

Zugriffe auf das RAM werden vom Hub gesteuert. Der Hub stellt sicher, dass nicht zwei COGs gleichzeitig RAM-Inhalte lesen oder verändern können. Andernfalls würde die Gefahr bestehen, dass Fehlfunktionen im Programmablauf auftreten. Eine unübersehbare Stärke des gemeinsamen RAM ist der unkomplizierte Informationsaustausch zwischen den COGs und den von ihnen abzuarbeitenden Prozessen.

Die Sprache, in welcher der „Propeller“ programmiert werden kann, heißt „Spin“. Diese objektorientierte Sprache enthält viele Elemente anderer bekannter Sprachen wie zum Beispiel C++ und Java. Die Programmiersprache „Spin“ ebnet erheblich den Weg zur effizienten Anwendung der Multiprozessor-Architektur des „Propeller“.

Der Chip arbeitet mit einer Taktfrequenz von 80 MHz. Wenn sämtliche COGs beschäftigt sind, liegt sein Strombedarf bei 75 mA.

zusammen mit einer umfangreichen Programmmodul-Bibliothek und zahlreichen Programmbeispielen frei erhältlich. Das mehrere hundert Seiten umfassende Handbuch steht als PDF-Dokument und auch als Print-Ausgabe zur Verfügung.

Wesentlich erleichtert wird die Programmentwicklung durch ein kostengünstiges, USB-basiertes Entwicklungskit, das mit einem eigenen seriellen EEPROM ausgestattet ist.

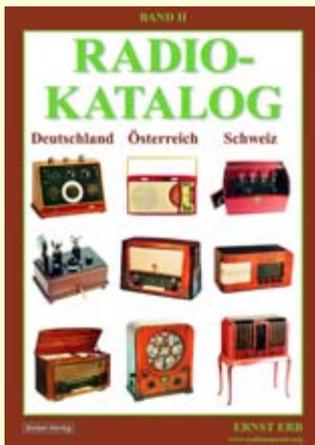
(067181)gd

**Weitere Informationen:**  
[www.parallax.com/propeller](http://www.parallax.com/propeller)

**Vertrieb für Deutschland:**  
[www.elektronikladen.de](http://www.elektronikladen.de)  
[www.sander-electronic.de](http://www.sander-electronic.de)

In ELEKTOR Juli/August 2006, Seite 69, wurde eine Schnittstellenschaltung beschrieben, mit welcher der „Propeller“ über eine RS232-Schnittstelle programmiert werden kann (das Entwicklungskit hat lediglich einen USB-Anschluss on board). Der Artikel ist natürlich auch auf der ELEKTOR-Website unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de) zum Download erhältlich.

# Bücher



## Radio-Museum

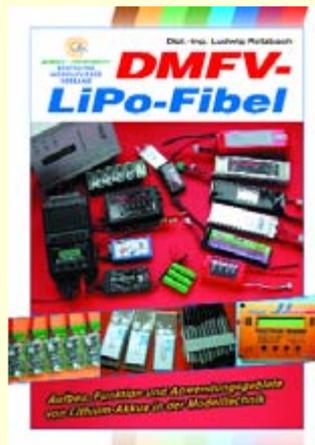
Von Sammlern (nicht nur) für Sammler: Der Autor führt ein virtuelles Radio-Museum im Internet ([www.radiomuseum.org](http://www.radiomuseum.org)) und die Stiftung Radiomuseum. Mitglieder der Stiftung haben eine Fülle an Daten und Bildern zu alten Radios und Audiogeräten zusammengetragen. Auch Nicht-Mitglieder können in diesem Museum nachsehen, ob dort vielleicht ein altes Radio bekannt ist, das sie gerade auf dem Dachboden entdeckt haben. Bei Bedarf hilft die Stiftung dann sogar mit Schaltplänen und weiteren Daten weiter.

Das Internet ist die eine, ein Buch zum Radiomuseum die andere Seite. Im Band I wurden bereits die weit verbreiteten Radios großer Firmen wie AEG, Siemens und Grundig aufgelistet. Im Band II liegt der Schwerpunkt auf den älteren und selteneren Modellen. Kaum zu glauben: Das Buch listet allein 4.500 Geräte aus Österreich, 2.850 aus der Schweiz und 16.400 Radios aus Deutschland auf! Zu jedem Radiogerät findet man Daten wie die Röhrenbestückung, die Wellenbereiche und den ehemaligen Listenpreis. Besonders ansprechend sind die vielen, meist bunten Bilder. Dazu gibt's Hintergrundinformationen zur Entwicklung des Rundfunks.  
*Burkhard Kainka*

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

**Ernst Erb:**  
„Radio-Katalog Band II“

Siebel-Verlag  
400 Seiten, gebunden  
ISBN 3-88180-652-0  
76,00 €



## LiPo-Fibel

Beim Elektroantrieb von Modellen aller Art gehört den Lithium-Ionen- und Lithium-Polymer-Akkus die Zukunft. Sie überzeugen vor allem durch eine hohe Energiedichte und ein geringes Gewicht – auf Grund des leicht entzündlichen Lithiums sind allerdings auch ein paar Regeln zu beachten. Vielleicht gehen deshalb viele Modellbauer immer noch zögerlich an diese neue Technologie heran. Mit der LiPo-Fibel hat der Deutsche Modellflieger Verband (DMFV) nun ein kleines Manual herausgebracht, in dem technisch interessierte Modellbauer alles Nötige zur korrekten Handhabung von Lithium-Akkus finden. Antriebs-Experte Ludwig Retzbach – vielen ELEKTOR-Lesern durch seinen Artikel über bürstenlose Gleichstrommotoren bekannt – stellt auf 68 Seiten Aufbau und Funktion von LiPos sowie ihre vielseitigen Anwendungen in der Modelltechnik vor. Gut gegliedert und reichlich bebildert ist die Fibel vor allem etwas für die Praxis – dass das Büchlein kein ausgewachsenes Akku-Fachbuch ersetzen kann, ist klar. Doch wer einfach mehr über den Umgang mit den modernen wiederaufladbaren Stromquellen wissen möchte, ist hier gut bedient.

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

**Ludwig Retzbach:**  
„DMFV-LiPo-Fibel“

Deutscher Modellflieger Verband  
64 Seiten, Paperback  
Bezug direkt beim DMFV  
12,00 €



## HDTV-Kompendium

Hochauflösendes Fernsehen ist außerhalb Europas – wie etwa in Amerika, Japan und Australien – längst Realität. Leider hinkt unser guter alter Erdteil – und damit auch Deutschland – wieder einmal um Jahre hinterher. Jetzt will man allerdings aufholen – nach ein paar Anlaufschwierigkeiten stehen zumindest Set-Top-Boxen für den HDTV-Satellitenempfang bei den Händlern. Diese hoch aufgelösten TV-Programme müssen allerdings beim Anbieter Premiere bezahlt werden, werbefinanzierte HDTV-Inhalte sind noch sehr rar. Doch werden diese genauso kommen wie HDTV-Filme auf den neuen Disc-Formaten Blu-Ray und HD-DVD. Das Buch mit dem schlichten Titel „HDTV“ beleuchtet all diese Entwicklungen und vermittelt „Endverbrauchern“ so einen guten Einstieg. Auf diese Zielgruppe sind auch die Kapitel über die erforderliche Hardware für Wiedergabe und Aufzeichnung (Tuner, PC-Karten, Displays, Projektoren, HDTV-Videokameras, Kabel und so weiter) zugeschnitten. Technisch allzu sehr in die Tiefe geht das Buch daher nicht, es stellt aber einen umfassenden und aktuellen Rundumschlag zum Thema HDTV in Deutschland dar.

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

**Thomas Riegler:**  
„HDTV“

VTH-Verlag, 2006  
128 Seiten, Paperback  
ISBN 3-88180-825-6  
14,80 €



## Reinigungs-Roboter

Der Bau eines Roboters stellt eine besondere Herausforderung dar, da Fachgebiete wie Elektronik, Mechanik und Informatik berührt werden. Besonders beeindruckend ist es da, wenn sich das Endergebnis nicht nur mehr oder weniger geschickt umher bewegt, sondern dabei gleichzeitig noch einen echten Nutzen hat. Erste kommerziell erfolgreiche Produkte dieses Typs sind Saugroboter, die selbstständig das Zimmer reinigen. Allerdings sind diese trendigen Maschinen noch sehr teuer. Gut, dass es den ELEKTOR-Verlag gibt, der mit diesem Buch wieder einmal beweist, dass auch der Selbstbau machbar ist. Vorge stellt werden die verschiedensten Möglichkeiten und Modelle; angefangen von einfachen mechanisch gesteuerten Wischrobotern bis hin zu komplexen, mikroprozessorgesteuerten Saugrobotern mit diversen Varianten der Hinderniserkennung. Dabei legt der Autor Heinz W. Katzenmeier besonderen Wert auf die einfache und preiswerte Herstellung der sauberen Gesellen. Auch Theoriekapitel – wie zum Beispiel über Reinigungstechniken – dürfen da natürlich nicht fehlen.

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

**Heinz W. Katzenmeier:**  
„Reinigungsroboter selbstgebaut“

Elektor-Verlag, 2006  
223 Seiten, Paperback  
3-89576-166-4  
34,80 €

# USB-Programmer

Die neuen USB-Programmer von Dataman eignen sich für eine Vielzahl von Speicher- und Logikbausteinen. Die Programmiergeräte sind mit einem USB2-Interface ausgestattet, was vor allem jenen Entwicklern entgegenkommt, die mit einem Laptop arbeiten.

Der Dataman-40Pro ist ein kleiner und schneller Programmer mit einem 40-Pin-Sockel. Unterstützt werden diverse Speicher- und Logikbausteine, inklusive der neuesten Low-Voltage-Chips. Das kompakte Gerät eignet sich vor allem für den mobilen Einsatz. Wer auf noch höhere Programmiergeschwindigkeiten Wert legt, sollte zum Dataman-48Pro greifen. Hiermit sind über 25.000 Halbleiter-Typen programmierbar, vom 1,5-V- bis zum 5-V-Baustein. Verbindet man mehrere der 48Pro-Programmer mit demselben PC, lässt sich eine große Zahl von Chips in kurzer



Zeit programmieren. Auch das gleichzeitige Beschreiben mehrerer ICs mit verschiedenen Daten ist in dieser Konfiguration möglich. Der Dataman-40Pro und der Dataman-48Pro verfügen über einen In-System-Programmier-Adapter mit JTAG-Interface; beim Programmieren können die Chips also in der Anwendung verbleiben. Nach oben abgerundet wird die Geräteserie durch den Dataman-448Pro für große Stückzahlen, welcher über vier voneinander unabhängige Programmiermodule verfügt.

Alle genannten Programmer werden über eine anwenderfreundliche Windows-Software bedient. Software-Updates kann man gratis von der Firmen-Website herunterladen. In Deutschland werden die Programmer von Farnell vertrieben.

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

Anzeige

## PCB-POOL®

**1 EUROKARTE**  
+ Einrichtung  
+ Photoplot  
+ MwSt.

= € 49,-\*

\*Preisbeispiel für 8 AT  
zzgl. Versandkosten  
UPS Standard € 6,40

**WATCH "ur" PCB®**  
Überwachen Sie die Produktion Ihrer Leiterplatten in  
**NEU! REALTIME NEU!**

ROHS / WEEE  
konform

**Pünktlich oder KOSTENLOS!**  
© 2006 PCB-POOL

Tel.: 0 61 20 / 90 70 10  
 Fax: 0 61 20 / 90 70 14  
[beta-layout@pcb-pool.com](mailto:beta-layout@pcb-pool.com)

Einfach Datei senden  
und ONLINE bestellen:

# PCB-POOL.COM

## USB-Oszilloskop mit Logik-Analyser

Das PoScope ist ein 2-Kanal-Oszilloskop mit Logik-Analyser und vielen anderen Features zum Anschluss an den PC. Das bei SyWiTec erhältliche Gerät verfügt über verschiedene Trigger-Funktionen (absolut, differential, extern) sowie eine einstellbare Pretrigger-Funktion. Hinzu kommen eine Spannungs- und Frequenz-Messung, Filterfunktionen und Signalanalysen. Das Gerät kann darüber hinaus auch als Logik-Signalgenerator

mit frei wählbarer Signalform verwendet werden. Highlight ist die 16-Kanal-Logik-Analyse mit bis zu 8 MHz Abtastrate, die ebenfalls über umfangreiche Trigger-Funktionen verfügt. Ein Dekoder für diverse Schnittstellen (UART, SPI, I<sup>2</sup>C, 1-Wire) ist integriert. Mit Software auf CD und USB-Kabel kostet das Gerät rund 133 Euro inklusive Mehrwertsteuer.

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

## Sonderheft Mikrocontroller

Mikrocontroller-Fans sollten sich schon mal jetzt den 18. Oktober dick im Kalender anstreichen. Denn da erscheint nicht nur die ELEKTOR-Ausgabe November 2006, die mit einem USB-ARM-Konverter, einer Vorstellung der besten Entwürfe unseres R8C-Wettbewerbs und einem Chipkarten-Programmierer bereits eine Menge zum Thema bietet. Gleichzeitig liegt auch das erste ELEKTOR Mikrocontroller-

Sonderheft am Kiosk. Randvoll ist es mit Projekten, Grundlagen-Infos und Praxistipps. Alles geschrieben von kompetenten Experten und für Fortgeschrittene und Einsteiger gleichermaßen geeignet. Das Special zum Preis von 16,90 Euro - dem ebenfalls eine CD-ROM mit reichlich Software beiliegt - kann man jetzt schon auf unserer Website vorbestellen!

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



## USB-Fundgrube

Die neue ELEKTOR-CD-ROM namens „USB Toolbox“ enthält neben grundlegenden Informationen zur USB-Schnittstelle eine Fülle von Daten verschiedener ICs – sowohl Mikrocontroller mit integrierter USB-Schnittstelle als auch spezielle USB-Controller werden behandelt. Die CD informiert dabei – unterteilt in die Abschnitte „Controller“, „Hub“, „Mikrocontroller“ und „Other“ über alle für verschiedene Anwendungsbereiche in Frage kommenden Bausteine. Enthalten sind auch die Original-Datenblätter der betreffenden Chips.

Für viele Entwickler dürfte die sehr umfangreiche Software-Sammlung am interessantesten sein, die Treiber, Tools und Komponenten für Windows, Delphi und viele Mikrocontroller-Familien bietet.

Während dieser „Toolbox“-Teil in Englisch gehalten ist, stehen ELEKTOR-Artikel und -Projekte auf der CD auch auf Deutsch zur Verfügung. Natürlich ist die benötigte Software ebenfalls mit dabei. Zu bestellen ist die USB-Toolbox-CD im ELEKTOR-Shop (siehe hintere Hefeseiten und die ELEKTOR-Website).

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

Zum dritten Mal auf Platz 1!  
EAGLE 4.1 ist  
Produkt des Jahres 2004

Die Leser der Fachzeitschrift *Elektronik* haben auch die Mac-Version zum besten Produkt in der Kategorie CAE/CAD gewählt.



**EAGLE 4.1**  
Schaltplan · Layout · Autorouter

## Aus gutem Grund die Nummer eins.

Platinen, die mit EAGLE entwickelt wurden, befinden sich in Patientenüberwachungsgeräten, Chipkarten, Trockenrasierern, Hörgeräten, Autos und Industriesteuerungen. Sie sind klein wie ein Daumnagel oder groß wie ein PC-Motherboard. Sie wurden in Einmannbetrieben oder Großkonzernen entwickelt.

Unter den Top-100-Unternehmen in Deutschland dürfte es kaum eines geben, in dem EAGLE nicht eingesetzt wird. Der entscheidende Grund für den Einsatz von EAGLE ist meist nicht der günstige Preis, sondern die einfache Handhabung. Hinzu kommt der hervorragende Support, der bei CadSoft grundsätzlich kostenlos ist und jedem Kunden unbeschränkt zur Verfügung steht.

Diese Kriterien sind die wahren Kostenkiller!

### EAGLE 4.1 Light ist Freeware!

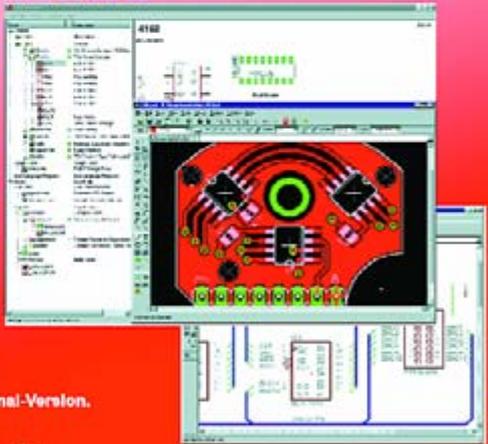
Zum Testen und für nicht-kommerzielle Anwendungen dürfen Sie EAGLE Light kostenlos verwenden. Diese Version ist auf Platinen im halben Europaformat mit maximal zwei Signallayern und ein Schaltplanblatt beschränkt. Alle anderen Features entsprechen denen der Professional-Version. Sie steht zum Download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

Wenn Sie sich für die kommerzielle Light-Version entscheiden, bekommen Sie zusätzlich das Handbuch und die Lizenz für kommerzielle Anwendungen. Unsere Standard-Version eignet sich für Platinen im Europaformat mit bis zu vier Signallayern. In der Professional-Version gibt es solche Einschränkungen nicht.

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



CadSoft Computer GmbH  
Hofmark 2, 84568 Pleiskirchen  
Tel. 08635-6989-10, Fax -40  
E-Mail: [info@cadsoft.de](mailto:info@cadsoft.de)



Preise	Light	Standard	Professional
Layout		232 €	464 €
Layout+ Schaltplan		464 €	928 €
Layout+ Autorouter		404 €	928 €
Layout+ Schaltplan+ Autorouter	49 €	606 €	1392 €

Alle Preise inklusive 10% MwSt.  
Upgrade zum Differenzpreis

Jedem EAGLE-Paket in der Professional- bzw. Standard-Ausführung liegt ein Gutschein über eine professionell gefertigte 100cm lange Europastraße bei.

Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation. Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linux Trademark, Mac ist ein eingetragenes Warenzeichen der Apple Computer, Inc.

Anzeige

## RFID-Gewinnspiel läuft noch – zweite Chance auf der „Electronica“!

Als erste Elektronikzeitschrift hat ELEKTOR der letzten Ausgabe eine Gratis-RFID-Karte beigelegt, die man für eigene Anwendungen nutzen kann. Darüber hinaus ist diese Karte auch ein elektronisches Rubbellos, in dem sich mit etwas Glück ein Plasmafernseher, ein Navigationsgerät oder ein DVD-Rekorder verbirgt. Auf dem integrierten Funk-Chip ist nämlich eine 14 Hexadezimalziffern lange Seriennummer gespeichert – 15 dieser Nummern haben wir attraktiven Preisen zugeordnet. Im Septemberheft haben wir die

Leser aufgerufen, die Karte auslesen und uns zu melden, falls einer der Preise gewonnen wurde. In einem eigens geschaffenen Forum kann man aber auch Hilfe beim Auslesen anbieten und suchen. Die erste gute Nachricht: Das Gewinnspiel läuft noch – Einsendeschluss der Gewinnmeldung (samt der zugehörigen Karte) ist der 10. November 2006! Zweite gute Nachricht: Es sind noch jede Menge Gewinn-Nummern nicht gefunden worden! Wie es aktuell steht, erfahren Sie auf unseren Spezial-RFID-Seiten im Internet unter [www.elektor.de/rfid](http://www.elektor.de/rfid). Wer

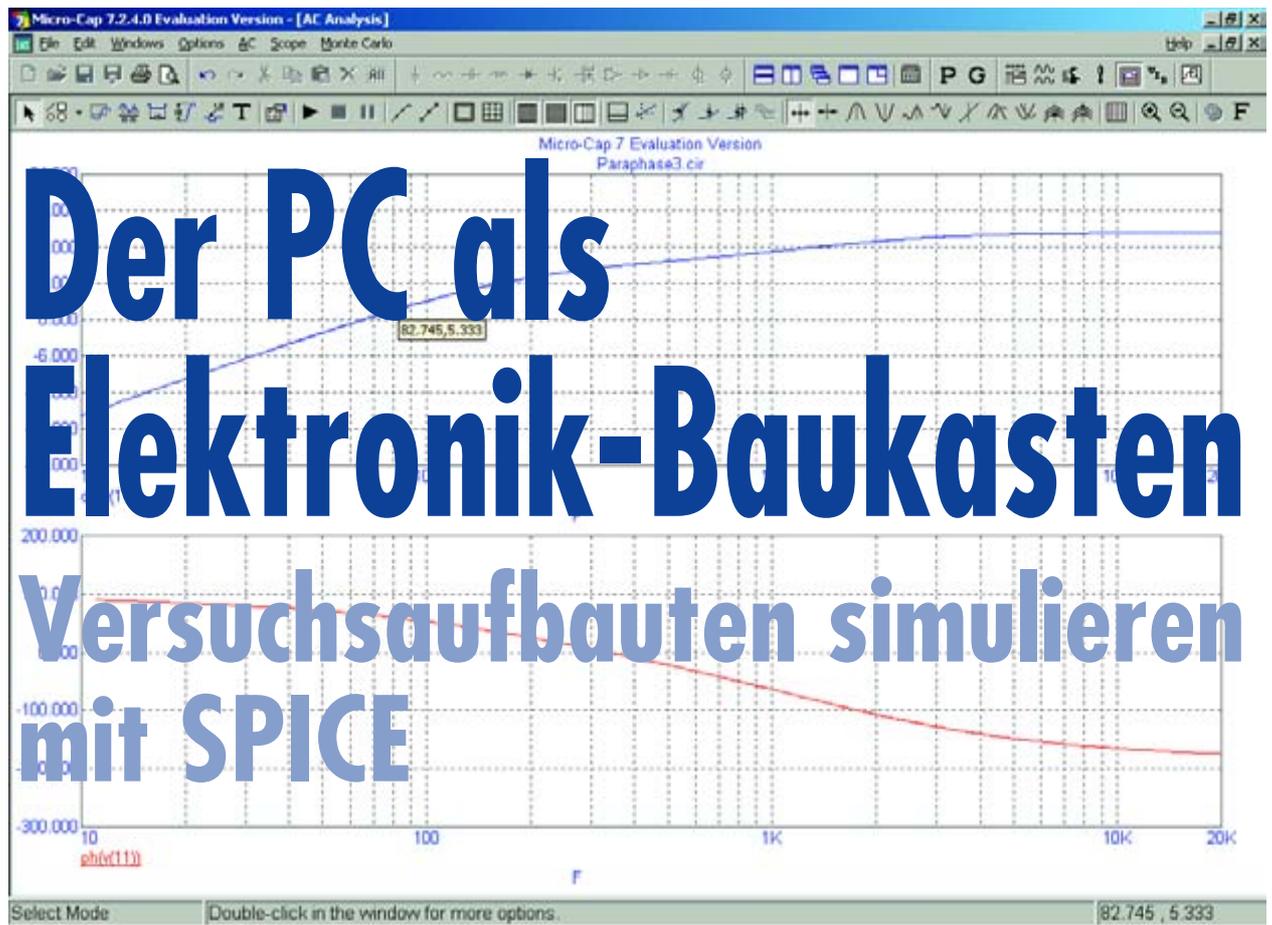
seine Karte noch nicht ausgelesen hat, sollte dies also schnell nachholen! Und sogar „Quereinsteiger“ haben eine Chance: Beim Verlag sind nämlich noch einige Septemberhefte mit Karte vorrätig!

Wer anderen Lesern im Forum seine Hilfe anbietet, hat übrigens die Chance auf vier Extra-Preise: Wir verlosen nämlich zusätzlich drei ELEKTOR-Gutscheine im Wert von 100 € und als Hauptpreis eine Reise in die ELEKTOR-Zentrale ins schöne holländische Limburg. Und auch wer seine Karte schon ausgelesen, aber

nichts gewonnen hat, hat noch eine zweite Chance: Auf der Messe „Electronica“ (14. bis 17. November in München) sind am Stand von ELEKTOR (Halle A5, Stand A5.531) weitere Preise zu gewinnen!

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





Von Kees de Groot

**Der Lötcolben als wichtigstes Werkzeug des Entwicklers ist durch den PC abgelöst worden, denn intelligente Simulatoren können auch komplexe Schaltungen nachbilden. Bekannt und bewährt unter den Simulator-Programmen ist SPICE, dessen Ursprung bis ins Jahr 1972 zurückreicht. Hier beschreiben wir in Kurzform die Grundlagen der Simulation mit SPICE.**

SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis*) ist ein Programmpaket, das elektronische Schaltungen auf einem Computer nachbildet. Der Entwickler kann messtechnische Größen wie Spannungs- und Stromwerte betrachten, ohne die Schaltung real aufbauen zu müssen. SPICE übernimmt den virtuellen Versuchsaufbau; Modifikationen werden nicht mehr mit dem Lötcolben, sondern mit der Tastatur und der Maus vorgenommen!

Die zu simulierenden Schaltungen können alle bekannten Standard-Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren und Induktivitäten enthalten. Dioden, bipolare Transistoren und FETs gehören selbstverständlich ebenfalls dazu. Die meisten integrierten Standard-Bausteine stehen in sogenannten Bibliotheken zur Verfügung. Neue oder unbekannte Bauelemente lassen sich vom Anwender definieren, oder ihre Definitionen sind im Internet frei oder gegen Entgelt erhältlich. In der Regel stimmen die Simulationen und die zugehörigen realen Schaltungsaufbauten mit guter Näherung überein. Das gilt sogar für Schaltungen, die Signale mit sehr hohen Frequenzen verarbeiten. Mit den heute verfügbaren Simulatoren lassen sich natürlich nicht nur analoge Schaltungen, sondern auch digitale Systeme simulieren. Mikrocontroller, Speicher und

Port-Bausteine gehören ebenso zu den virtuellen Bauelementen wie Antennen und Übertragungsleitungen.

### Warum simulieren?

Dem Hobby-Entwickler bietet SPICE ein ideales Terrain, auf dem er neue oder (noch) unbekannte Bauelemente erproben kann. Die schon lange geplante Röhrenschaltung lässt sich an einem regnerischen Sonntagnachmittag schnell virtuell in die Tat umsetzen, ohne dass zuvor reale Bauelemente eingekauft werden müssen. Auch dem professionellen Entwickler leistet SPICE bei der täglichen Arbeit wertvolle Dienste. Das Simulieren von Schaltungen und Systemen macht umständliche Versuchsaufbauten nach jeder kleineren oder größeren Modifikation überflüssig. Berücksichtigt werden können auch die Toleranzen und Temperaturabhängigkeiten der Bauelemente. Auf diesem Weg ist schnell abschätzbar, ob die Reproduzierbarkeit der entwickelten Schaltungen für die Serienfertigung ausreicht.

### Entstehungsgeschichte

Die Entwicklung von SPICE begann im Jahr 1972. Damals schrieben Larry Nagel und Donald Pederson an

der Berkeley University im fernen Kalifornien die erste Version in der Programmiersprache FORTRAN. Diese Version hatte ebenso wie die folgenden Versionen noch keine grafische Benutzeroberfläche, denn sie musste auf dem damaligen zentralen Universitätsrechner laufen. Speicherplatz war kostbar, und schon deshalb war eine äußerst kompakte Beschreibungsform der zu simulierenden Schaltungen notwendig. Auch heute noch können SPICE-Modelle und SPICE-Subsysteme auf diese Weise beschrieben werden (**Bild 1**).

Die Programmiersprache späterer SPICE-Versionen (ungefähr ab 1985) war die Sprache C. Die erste PC-Version, nun *PSPICE* genannt, wurde von *MicroSim* auf den Markt gebracht.

Inzwischen existieren zahlreiche Simulations-Tools, die mehr oder weniger auf SPICE basieren. Den kommerziellen Produkten stehen freie Open-source-Versionen gegenüber. Für Lehr- und Übungszwecke sind kostengünstige Versionen verfügbar, bei denen entweder die Größe der simulierbaren Schaltungen begrenzt oder die Funktionsfähigkeit an eine Frist gebunden ist. Heute bieten fast alle Simulatoren grafische Benutzeroberflächen, so dass die virtuelle Schaltung auf bequemem Weg erstellt werden kann. Die Simulationsergebnisse lassen sich meistens auf virtuellen Messgeräten betrachten - zum Beispiel auf simulierten Oszilloskopen. Darüber hinaus setzen viele Simulatoren die Schaltungen direkt und ohne langwierige Umwege in Platinenlayouts um.

Für spezielle Bereiche der Elektronik existieren spezielle Simulatoren. So gibt es zum Beispiel Programme, deren Schwerpunkt auf den analogen und digitalen integrierten Bausteinen liegt. Auch für Schaltungen, die Signale im Mikrowellenbereich verarbeiten, für die Filtertechnik, für die Konstruktion von Antennen und die Ausbreitung elektromagnetischer Felder stehen geeignete Simulatoren zur Verfügung. Die Daten können fast immer nach der altbewährten Methode in Form von Listen eingegeben werden. In solchen Listen werden alle Eingänge, Ausgänge, Verbindungspunkte, Spannungen, Ströme und natürlich auch die Bauelemente numerisch beschrieben. Die alternative grafische Eingabe macht von der Maus Gebrauch. Mit ihr werden auf dem Bildschirm virtuelle Bauelemente im Drag-and-drop-Verfahren zu virtuellen Schaltungen zusammengebaut. Für die Entwicklung digitaler Schaltungen kann man sich einer Hardware-Programmiersprache wie VHDL oder Verilog bedienen, gegebenenfalls ergänzt durch eine analoge Beschreibungssprache.

## Was macht SPICE?

Das Simulator-Programm SPICE wendet auf intelligente Art die Ohmschen und Kirchhoffschen Gesetze an. Das Ohmsche Gesetz drückt den Zusammenhang zwischen der an einem Widerstand liegenden Spannung und dem hindurchfließenden Strom aus. Wenn zum Beispiel die Spannung  $U = 12\text{ V}$  ist und der Strom  $I = 0,5\text{ A}$  beträgt, hat der Widerstand den Wert  $R = U / I = 24\ \Omega$ .

Die „Knotenregel“ von Kirchhoff sagt aus, dass die Summe der in einen Leitungsknoten (Verbindungspunkt) hineinfließenden Ströme gleich der Summe der aus dem Leitungsknoten hinausfließenden Ströme ist.

Die Kirchhoffsche „Maschenregel“ betrachtet die Summe der Spannungen, die an den Elementen eines gedachten, in sich geschlossenen Kreises liegen (ein Umlauf bis zurück zum Ausgangspunkt). Die Summe der Spannungen, so sagt diese Kirchhoffsche Regel, ist Null.

Das folgende einfache Beispiel (**Bild 2**) soll zur Veranschaulichung dienen. Eine Akku-Rundzelle, deren Nennspannung  $1,2\text{ V}$  beträgt, wird von einer  $12\text{-V}$ -Spannungs-

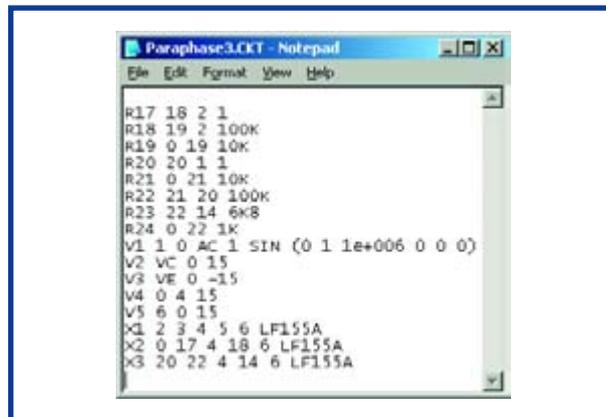
quelle über einen  $10\text{-}\Omega$ -Widerstand geladen. Parallel zum Akku liegt ein Drehspulvoltmeter, dessen Innenwiderstand  $100\ \Omega$  beträgt. An Hand der Maschenregel von Kirchhoff können zwei Gleichungen aufgestellt werden:

$$U_1 - I_1 \cdot R_1 + U_2 = 0 \quad (1)$$

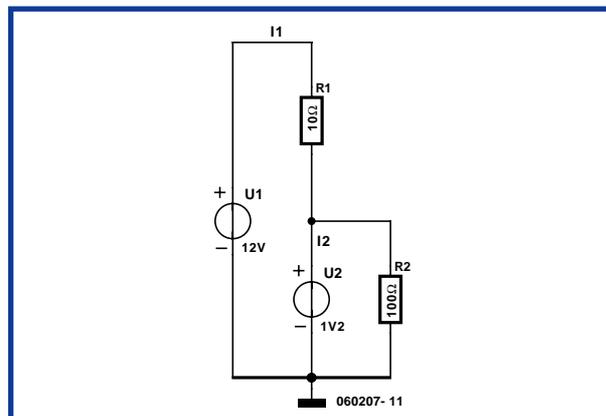
$$U_2 + (I_1 - I_2) \cdot R_2 = 0 \quad (2)$$

Nach den Regeln der Algebra aufgelöst erhält man aus den vorstehenden Gleichungen die Werte von  $I_1 = 1,08\text{ A}$  und  $I_2 = 1,068\text{ A}$ . Die Akku-Rundzelle wird folglich mit dem Strom  $1,068\text{ A}$  geladen.

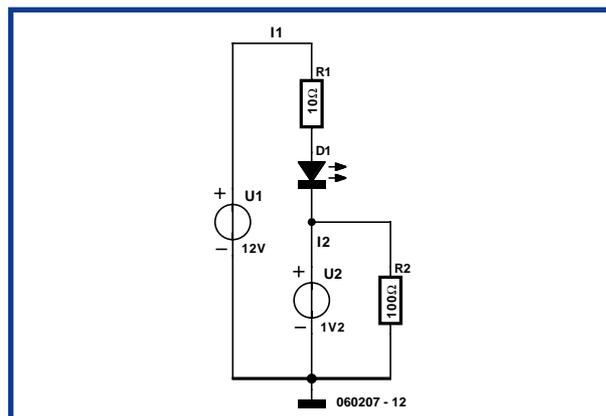
SPICE verfährt bei der Schaltungssimulation auf die gleiche Weise. Auf jeden Knoten (Verzweigungspunkt) wird die Kirchhoffsche Knotenregel angewendet, und für jede Masche wird die Kirchhoffsche Maschengleichung aufgestellt. Das Ergebnis ist ein System von Gleichungen, das in Form einer Matrix im Arbeitsspeicher abgelegt wird. Durch Invertieren der Matrix wird das Gleichungssystem aufgelöst. Zur Schaltung können beliebig viele Spannungsquellen, Stromquellen und Widerstände gehören.



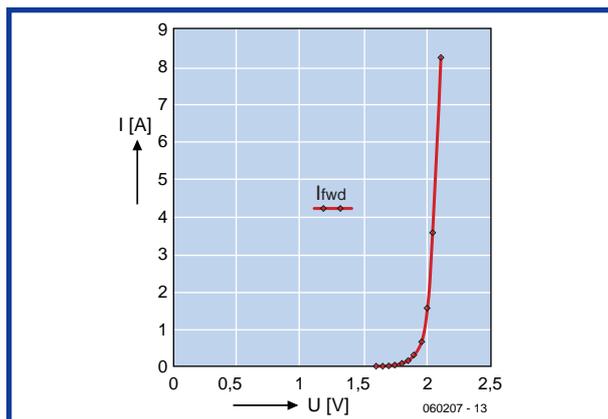
**Bild 1.**  
Auszug aus einer Netzliste. Die Bauelemente sind mit ihren Verbindungspunkt-Nummern - gefolgt von weiteren Eigenschaften - aufgeführt.



**Bild 2.**  
Eine Spannungsquelle lädt über einen Widerstand eine Akku-Zelle. Parallel zum Akku liegt ein Drehspul-Voltmeter.



**Bild 3.**  
Die gleiche Schaltung wie in Bild 2, hier liegt jedoch zusätzlich eine LED in Reihe mit dem Ladewiderstand.



**Bild 4.**  
Von SPICE berechnete Durchlass-Charakteristik der LED.

Das Programm benötigt lediglich Informationen über alle Elemente, die mit den einzelnen Knoten verbunden sind. Wenn in Reihe mit  $R_1$  wie in **Bild 3** gezeigt eine LED geschaltet wird, gestalten sich die Berechnungen nicht mehr so einfach wie vorher. An der LED tritt ein Spannungsabfall von etwa 2 V auf, so dass  $U_1$  auf ca. 10 V reduziert wird. Auch hier können die Werte von  $I_1$  und  $I_2$  auf die gleiche Weise wie im vorangegangenen Beispiel berechnet werden. Mit dem ungefähren Spannungswert 2 V erhält man jedoch nur eine grobe Näherung. Die exakte Lösung erfordert etwas mehr mathematischen Aufwand. Der Grund ist in den Eigenschaften der LED zu suchen: Eine LED ist ein nichtlineares Bauelement! Für den Strom, der durch eine LED fließt, gilt die allgemeine Beziehung:

$$I_{LED} = I_S \cdot (e^{U_d/N \cdot U_T} - 1)$$

Darin sind  $I_S = 5,5 \cdot 10^{-15}$  A und  $U_T = 25 \cdot 10^{-3}$  V.  $U_d$  ist die Spannung an der Diode, und  $N$  hat den Zahlenwert 2,3.

In **Bild 4** ist wiedergegeben, wie SPICE den Zusammenhang zwischen der LED-Spannung und dem LED-Strom grafisch darstellt. Die LED-Durchlass-Charakteristik entspricht der Darstellung im Hersteller-Handbuch. Wenn die LED-Spannung weniger als ca. 2 V beträgt, fließt nur geringer Strom. Oberhalb einer bestimmten Schwellenspannung steigt der Strom stark an. Daraus folgt, dass die LED in Berechnungen durch eine Spannungsquelle ersetzt werden kann, deren Spannung  $U_{LED}$  vom Strom  $I_1$  abhängt (**Bild 5**). Doch damit ist es leider noch nicht getan. Die Kirchhoffschen Gesetze gelten nämlich nicht für Schaltungen, in denen nichtlineare Elemente enthalten sind. Eine Spannungsquelle, deren Spannung von einer anderen Größe innerhalb der Schaltung abhängt, lässt sich auf diese Weise nicht berechnen.

Der rettende Ausweg aus dem Dilemma ist das Linearisieren der LED-Charakteristik für einen bestimmten Arbeitspunkt. Dabei steht der Gedanke im Hintergrund, dass die LED bei sehr kleinen Änderungen von LED-Spannung und LED-Strom als lineares Element betrachtet werden kann. Unter dieser Voraussetzung sind die Ohmschen und Kirchhoffschen Gesetze anwendbar, alle auftretenden Spannungen und Ströme lassen sich berechnen. Das Ergebnis ist nicht exakt, es stellt jedoch eine gute Näherung dar. Durch Einsetzen der gefundenen Näherungswerte in eine folgende, gleichartige Berechnung wird der exakte Wert weiter angenähert. Wenn man diese Rechenschritte mehrfach wiederholt, erhält man schnell Ergebnisse mit hoher Genauigkeit.

## Kapazitäten und Induktivitäten

Wenn eine Schaltung mit Wechselfspannungen arbeitet, können Kondensatoren und Induktivitäten als komplexe Widerstände (Impedanzen) betrachtet werden. Auch in diesem Fall sind die Gesetze von Ohm und Kirchhoff anwendbar, um die in der Schaltung auftretenden Spannungen und Ströme zu berechnen. Für die mathematische Beschreibung des Einschaltverhaltens ist jedoch eine andere Methode notwendig. Ein einfaches Beispiel soll dies verdeutlichen.

In **Bild 6** liegt ein Kondensator 1 nF ( $C_1$ ) über einen Widerstand 1 kW ( $R_1$ ) an einer 12-V-Spannungsquelle. Wenn die Spannungsquelle eingeschaltet wird, fließt ein Strom über  $R_1$ , der  $C_1$  auflädt. Die Folge ist, dass die Spannung an  $C_1$  steigt und gleichzeitig der Ladestrom sinkt. Bei vollständiger Ladung liegt an  $C_1$  die Spannung 12 V. Wenn im Verlauf des Ladevorgangs die Spannung an  $C_1$  beispielsweise 4 V beträgt, fällt an  $R_1$  die Spannung 8 V ab. In diesem Moment fließt durch  $R_1$  der Strom 8 mA. Kondensator  $C_1$  kann zu diesem Zeitpunkt durch eine Spannungsquelle mit der Spannung 4 V ersetzt werden. Für die Spannungsänderung gilt die mathematische Beziehung  $dU = dt \cdot i / C$ . Daraus folgt, dass bei einem Ladestrom von 8 mA, der während der Zeit 0,1  $\mu$ s fließt, die Spannung an  $C_1$  um  $1 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 10^{-9} = 0,8$  V steigt. Nach 0,1  $\mu$ s ist die Spannung an  $C_1$  auf 4,8 V gestiegen, während die Spannung an  $R_1$  auf 7,2 V gesunken ist. Mit diesen neuen Werten kann anschließend die nächste, gleichartige Berechnung für das folgende 0,1- $\mu$ s-Intervall durchgeführt werden. Das Verfahren hat den Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit zum Ergebnis, der in **Bild 7** dargestellt ist. Bei Anwendung dieses einfachen Integrationsverfahrens müssen die Zeitintervalle möglichst schmal sein. Das hat zur Folge, dass der PC viel Rechenarbeit leisten muss, die Simulation braucht also Zeit. Andererseits können bei zu kurz gewählten Intervallen Rundungsfehler auftreten, die das Ergebnis verfälschen. Aus diesem Grund arbeiten Simulatoren häufig mit variablen Intervallen. Bei starken Änderungen der betrachteten Größe werden die Intervalle kürzer gewählt, bei schwachen Änderungen sind sie länger. Die mathematischen Beziehungen, mit denen SPICE tatsächlich arbeitet, sehen zwar etwas anders aus, denn angewendet wird das Verfahren der Trapez-Integration. Doch hier ging es nur darum, das Prinzip zu verdeutlichen, auf dem die Simulation beruht.

Im betrachteten Beispiel wird der Kondensator durch eine Spannungsquelle ersetzt. Möglich ist auch der Ersatz durch eine Stromquelle zusammen mit einem Widerstand, wie im Beispiel mit der LED geschehen. Das Verfahren ist stets gleich: Das zu simulierende Element wird durch eine Kombination linearer Bauelemente ersetzt, die rechnerische Lösung wird schrittweise angenähert.

## Reale Bauelemente

Bisher hatten die betrachteten Bauelemente ideale Eigenschaften; sie existieren jedoch nur in der Theorie. Reale Bauelemente haben eine wesentlich komplexere Struktur. So besteht zum Beispiel ein realer Widerstand aus der Reihenschaltung eines Widerstands mit einer Induktivität, zu der parallel noch ein Kondensator liegt. Bei der Nachbildung eines Transistors oder Operationsverstärkers kommen eine Fülle weiterer parasitärer Komponenten hinzu. Deshalb unterscheiden SPICE-Modelle zwischen idealen und realen virtuellen Bauelementen. Reale Bauelemente werden in der Regel durch SPICE-Subsysteme dargestellt.

Diese Subsysteme sind so aufgebaut, dass sie das tatsächliche reale Verhalten möglichst gut nachbilden. Der Entwickler bemerkt davon am Bildschirm normalerweise nichts, dort erscheint lediglich das vertraute Bauelement-Symbol. Nur beim Betrachten der internen Eigenschaften oder der Netzliste ist erkennbar, dass es sich nicht um das theoretische, ideale Bauelement handelt.

Die meisten Halbleiterhersteller stellen für ihre Produkte SPICE-Modelle zur Verfügung, in denen sich die spezifischen Eigenschaften fast perfekt widerspiegeln. Nur mit solchen präzisen Modellen kann das tatsächliche Verhalten einer Schaltung brauchbar simuliert werden.

## Aus der Praxis

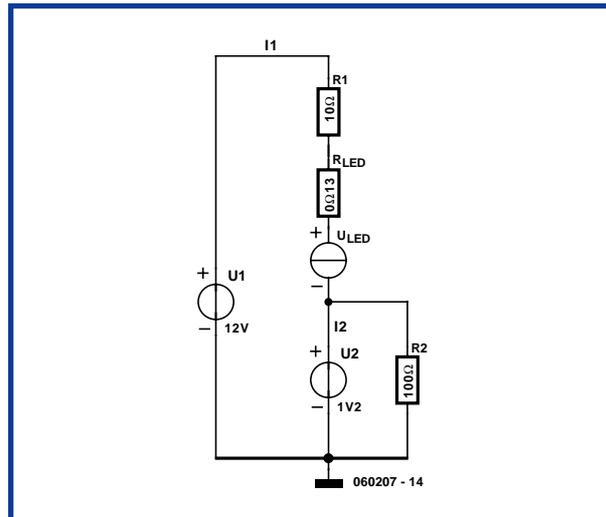
In den virtuellen Schaltungen von SPICE muss stets ein Punkt als Bezugspunkt an Masse liegen. SPICE analysiert zunächst die Anfangswerte, bevor die eigentliche Simulation beginnt. Fehler können auftreten, wenn zum Beispiel drei Kondensatoren in Serie geschaltet sind. Am mittleren Kondensator kann im Prinzip eine willkürliche Spannung liegen, sie hängt von den Anfangsladungen der Kondensatoren ab. Auch wenn die Anfangsladungen Null sind, kann im mittleren Kondensator eine willkürliche Ladungsmenge gespeichert sein.

Wenn Fehler auftreten, die zunächst unerklärlich sind, hilft oft der Platzwechsel der einen oder anderen Komponente. Häufig lassen sich Fehlererscheinungen auch durch Hinzufügen von 1-M $\Omega$ -Widerständen zwischen dem einen oder anderen Schaltungspunkt und Masse beseitigen. Diese Widerstände dürfen die Schaltungsfunktionen natürlich nicht beeinträchtigen.

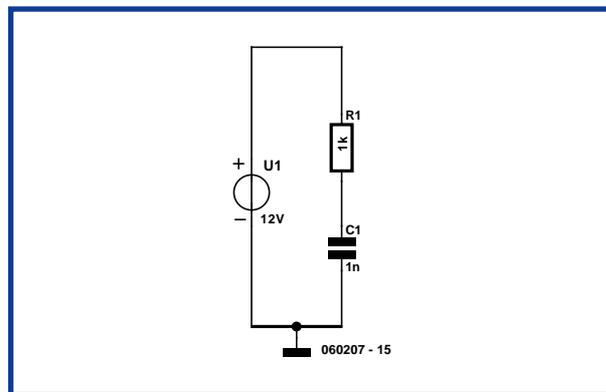
Es kommt nicht selten vor, dass eine mit virtuellen Bauelementen simulierte Schaltung hervorragend arbeitet. Wird die Schaltung dann tatsächlich aufgebaut, zeigt sie ein mehr oder weniger stark abweichendes Verhalten. Das liegt häufig daran, dass die realen Bauelemente keine idealen Werte haben, weil sie beispielsweise der E12-Normreihe entnommen sind. Besonders deutlich wird diese Erscheinung bei Durchlass-Charakteristiken von Filterschaltungen. Hier weichen Theorie und Praxis oft erheblich voneinander ab. Auch bei diesem Problem kann ein Simulatorprogramm weiter helfen, denn eine so genannte „Monte-Carlo-Simulation“ trägt auch den Toleranzen der Bauelemente Rechnung.

Wenn nötig können Schaltungen auch in virtuellen „Wärmeöfen“ getestet werden. In diesem Fall rechnet der Simulator die Schaltung unter Berücksichtigung vorgegebener Toleranz- und Temperaturwerte durch. Das Ergebnis wird in Form von Kurven in einer Grafik dargestellt, die sich möglichst decken müssen. Beim Simulieren von Schaltungen mit realen Standard-Bauelementen können recht merkwürdige Erscheinungen auftreten, insbesondere wenn die Schaltung mit hohen Signalfrequenzen arbeitet. So kann zum Beispiel die induktive Komponente eines Widerstands (die Anschlussdrähte) mehr Einfluss auf das Verhalten haben als die ohmsche Komponente. Auch die real unvermeidbaren parasitären Kapazitäten können bei Schaltungen, in denen hochfrequente Signale auftreten, zu erstaunlichen Ergebnissen führen. In die zu simulierende Schaltung sind solche Kapazitäten leicht einzufügen.

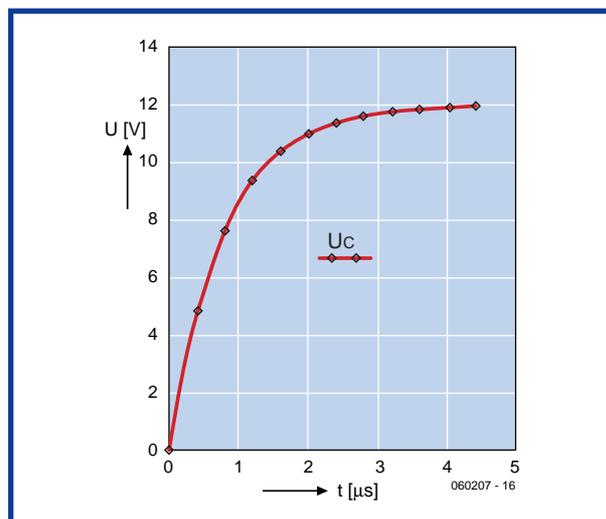
Das Simulieren von Schaltungen mit Operationsverstärkern ist ein weiteres spannendes Kapitel. Bei Schaltungsfehlern kann sich die Spannung am Ausgang virtuell in Größenordnungen von 1 kV und mehr bewegen, während die Ausgangsspannung des realen Operationsverstärkers längst gegen die Betriebsspannung festgelaufen ist. Eine weitere Eigenart von SPICE ist seine unüberwindli-



**Bild 5.** Die LED wird durch eine Spannungsquelle mit Innenwiderstand ersetzt. Dadurch können Spannungen und Ströme in einem bestimmten Arbeitspunkt berechnet werden.



**Bild 6.** Das Einschaltverhalten wird mit Hilfe dieser einfachen Schaltung berechnet. Hier lädt eine Spannungsquelle über einen Widerstand einen Kondensator auf.



**Bild 7.** Der von SPICE berechnete Verlauf der Spannung am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit.

che Abneigung gegen „schwebende“ Transformator-Ausgänge. Wenn möglich, muss ein Wicklungsanschluss mit Masse verbunden werden, anderenfalls wird er über einen 1-M $\Omega$ -Widerstand an Masse gelegt.

Ein Fallstrick besteht darin, dass einige SPICE-Versionen keinen Unterschied zwischen dem klein geschriebenen „m“ und dem groß geschriebenen „M“ kennen. Ein Widerstand mit dem Wert 1 M $\Omega$  kann hier schnell zu einem 1-m $\Omega$ -Widerstand werden. Diesen SPICE-Versionen ist meistens das Präfix „MEG“ für „Mega“ bekannt, so dass der Wert 1 M $\Omega$  im Zweifelsfall als „1 MEG“ oder „1000 k“ geschrieben werden sollte.

(060207)gd

# Simulatoren a

Von Harry Baggen & Thijs Beckers

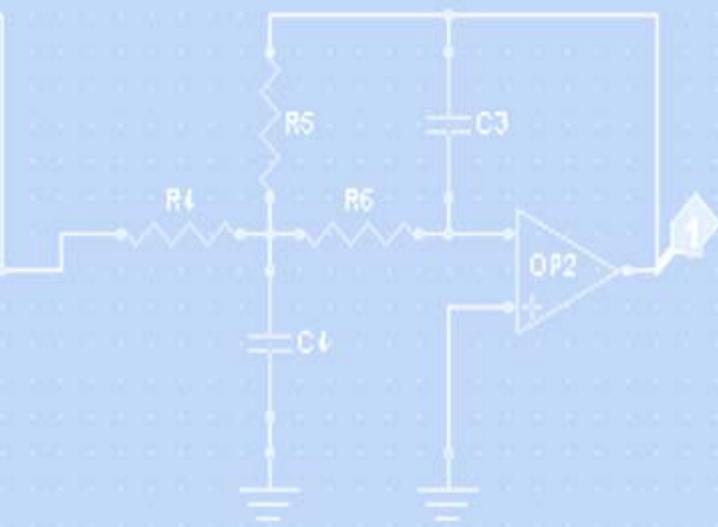
Nicht nur für das Layouten von Platinen, sondern auch für das Simulieren von Schaltungen und Systemen bieten einige Dutzend Software-Hersteller ihre Produkte an. Zu dieser ELEKTOR-Ausgabe gehört eine DVD-ROM, auf der wir eine möglichst repräsentative Auswahl an Demo-, Test- und Vollversionen fast aller bekannten Simulatoren zusammengetragen haben. Eine gute Gelegenheit also, sich ein Bild über das gegenwärtige Marktangebot zu verschaffen. Gleichzeitig kann die DVD-ROM eine Entscheidungshilfe für die Auswahl des optimal passenden Simulators sein. Dieser Beitrag stellt in Kurzform die auf der DVD-ROM zusammengestellten Produkte vor.

## Simulator-Programme auf der DVD-ROM

Die Programme auf der DVD-ROM dürfen nicht gewerblich genutzt werden!

5Spice 1.22	5 Spice Analysis Software
AIM-Spice 4.3	AIM-Software
B2Spice 5.1.6	Beige Bag Software
Boardmaker 3	Tsien
Cadstar Express 8.0	Zuken
CIRSIM 3.0	Bells-Hill
DesignWorks Professional 4	Capilano Computing
Easy-PC/Easy-Spice 10	Number One Systems
eSketch Pro 1.5	Schematica Software
iSim	Inca Systems
LTSpice/SwitcherCAD 3	Linear Technology
Micro-Cap 8	Spectrum Software
Multisim DesignSuite 9	Electronics Workbench
OrCAD 10.5	Cadence
Profilab-Expert 4.0	Abacom
Proteus 6	Labcenter Electronics
PSIM 7.0	Powersim
SIMatrix 5.2	Catena
SIMWinXP 1.1	Visionix
SMASH 5.7	Dolphin
Sonnet-Lite 10.51	Sonnet
SpiceAge	Those Engineers Ltd
SpiceCreator Pro 5	AMS
Target3001! V12	Ing.Büro Friedrich
TopSPICE/Win32 V7	Penzar Development
Visual Spice 6	Island Logix
Win-Elektronik 3.1	Erwin Rössler

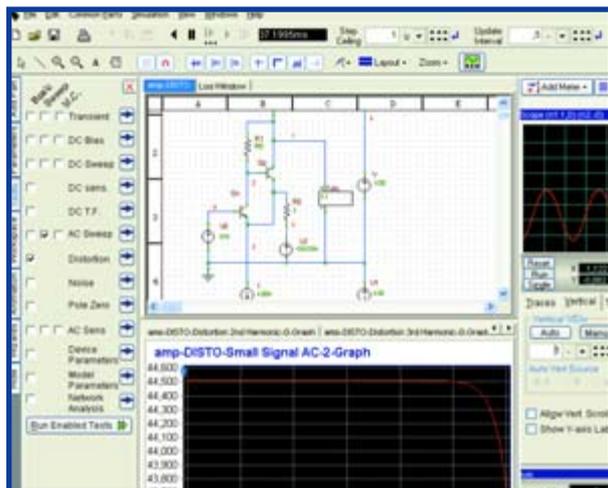
# auf DVD-ROM



- Expand Y Axis
- Logarithmic Frequency Axis
- Expand Freq Axis
- Contract Freq Axis
- Auto fit Y axis
- Expand Y2 Axis
- Auto fit Y2 axis
- Expand Time Axis
- Contract TIME AXIS
- Configure Axes
- Graph Colors
- Thick Graph Lines
- Save Graph as Bitmap
- Save Graph as Metafile

**Fehlt die DVD?**  
**Bitte wenden Sie sich an unseren Kundenservice**  
**(E-Mail: [abo@elektor.de](mailto:abo@elektor.de) ;**  
**siehe auch Impressum auf Seite 6).**





Jeder professionelle Elektronik-Entwickler ist heute in der Pflicht, die verfügbare Arbeitszeit möglichst effizient zu nutzen. Kaum noch ein Unternehmen kann sich auf Dauer leisten, eine auf dem Papier entworfene Schaltung an einer Vielzahl von Prototypen zu erproben und Entwurfsfehler mit dem Lötkolben zu beseitigen. Der allgegenwärtige Computer, meistens ein PC, hat sich schon längst vom phantasielosen Bürogerät zum intelligenten Mitdenker gemauert. Solche Fähigkeiten verleihen ihm leistungsstarke Programme, in denen die nötige Intelligenz steckt. Eine wichtige Gruppe bilden die Layout-Programme, die den Platinenentwurf beträchtlich erleichtern. Bauelemente werden ohne Zutun platziert, die Gehäuse-daten sind aus umfangreichen Bibliotheken abrufbar, und Autorouter finden selbstständig die optimale Leitungsfüh-

rung. Zwar ist die menschliche Kombinationsgabe immer noch unentbehrlich, um zu optimalen Ergebnissen zu kommen. Doch verglichen mit den früher angewandten Methoden bieten die Layout-Programme dem Entwickler eine enorme Arbeitserleichterung.

Auch das Entwickeln von elektronischen Schaltungen und Systemen wird heute zunehmend den Computern überlassen. Leistungsfähige Simulator-Programme testen die entworfene Schaltung „virtuell“ auf Herz und Nieren, sie machen Signale und Messwerte auf dem Bildschirm sichtbar. Wenn die entwickelte Schaltung in der Simulation wie geplant arbeitet, wird sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch als realer Schaltungsaufbau die Erwartungen erfüllen. Nach erfolgreicher Simulation genügt oft ein einziger realer Versuchsaufbau, um das Simulationsergebnis zu bestätigen.

Für den noch in der Ausbildung befindlichen Elektroniker sowie für den, der die Elektronik als Hobby betreibt, stellen die Simulatoren eine hervorragende Lernhilfe dar. Schaltungsideen können schnell virtuell in die Tat umgesetzt werden, ihre Tauglichkeit zeigt sich sofort und ohne Zeitverzug. Kosten verursachende reale Bauelemente müssen nicht beschafft werden, und der Lötkolben wird weitgehend geschont. Gleichzeitig vermittelt die Simulation wertvolle Einsichten in die Funktionsweise der unterschiedlichsten Elektronik-Komponenten.

## Wie es begann

Der Grundstein für das Simulieren elektronischer Schaltungen mit Hilfe der Computertechnik wurde durch ein Programm gelegt, das seine Entwickler „SPICE“ nannten. In einem anderen Beitrag in dieser ELEKTOR-Ausgabe geben wir einen kurzen Einblick in die Grundlagen und die Entstehungsgeschichte von SPICE. Nahezu alle modernen Schaltungssimulatoren haben ihren Ursprung in dem 1972 an der *Berkeley University of California* entwickelten SPICE. Das Besondere an SPICE war von Anfang an die Fähigkeit, auch nichtlineare Bauelemente simulieren zu können. Später wurde am *Georgia Tech Research Institute* XSPICE entwickelt. Neu war hier, dass dieser Simulator auf Modellbibliotheken mit erweiterten Bauelemente-Daten zugreifen konnte. Sowohl bei SPICE als auch bei XSPICE wurde das Open-Source-Konzept konsequent beibehalten. Da die Quellprogramme offen liegen, konnten sich Neu- und Weiterentwicklungen auf diese Simulatoren stützen. Andere bekannte Entwicklungen, um nur zwei zu nennen, waren CIDER (Simulation digitaler Schaltungen) und NGSPICE (Mixed-mode Simulation).

Heute arbeiten die meisten Simulatoren unter Windows, sicher weil Windows die am weitesten verbreitete Plattform ist. Ein wesentlicher Fortschritt im Vergleich zu älteren Simulatoren liegt unter anderem in der benutzerfreundlichen grafischen Oberfläche. Vor der Windows-Ära musste die Schaltung zuerst zu Papier gebracht werden, die Verbindungspunkte erhielten fortlaufende Nummern, die Modelle wurden ermittelt und die Netzliste erstellt. Dann waren in einem anderen Programmmodul die Verbindungspunkte fest zu legen, deren Werte berechnet werden sollten. Nur ganz wenige fortschrittliche Simulatoren konnten die Ergebnisse damals in grafischer Form ausgegeben.

Heute können Schaltungen auf einfachste Weise auf dem Bildschirm mit der Maus erstellt werden. Übersichtliche Menüs und sinnfällige grafische Symbole machen die Arbeit fast schon zum Kinderspiel. Simulatoren höherer

## Sonderversionen

Zwei Software-Hersteller haben uns spezielle Versionen ihrer Produkte zur Verfügung gestellt. Diese Versionen haben einen größeren Leistungsumfang als die von den Hersteller-Websites frei herunterladbaren Demo-Versionen.

**SpiceAge** und **Spicycle** von Those Engineers sind auf der DVD-ROM als „Special editions“ vertreten. Eingeschränkt ist hier lediglich der Umfang der Bauelemente-Bibliothek. Die Sonderversionen haben volle Funktionalität, sie sind ohne Zeitbegrenzung lauffähig (Spicycle Level 1).

**Target 3001!** vom Ing.-Büro Friedrich finden Sie auf der DVD-ROM als spezielle „Light“-Version vor. Diese Version beherrscht 400 Pins oder Pads und zwei Layer. Nach Herstellerangaben hat sie einen Wert von 49 €. Allerdings ist der Zugriff auf die erweiterte Komponentenbibliothek von Target nicht möglich. Die zur „Light“-Version gehörende Bibliothek umfasst aber bereits rund 1000 Standard-Bauelemente, so dass diese Einschränkung zunächst nur wenig Bedeutung hat.

**Auch diese Sonderversionen dürfen nicht gewerblich genutzt werden!**

## Unser Dank...

gilt allen Beteiligten, die uns beim Zustandekommen der DVD-ROM mit Rat und Tat zur Seite standen. Insbesondere danken wir Linear Technology für das Programm LTSpice/SwitcherCAD sowie Those Engineers und dem Ing. Büro Friedrich für die Sonderversionen ihrer Programme.

Preisklassen kommen mit umfangreichen Bibliotheken zum Anwender. In solchen Bibliotheken sind auch die Daten der Halbleiter-Produkte enthalten, die von den großen Herstellern gefertigt werden. Das Einarbeiten in die Bedien- und Arbeitsweise der Simulatoren dauert heute nicht mehr Tage oder sogar Wochen. Bereits nach einigen Stunden ist der Anwender in der Lage, erste Simulationen erfolgreich durchzuführen. Die meisten aktuellen Produkte gehören zu den so genannten Mixed-mode-Simulatoren, sie können sowohl analoge und digitale Schaltungen als auch Mischformen beider Schaltungstypen simulieren.

## Programm-Kategorien

Simulatoren lassen sich unterschiedlichen Kategorien zuordnen, die auf der DVD-ROM alle vertreten sind. Umfangreiche Suites wie *MultiSim* beherrschen sowohl das zeichnerische Entwerfen und Simulieren von Schaltungen als auch das Layouten der zugehörigen Platinen. Weitere Programme oder Hilfsmittel sind für die Schaltungsentwicklung normalerweise nicht notwendig. Wegen ihrer Leistungsstärke und ihres Umfangs sind solche Software-Pakete mehr oder weniger kostenintensiv. Ihre nicht von der Hand zu weisenden Stärken liegen jedoch in der nahtlosen Integration ihrer Komponenten, in der einheitlichen Benutzerführung innerhalb des gesamten Pakets sowie im Support durch einen einzigen Hersteller.

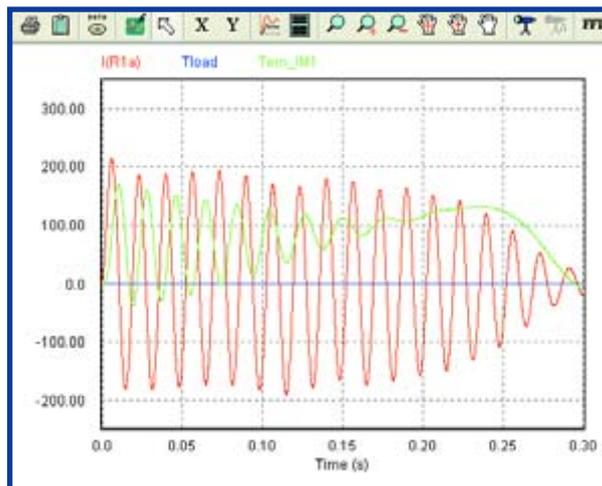
Außer den „All-in-one“-Produkten sind auch Programme auf dem Markt, die nur für die Schaltungssimulation konzipiert sind. Einige Vertreter dieser Kategorie wie zum Beispiel *MicroCap* arbeiten vollständig mit grafischen Oberflächen, bei anderen ist die grafische Eingabe nur indirekt möglich. Hier muss auf separate Zeichenprogramme wie zum Beispiel *AIM-Spice* zurückgegriffen werden. Einige Programme sind so gestaltet, dass sie in ein vorhandenes Platinenlayout-Programm integriert werden können (beispielsweise *Easy-Spice* in *Easy-PC*). Ferner gibt es eine Reihe von Konvertierungsprogrammen (zum Beispiel *iSim*), die die Ausgabe separater Zeichenprogramme für die Übernahme in SPICE-basierte Simulatorprogramme aufbereiten.

## Die DVD-ROM

Wir haben uns bemüht, die Simulatoren und sonstigen Programme auf der DVD-ROM so zusammen zu stellen, dass ein möglichst umfassender Überblick über das aktuelle Marktangebot entsteht. Die Hersteller der rund 30 auf der DVD-ROM versammelten Produkte gaben dankenswerter Weise ihre Zustimmung für diese Form der Veröffentlichung.

Die Programme sind auf der DVD-ROM in mehreren Ordnern untergebracht. Wie nicht anders zu erwarten, hat der Windows-Ordner den größten Umfang. Die dort einsortierten Programme laufen bis auf wenige Ausnahmen gleichermaßen unter den drei Windows-Versionen 98SE, ME und XP. Die Sprache der meisten Programme ist Englisch, einige Programme stehen auf der DVD-ROM in mehreren Sprachversionen zur Wahl.

Der Linux-Ordner enthält einige bemerkenswerte, unter Linux laufende Simulatoren. Einige Programme existieren sowohl in einer Linux- als auch in einer Windows-Version. In einem separaten Windows-Ordner sind verschiedene Open-source-Programme untergebracht, sie dürfen frei verwendet und frei verbreitet werden.



Ergänzt werden die Schaltungssimulatoren durch einige aus dem gewählten Rahmen fallende, aber trotzdem bemerkenswerte Programme. Sie sind im Ordner „Extras“ zusammen gefasst. Dort ist zum Beispiel ein Programm zu finden, das elektromagnetische Felder simuliert, ein anderes Programm berechnet die Dimensionierung von Filtern und Timern.

Die folgenden Kurzbeschreibungen sollen einen ersten Eindruck von den wichtigsten auf der DVD-ROM vertretenen Programmen geben. Gleichzeitig ist vermerkt, welchen Beschränkungen diese Versionen unterliegen und wie viel Platz sie auf der Festplatte belegen. Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg beim Ausprobieren! >>>

## Anmerkung:

Wir haben die bei Redaktionsschluss aktuellen Versionen der verfügbaren Programme auf die DVD-ROM aufgenommen. Da die Hersteller ihre Produkte ständig weiter entwickeln, lässt sich nicht ausschließen, dass inzwischen neue Versionen erschienen sind. Bevor Sie sich für ein bestimmtes Produkt entscheiden, informieren Sie sich bitte auf der Website des Herstellers über die aktuelle Version.

Ferner haben wir eine Liste zusammengestellt, in der Produkte aufgeführt sind, die aus unterschiedlichen Gründen (zum Beispiel wegen einer fehlende Zustimmung des Rechte-Inhabers) nicht auf die DVD-ROM aufgenommen werden konnten. Wir empfehlen, auch diese Liste zu beachten.

Alle international tätigen Software-Hersteller sind national durch Niederlassungen oder Repräsentanten vertreten. Dies sind die Anlaufstellen, wenn es um Produktinformationen, Preise und Liefermöglichkeiten geht. Der Kontakt ist immer auch in der Landessprache möglich.

Zum Schluss noch ein obligatorischer Hinweis: Wir haben alle auf der DVD-ROM zusammen gestellten Programme auf den unterschiedlichsten Computersystemen erfolgreich getestet. Eine Garantie dafür, dass die Programme auch auf Ihrem individuellen System einwandfrei laufen, können wir nicht übernehmen. Bei Problemen während der Installation oder Programmausführung wenden Sie sich bitte an den Hersteller. Wir können Ihnen leider keine Hilfestellung leisten.

Entdecken Sie die Leistungsfähigkeit der Programme, die wir für Sie auf der DVD-ROM zusammengetragen haben. Die Schaltungssimulation ist die Entwicklungstechnik der Zukunft - mit der DVD-ROM möchten wir Ihnen den Weg dazu ebnen!

### 5Spice 1.22 (14 MByte)

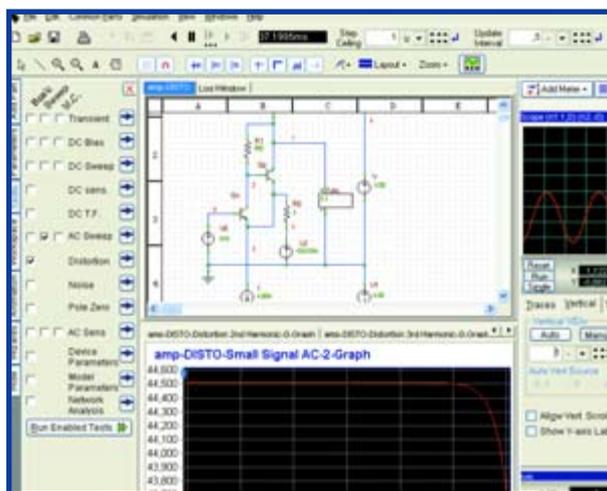
Bei *5Spice* setzt intern eine grafische Benutzeroberfläche auf eine klassische SPICE-Engine auf. Der Schaltungsentwurf wird zeichnerisch über einen Schaltbildeditor eingegeben, er wird anschließend von SPICE, Version 3f4/3f5, simuliert.

Die Handhabung von *5Spice* ist unkompliziert. Das Programm ist nicht allzu umfangreich, trotzdem bietet es viele Möglichkeiten der Schaltungssimulation.

In der Demo-Version ist die Größe der Schaltung begrenzt, und die numerische Ausgabe von bestimmten Analyse-Ergebnissen ist nicht möglich. Schaltungen mit logischen Gattern können nicht gespeichert werden, und in den übrigen Schaltungen erscheinen Texte, die auf die Demo-Version hinweisen.

### AIM-Spice 4.3 (10 MByte)

Dieses Programm beschränkt sich auf die Funktionen eines SPICE-Simulators, ein Modul für die zeichnerische Eingabe ist nicht vorhanden. Genau betrachtet besteht *AIM-Spice* aus zwei Programmen: *AIM-Spice* mit dem Simulatormodul einschließlich eines Texteditors zum Bear-



beiten von SPICE-Netzlisten, sowie den *AIM-Postprocessor*, der gespeicherte Grafik- und Datendateien auf dem Bildschirm grafisch darstellt.

Die Eingabe in Textform ist etwas gewöhnungsbedürftig und erfordert etwas Übung. Im Übrigen ist das Programm recht übersichtlich, die Simulationsparameter lassen sich vielfältig einstellen.

In der Version für Studierende sind die Schaltungen auf maximal 150 Verknüpfungspunkte und 30 Transistoren begrenzt.

### B2Spice V5.1.6 (131 MByte)

Insbesondere für die Anwender von *EAGLE* dürfte dieses Programm von Interesse sein. *EAGLE*-Schaltbilder können hier ohne Umweg importiert und simuliert werden. Die zeichnerische Eingabe ist jedoch auch ohne fremde Programme möglich. Die Handhabung von *B2Spice* ist transparent und intuitiv gestaltet, Schaltungssimulationen lassen sich unkompliziert durchführen. Virtuelle Messfühler können in Echtzeit an virtuelle Messpunkte gelegt werden.

Die „Trial“-Version von *B2Spice* ist 45 Tage ohne Funktionseinschränkungen lauffähig.

### Boardmaker 3 (134 MByte)

Mit dem *Boardmaker 3* steht dem Anwender ein abgerundetes CAD-Paket zur Verfügung. Schaltungen lassen sich zeichnerisch erstellen und simulieren, auf Wunsch entwirft das Programm anschließend die zugehörigen Platinenlayouts. Die Layouts können auch in 3D-Darstellung wiedergegeben werden.

Die Handhabung von *Boardmaker 3* ist insbesondere wegen der zahlreichen Funktionen und Optionen nicht ganz einfach. Zum Lieferumfang gehören jedoch mehrere Tutorials im PDF-Format, die den Einstieg erheblich erleichtern. Leider sind die Tutorials schwer auffindbar. Bei der Installation werden sie im gleichen Ordner abgelegt, in dem auch die Programmdateien stehen. Das Studium der Tutorials vor der Einarbeitung in *Boardmaker 3* ist dringend zu empfehlen.

Bei der Demo-Version sind die Speicher- und Druckfunktionen gesperrt, und Gerber-Dateien können nicht erstellt werden.

### CIRSIM2006 (5 MByte)

Das ziemlich einfache kleine Programm eignet sich nur für die Simulation von Schaltungen, an deren Eingängen kontinuierliche Signale liegen. Schaltungen können nur in Form von SPICE-Code beschrieben werden, die grafische Eingabe ist nicht möglich. Da der Funktionsumfang stark begrenzt ist, erklärt sich das Programm im Wesentlichen selbst. Die Registrierung kostet nur zehn englische Pfund. In der Demo-Version dürfen die Schaltungen nur maximal sechs Verknüpfungspunkte enthalten.

### DesignWorks Professional 4 (38 MByte)

Mit *DesignWorks Professional* steht dem Anwender ein Programm zur Verfügung, das digitale Schaltungen unkompliziert simuliert. Schaltungen lassen sich grafisch erstellen oder als VHDL-Code übergeben. Die Handhabung des Programms ist intuitiv und logisch. Sollte die Simulation nicht auf Anhieb gelingen, leistet ein Handbuch im PDF-Format wirksame Hilfe. Auch analoge Schaltungen können mit *DesignWorks Professional* zeichnerisch entworfen werden, das Programm kann sie jedoch nicht simulieren.

Die Demo-Version hat während eines Zeitraums von 30 Tagen vollen Funktionsumfang.

### Easy-Spice (und Easy-PC)

Das Programm *Easy-Spice* ist eine Erweiterung des Platinenlayout-Programms *Easy-PC*. Auf der DVD-ROM sind beide Programme vertreten. *Easy-PC* muss zuerst installiert werden, danach folgt die Installation von *Easy-Spice*. Innerhalb von *Easy-PC* können nicht nur Schaltungen grafisch erstellt und Platinenlayouts entworfen werden. Hier werden auch die Simulationsparameter eingestellt, anschließend wird die Simulation ausgeführt. Das Programm erzeugt eine Netzliste und startet *Easy-Spice*. Die Netzliste wird von *Easy-Spice* selbstständig geladen, danach beginnt die Simulation.

Der Ordner ...\*Easy-PC Demo*\Examples\SPICE enthält diverse Beispiele. Es lassen sich sowohl analoge als auch digitale Schaltungen simulieren.

Die Demo-Version von *Easy-PC* kann keine Dateien speichern und keine CAM-Outputs erzeugen. Einschränkungen der Demo-Version von *Easy-Spice* sind nicht bekannt. Sowohl *Easy-PC* als auch *Easy-Spice* fordern zur Eingabe von Passwörtern auf.

Bei *Easy-PC* lautet das Passwort „kp69ny31“, bei *Easy-Spice* lautet es „wa32pk65“.

### eSketch (5 MByte)

Dieses kleine Programm präsentiert sich aufgeräumt und lässt sich ungewöhnlich leicht handhaben. Allerdings können nur passive analoge Schaltungen zeichnerisch erstellt und simuliert werden. Digitale Gatter, Dioden, Transistoren und sonstige aktive Bauelemente liegen für *eSketch* außerhalb der Möglichkeiten. Die kostenlose Version ist 15 Tage ohne Einschränkungen lauffähig.

### LTSpice/SwitcherCAD III (77 MByte)

Mit *SwitcherCAD III* von Linear Technology können fast sämtliche schaltenden Spannungsregler dieses Herstellers einschließlich ihres Einschaltverhaltens simuliert werden. Das Programm wird von nützlichen Schaltungsbeispielen begleitet, natürlich lassen sich auch eigene Schaltungen entwerfen. Mag auch die äußere Programmgestaltung nicht ganz überzeugen, die hervorragende Funktionalität verdient volle Anerkennung. *LTSpice/SwitcherCAD III* ist kostenlos, das Programm ist uneingeschränkt funktionsfähig.

### Micro-Cap 8 (22 MByte)

Das Simulationsprogramm *MicroCap* ist übersichtlich gestaltet, das Modul für die zeichnerische Schaltungseingabe lässt sich leicht handhaben. Zu *MicroCap* gehört eine recht umfangreiche Bibliothek, in der Standard-Bauelemente enthalten sind. Die abgekürzten Begriffe, die für die Simulatoreinstellungen benutzt werden, sind nur zu Beginn etwas gewöhnungsbedürftig. Die Testversion von *MicroCap* ist auf 50 Bauelemente und 100 Gleichungen (Verknüpfungspunkte, Induktivitäten und Signalquellen) begrenzt. Ferner arbeitet die Testversion mit reduzierter Simulationsgeschwindigkeit. Weitere Funktionen wie die Optimierung, der Filterentwurf und das Erstellen von 3D-Plots sind ebenfalls eingeschränkt.

### Multisim 9 (191 MByte)

Hinter dem Namen *Multisim* verbirgt sich eine umfangreiche, in sich abgerundete Suite, die das zeichnerische Erstellen von Schaltungen, die Schaltungssimulation und den Platinenlayout-Entwurf (Ultiboard) einschließt. *Multisim* gehört vermutlich zu den vielseitigsten Programmpaketen seiner Art. So können zum Beispiel virtuelle Messgeräte in der Schaltung platziert werden, welche die simulierten Signale darstellen. Die Bauelemente-Bibliothek von *Multisim* ist außergewöhnlich umfangreich. Die aktuellen Programmversionen sind in der Lage, Simulationsdaten und Messwerte mit *LabView* auszutauschen. Die Freeware-Version benötigt für die Schaltungssimulation eine Internet-Verbindung. Nach 45 Tagen werden der Simulator und der Autorouter inaktiv. Außerdem ist diese Version auf maximal 50 Bauelemente oder 750 Pins und zwei Layer eingeschränkt.

### OrCAD 10.5 (707 MByte)

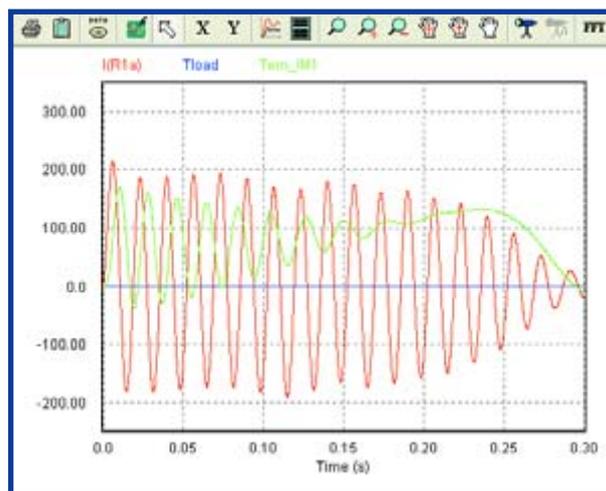
Noch eine leistungsstarke Suite für den Elektronik-Entwickler! Zuerst stellt *OrCAD* Verbindungen zwischen den einzelnen, im Paket enthaltenen Programmen her. Das zen-

trale Programm heißt *Capture CIS*, es verwaltet wie ein Manager alle zum Projekt gehörenden Dateien. Hilfestellung beim Einarbeiten leistet ein Tutorial (*OrCAD*-directory\OrCAD\_10.5\_Demo\tools\capture\tutorial\CAPTUTOR.EXE). Das Simulatormodul *PSpice A/D* ist nicht über *Capture CIS* erreichbar, es muss von Hand in die Projekte eingebunden werden. Die recht vielfältigen Möglichkeiten machen *OrCad* etwas unübersichtlich, das Einarbeiten braucht deshalb relativ viel Zeit.

Die Funktionsfähigkeit der Demo-Version ist zwar zeitlich nicht begrenzt, sie unterliegt jedoch einigen anderen Einschränkungen.

### Profilab Expert 4 (17 MByte)

Erscheinungsbild und Funktionalität erinnern hier an *Lab-View*, doch *Profilab Expert* ist deutlich einfacher gestaltet. Auf der recht aufgeräumten und übersichtlichen Bildschirmarbeitsfläche können Einstellknöpfe, Displays und andere funktionale Elemente platziert und aneinander gekoppelt werden. Die Arbeitsweise des erstellten Schaltungsaufbaus wird bei der anschließenden Simulation schnell deutlich.



Die Demo-Version ist auf maximal zehn Bauelemente begrenzt. Speichern und Compilieren sind nicht möglich, und die Simulationszeit beträgt maximal 30 Sekunden.

### Proteus 6 (112 MByte)

Das *Proteus*-Paket besteht aus den Programmen *ISIS 6* und *ARES 6*. Mit *ISIS* können Schaltungen zeichnerisch erstellt und simuliert werden, *ARES* übernimmt das Layouten der Platinen. Simulationen mit *ISIS* lassen sich sehr einfach durchführen, ein Mausklick auf den „Play“-Button genügt. Die Benutzeroberfläche ist überzeugend gestaltet, und die begleitenden Hilfe-Dateien geben Antworten auf alle wichtigen Fragen. Eine besondere Stärke von *Proteus* liegt darin, dass im Modus „Mixed-mode“ auch Mikrocontroller in die Schaltung eingebunden werden können. Der zugehörige Controller-Code wird gleichzeitig mit der Simulation ausgeführt.

In der Demo-Version sind die Speicher- und Druckfunktionen deaktiviert. Außerdem können keine eigenen Mikrocontroller-Schaltungen simuliert werden. Modifikationen der mitgelieferten Beispiele sind dagegen möglich.

>>>

### SIMetrix 5.2 (34 MByte)

Mit *SIMetrix* können sowohl analoge als auch digitale Schaltungen zeichnerisch erstellt und simuliert werden. Durch die Gliederung in mehrere Bildschirmfenster ist *SIMetrix* sehr übersichtlich. Die diversen Einstellungen lassen sich schnell und intuitiv vornehmen.

Um das Programm zu installieren, ist „*SIMetrix Intro*“ zu wählen. Dateinamen haben bei *SIMetrix* Endungen, die aus fünf Zeichen bestehen. Dadurch werden Konflikte mit den Dateinamen anderer Programme umgangen. In der Demo-Version ist lediglich die Anzahl der Bauelemente eingeschränkt. Für die Simulation von Schaltnetzteilen wird empfohlen, bei der Installation die Option *SIMetrix/SIMPLIS* zu wählen. Die Simulationsgeschwindigkeit von *SIMPLIS* ist in diesem speziellen Bereich um einen Faktor 10...50 höher als die komplexere SPICE-Simulation von *SIMetrix*.

### SIMWinXP 1.10 (261 MByte)

Der kleinere Bruder der Suite *EDWinXP* ist *SIMWinXP*. Dies ist ein Standalone-Programm, mit dem Schaltungen grafisch erstellt werden können, anschließend werden sie entweder vom mitgelieferten Mixed-mode-Simulator oder vom EDSpice-Simulator simuliert. *EDSpice* kann auch Schaltungen simulieren, die als SPICE-Code definiert sind. Mit *SIMWinXP* sind Simulationen analoger und digitaler Schaltungen möglich.

*SIMWinXP* wird durch Ausführen von „*Setup.exe*“ im Ordner von *SIMWinXP* installiert.

Die Testversion ist funktional nicht eingeschränkt, sie ist jedoch nur 30 Tage lauffähig.

### Smash 5.7.0 (424 MByte)

Das Programm *Smash* ist ein umfangreicher und leistungsstarker Mixed-mode-Simulator. *Smash* hat einige besondere Fähigkeiten wie zum Beispiel das Überschlägige Berechnen des Energiebedarfs digitaler Schaltungen. Eine weitere ungewöhnliche Fähigkeit ist der Mixed-mode-Betrieb von SPICE mit VHDL-AMS.

Netzlisten-Dateien können die Dateiformate „.cir“, „.nsx“ oder „.sp“ haben. Mit anderen bekannten Programmen, unter anderem von Mathlab, Keil und National Instruments, ist *Smash* kompatibel.

Auffallend bei *Smash* sind die vielen mitgelieferten PDF-Dokumente. Sie enthalten unter anderem Abhandlungen über Problemstellungen beim Schaltungsentwurf sowie Beschreibungen von Simulationen. Die Testversion erlaubt in der zu simulierenden Schaltung den Einsatz von maximal 25 analogen Verknüpfungspunkten.

### SpiceAge und Spicycle (49 MByte)

Für die Installation von *SpiceAge* (Simulation) und *Spicycle* (zeichnerischer Schaltungsentwurf) muss der Inhalt des *SpiceAge*-Ordners von der DVD-ROM vollständig und einschließlich der Ordnerstrukturen auf die Festplatte nach C:\ kopiert werden.

Mit *Spicycle* kann der Anwender Schaltungen und Platinenlayouts grafisch erstellen. Simulationen werden von hier gestartet und von *SpiceAge* ausgeführt. In *SpiceAge* lassen sich noch viele weitere Parameter einstellen und auch noch andere Simulationen durchführen. Die Benutzeroberfläche von *Spicycle* und *SpiceAge* ist transparent und übersichtlich. Die meisten Bedienelemente sind über die Menüleiste zu erreichen.

Auf der DVD-ROM befindet sich eine spezielle Demo-Version für ELEKTOR-Leser. Der Umfang der Bauelemente-Bibliothek ist zwar begrenzt, doch die Funktionsfähigkeit ist weder funktional noch zeitlich eingeschränkt.

### Spice Creator Pro V5.12 (39 MByte) und Visual Spice (39 MByte)

Diese beiden Programme sind einander zum Verwechseln ähnlich.

Mit *Spice Creator Pro* und *Visual Spice* können analoge und digitale Schaltungen grafisch erstellt und simuliert werden. Ein nützlicher Hilfe-Browser unterstützt die Arbeit, mit ihm lassen sich alle benötigten Funktionen leicht finden. Die Hauptfenster der Programme erscheinen etwas überladen, sie können jedoch leicht an individuelle Bedürfnisse angepasst werden.

Die „Trial“-Versionen unterliegen zahlreichen Einschränkungen, zum Beispiel sind die Funktionen „Undo“, „Save“, „Export“, „Print“, und „Copy“/„Paste“ nicht vorhanden. Außerdem ist die Simulation angepasster Schaltungen nicht möglich.

### Target 3001! V12 (61 MByte)

Ein CAD-Programm mit erheblich erweiterten Eigenschaften, so lässt sich *Target 3001!* in Kurzform beschreiben. Dieses Programm ist in erster Linie für das zeichnerische Erstellen von Schaltungen und für die Entwicklung von

## Web-Adressen der Hersteller

5 Spice Analysis Software	<a href="http://www.5spice.com">www.5spice.com</a>
Abacom	<a href="http://www.abacom-online.de">www.abacom-online.de</a>
AIM-Software	<a href="http://www.aimspice.com">www.aimspice.com</a>
AMS	<a href="http://www.advancedmsinc.com">www.advancedmsinc.com</a>
Beige Bag Software	<a href="http://www.beigebag.com">www.beigebag.com</a>
	Benelux: <a href="http://www.franklin-industries.com">www.franklin-industries.com</a>
Bells-Hill	<a href="http://www.bells-hill.freesevice.co.uk">www.bells-hill.freesevice.co.uk</a>
Cadence	<a href="http://www.cadence.com/orcad">www.cadence.com/orcad</a>
Cadmigos	<a href="http://www.cadmigos.com">www.cadmigos.com</a>
Capilano Computing	<a href="http://www.capilano.com">www.capilano.com</a>
Catena	<a href="http://www.catena.uk.com">www.catena.uk.com</a>
Dolphin	<a href="http://www.dolphin.fr">www.dolphin.fr</a>
Electronics Workbench	<a href="http://www.electronicworkbench.com">www.electronicworkbench.com</a>
Erwin Rössler	<a href="http://www.win-elektronik.de">www.win-elektronik.de</a>
Inca Systems	<a href="http://www.incasystems.fi">www.incasystems.fi</a>
Ing.Büro Friedrich	<a href="http://www.ibfriedrich.com">www.ibfriedrich.com</a>
Island Logix	<a href="http://www.islandlogix.com">www.islandlogix.com</a>
Labcenter Electronics	<a href="http://www.labcenter.co.uk">www.labcenter.co.uk</a>
Linear Technology	<a href="http://www.linear.com">www.linear.com</a>
Number One Systems	<a href="http://www.numberone.com">www.numberone.com</a>
Penzar Development	<a href="http://http://penzar.com">http://penzar.com</a>
Powersim	<a href="http://www.powersimtech.com">www.powersimtech.com</a>
Schematica Software	<a href="http://www.schematica.com">www.schematica.com</a>
Sonnet	<a href="http://www.sonnetusa.com">www.sonnetusa.com</a>
Spectrum Software	<a href="http://www.spectrum-soft.com">www.spectrum-soft.com</a>
Those Engineers Ltd	<a href="http://www.spiceage.com">www.spiceage.com</a>
Tsien	<a href="http://www.tsien.info">www.tsien.info</a>
Visionix	<a href="http://www.visionics.a.se">www.visionics.a.se</a>
Zuken	<a href="http://www.zuken.com">www.zuken.com</a>

Platinenlayouts konzipiert. Darüber hinaus können Schaltungen simuliert werden, und auch eine EMC-Prüfung wird durchgeführt. Mit *Target 3001!* ist ferner der Entwurf von Frontplatten möglich.

Das Arbeiten mit dem Programm geht leicht und intuitiv von der Hand. Um auch die weniger offensichtlichen Möglichkeiten auszuschöpfen, ist das Studium des Handbuchs notwendig. Für ELEKTOR-Leser hat der Hersteller die spezielle Version *Target 3001! V12 „light“* zur Verfügung gestellt. Sie bietet wesentlich mehr (400 Pins oder Pads und zwei Layer) als die gewöhnliche Demo-Version. Nur der Zugang zur Bauelemente-Bibliothek auf dem Target-Server ist nicht möglich.

### TopSPICE 7.09g (23 MByte)

Mit *TopSPICE* können sowohl grafisch erstellte Schaltungen als auch SPICE-Netzlisten geöffnet werden. Simulationen lassen sich schnell und unkompliziert durchführen. Das Programm erklärt sich weitgehend selbst, doch bei Bedarf sind auch hilfreiche Dokumentationen zur Hand. In der Demo-Version müssen viele Einschränkungen hingenommen werden. Sie betreffen unter anderem den Schaltungsumfang, die Anzahl der Verknüpfungspunkte sowie die Anzahl der Transistoren und Top-level-Komponenten. Der Datenspeicher ist auf 1 MByte begrenzt.

### Win-Elektronik 3.1 (1 MByte)

Dieses einfache deutschsprachige Programm ist die richtige Wahl, wenn schnelle Analysen analoger Schaltungsnetze durchzuführen sind. Zielgruppe von *Win-Elektronik* sind insbesondere Studierende und Schüler. Die Einstellmöglichkeiten sind begrenzt. Die Demo-Version erlaubt den Einsatz von maximal acht Bauelementen und einem Operationsverstärker.

## Extras

### iSim (14 MByte) (mit CADStar Express 8 und PSpice A/D 10.5)

Das Plugin *iSim* konvertiert in *CADStar Express* grafisch erstellte Schaltungen für die Simulation in *PSpice A/D*. Der Aufruf von *iSim* ist aus *CADStar Express* möglich, so dass Simulationen von dort gestartet werden können. Die Ergebnisse werden anschließend in *PSpice A/D* dargestellt. Was die Übersichtlichkeit betrifft, lässt *iSim* keine Wünsche offen.

Die Demo-Version ist auf maximal 50 Bauelemente eingeschränkt.

### PSIM (22 MByte)

PSIM ist ein spezieller Simulator, dessen Domänen die Leistungselektronik und die elektronische Motorsteuerung sind. Zu *PSIM* gehört das Programm *SimView*. Mit *PSIM* wird die Schaltung zeichnerisch erstellt, anschließend wird die Simulation gestartet. *SimView* führt die Simulation durch und gibt das Ergebnis auf dem Bildschirm aus. Die Handhabung beider Programme bedarf kaum einer Erklärung. Besonders nützlich sind die mitgelieferten Beispiele. Sie geben einen schnellen Überblick über die Fähigkeiten und die Arbeitsweise des Programms.

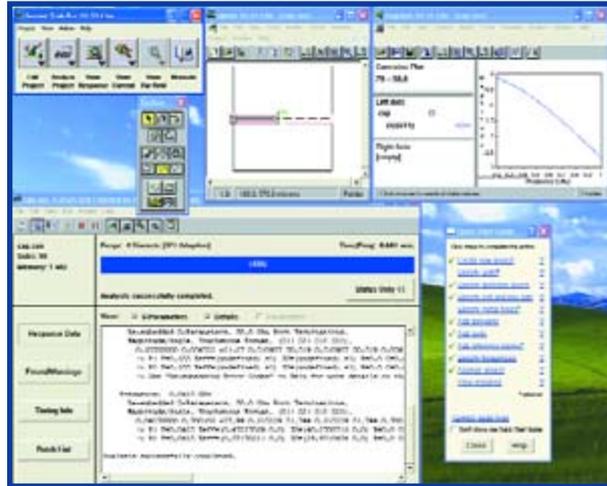
### Sonnet Lite 10.51 (91 MByte)

Für (fast) alle Berechnungen, in denen es um hochfrequente elektromagnetische Felder geht, bietet *Sonnet Lite* Lösungen an. Analysen der gegenseitigen Beeinflussun-

gen von Leiterbahnen gehören ebenso zu den Möglichkeiten wie das Berechnen von Microstrips und gekoppelten Leitersystemen.

Die kostenlose „Lite“-Version unterscheidet sich von der Vollversion durch einige Einschränkungen, sie hat eine Lauffähigkeit von 30 Tagen. Weitere Informationen gibt es auf der Website des Herstellers.

(060206)gd



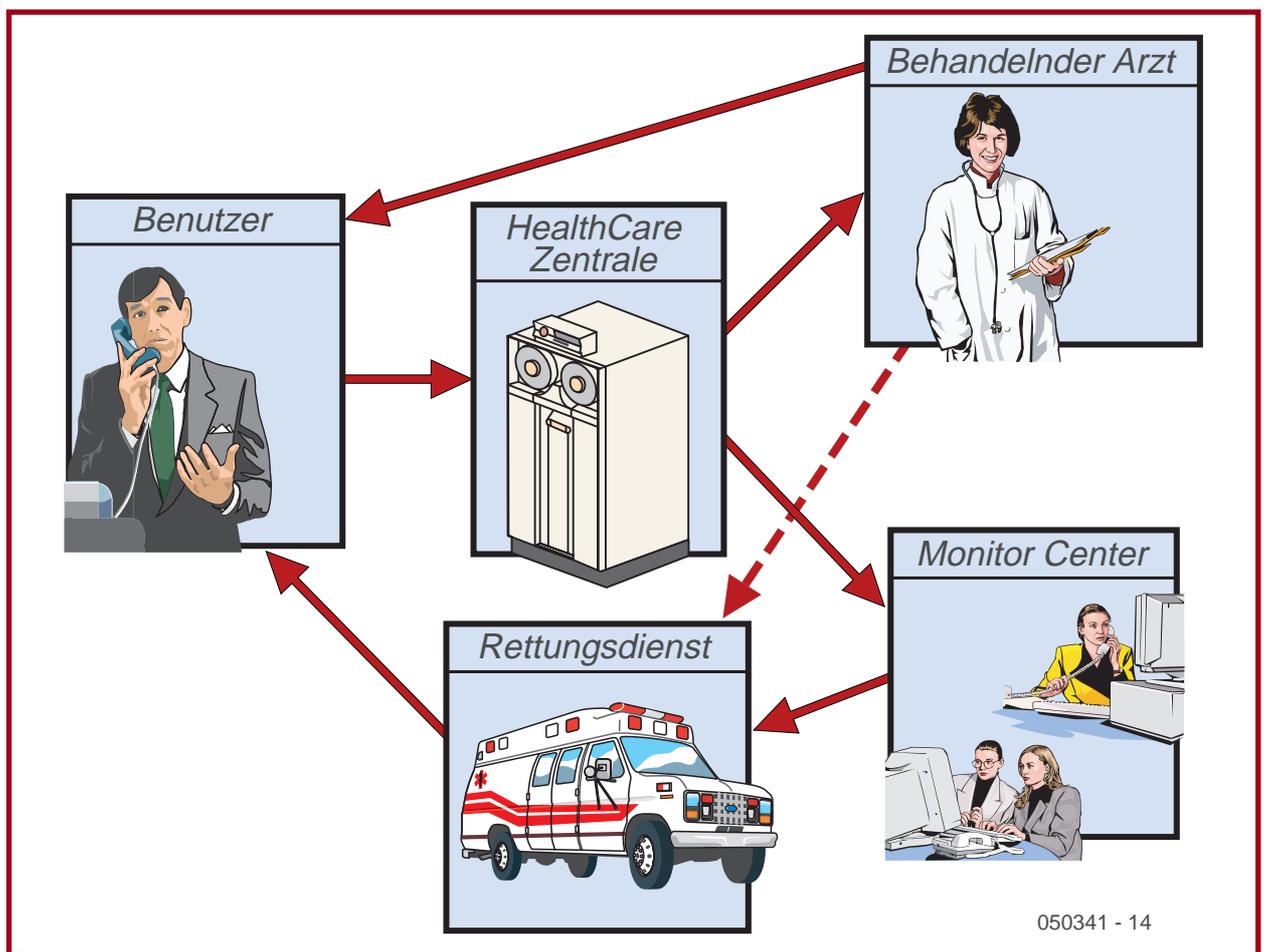
## Weitere wichtige Links

Altium Designer	<a href="http://www.altium.com/Products/AltiumDesigner/">www.altium.com/Products/AltiumDesigner/</a>
Tina Pro 6	<a href="http://www.designwareinc.com/index.shtml">www.designwareinc.com/index.shtml</a>
NGSpice	<a href="http://ngspice.sourceforge.net/relapp.html">http://ngspice.sourceforge.net/relapp.html</a>
AnaSoft SuperSpice	<a href="http://www.anasoft.co.uk/">www.anasoft.co.uk/</a>
APLAC	<a href="http://www.aplac.hut.fi/aplac/">www.aplac.hut.fi/aplac/</a>
AKNM Circuit Magic	<a href="http://www.circuit-magic.com/">www.circuit-magic.com/</a>
Intusoft ICAP/4	<a href="http://www.intusoft.com/demos.htm">www.intusoft.com/demos.htm</a>
PC-ECAP	<a href="http://www.cdquickcache.com/pcecap.htm">www.cdquickcache.com/pcecap.htm</a>
Digital Simulator	<a href="http://www.mit.edu/people/ara/ds.html">www.mit.edu/people/ara/ds.html</a>
Spice+	<a href="http://spicep.sourceforge.net/">http://spicep.sourceforge.net/</a>
WinEcad	<a href="http://www.winecad.com/winecad.htm">www.winecad.com/winecad.htm</a>
DxAnalog	<a href="http://www.mentor.com/products/pcb/expedition/analysis_verification/dx_analog/index.cfm">www.mentor.com/products/pcb/expedition/analysis_verification/dx_analog/index.cfm</a>
NGSpice	<a href="http://ngspice.sourceforge.net/">http://ngspice.sourceforge.net/</a>
+ GSpiceUI	<a href="http://www.geda.seul.org/tools/gspiceui/index.html">www.geda.seul.org/tools/gspiceui/index.html</a>
PSpice 3f4	<a href="http://www.ee.washington.edu/circuit_archive/software/spice3f4.tar.gz">www.ee.washington.edu/circuit_archive/software/spice3f4.tar.gz</a>
Spice3f4 (Mac)	<a href="http://www.kivadesigngroupe.com/Kiva%20Professional/professionalpage.htm">www.kivadesigngroupe.com/Kiva%20Professional/professionalpage.htm</a>
MacSpice 3f5 (Mac)	<a href="http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/MacSpice">http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/MacSpice</a>
Pulsonix	<a href="http://www.pulsonix.com/index.asp">www.pulsonix.com/index.asp</a>
CSIEDA	<a href="http://www.csieda.com/">www.csieda.com/</a>
Crocodile Technology 6.01	<a href="http://www.crocodile-clips.com/crocodile/technology/index601.jsp">www.crocodile-clips.com/crocodile/technology/index601.jsp</a>
Qucs	<a href="http://qucs.sourceforge.net/news.html">http://qucs.sourceforge.net/news.html</a>
Simplorer Student Version	<a href="http://www.ansoft.com/about/academics/simplorer_sv/index.cfm">www.ansoft.com/about/academics/simplorer_sv/index.cfm</a>

# Der elektronische

Von Haider Karomi

**Eine schnelle und genaue Ferndiagnose kann Leben retten – und spart auch noch Kosten. Während die elektronische „Überwachung“ von Patienten noch manche politische Frage aufwirft, sind die technischen Probleme allesamt lösbar.**



Telemedizin im Schema (Quelle der Grafik: Paxiva Service / Personal HealthCare Telemedicine)

Was heute noch wie Zukunftsmusik klingt, könnte bald zum Standard werden: die Ferndiagnose. Hochempfindliche Sensoren und die moderne Datenübertragungstechnologie erlauben es, den Gesundheitszustand eines Menschen über beliebige Entfernungen hinweg zu überwachen. So können Spezialisten anhand des vom Notarzt aufgenommenen und ins Krankenhaus übermittelten EKGs erkennen, ob eine akute behandlungsnotwendige Rhythmusstörung vorliegt oder sich ein Infarkt anbahnt. Auf kurzem Wege muss entschieden werden, welche Behandlungen einzuleiten sind - ob zu Hause, auf der Intensivsta-

tion oder beim Transport dorthin. Unter Telemedizin versteht man aber nicht nur eine Diagnose, sondern auch eine Therapie aus der Ferne – oder auch die Telekommunikation zwischen zwei Ärzten. Mit „Tele Home Care“ bezeichnet man Anwendungen der Telemedizin, die sich auf das Internet stützen. Hierunter fallen zum Beispiel webbasierte Beratungen von Experten untereinander oder die Übertragung der Patienten-Vitalwerte (Pulsfrequenz, Blutdruck usw.) vom eigenen Haus zum Arzt. In der Tabelle sind verschiedene Anwendungsbereiche der Tele Home Care dargestellt.

# Doktor

# Der Tele-Medizin gehört die Zukunft

## Chancen & Risiken

Durch die drastisch verkürzte Zeit bis zur Diagnose – z.B. bei Herzinfarktopfern – kann Tele Home Care sogar Leben retten. Darüber hinaus lassen sich auch Kosten sparen – können doch Ärzte und medizinisch geschultes Personal gleichzeitig viele Patienten außerhalb eines Krankenhauses überwachen und betreuen. Viele Fahrten und Transporte werden obsolet, was besonders in schlecht versorgten Gebieten ins Gewicht fällt. In einer Gesellschaft, in der die Zahl der chronisch Kranken und Pflegebedürftigen ständig wächst, verschwimmen die Übergänge zwischen gesund und krank zusehends. Die qualitative Verbesserung der Lebensqualität für jeden Einzelnen ist das Ziel; demgegenüber steht allerdings die dramatische Kostensteigerung im Gesundheitswesen. Die Lösung dieses Widerspruchs müssen zwangsläufig sinkende Kosten durch eine effizientere und zielgenauere Betreuung sein [1][2].

Doch wirft Tele Home Care auch politische und rechtliche Fragen auf [2]. Oft wird die Befürchtung geäußert, dass die Fernmedizin bei missbräuchlicher Nutzung Grundrechte verletzen könnte. Mit modernen Verschlüsselungssystemen kann zumindest ein bisher unerreichter Schutz gegen das unbefugte Abhören der Informationen gewährleistet werden. Dem Patienten wird dabei eine weit reichende Kontrolle über seine eigenen Daten gegeben.

## Herzmedizin als Schrittmacher

Das größte und gefährlichste gesundheitliche Problem der Deutschen ist die koronare Herzkrankheit. Zahlreiche

## Bereiche der Tele Home Care

<b>„Klinisch“</b>	Eingreifen im Notfall Tele-ärztliche Betreuung Tele-Sprechstunde Ferndiagnose Fern-Behandlung Überwachung der Vitalwerte (z.B. EKG)
<b>Pflege &amp; Information</b>	Gesundheitsförderung Vorbeugung von Krankheiten Selbstpflege Ausbildung
<b>Administrativ</b>	Elektronisches Fall-Management Fall-Datenbank Koordination

Risikofaktoren beeinflussen den Krankheitsverlauf. Im Hinblick auf die zu erhaltende Mobilität und Unabhängigkeit des Patienten, die Kontrolle der Risikofaktoren, die Begleitung von Rehabilitationsmaßnahmen usw. fällt der Tele Home Care hier eine besondere Bedeutung zu. In den letzten Jahren sind daher verschiedene Studien mit dem Ziel durchgeführt worden, die Machbarkeit einer

## Tele Home Care - Vorteile und Schwierigkeiten

### Patientenüberwachung

- Verbesserung der Qualität und Quantität von Patientenüberwachungsdaten
- Zunahme der Zahl der überwachten Patienten
- Versorgung mit automatisierten Entscheidungshilfen zur Datenanalyse und -interpretation

### Therapie-Management

- Verbesserung der Arzt-Patienten-Kommunikation
- Schnellere Anpassung der Therapie
- Stärkung der Eigen-Behandlung des Patienten

### Fernbetreuung

- weniger Krankenhausvisiten
- Erleichterung des Zugangs zu Informationen für den Patienten

- Gewinn einer kontrollierten Autonomie des Patienten
- Verminderung von Kurz- und Langzeitkomplikationen

### Tele Home Care erzeugt organisatorische Veränderungen

- Der neue Dienst modifiziert die klinische Routine und die klinischen Protokolle.
- Zuerst mehr Arbeit für das medizinische Personal in der ersten Stufe der Implementation
- Mehr Patienten und Daten: daher Notwendigkeit, Werkzeuge für die automatische Datenanalyse einzusetzen
- Schwierigkeit: Die Patienten sind nicht in einer kontrollierten Umgebung

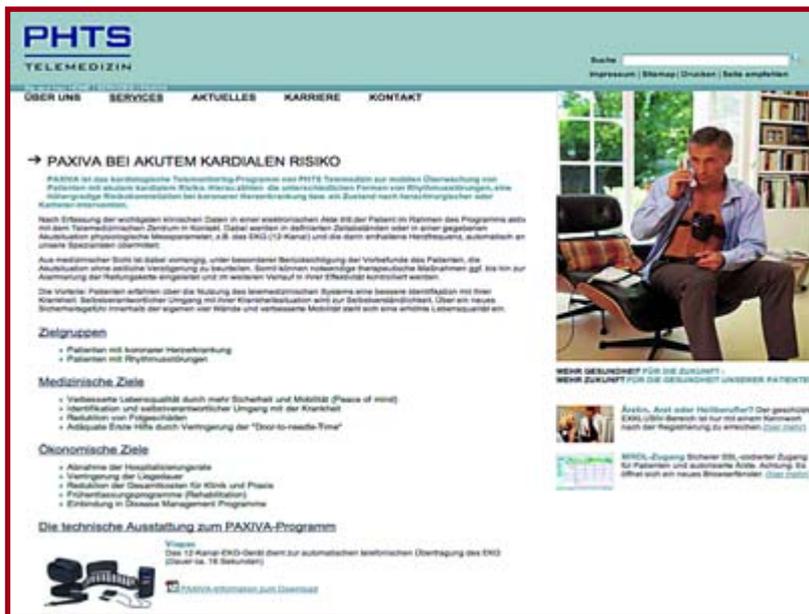
Quelle: Telemedizinführer Deutschland 2004 ([www.telemedizinfuhrer.de](http://www.telemedizinfuhrer.de))

automatisierten Überwachung und einer Fern-Therapie von Herzpatienten unter Verwendung von modernen Telekommunikationstechnologien zu ermitteln. Die Ergebnisse dieser Studien haben gezeigt, dass die automatische Überwachung von Patienten technisch möglich ist. Überdies wurde deutlich, dass auf die Mitwirkung des Patienten nicht verzichtet werden kann. Der Patient erhält aber im Gegenzug die Möglichkeit, mehr Informationen über seinen Krankheitszustand und Therapieprozess zu bekommen, was wieder zu einem besseren Verständnis und zu einer höheren Zufriedenheit beim Patienten führen kann.

### Standardisierung

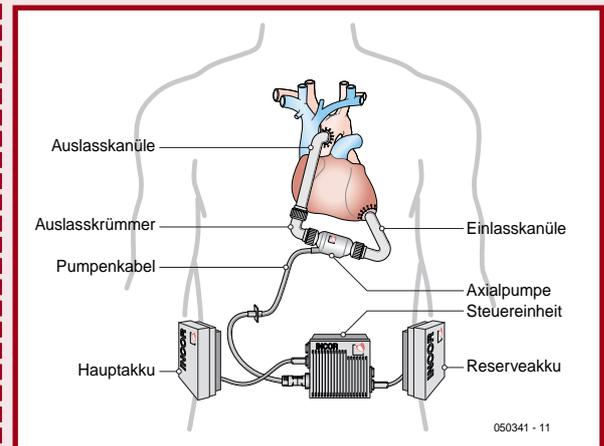
Mit dem System Paxiva (siehe Aufmacherbild) möchte Personal HealthCare Telemedicine in Europa einen Tele-Home-Care-Standard zur Betreuung von Herzpatienten in enger Zusammenarbeit mit behandelnden Ärzten und Kliniken etablieren [3]. Patienten haben hierbei die Möglichkeit, bei Unwohlsein oder in regelmäßigen Abständen ein EKG per Telefon zu übertragen und eine sofortige persönliche Auswertung sowie Handlungsanweisungen zu bekommen. Mit Tele Home Care wird es dem Patienten möglich sein, rund um die Uhr Symptome überprüfen zu lassen, mit denen er seinen Arzt vielleicht nicht bemühen würde. Da die Benutzer wissen, dass das Monitor-Center wie im Falle von Paxiva immer durchgehend besetzt ist, entfällt die sonst übliche Hemmschwelle, bei ersten Symptomen den Arzt oder Notarzt zu kontaktieren. So kann im Notfall kostbare Zeit gewonnen werden.

(050341-1)



## Weblinks

- [1] Report des kanadischen „Office of Health and the Information Highway“:  
<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/H21-168-1998E.pdf>
- [2] Health Academy, diverse Bücher, siehe:  
[www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/DGBMT/Publikationen/Buchreihe+Health+Academy.htm](http://www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/DGBMT/Publikationen/Buchreihe+Health+Academy.htm)
- [3] System Paxiva: [www.phts.de/paxiva.html](http://www.phts.de/paxiva.html)



**Bild A. Herzunterstützungssystem INCOR der Firma Berlin Heart AG. Die dem Patienten implantierte Pumpe wird von der Steuereinheit kontrolliert (Grafik: Berlin Heart AG).**

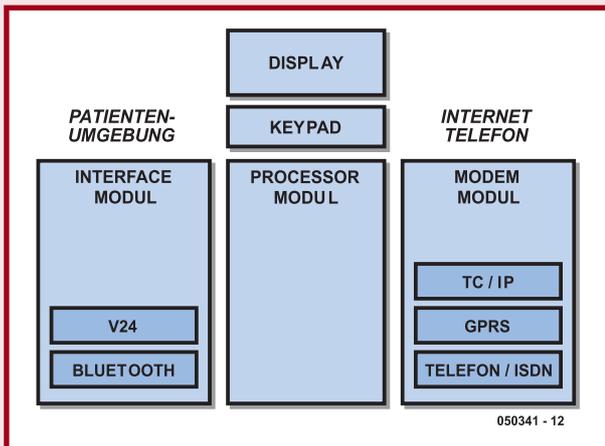
## Technik der Telemedizin - ein Beispiel

Im Rahmen seiner Diplomarbeit hat der Verfasser den Prototypen eines Telematik-Modul entwickelt. Hiermit kann ein Patient, welcher ein Herzunterstützungssystem im und am Körper trägt, über das Internet diagnostisch überwacht werden. Das Telematik-Modul wird zur Zeit von der Firma Berlin Heart AG weiterentwickelt und könnte nächstes Jahr marktreif sein.

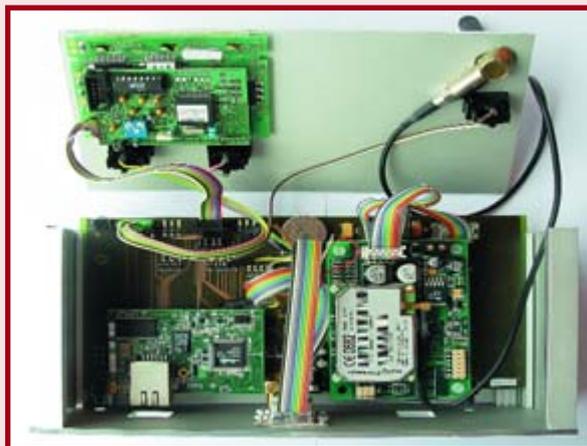
Das mikroprozessor-gesteuerte Modul empfängt Daten aus der Steuereinheit des Herzunterstützungssystems (siehe **Bild A**). Die Informationen - Parameter wie Fluss und Druckdifferenz in der implantierten Pumpe und „Ereignisdaten“ - werden einmal am Tag über das Internet, das Telefonnetz oder das Handynetz zu einer beliebig weit entfernten technischen Zentrale weitergeleitet. Hierfür verfügt das Gerät über unterschiedliche Schnittstellen wie ein analoges Modem, Ethernet, RS232, Bluetooth sowie GPRS (General Packet Radio Service zum Versenden von Daten über die Mobilfunknetze). Dies ist in **Bild B** dargestellt. Ein PC-Anschluss dient zur Konfiguration (IP-Adresse usw.); im späteren Einsatz sollen auch Daten zum Laptop des Patienten übertragen werden. **Bild C** zeigt das geöffnete Gerät, **Bild D** den Prototypen im Gehäuse.

Nach langer Recherche und einer Marktanalyse bezüglich Funktionalität, Speicherkapazität und Preis wurde die Entscheidung getroffen, das RCM3200-Kern-Modul von Rabbit Semiconductor als Entwicklungsboard zu verwenden. Als Programmierumgebung kam Dynamic C von Z-World zum Einsatz.

Das RCM3200-Modul (siehe **Bild E**) verfügt über eine integrierte 10/100Base-T-Ethernet-Schnittstelle und wird bei 3,3 V mit 5-V-toleranten Ein-/Ausgängen betrieben. Außerdem sind sechs serielle Ports vorhanden. Das Modul basiert auf dem Rabbit 3000-Mikroprozessor und läuft mit einem Takt von 44,2 MHz. Es ist mit 512 KByte Flash-Speicher, 512 KByte Programmausführungs-SRAM und 256 KByte Daten-SRAM, Quadratur-Decoder, PWM-Ausgängen und Impulserfassungsfunktionen ausgestattet. Das Modul verfügt außerdem über eine durch Batteriebetrieb



**Bild B.** Die Schnittstellen des Telematik-Moduls.



**Bild C.** Das Innenleben des Telematik-Prototypen.

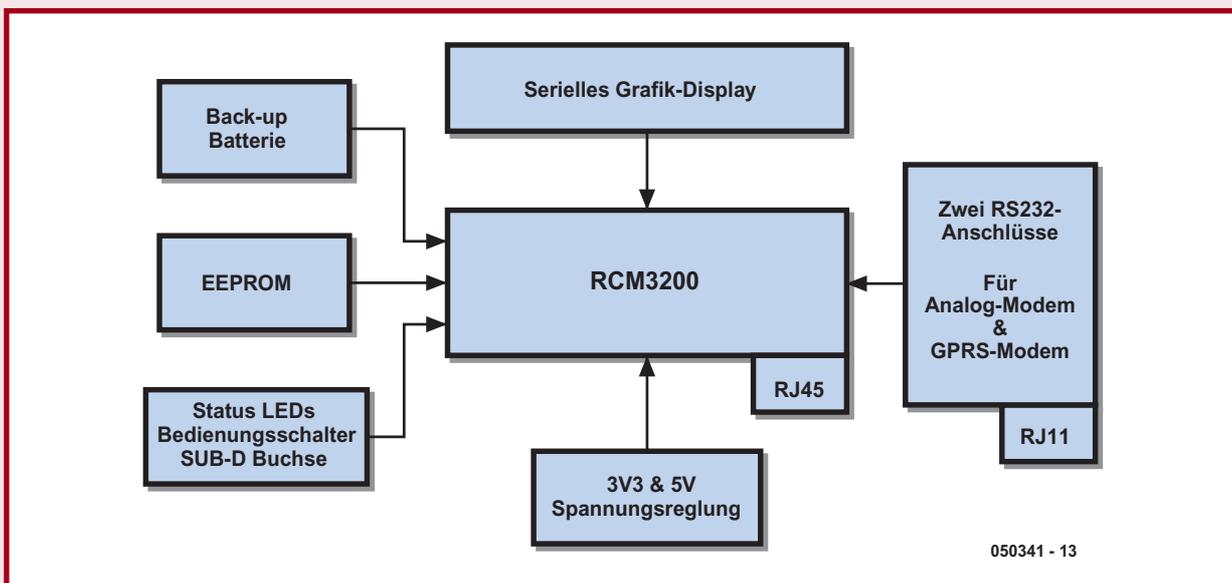
gesicherte Echtzeituhr und Low-Power-„Sleepy“-Modi. Mithilfe von integrierten Low-EMI-Funktionen (Electro-Magnetic Interference), werden EMI-Probleme praktisch eliminiert, was durch CE- und behördliche HF-Emissionstests belegt wird.

Dynamic C ist eine benutzerfreundliche C-Sprachenumgebung, die Editor, Compiler und Debugger enthält. Programme können über ein Programmierkabel geladen und auch debugged werden, es ist kein schaltungsintegrierter Emulator erforderlich. Weitere entscheidende Vorteile von Dynamic C sind die mitgelieferten Bibliotheken (TCP/IP-Stack, serielle Schnittstellen etc.) was die Entwicklungszeit stark verkürzt.

Der Verfasser konnte zeigen, dass eine Überwachung von Patienten mit Herzunterstützungssystemen technisch möglich ist. Bevor das Gerät praktisch eingesetzt werden kann, sind freilich noch Dinge zu klären. Zu den Voraussetzungen zählt zuerst einmal die Bereitschaft des Patienten – der in der Bedienung des Geräts (Kabel anschließen, Bedientasten, die wichtigsten Fehlermeldungen usw.) ausgebildet werden muss. Darüber hinaus muss noch getestet werden, ob die Datenübertragung auch bei einer ungünstigen Anbindung des Patientenhaushalts ans Internet immer zuverlässig funktioniert.



**Bild D.** Das Gerät im Gehäuse.



**Bild E.** Das Herz des Moduls ist ein Mikroprozessor von Rabbit.

# GBEKG

Von Marcel Cremmel



**Das eigene EKG sichtbar auf selbst gebautem Gerät - für welchen Elektroniker wäre das keine Herausforderung? Professionelle Geräte sind groß und teuer oder klein und noch teurer. Mit der hier vorgestellten Selbstbaulösung kann man die elektrischen Signale des Herzens preiswert darstellen, bequem aufzeichnen und einfach wiedergeben. Ein praktisches Hilfsmittel für Sport und Gesundheit also.**

Die Idee, einen Game Boy mit einer ganz anderen Art Cartridge als üblich auszustatten, entstand schon nach der Veröffentlichung des GBDSO (Gameboy-Digitalspeicheroszillokop) in ELEKTOR Oktober 2000. An dieser Stelle ein herzliches Dankeschön an M. Willis für seine Unterstützung bei diesem Projekt.

Das hier beschriebene Gameboy-Elektrokardioskop benötigt drei Elektroden: Eine links und eine rechts des Herzens sowie eine dritte Elektrode am linken Bein. Die komplette Elektronik ist in einer Cartridge untergebracht, die in einen gewöhnlichen Game Boy gesteckt werden kann. Sie verstärkt das EKG-Signal und wandelt es so um, dass es der Game Boy als EKG-Kurve auf seinem Bildschirm erstklassig darstellt.

Die schon angesprochene Elektrodenanordnung entspricht der so genannten Einthoven-Ableitung (siehe Kasten auf einer der nächsten Seiten). Die linke und die rechte sind die aktiven

Elektroden, während die dritte als Masse- bzw. Referenzpunkt fungiert. Trotz dieser Einfachheit entspricht das Resultat sogar professionellen Ansprüchen - zumindest wenn man den Bewertungen von Kardiologen Glauben schenken darf. Mit dem hier vorgestellten Gerät lassen sich mit gebührender Zurückhaltung auch gesundheitliche Fragen klären. Ein Beispiel wäre die Kontrolle der Nebenwirkungen von bestimmten prophylaktischen Malaria-Medikamenten, die Einfluss auf das so genannte Q-T-Intervall haben (die Zeit zwischen diesen beiden Punkten auf der EKG-Kurve, siehe auch **Bild 1** [2]).

Dieses Bild zeigt den Verlauf des elektrischen Potentials, das man als EKG an der Körperoberfläche messen kann und das der mechanischen Aktivität des Herzens entspricht. Man unterscheidet dabei die im Folgenden genannten Abschnitte.

*P-Welle*: Zusammenziehen der Vorhöfe (Atria): Venöses Blut wird durch die

Herzklappen in die Herzkammern (Ventrikel) gepresst.

*QRS-Komplex*: Das Zusammenziehen der Herzkammern treibt das Blut aus dem Herzen in die Lunge (rechte Kammer) und in den Körper (linke Kammer).

Diese beiden Wellen machen die Herzgeräusche aus, die so ähnlich wie "kabumm" klingen.

*T-Welle*: Repolarisation der Ventrikel, Entspannung des Herzmuskels.

## Die Elektronik

Was sich hinter der Abkürzung GBEKG verbirgt, dürfte klar sein: sie steht tatsächlich für "Game Boy EKG" ;-)

Die komplette Elektronik und die Firmware (im Flash-Speicher) findet auf der Cartridge Platz. Schiebt man diese in einen Game Boy, dann verwandelt er sich in einen EKG-Monitor!

Wichtigste Aufgabe der Elektronik ist die Verstärkung der schwachen EKG-Signale auf einen für die Analog/Digi-

# Game Boy als Herzmonitor

## Spezifikationen:

- Cartridge ist mit den Game-Boy-Modellen Classic, Pocket, Color und Advance kompatibel
- Einfache Ableitung mit drei Elektroden
- Empfindlichkeit: 1,6 mV<sub>SS</sub> für volle Skala
- Common-Mode-Unterdrückung: 100 dB
- Speicher für EKG-Kurven: 68 s
- Auto-scrollendes Display
- Zeitfenster: 2,68 s im Aufzeichnungsmodus (1,34 s oder 2,68 s im Betrachtungsmodus)
- Akustischer Herzschlagindikator
- Batteriespeisung aus Sicherheitsgründen
- Betriebsdauer: 2 h pro Batterieladung

## Das Elektrokardiogramm (EKG)

Für den Bau und die Anwendung dieses Herzschlag-Monitors sind ein paar medizinische Grundlagen unerlässlich.

Los geht's:



### Etwas Geschichte...

Das EKG haben wir Willem Einthoven zu verdanken, der vor mehr als 100 Jahren den Zusammenhang zwischen elektrischer und mechanischer Aktivität des Herzens entdeckte. Im Jahre 1924 erhielt er hierfür den Nobelpreis [1].

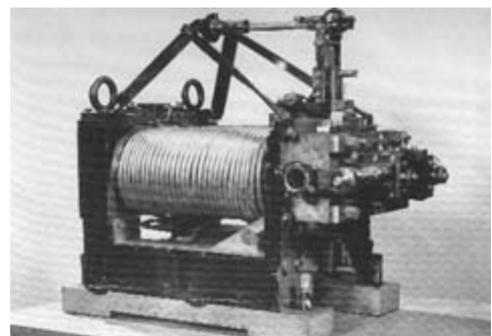
**Willem Einthoven im Jahre 1906, Rektor der Universität Leiden.**

### Etwas Biologie...

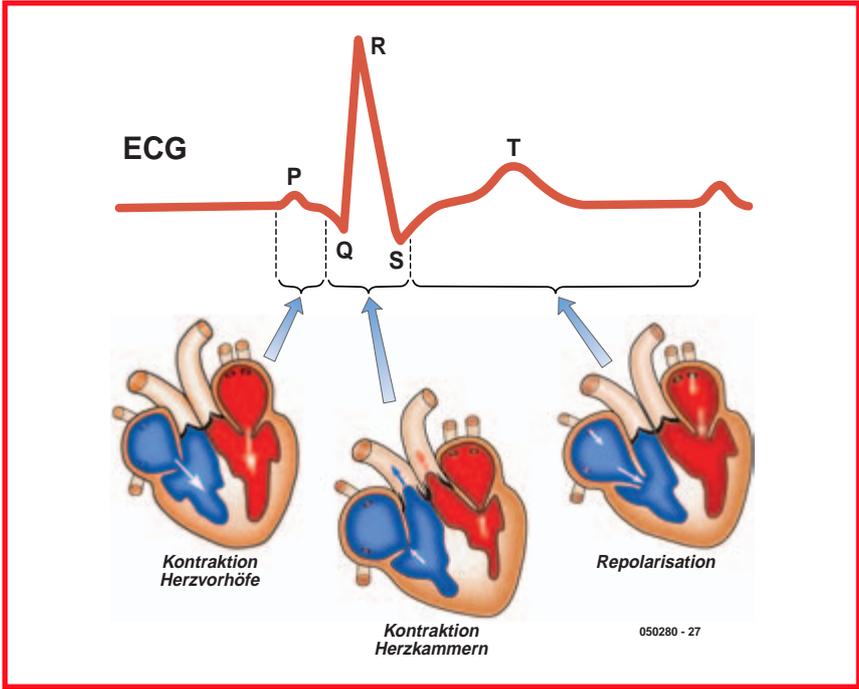
Das Herz ist ein im Grunde autonom arbeitender Muskel, der vom Gehirn lediglich beeinflusst werden kann: Sein Rhythmusgenerator ist der so genannte Sinusknoten, der sich oben auf der rechten Seite befindet. Es handelt sich dabei um spezialisierte Muskelzellen, die in der Lage sind, rhythmische Potentiale und damit Ströme zu erzeugen. Diese Signale werden von weiteren speziellen Fasern mit spezifischen Verzögerungen an bestimmte Stellen des Herzens geleitet, damit sich die Erregung der Muskelzellen systematisch ausbreitet und die einzelnen Herzmuskelkontraktionen sinnvoll choreografiert ablaufen. In medizinischen Termini depolarisieren die Muskelzellen bei Kontraktion und repolarisieren bei Entspannung. Die elektrochemischen Prozesse beziehungsweise deren elektrische Potentiale pflanzen sich bis auf die Hautoberfläche fort, wo sie ganz unblutig als EKG gemessen werden können. Die Haut selbst ist kein guter Leiter, weshalb die benutzten Elektroden an Verstärker mit hoher Eingangsimpedanz angeschlossen werden und bestimmte Pasten den elektrischen Kontakt zwischen Haut und Elektroden verbessern helfen. Die Kurvenform der Differenzsignale zwischen bestimmten Hautstellen nutzt der Arzt zur Diagnose von Herzkrankheiten.



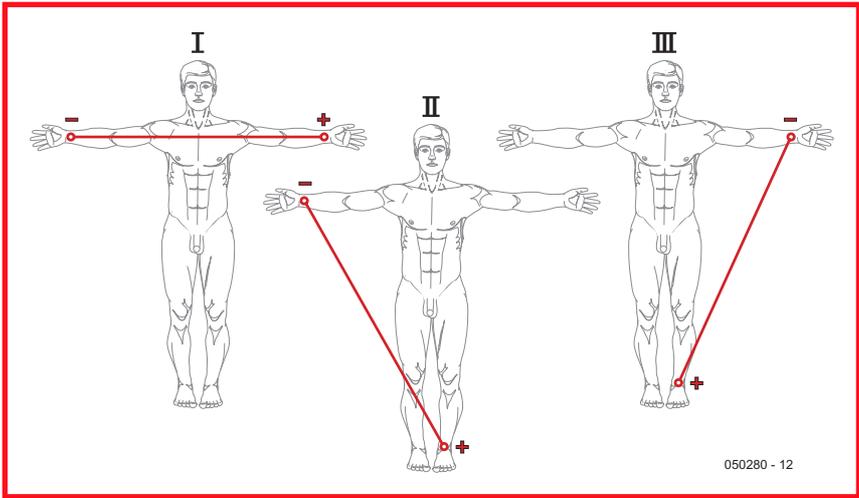
**Die Technik von damals: Die ersten Patienten mussten noch Hände und Füße in mit Salzwasser gefüllte Gefäße stecken, die als Elektroden fungierten.**



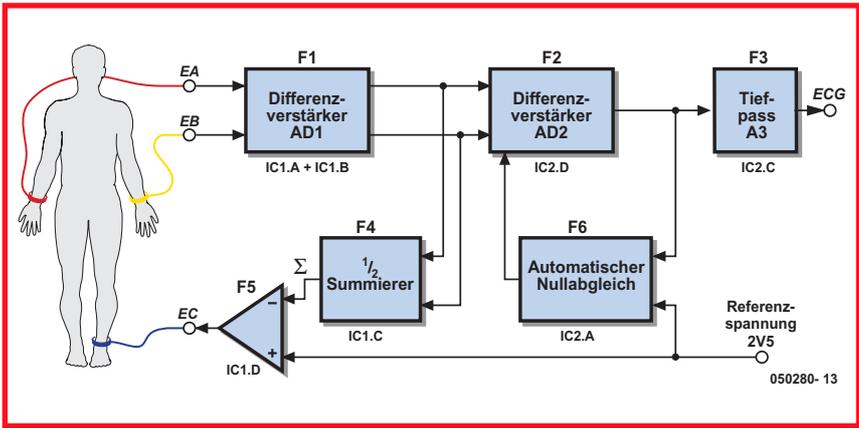
**Galvanometer: Die beiden Schenkel des Hufeisenmagneten sind zur Kühlung mit Wasserleitungen umwickelt.** Fotos: Stichting Einthoven Foundation



**Bild 1.** Die Korrespondenz der Phasen eines Herzschlag-Zyklus mit der gemessenen elektrischen Aktivität.



**Bild 2.** Mit diesen unipolaren Ableitungen wird ein EKG registriert.



**Bild 3.** Blockschaltung des Analogteils.

tal-Wandlung geeigneten Pegel. Mit drei Elektroden lassen sich drei unipolare Messungen realisieren. Es handelt sich dabei um die in der Medizin unter Einthoven I, II und III bekannten Ableitungen. Wo man die Elektroden hierzu platzieren muss, zeigt **Bild 2**. Die gebräuchlichste Ableitung ist die „I“. Da das EKG-Signal auf der Haut im Bereich von 1 mV liegt, wird es vor der Digitalisierung etwa um den Faktor 1000 verstärkt. Der eingesetzte A/D-Konverter liefert einen 8 bit breiten seriellen Datenstrom. Die Abtastfrequenz hat den an die Display-Frequenz adaptierten („krummen“) Wert von 477,84 Hz, was eine zeitliche Auflösung des EKG-Signals von ca. 2 ms ergibt. Im Anschluss werden diese Daten von der CPU der Spiel-Konsole weiter verarbeitet. Hierzu werden die Daten in einem Ring-Puffer von 8 KByte Größe abgelegt. Dieser Puffer wird so ausgelesen, dass sich eine „laufende“ bzw. auto-scrollende Anzeige ergibt.

**Differenzverstärker**

Signale im mV-Bereich verstärkt man am besten mit Hilfe eines (integrierten) Differenzverstärkers. Bei diesem Vorhaben gilt es allerdings einige Hindernisse zu überwinden: Da wir nicht in einem Faraday'schen Käfig leben, tumeln sich auf der menschlichen Haut allerlei Signale, die häufig um bis zu drei Größenordnungen stärker als das Nutzsignal ausfallen (Netzbrumm) und beim Messen ganz schön stören. Auch Induktion in die Kabel der Elektroden oder elektromagnetische Einstreuungen (Radiosender etc.) können die Signale verfälschen. Ein einfacher Tiefpass mit beispielsweise 10 Hz Grenzfrequenz schwächt zwar die meisten Störsignale deutlich ab, ist hier aber keine Lösung: Obwohl die Grundfrequenz des EKGs typischerweise im Bereich von 0,7...3 Hz liegt (ca. 50...180 Schläge pro Minute), würde man mit so einem Filter massiv Oberwellen einebnen, die eben den Kurvenverlauf ausmachen. Mehr als die Herzfrequenz wäre aus so einem Signal nicht mehr heraus zu lesen. Was tun?

Als Erstes hilft die Überlegung weiter, dass das allseits bekannte Netzbrummen ein Potential gegen Erde darstellt. An zwei verschiedenen Punkten auf der Haut liegt aber fast das gleiche Brummsignal, es gibt nur einen sehr kleinen Unterschied. Da wir mit Hilfe eines Differenzverstärkers eben nur den Unterschied der Potentiale zweier

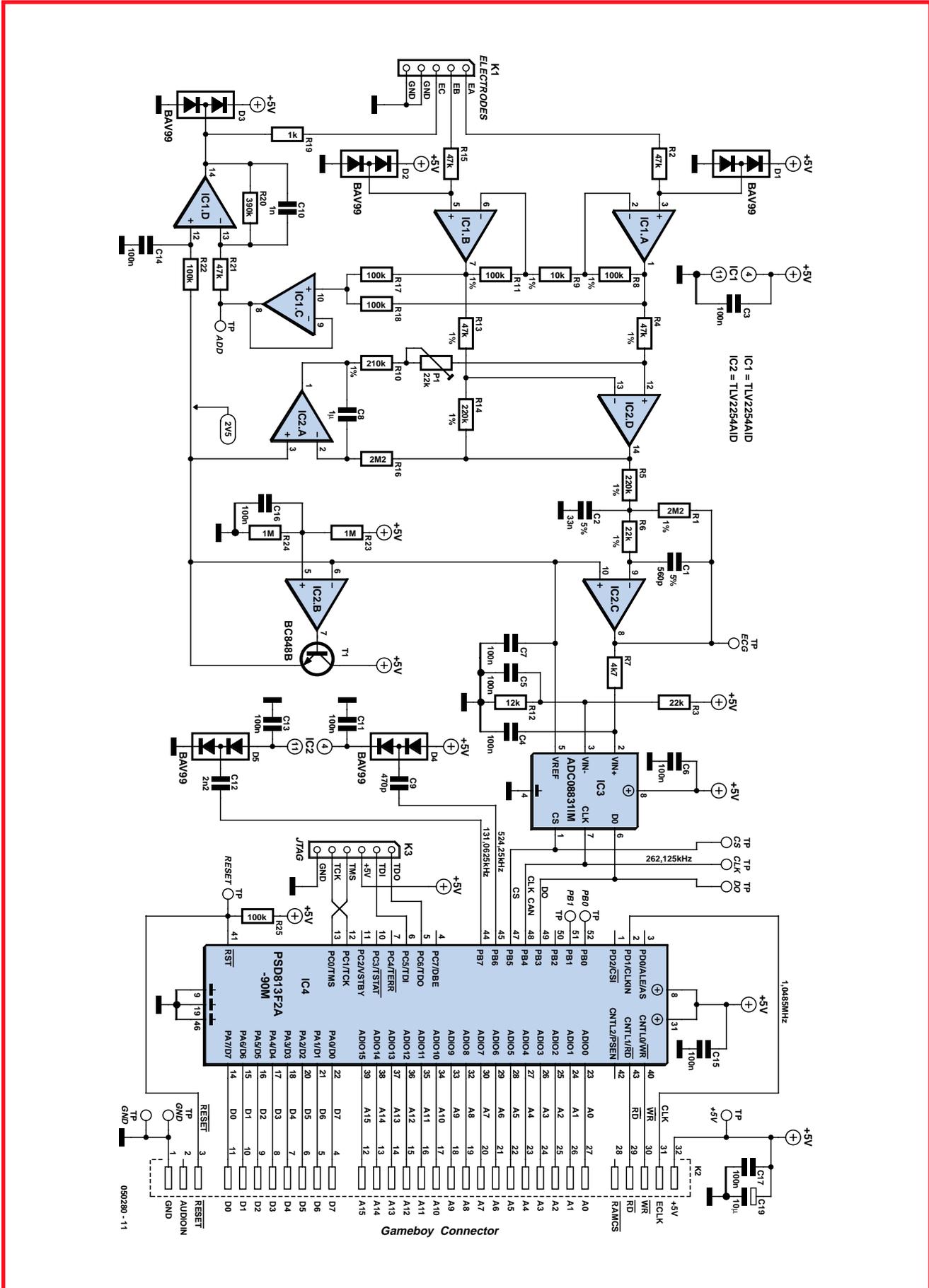


Bild 4. Die Software im Flash-Speicher IC4 ist der wichtigste Teil des Projekts. IC3 digitalisiert die verstärkte Analogspannung.

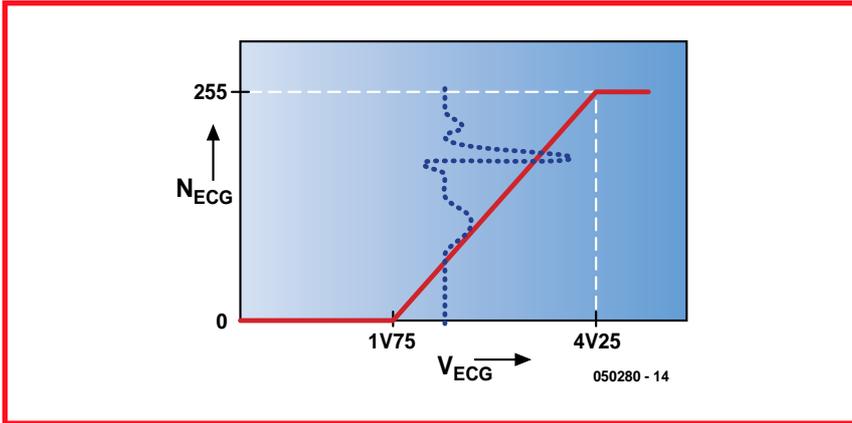


Bild 5. Die Übertragungsfunktion wird durch den Spannungsteiler R3/R12 bestimmt.

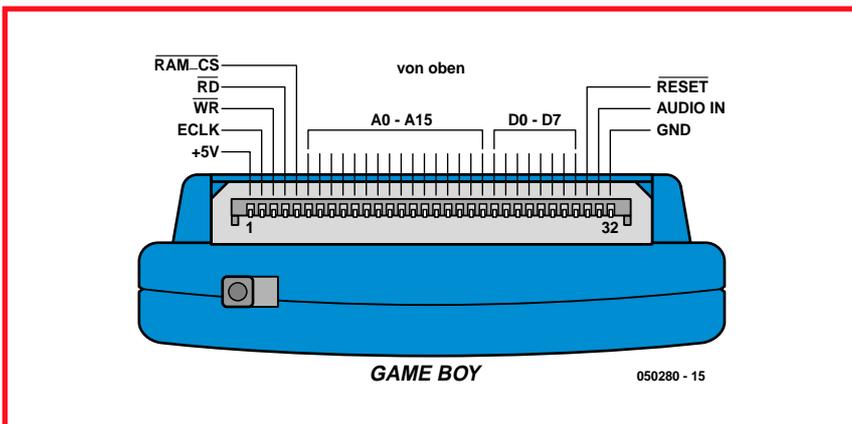
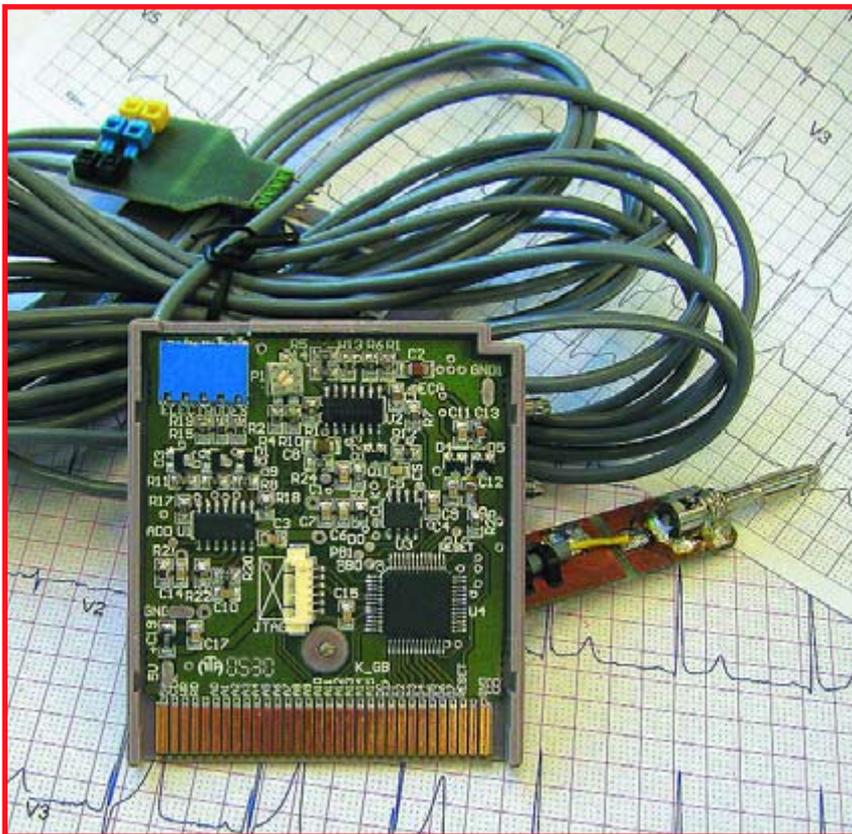


Bild 6. Pin-Belegung des Game-Boy-Steckverbinders, Ansicht von unten.

Hautstellen messen, fällt das 50-Hz-Brummen relativ gering aus.

Um den Einfluss der Übergangswiderstände zwischen Haut und Elektroden zu reduzieren, empfiehlt es sich, den Verstärker mit hohem Eingangswiderstand auszustatten. Für solche Zwecke gibt es spezielle integrierte „Instrumentenverstärker“, die sich für Biosignale im Prinzip sehr gut eignen. Ein Beispiel wäre der Typ AD624. Leider gibt es auch Nachteile: Es ist ein Abgleich erforderlich und Kosten und Stromverbrauch sind hoch. Für unsere Zwecke eignen sich auch normale Opamps. Mit einem entsprechenden Low-Power-Opamp hält man bei immer noch guter Qualität den Stromverbrauch und die Kosten in Grenzen. Dabei ist eine Betrieb mit nur 5 V möglich, was mit den richtigen Instrumentenverstärkern kaum möglich wäre. Allerdings bleibt uns ein Abgleich der Gleichtaktunterdrückung (CMRR) mit einem Trimpoti nicht erspart.

### Die Schaltung

Die Bilder 3 und 4 zeigen das Blockschaltbild des Analogteils und die Gesamtschaltung der Cartridge. Die IC-Bezeichnungen im Blockschaltbild korrespondieren mit den entsprechenden Opamp-Bezeichnungen in Bild 4.

Mit den Funktionen F1 und F2 wird ein Instrumentenverstärker realisiert. F3 ist ein Tiefpass zweiter Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 170 Hz und einer Dämpfung von 0,73 (entspricht der Butterworth-Charakteristik). Dieses Filter reduziert nicht nur höherfrequente Störungen sondern dient gleichzeitig als Anti-Aliasing-Filter vor der A/D-Umsetzung. Die Gesamtverstärkung ergibt sich aus den Verstärkungen der Teilstufen mit  $AD1 = 21$ ,  $AD2 = 4,7$  und  $AD3 = 10$ . Das ergibt ziemlich genau einen Faktor von 987. Die weiteren Funktionen (F4, F5 und F6) helfen dem Gesamtverstärker, „gut“ zu funktionieren. Da die Schaltung mit 5 V versorgt wird, brauchen wir als Signalmasse ein Bezugspotential, das der halben Betriebsspannung entspricht. Im Prinzip ist das mit einem einfachen Spannungsteiler (R23 und R24) zu erreichen. Für gute Funktion sollte auch der Körper auf dem Potential dieser Signalmasse liegen.

Dieses Problem wird ganz elegant mit einer dritten Elektrode und den Funktionen F4 und F5 gelöst. Zunächst wird

der Mittelwert der Spannungen von EA und EB erzeugt und dessen Abweichung von 2,5 V verstärkt mit der dritten Elektrode auf den Körper gelegt. Auf diese Weise kann nicht nur kaum ein Strom zwischen den Elektroden fließen. Da Fehlersignale gegenphasig niederohmig auf die Haut gegeben und somit gegengekoppelt werden, steigt die Unempfindlichkeit gegen Störungen und Gleichtakt-Gleichspannungs-Signale. Diese Gleichspannungen entstehen zwischen Haut und Elektrodenmaterial aufgrund der chemischen Prozesse, die bei jedem Primärelement Spannung erzeugen. Selbst bei professionellen Elektroden liegen diese Spannungen unter Umständen im mV-Bereich und darüber. Da der Unterschied der DC-Potentiale von unserer Verstärkerschaltung mitverstärkt wird, muss mit Funktion F6 etwas gegen diesen störenden Pegel getan werden. F6 vergleicht den mittleren Pegel an Messpunkt S3 mit der 2,5-V-Referenzspannung. Dieses Fehlersignal wird integriert (die Zeitkonstante von R16 und C8 beträgt 2,2 s) und bildet so das ZERO-Steuersignal. Dies wiederum verschiebt kontinuierlich den Pegel von S3, sodass dieser sich langsam wieder auf 2,5 V einstellt.

## Digitalisierung

Die A/D-Umsetzung übernimmt IC3. Dieses IC enthält einen Differenzverstärker als Eingangsstufe und benötigt deshalb eine externe Referenz. Auch in diesem Fall kommt sie - gepuffert durch T1 - von R23/R24. Zwar sind Genauigkeit und Stabilität nicht besonders hoch, aber für diesen Zweck völlig ausreichend. Der Spannungsteiler R3/R12 (siehe **Bild 4**) legt den Arbeitspunkt fest. Dieser ist bezogen auf 2,5 V etwas asymmetrisch, da auch das EKG bezogen auf seinen Mittelwert etwas asymmetrisch ist. Der A/D-Konverter liefert entsprechend der Ansteuerung via CS und CLK den Datenstrom NECG an D0. CS startet die Digitalisierung und via CLK wird die Abtastfrequenz von 447,84 Hz getaktet.

## Das IC PSD813F2

Die Steckverbindung einer für einen Game Boy passenden Cartridge führt folgende Bus-Signale der internen CPU:

- Adressen: A15 bis A0
- Daten: D7 bis D0

- Steuerung: ECLK,  $\overline{WR}$ ,  $\overline{RD}$  und  $\overline{RESET}$ .

Wem diese Signale vertraut erscheinen: Sie passen zum Bus des Uralt-Prozessors Z80. Und tatsächlich waren die ersten Game-Boy-Modelle von 1989 mit einer Z80-Variante bestückt. Neuere Modelle sind zwar erheblich leistungsfähiger - den Steckplatz für Cartridges hat man allerdings aus Kompatibilitätsgründen beibehalten.

Das IC PSD813F2 ist hervorragend für die Bestückung einer Game-Boy-Cartridge geeignet. Es bietet viele Funktionen (siehe [3]) auf wenig Raum. In Kürze:

- Ein programmierbares Interface mit Kompatibilität zu allen erhältlichen

lich, womit dieser Chip sogar "in-circuit" programmiert werden kann. Von der Webseite des Herstellers kann außerdem die Entwicklungsumgebung „PSDSoftExpres“ kostenlos heruntergeladen werden.

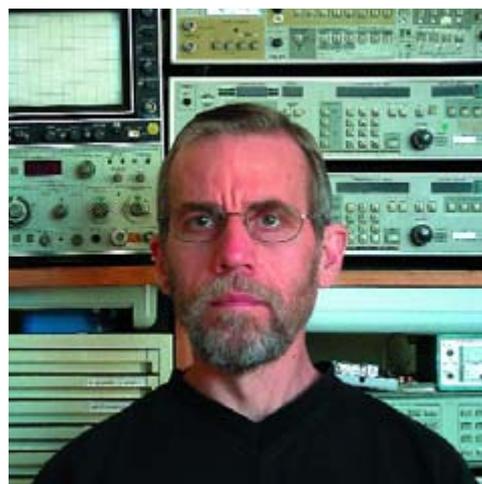
Wie in der Schaltung **Bild 4** zu sehen ist, haben die Signale zur Koppelung von Game Boy und PSD813 die gleichen Bezeichnungen. Eine Merkwürdigkeit soll aber erwähnt werden: Der Datenbus ist verkehrt herum angeschlossen! Der Grund dafür ist, dass der Platinenentwurf so ein ganzes Stück einfacher ausfallen konnte. Nur die Programmierung wird etwas umständlicher: Man muss immer berücksichtigen, dass das LSB (least significant bit) jetzt die Bedeutung des MSB (most ...) hat und umgekehrt.

## Der Autor

Marcel Cremmel ist Dozent für Elektrotechnik und Elektronik (französisches Staatsexamen).

Die ersten Jahre unterrichtete er in der Ingenieursschule Mohammedia in Rabat (Marokko).

Er beschäftigt sich nicht nur berufsmäßig mit Elektronik und hat auch ein Faible für Motorräder.



Seine Webseite: <http://electronique.marcel.free.fr/>

- 8-bit-CPU's.
- 128 KByte Flash-Speicher, wovon ca. 32 KByte für den EKG-Monitor benötigt werden, was viel Platz für Erweiterungen lässt.
- Programmierbare Logik (PLD) für einen Adressdekoder.
- Ein CPLD mit 16 Makro-Zellen zur Umsetzung des vom A/D-Konverter gelieferten seriellen Datenstroms in parallele Daten. Dies entlastet die CPU und liefert zudem noch die Rechteckspannung für einen Spannungsvervielfacher.
- 27 programmierbare I/O-Leitungen.
- 2 KByte RAM, hier nicht verwendet.

Für Mikrocontroller-Fans: Via K3 ist auch noch ein JTAG-Interface zugänglich.

## Die Software

Das Programm ist vollständig in Assembler geschrieben. Der Autor verwendete dafür das "Game Boy Assembler Studio" von Nicklas Larsson (Freeware, siehe [4]). Der größere Teil des Programm-Codes dient der Realisierung des auto-scrollenden Bildschirms. Diese Funktion beansprucht ca. 80% der CPU-Kapazität älterer Game-Boy-Modelle, da diese über eine umständliche Art der Display-Ansteuerung verfügen. Das Programm erledigt vier Aufgaben:

### 1. Initialisierung

Nach jedem Reset muss zunächst initialisiert werden:

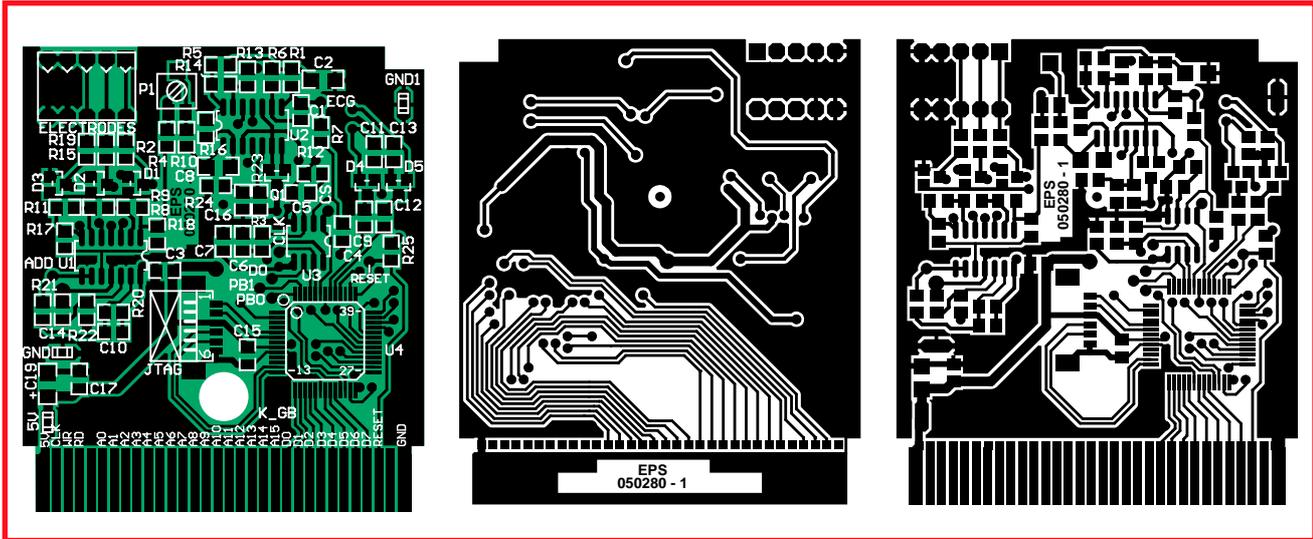


Bild 7. Die doppelseitige Platine. IC4 ist von Hand kaum zu löten. Deshalb ist die Platine fertig bestückt erhältlich.

- Variablendeklaration.
- I/O-Leitungs-Konfiguration.
- Initialisierung des LCDs. Die Auflösung beträgt 160 x 144 Pixel. Genutzt werden aus technischen Gründen nur 160 x 96 Pixel. Der verbleibende untere Teil mit 48 Pixel Höhe dient zur Anzeige von Texten.
- Initialisierung interner Timer. Sie werden auf 477,84 Hz (Sample-Frequenz) gesetzt.
- Einrichtung eines Tongenerators. Dieser wird zur Erzeugung des Pieptons verwendet, der den Herzschlag akustisch signalisiert.

**2. Hauptroutine**

Dieser Programmteil detektiert Tastendrucke und kann anhand davon folgende Modi einstellen:

- Start: Aufzeichnung
- Select: Stop
- $\Delta$ : Zoom x 1 im Stopp-Modus
- $\nabla$ : Zoom x 2 im Stopp-Modus

**3. Timer-Interrupt-Routine**

Diese Aufgabe wird 477,84 Mal pro Sekunde in einer Schleife durchlaufen. Sie enthält folgende Teilfunktionen:

- Entprellen von Tastendruckten.
- Im Run-Modus:

- Start einer neuen A/D-Konversion
- Aufzeichnung des letzten Samples (Resultat der vorigen Konversion) Aus je vier Samples = 119,46 Mal pro Sekunde:
- Berechnung des Mittelwerts der vier letzten Samples (Sgem)
- Detektion der R-Zacke und gegebenenfalls Start des Pieptons als Herzschlagindikator
- Einfügen des letzten Sgem-Wertes in den 8-KByte-Ring-Puffer

**4. V-Blank-Interrupt-Routine**

Dieser Programmteil wird am Ende

**Stückliste**

(Außer K1 alles in SMD)

**Widerstände:**

- (0805)
- R1 = 2M2 1%
- R2, R15, R21 = 47 k
- R3 = 22 k
- R4, R13 = 47 k 1%
- R5, R14 = 220 k 1%
- R6 = 22 k 1%
- R7 = 4k7
- R8, R11 = 100 k 1%
- R9 = 10 k
- R10 = 210 k 1%
- R12 = 12 k
- R16 = 2M2
- R17, R18, R22, R25=100 k
- R19 = 1 k
- R20 = 390 k
- R23, R24 = 1 M
- P1 = 22k Trimpoti (Bourns 3314G)

**Kondensatoren:**

- (0805 außer C8 und C19)
- C1 = 560 p 5%

- C2 = 33 n 5%
- C3...C7, C11, C13...C17= 100 n
- C8 = 1  $\mu$  (1208)
- C9 = 470 p
- C10 = 1 n
- C12 = 2n2
- C18 = nicht bestücken
- C19 = 10  $\mu$  (1208P)

**Halbleiter:**

- IC1, IC2 = TLV2254AID
- IC3 = ADC08831IM (Analog Devices) oder TLC0831CD (Texas Instruments)
- IC4 = PSD813F2A-90M (STMicroelectronics, programmiert: EPS050280-41)
- D1...D5 = BAV99
- T1 = BC848B

**Außerdem:**

- K1 = Molex 89882-405 Type Dubox 5 Kontakte (z.B. Digikey 90148-1102-ND)
- Zur Programmierung: K3 = Molex 6 Kontakte 1,25mm 53261-

- 0671 (z.B. Digikey WM7624CT-ND)
- Optional für das Verbindungskabel zum FlashLink-Programmer: Molex Connector-Housing, 6 Kontakte, 1,25 mm (z.B. Digikey WM1724-ND)
- 6 Leitungen mit Stiften für Molex-Steckverbinder (z.B. Digikey WM1775-ND)

**Elektroden:**

- EKG-Elektroden gibt es im medizinischen Fachhandel in vielen Ausführungen.
- SIL-Stecker, 5 Kontakte
- Eventuell 4-mm-Stecker (3x)
- 6 m abgeschirmtes Audiokabel

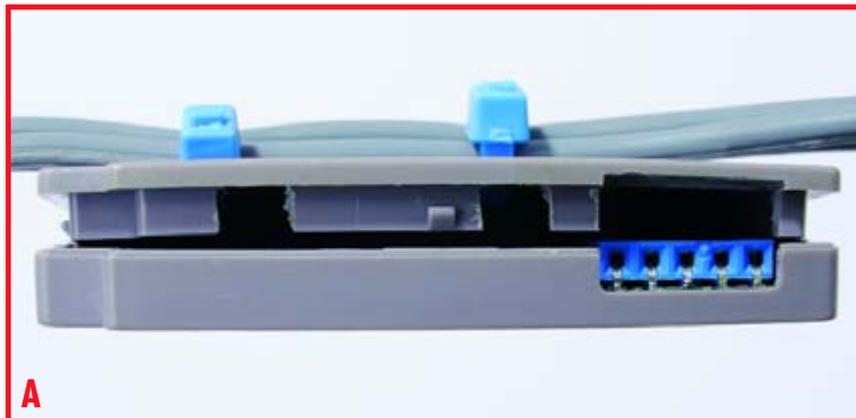
Aufgrund der schwierigen Montage wird die Platine (EPS050280-91) bestückt und getestet geliefert.

jedes V-Scans des LCDs aufgerufen. Die V-Scan Frequenz beträgt 59,73 Hz. Zu jedem Bildwechsel gehören exakt zwei neue Sgem-Werte. Die Routine sorgt daher für eine flackerfreie Bildschirmdarstellung.

- Run-Modus: Das LCD zeigt die letzten 320 Werte aus dem Puffer an, was einem Zeitfenster von 2,68 s entspricht.
- Stopp-Modus: Je nach Zoom-Stufe (1x oder 2x) zeigt das LCD die letzten 320 oder 160 Sgem-Werte an, was 2,68 s oder 1,34 s entspricht. Im Stopp-Modus werden auch die beiden Tasten ▷ und ◁ ausgewertet, mit denen durch den Bildschirmspeicher gescrollt werden kann. Dieser Programmteil zeichnet außerdem auch die horizontale und vertikale Achse der Anzeige. Für bessere Lesbarkeit scrollt die horizontale Achse mit den EKG-Daten mit. Der Quellcode der Software kann kostenlos von der ELEKTOR-Webseite (Datei „020580-11.zip“) heruntergeladen werden.

## Zusammenbau

Der Einsatz von SMDs ist aufgrund der durch die Cartridgemaße vorgegebenen



nen Platinegröße unvermeidlich. Die Unterseite der Platine muss außerdem auch besonders flach sein, sonst passt sie nicht in den Cartridge-Halter. Normale Bauteile, die auf der Unterseite verlötet werden, haben also keine Chance. Alle Bauteile sind von Hand einzulöten - mit einer Ausnahme: Das IC PSD813 im PQFP52-Gehäuse ist mit einem Pin-Abstand von 0,65 mm auch für Elektroniker mit starken Nerven, guten Augen und ruhiger Hand etwas heftig. Aus diesem Grund ist die im ELEKTOR-Shop erhältliche Platine bereits bestückt und getestet. Nun braucht man noch ein Cartridge-

Gehäuse, das auf den Kopf gestellt werden muss, damit man das untere Gehäuseteil vorsichtig vom oberen Teil trennen kann. Wie das geht, zeigt **Foto A**. Die große Aussparung in der oberen Hälfte ist für das Trimpmpoti P1 vorgesehen, da sich die Cartridge sonst nicht richtig schließen lässt.

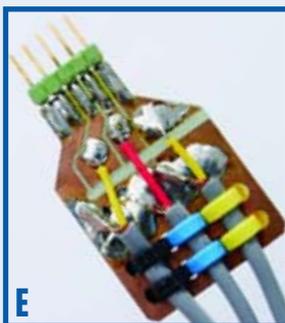
## Einstellung

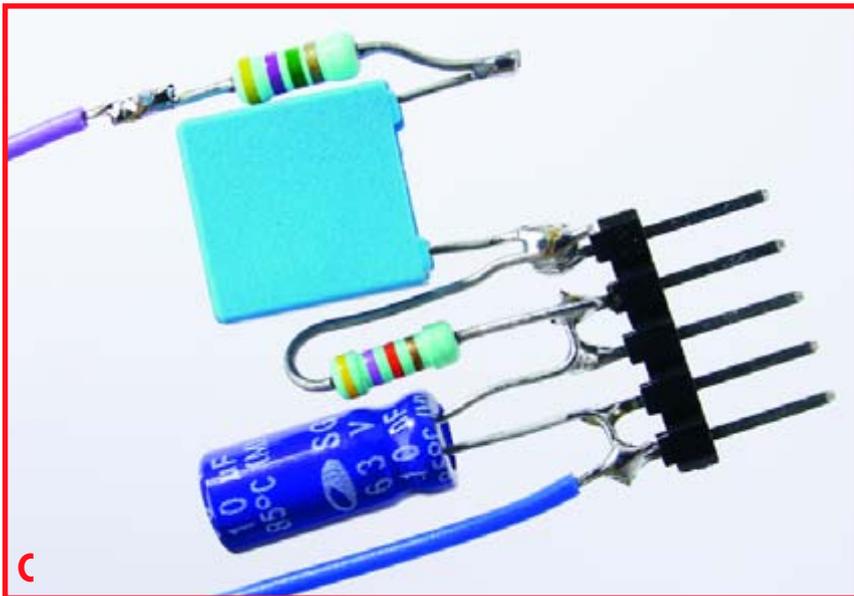
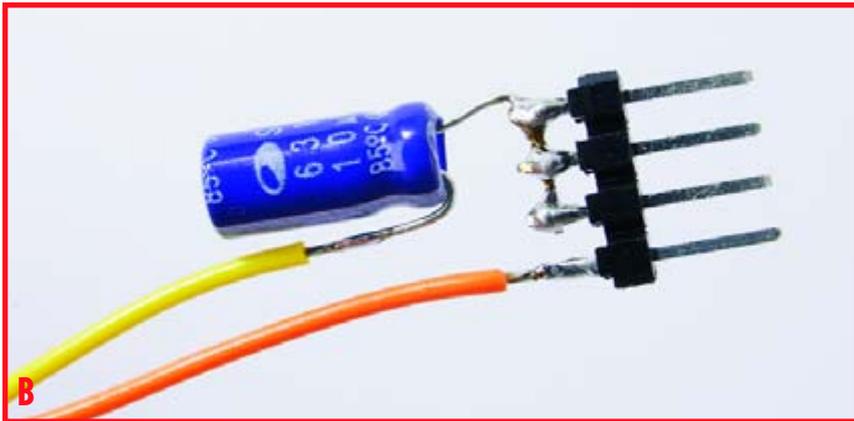
Die einzige erforderliche Einstellung betrifft die Gleichtaktunterdrückung (CMRR) des Verstärkers. Hierzu benötigt man einen Funktionsgenerator und ein AC-Voltmeter oder ein Oszilloskop.

## Die Elektroden

Die Qualität eines EKGs hängt stark von den Elektroden, ihrer ordentlichen Anbringung und von den Eigenschaften der elektronischen Apparatur (inkl. Kabel) ab - und das in dieser Reihenfolge. Elektrisch gesehen sind Audiokabel ideal für EKG-Signale. Leider sind sie aber für den groben Alltagsbetrieb etwas zu empfindlich. Der Autor hat sich deshalb selbst spezielle Adapter gebaut (siehe **Bild E** und **Bild F**). Kabelbrüche dürften damit weitgehend ausgeschlossen sein. Man sollte darauf achten, dass die Kabelabschirmungen auf der Cartridge-Seite miteinander verbunden sind. Auf der Elektroden-Seite sollte der Kontakt der Abschirmung mit der Haut auf alle Fälle vermieden werden.

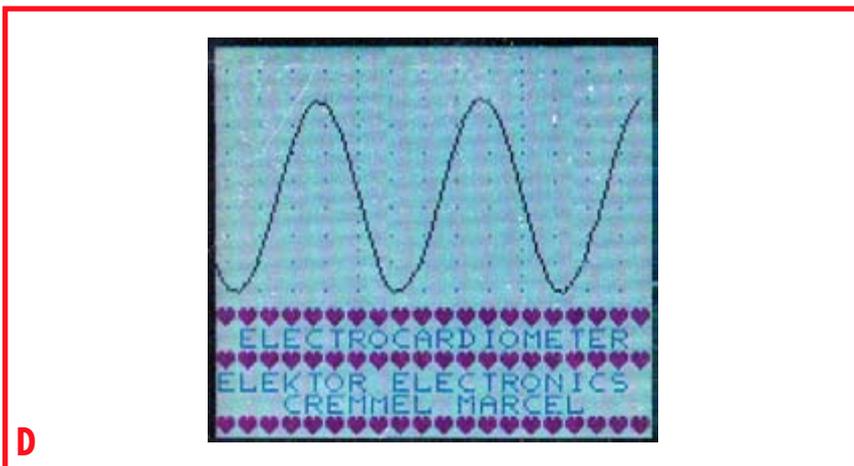
Man kann zum Anschluss an handelsübliche medizinische Elektroden vom Saugnapftyp 4-mm-Stecker anlöten (siehe **Bild G**). Ab ca. 10 € ist man dabei. In dieser Preisregion gibt es allerdings auch fertige Elektrodenkabel mit Druckknopfanschluss für Einmal-Elektroden, was für perfekten Kontakt sorgt und deutlich hygienischer ist. Wenn man sparen möchte, dann kann man sich die Elektroden selber basteln: Man nehme wie in **Bild H** zu sehen Münzen mit Nickeloberfläche (alte Markstücke, niederländische Gulden oder französische Franc etc.) und löte die passende Hülse für 4-mm-Stecker auf eine Seite. Die andere Seite etwas befeuchten und das Ganze mit Leukosilk oder einem elastischen Band befestigen - fertig. Man muss nur darauf achten, dass alle drei Elektroden aus dem gleichen Material sind, um unnötige Gleichspannungen zu vermeiden.





Weitere Hilfsmittel sind in **Foto B** abgebildet (von oben nach unten: EA, EB, EC, GND). Der Elko hat eine Kapazität von 10 µF (16 V reicht). Man steckt den Stecker dieser Konstruktion in den Steckverbinder K1 (auf Polarität achten) und schließt daran den Funk-

tionsgenerator an. Auf diese Weise erzeugt man ein künstliches Gleichtaktsignal. Der Funktionsgenerator wird auf 50 Hz, Sinusform und eine Amplitude von 1 V eingestellt. Dann steckt man die Cartridge in den Game Boy, und zwar ohne obere Hälfte des



Gehäuses, damit man noch gut an den Testpunkt „ECG“ der Platine herankommt. Nach dem Einschalten wird die Wechsellspannungskomponente an „ECG“ gemessen. P1 wird auf den kleinstmöglichen Wert eingestellt - fertig! Für ein gutes Signal/Rausch-Verhältnis von >40 dB sollte die gemessene Wechsellspannung <25 mV<sub>SS</sub> sein.

**Endkontrolle**

Dieser Schritt ist zwar nicht zwingend notwendig, aber man kann damit feststellen, ob der EKG-Monitor auch wie gewünscht funktioniert und ein angelegtes Signal auf dem Display sichtbar macht. Man benötigt ein Testsignal mit ca. 1 Hz und ausreichend kleiner Amplitude. Wenn der Funktionsgenerator diese Frequenz noch liefert, muss man nur noch den Ausgang entsprechend abschwächen. Dazu eignet sich das Hilfsmittel von **Bild C** (GND ist unten, der violette Draht ist IN). Es schwächt ein Signal um den Faktor 100 ab. Man stelle den Funktionsgenerator auf 1 Hz und einen Ausgangspegel von 140 mV<sub>SS</sub> ein, wie in **Bild D** zu sehen. Die Anzeige reicht dann bis zur ersten gestrichelten Linie und hat einen Spitze-zu-Spitze-Wert von sieben Kästchen (7 x 200 mV = 1,4 mV<sub>SS</sub>). Das passt prima!

Der Steckverbinder K1 der Cartridge ist nicht sehr robust. Um das Risiko von Beschädigungen oder abgerissenen Kabeln zu minimieren, sind die drei abgeschirmten Kabel mit zwei Kabelbindern am Gehäuse fixiert (siehe **Foto E**). Beim Prototypen des Autors genügten zur Befestigung vier Löcher mit 2 mm Durchmesser.

050280-1

**Der Autor möchte sich an dieser Stelle bei Prof. Schaliq und Prof. Baan von der Universität Leiden (NL) für ihre Unterstützung bedanken.**

**Referenzen und Links:**

- [1] [http://de.wikipedia.org/wiki/Willem\\_Einthoven](http://de.wikipedia.org/wiki/Willem_Einthoven)
- [2] [http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrokardiogramm\\_-\\_Nomenklatur\\_und\\_Normwerte](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrokardiogramm_-_Nomenklatur_und_Normwerte)
- [3] [www.st.com/stonline/products](http://www.st.com/stonline/products)
- [4] [www.devrs.com/gb](http://www.devrs.com/gb)

## Achtung!

Dieses Gerät darf nicht zu medizinischen Zwecken verwendet werden. Die Elektroden dürfen nur dann Kontakt mit der menschlichen Haut haben, wenn das Gerät mit Batterien bzw. Akkus versorgt wird. Der Betrieb mit Netzteil ist absolut unzulässig und lebensgefährlich!

## Gebrauchsanleitung

### Anbringen der Elektroden

Gerade bei selbst gebauten oder Saugnapf-Elektroden ist es nicht nur aus hygienischen Gründen besser, die Elektrode und die zu kontaktierende Hautstelle zuvor mit einem kleinen alkoholgetränkten Wattebausch von Hautfett zu säubern. Diese Maßnahme sorgt für einen niederohmigen Übergangswiderstand und so für weniger Störungen und eine schöne EKG-Kurve ohne Artefakte.

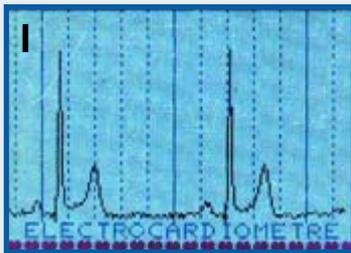
Die Standard-Ableitung ist „Einthoven I“:

- EA-Elektrode: Rechter Arm
- EB-Elektrode: Linker Arm
- EC-Elektrode: Linkes Bein

Der Gebrauch von Kontaktfüssigkeiten auf der Basis von Kaliumchlorat kann die Qualität des EKG deutlich verbessern. Für ein artefaktfreies EKG sollte die zu messende Person möglichst ruhig sitzen oder liegen, sodass Störungen durch andere Muskelaktivitäten oder „Wackler“ bei den Elektroden reduziert werden.

### Gebrauch

- Einschalten: Ein Begrüßungstext erscheint auf dem Bildschirm.



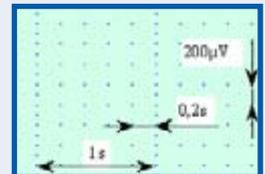
- Nach dem Erscheinen des Aufnahme-Bildschirms: Start, A, B oder Select betätigen.
- EKG-Registrierung: Wenn die Elektroden gut angelegt sind, muss sich die Anzeige des EKGs nach einigen Sekunden stabilisieren. Das Resultat sollte in etwa wie in Bild K aussehen.

Das EKG von Bild I ist allerdings nur ein Vorbild. Die Kurvenform kann sich von Mensch zu Mensch deutlich unterscheiden.

Wenn innerhalb von 20...30 Sekunden kein Bild erscheint, dann stimmt etwas mit den Elektroden nicht. Eventuell einzeln nochmals abnehmen und die Haut reinigen, die Elektroden gut befeuchten oder eine Kontaktfüssigkeit aufbringen.

- Stopp-Modus: Ein Druck auf die Select-Taste stoppt die Registrierung. Man kann nun den Inhalt des Speichers betrachten, der immerhin 68,8 Sekunden an EKG-Daten fasst.

- △: Zoomfaktor 1
- ▽: Zoomfaktor 2
- ▷: Vorwärts Scrollen
- ◁: Rückwärts Scrollen



Skala (Zoom 1x)

Bei jeder R-Zacke ertönt ein Piepston.  
Die Lautstärke ist einstellbar.

### Wichtig

Bei Tastendrücken wird der aktuelle Bildschirmspeicher gelöscht.

### Dokumentation und Source-Code der Software bei:

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

### Datenblatt des PSD813:

[www.st.com/stonline/products/literature/ds/7833.pdf](http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/7833.pdf)

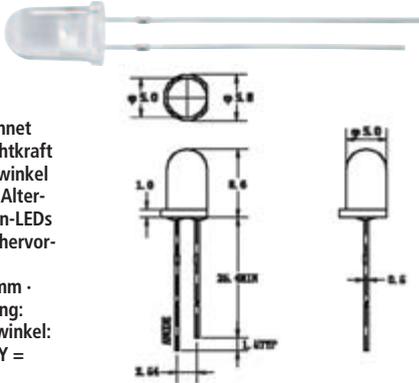
### Datenblatt des ADC08831M:

[www.ortodoxism.ro/datasheets2/6/Orcoik1yuhx1dj2ogg8wid7sfcy.pdf](http://www.ortodoxism.ro/datasheets2/6/Orcoik1yuhx1dj2ogg8wid7sfcy.pdf)



## Weißer, superheller "LowCost" LED

- Hohe Lichtstärke
- Wasserklares Gehäuse
- Großer Abstrahlwinkel

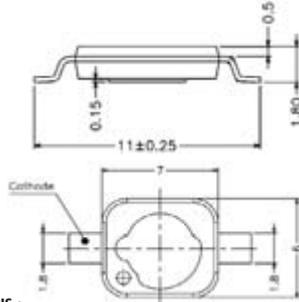


Diese superhelle, weiße LED zeichnet sich durch eine enorm hohe Leuchtkraft bei gleichzeitig großem Abstrahlwinkel aus! Zudem ist sie eine optimale Alternative zu teureren, weißen Marken-LEDs und für Standard-Anwendungen hervorragend geeignet.

**Technische Daten:** Gehäuse: 5 mm · Farbe: Weiß · U<sub>F</sub>: 3,2 V · Ausführung: Wasserklar · I<sub>F</sub>: 20 mA · Abstrahlwinkel: 20° · Farb-Koordinaten: X = 0,31 Y = 0,32.

Best.-Nr.	Lichtstärke I <sub>v</sub>	St. €	ab 10 à	ab 100 à
17 67 24-A0	10 000 mcd	-99	% -91	-79
18 00 00-A0	18 000 mcd	1.99	% 1.89	1.65

## SMD HighPower-LED EHP-A07



**Technische Daten:** I<sub>F</sub>: 350 mA · Ausführung: Diffus · Abstrahlwinkel: 120° · Betriebstemperatur: -40 bis +100 °C.

Best.-Nr.	Typ	Farbe	U <sub>F</sub>	Lichtstrom (Φ)	Wellenlänge	St. €	ab 10 à	ab 100 à
15 64 32-A0	EHP-A07/LR1-P01	Rot	2,2 V	25 lm	615 nm	4.99	% 4.45	3.50
15 64 31-A0	EHP-A07/LG1-P01	Grün	3,1 V	30 lm	525 nm	6.99	% 6.55	4.90
15 64 30-A0	EHP-A07/LB1-P01	Blau	3,3 V	9 lm	465 nm	6.99	% 6.55	4.90
15 64 29-A0	EHP-A07/LW1-P01	Weiß	3,3 V	35 lm	5600 K	6.99	% 6.55	4.90

## Textdisplay Super Twist Negativ Blau/Weiß



Das Display für 4/8 Bit-Ansteuerung besticht durch eine exzellente Ablesbarkeit. Der Standard-Zeichensatz ist bereits implementiert. Als Hintergrundbeleuchtung dient weißes Halbleiterlicht.

**Technische Daten:** Betriebsspannung: 5 V/DC.

Best.-Nr.	Typ	Zeichenformat	Zeichenhöhe	(B x H x T) mm	St. €	ab 3 à
18 16 47-A0	AV0820BNBW-SW	8 x 2	5,56 mm	58 x 32 x 13,5	14.50	% 12.99
18 16 48-A0	AV1610BNBW-WJ	16 x 1	6,56 mm	80 x 36 x 13,5	16.30	% 14.50
18 16 49-A0	AV1611BNBW-WJ	16 x 1	8,06 mm	122 x 33 x 13,5	20.95	% 18.85
18 16 51-A0	AV1624BNBW-WJ	16 x 2	5,55 mm	84 x 44 x 13,5	19.20	% 17.30
18 16 52-A0	AV1621BNBW-WJ	16 x 2	9,66 mm	122 x 44 x 13,6	34.95	% 30.95
18 16 55-A0	AV2020BNBW-WJ	20 x 2	5,55 mm	116 x 37 x 13,9	25.50	% 22.95
18 16 56-A0	AV1640BNBW-WJ	16 x 4	4,75 mm	87 x 60 x 13,6	28.50	% 25.65
18 16 57-A0	AV2040BNBW-WJ	20 x 4	4,75 mm	98 x 60 x 13,6	34.95	% 30.95
18 16 58-A0	AV2041BNBW-WJ	20 x 4	9,22 mm	146 x 62,5 x 13,6	59.-	% 52.25
18 16 59-A0	AV4020BNBW-WJ	40 x 2	5,55 mm	182 x 33,5 x 13,6	40.50	% 36.50
18 16 60-A0	AV4040BNBW-WJ	40 x 4	4,89 mm	190 x 54 x 13,6	60.95	% 53.20

## PLED-Display Gelb



Dieses Modul besticht durch eine anspruchsvolle Farbgebung. Die selbstleuchtenden, gelben Zeichen auf schwarzem Grund ermöglichen eine brillante Ablesbarkeit. Der Standard-LCM-Zeichensatz ist "On Board". Ansteuerung über 4/8 Bit Datenbus (parallel).

**Technische Daten:** Betriebsspannung: 5 V/DC · Zeichenhöhe: 5,5 mm.

Best.-Nr.	Typ	Zeichenformat	(B x H x T) mm	St. €	ab 3 à
18 16 75-A0	AVP1624-Y-JCS	16 x 2	84 x 44 x 10	29.95	% 25.50
18 16 76-A0	AVP2020-Y-JCS	20 x 2	116 x 37 x 10	29.95	% 25.50

## LINUX ARM & EVA Entwicklungs-System

- 32 MB SD-RAM/8 MB Flash-Speicher
- Ethernet 10/100 Schnittstelle
- SD-Kartenslot und Mini USB-Device-Buchse
- Bis zu 60 universelle I/O Leitungen



Lieferung erfolgt ohne Display

Dieses hochwertige, modulare System zur Entwicklung eigener Embedded-Linux-Applikationen besteht aus zwei Platinen: Dem eigentlichen Linuxmodul mit ARM-9 Prozessor und dem Evaluation-Board mit Stromversorgung und Anschlussbuchsen. Das Anwendungsspektrum reicht vom einfachen Web-Server der z.B. ferngesteuert den PC einschaltet oder Systeme der Haustechnik mit dem Internet verbindet bis zur komplexen Maschinen-Steuerung. Ohne auch nur eine Zeile programmiert zu haben, kann man sofort mit dem System "spielen" und z. B. auf die SD-Karte zugreifen, eigene Seiten mit dem Web-Server darstellen oder Beispielprogramme über Telnet starten. Der umfangreiche

Lieferumfang wie Steckernetzteil, Ethernetkabel, Mini-USB Kabel, V-24 Kabel, Software wird durch eine leicht verständliche Dokumentation abgerundet.

**Technische Daten:** Ausführung: LINUX ARM & EVA Entwicklungs-System.

**Lieferumfang:** Steckernetzteil · Ethernetkabel · Mini-USB Kabel · V-24-Kabel · Software · Dokumentation.

**17 01 17-A0 € 346.84**

**Empfohlenes Zubehör:**

**LC-Anzeige Grafik 240 x 160 Pixel,**

**16 Graustufen**

Passendes Display für das LINUX ARM & EVA Entwicklungs-System, Best.-Nr. 17 01 17-A0.

**17 01 30-A0 St. € 80.04**

## EPROM UV-Löschgerät

57.95

Eloxiertes Alu-Gehäuse mit Kontrolllampe. Eloxiertes Alu-Deckel mit Schieberverschluss. Löschschlit (B x L): 15 x 85 mm · UV-Löschlampe 4 W · Klinkenbuchse 3,5 mm · Elektronischer Zeitschalter · Max. 25 min · Mit Starttaster · Intensive und gleichzeitige UV-Löschung von max. 5 EPROMs.

**Technische Daten:** Betriebsspannung: 12 V/DC · Leistungsaufnahme: 4 W.

**98 22 61-A0 € 57.95**

Passendes Steckernetzgerät

**98 22 53-A0 St. € 6.99**



Passendes Leuchtmittel UV-Ersatzlampe.

**98 22 70-A0 St. € 15.31**

## Installationskabel NYM-J, grau

**LAPPKABEL**

Alle Preise inkl. Kupferzuschlag

Diese Normleitung ist bestimmt zum Verlegen auf, im und unter Putz, in trockenen, feuchten und nassen Räumen, sowie im Mauerwerk und im Beton. Ausgenommen ist die direkte Einbettung in Schüttel-, Rüttel- und Stampfbeton.

**Technische Daten:** Nennspannung: 300/500 V · Approbationen: VDE 0250 Teil 204 · Biegeradius: Fest verlegt: 4 x Außen-Ø · Temperatur-Bereich: Bei Verlegung: +5 bis +60 °C, fest verlegt: -40 bis +70 °C · Farbe: Grau · Ader-Identcode: nach VDE 0293-308.

Best.-Nr.	Typ	Querschnitt	Außen-Ø	m à €	ab 10 à	ab 100 à
60 08 96-A0	NYM-J	3 x 1,5 mm <sup>2</sup>	9,1 mm	-63 %	-55 %	-48 %
60 09 10-A0	NYM-J	4 x 1,5 mm <sup>2</sup>	9,8 mm	-87 %	-76 %	-67 %
60 09 24-A0	NYM-J	5 x 1,5 mm <sup>2</sup>	10,8 mm	1-	-87 %	-77 %
60 05 70-A0	NYM-J	3 x 2,5 mm <sup>2</sup>	10,4 mm	1.03	-90 %	-79 %
60 05 32-A0	NYM-J	5 x 2,5 mm <sup>2</sup>	12,2 mm	1.59	1.38	1.22
60 05 82-A0	NYM-J	5 x 4 mm <sup>2</sup>	14,9 mm	2.79	2.43	2.15
60 05 94-A0	NYM-J	5 x 6 mm <sup>2</sup>	16,3 mm	3.80	3.30	2.92
60 05 45-A0	NYM-J Erdungsleitung	1 x 10 mm <sup>2</sup>	8,4 mm	1.53	1.33	1.18
60 06 12-A0	NYM-J	5 x 10 mm <sup>2</sup>	19,5 mm	5.92	5.15	4.55
60 05 58-A0	NYM-J Erdungsleitung	1 x 16 mm <sup>2</sup>	9,9 mm	2.36	2.05	1.82

## Lautsprecher-Kabel "Well-Pley"



OFC-Lautsprecherkabel höchster Reinheit in transparenter Ausführung.

Feinadrige blanke Einzellitzen, wodurch das Kabel hochflexibel ist und sich überall problemlos verlegen lässt.

Best.-Nr.	Querschnitt	Außen-Ø	Litzenaufbau	m à €	ab 10 à
36 49 08-A0	2 x 0,75 mm <sup>2</sup>	4,7 x 2,2 mm	2 x 24 x 0,2 mm	-84 %	-74 %
34 24 59-A0	2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	6 x 2,8 mm	2 x 191 x 0,1 mm	1.49	1.39
34 24 67-A0	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>	7,3 x 3,4 mm	2 x 318 x 0,1 mm	2.19	2.09
34 24 75-A0	2 x 4 mm <sup>2</sup>	9,1 x 4,2 mm	2 x 509 x 0,1 mm	2.99	2.79

## SDI digitaltaugliches, halogenfreies Videokabel



Alle Preise inkl. Kupferzuschlag

Sehr dünnes und digitaltaugliches Videokabel. Das kompakte Kabel ist für Patch und SDI-Anforderungen mit geringeren Abmessungen entwickelt worden. Der Außenmantel besteht aus einem flammwidrigen, halogenfreien Material (IEC 332-1).

**Technische Daten:** Typ: 1855 ENH · RG59 0,6/2,8.

Best.-Nr.	m à €	ab 10 à	ab 100 à
60 01 14-A0	1.89	1.79	1.69

## HDTV Antennenkabel

inakustik

• HDTV kompatibel

Alle Preise inkl. Kupferzuschlag



neu

Ob Satellitenanlage oder Kabelanschluss, DAB oder DVB - das HDTV Antennenkabel ist sowohl für die Geräteverkabelung als auch für Hausverkabelungen bestens gerüstet. Die vierfache Abschirmung verleiht dem Kabel ein sehr hohes Schirmungsmaß.

**Technische Daten:** Schirmungsmaß: 120 dB · Dielektrikum: PE · Außen-Ø: 7 mm · Aufbau: koaxial 75 Ω · Farbe: Schwarz · Material: PVC · Leiteraufbau: OF-Kupfer.

Best.-Nr.	m à €	ab 10 à	ab 100 à
60 37 37-A0	2.39	2.29	2.19

## HDTV F-Stecker (High End)

Leicht zu verarbeiten und kompakte Bauweise.

• HDTV kompatibel

inakustik

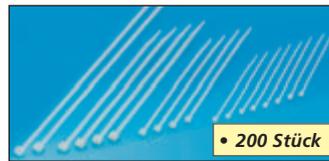
**Technische Daten:** Kabel-Ø bis: 7 mm · Kontaktart: vergoldet.

60 37 49-A0 € 3.99



neu

## Kabelbinder-Set, naturfarben



• 200 Stück

**Lieferumfang:** 100 St. 100 x 2,5 mm · 50 St. 150 x 3,6 mm · 25 St. 200 x 4,8 mm · 25 St. 250 x 4,8 mm.

**Technische Daten:** Material: Polyamid 6.6.

54 16 65-A0 Pckg. € 2.79

## Kabelbinder-Set, farbig



• 100 Stück

**Lieferumfang:** 10 St. Grün 100 x 2,5 mm · 10 St. Rot 100 x 2,5 mm · 10 St. Blau 100 x 2,5 mm · 10 St. Gelb 100 x 2,5 mm · 10 St. Grün 200 x 2,5 mm · 10 St. Rot 200 x 2,5 mm · 10 St. Blau 200 x 2,5 mm · 10 St. Gelb 200 x 2,5 mm · 5 St. Grün 300 x 2,5 mm · 5 St. Rot 300 x 2,5 mm · 5 St. Blau 300 x 2,5 mm · 5 St. Gelb 300 x 2,5 mm.

**Technische Daten:** Material: Polyamid 6.6.

54 16 70-A0 Pckg. € 4.99

## 25tlg. Klebesockel-Set

Klebesockelschelle zum Wiederöffnen. Sehr gute Klebefestigkeit.

**Technische Daten:** Abm.: (L x B) 25,4 x 18 mm.

54 78 12-A0 Pckg. € 7.95



## Soft-Schrumpfschläuche 2:1



Diese verschieden farbigen Schrumpfschläuche, sind aufgrund Ihres Soft Grips in Arbeit, Hobby, Sport und Freizeit universell einsetzbar. Einsatzbereiche: Griffe aller Art z.B. Handwerkzeuge, Tennis-, Badmintonschläger, Angeln usw.

**Technische Daten:** Betriebstemperatur: -55 bis +110 °C · Durchschlagsfestigkeit 25 kV/mm · Durchgangswiderstand 10<sup>14</sup> Ω/cm · Schrumpftemperatur 70 °C min · Schrumpfrate: 2:1.

Best.-Nr.	Farbe	Nenn-Ø ungeschrumpft	Nenn-Ø geschrumpft	St. €
54 77 16-A0	Schwarz	36 mm	18 mm	10.95
54 77 40-A0	Rot	36 mm	18 mm	10.95
54 77 52-A0	Grün	36 mm	18 mm	10.95
54 77 28-A0	Gelb	36 mm	18 mm	10.95
54 77 64-A0	Blau	36 mm	18 mm	10.95

## Universal Verbindungs-Set

Dieses Set enthält 55 Teile in 5 verschiedenen Ausführungen für die gebräuchlichsten Anwendungen bei Kabelbefestigung und Kabelverbindung. **Lieferumfang:** 20 St. Kabelbinder 200 x 4,8 mm · 20 St. Nagelschellen (Kabel-Ø 7 mm, Länge der Stahlnägel 30 mm) · 2 St. Klett-Kabelbinder 210 x 20 mm · 10 St. Klebesockel 19 x 19 mm · 3 St. 12pol. Lüsterklemmen (1,5 - 2,5 mm).

52 91 08-A0 Pckg. € 9.95



➤ Mehr Kabel/Leitungen & Zubehör finden Sie in unserem „neuen“ Kabelkatalog 2007.

Nur solange Vorrat reicht. Angebote nur gültig in Deutschland.

25 Filialen bundesweit!  
[www.conrad.de/filialen](http://www.conrad.de/filialen)

# EKG - mit Sound

## Biomedizinische Signalverarbeitung

Von Martin Klaper

**Kann man über eine gewöhnliche Soundkarte ein EKG (Elektrokardiogramm) mit dem Computer erstellen und den Puls messen? Diese Frage wurde in einer Diplomarbeit untersucht und überzeugend beantwortet. Und Sie profitieren davon: Bauen Sie ganz einfach den hier beschriebenen Herzschlagmonitor nach! Die Software dazu gibt's gratis.**



Nicht nur mit einem Gameboy (siehe Artikel in dieser Ausgabe) lässt sich ein EKG erstellen. Es geht auch mit einer handelsüblichen Soundkarte beziehungsweise dem Sound-Eingang eines Laptop-Computers. Hierzu genügt ein „Sensor“ (Bild 1), der im einfachsten Fall aus einem Rohr mit zwei Kontaktflächen an den Enden besteht, die man wie die Griffe eines Fahrradlenkers mit den Händen umfasst. Das so gemessene schwache

Signal wird 1000fach verstärkt und an den Sound-Eingang des Computers angeschlossen.

Die weitere Verarbeitung erfolgt dann durch ein JAVA-Programm, welches das Signal mittels digitaler Filter aufbereitet, speichert und auf dem Bildschirm darstellt. Das Programm überwacht auch den Herzschlag und ermittelt automatisch die Pulsrate mit digitaler und akustischer Anzeige. Eigene Mes-

sungen lassen sich in einer Datei zur späteren Analyse aufzeichnen. Testdatensätze aus medizinischen Datenbanken, die im Internet [1] verfügbar sind, können vom Programm ebenfalls verarbeitet und dargestellt werden.

### EKG

Wie im Gameboy-EKG-Artikel in diesem Heft etwas ausführlicher beschrieben wird, sind es elektrische Ströme,

# karte!

## auf dem PC

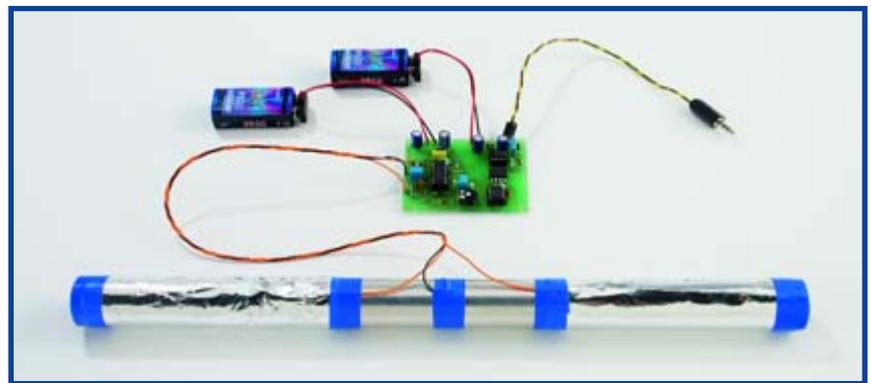
### Technische Daten:

Eingangsimpedanz:	> 1 M $\Omega$
Eingangsdynamikbereich:	5 mV <sub>SS</sub>
Stromverbrauch Messverstärker:	ca. 11 mA
Stromverbrauch Optokoppler:	ca. 2,2 mA
Gleichtaktunterdrückung (CMRR):	> 70 dB
Verstärkung:	ca. 1000fach (60 dB)
Bandbreite:	ca. 0,4 - 35 Hz (je nach Soundkarte)
Aufzeichnungsdauer:	praktisch unbegrenzt, typisch 60 kByte pro Minute

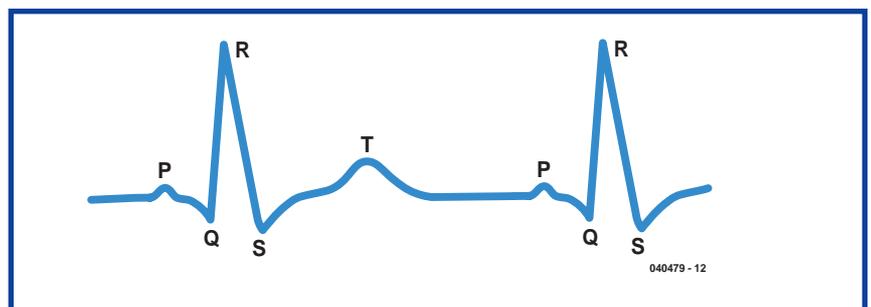
die den Herzmuskel steuern. Diese elektrische Aktivität kann mit Elektroden an der Körperoberfläche gemessen und aufgezeichnet werden. Die aufgezeichnete „Herzstromkurve“ nennt man Elektrokardiogramm (EKG). **Bild 2** zeigt eine typische EKG-Kurve, deren Aussehen ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel darstellt. Die Diagnostik steht hier aber nicht zur Diskussion, sie gehört zur Tätigkeit des Arztes – uns geht es hier ums Messen.

Das EKG wird üblicherweise mit einem Vorschub von 25 Millimetern pro Sekunde dargestellt. Das entspricht einer Zeitablenkung von 40 Millisekunden pro Millimeter. Die Spannungen sind so kalibriert, dass 1 Millivolt einer Ablenkung von 10 Millimetern in der vertikalen Richtung entspricht. Damit entspricht also jedes 1-mm-Kästchen 0,04 s an Zeit und 0,1 mV an Spannung. Bestimmten charakteristischen Punkten in der EKG-Kurve werden Buchstaben zugeordnet [2]. Der Abstand zwischen zwei markanten „R“-Spitzen in Bild 2 entspricht genau dem Abstand zwischen zwei Pulsschlägen. Damit lässt sich leicht der Puls bestimmen. Dieser Pulswert, gemessen in Schlägen pro Minute (Beats per Minute, BPM), wird vom Computer als Zahl angezeigt und als (abschaltbares) akustisches Signal ausgegeben.

Der gemessene Pulswert kann dann zum Beispiel als Ist-Wert für ein Trainingsfahrrad dienen. Ein Regler würde den gemessenen Ist-Wert mit einem gegebenen Soll-Wert vergleichen und die Fahrradbremse gerade so stark anziehen, dass mit mehr oder minder konstantem Trainingspuls geradelt wird. Doch das wäre Stoff für ein weiteres Projekt...



**Bild 1.** Der „Sensor“ für die Messung der Herzsignale besteht im einfachsten Fall aus einem Rohr mit zwei Kontaktflächen an den Enden.

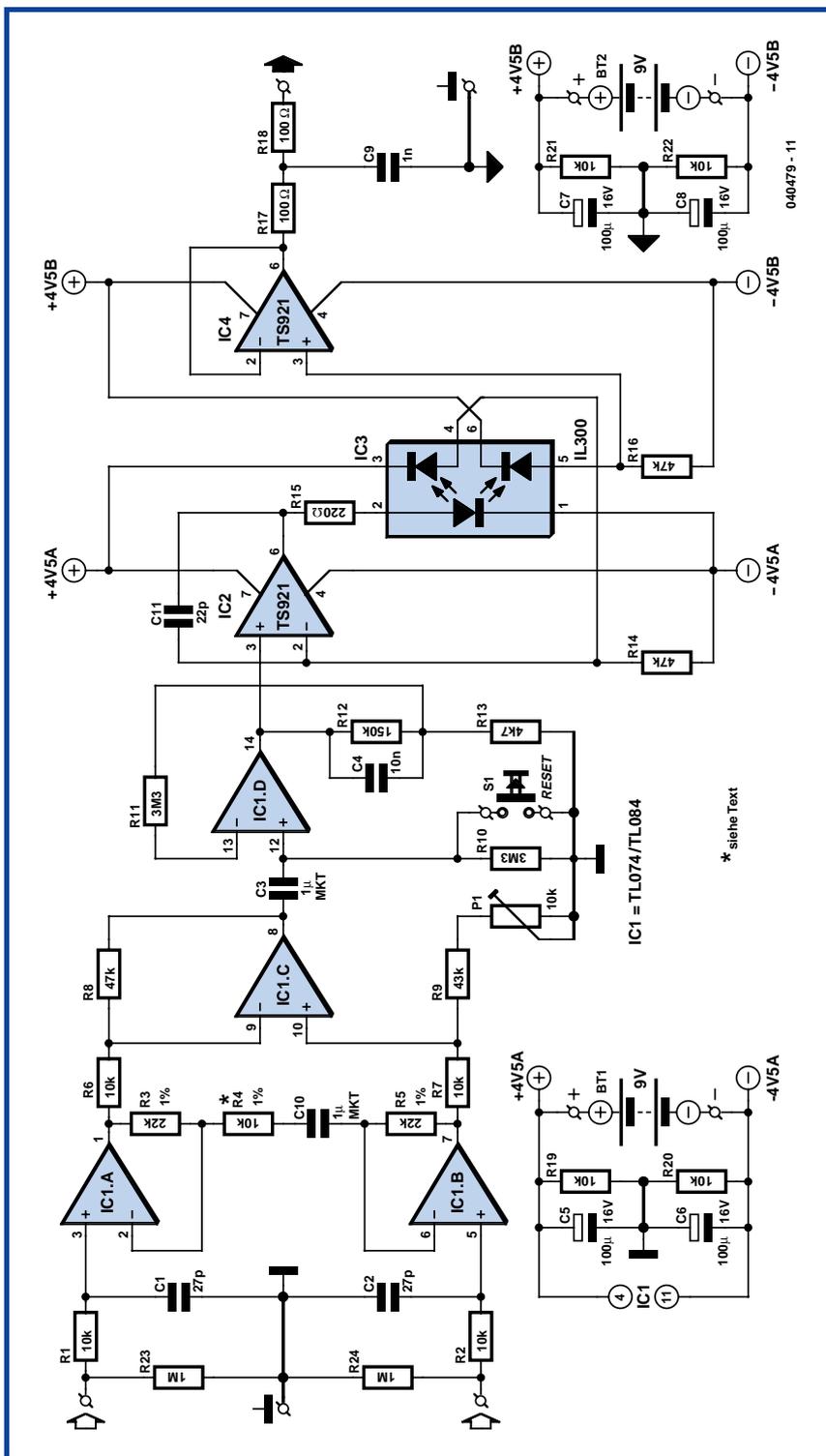


**Bild 2.** Der Abstand der mit „R“ bezeichneten Spitzen im EKG-Signal entspricht der Zeit zwischen zwei Pulsschlägen.

### Sicherheit

Die hier beschriebene Schaltung darf nur in Verbindung mit einer Batteriestromversorgung betrieben werden. Dies gilt auch für den über den Soundkarten-Eingang angeschlossenen Computer, der **nicht mit dem 230-V-Netz verbunden** sein darf. Dies ist in der Praxis nur bei Verwendung eines tragbaren PCs (Notebook/Laptop) im Akkubetrieb der Fall. Das Netzteil darf nicht angeschlossen sein!

Schaltung und Software sind nicht für medizinische Zwecke zugelassen und dienen ausschließlich der privaten Verwendung, zum Beispiel für messtechnische Übungen.



**Bild 3.** Die Schaltung des Messverstärkers, der über einen Optokoppler zur galvanischen Trennung zwischen Eingang und Ausgang verfügt.

### Signalverarbeitung

In Verbindung mit dem Computer ist ein EKG eine spannende Echtzeitaufgabe, die zu einem erheblichen Teil in der Software gelöst wird. Die Hardware in Form der Messverstärkerschaltung (**Bild 3**) hat vor allem die Aufgabe, das schwache Sensor-Signal von

etwa 1 mV rund 1000fach zu verstärken und Gleichtakt- und Gleichstromsignale sowie höherfrequente Signale zu unterdrücken. Um ein störfreies oder wenigstens störarmes EKG-Signal zu erhalten, ist es notwendig, auftretende Störsignale gezielt herauszufiltern. Dies wird mit einem in Software

realisierten digitalen Biquad-Infinite-Impulse-Response-Filter erreicht. Dieses Filter kann je nach Konfiguration für jede der erforderlichen Filterfunktionen wie Tiefpass, Hochpass, Bandpass und Bandsperre eingesetzt werden. Ein 50-Hz-Sperrfilter entfernt das durch die Netzspannung verursachte Störsignal, während andere Störfrequenzen mittels eines zusätzlichen Hochpassfilters entfernt werden. Da das Signal mittels Elektroden an der Körperoberfläche aufgenommen wird, kann ein sich verändernder Gleichspannungsanteil überlagert sein. Dieser wird durch ein „DC-Blocking-Filter“ entfernt. Der Hauptausschlag des EKG-Signals kann durch ein Bandpassfilter extrahiert werden, was die Ermittlung der Pulsrate erleichtert. Vom JAVA-Programm kann sowohl das Original- als auch das durch die Filter verarbeitete Signal dargestellt werden. Da sämtliche Filterfunktionen vom Benutzer zugeschaltet und konfiguriert werden können, wird deren Einfluss auf das Signal sehr schön gezeigt. Für die Ermittlung der Pulsrate wird eine Autokorrelationsfunktion verwendet. Wenn ein periodisches Signal mit sich selbst verglichen wird, kann so dessen Periodendauer bestimmt werden.

### Messverstärker

Die Schaltung (**Bild 3**) besteht aus zwei Funktionsgruppen: Dem eigentlichen Messverstärker am Eingang und dem Trennverstärker mit Optokoppler am Ausgang.

Mit dem Vierfach-Operationsverstärker IC1, einem TL084 oder dem rauschärmeren TL074, wird das Signal verstärkt. IC1.A und IC1.B bilden dabei nichtinvertierende Verstärker, die mit den Eingängen des Differenzverstärkers IC1.C verbunden sind. Diese Anordnung ist als „Instrumentenverstärker“ bekannt. Mit P1 erfolgt ein Abgleich für maximale Gleichtaktunterdrückung. Der Koppelkondensator C3 am Eingang der folgenden Stufe mit IC1.D sorgt für die Abtrennung einer am Ausgang des Instrumentenverstärkers liegenden Gleichspannung. Für eine möglichst niedrige untere Grenzfrequenz beträgt die Zeitkonstante des RC-Glieds C3/R10 über drei Sekunden – entsprechend lange dauert es auch, bis sich die Spannung am Kondensator beim Einschalten stabilisiert. Um den Vorgang abzukürzen, kann R10 mit dem „Reset-Taster“ S1 überbrückt werden. Der Optokoppler IC3 wird von IC2

# Stückliste

## Widerstände:

R1, R2, R4, R6, R7, R19...R22 = 10 k  
 R3, R5 = 22 k 1%  
 R8 = 47 k  
 R9 = 43k  
 R10, R11 = 3M3  
 R12 = 150 k  
 R13 = 4k7  
 R14, R16 = 47 k  
 R15 = 220 Ω  
 R17, R18 = 100 Ω  
 R23, R24 = 1M  
 P1 = 10 k Trimpotentiometer

## Kondensatoren:

C1, C2 = 27 p  
 C3, C10 = 1 μ/63 V, 5 mm  
 Rastermaß (kein Elko!)  
 C4 = 10 n  
 C5...C8 = 100 μ/16 V Elko radial  
 C9 = 1 n  
 C11 = 22 p

## Halbleiter:

IC1 = TL074 DIP14  
 IC2, IC4 = TS921 oder TL071 DIP8  
 IC3 = IL300

## Außerdem:

2 Drahtbrücken  
 2 9-V-Blockbatterien mit Anschlussclip  
 2 DIP-8-IC-Fassungen  
 1 DIP-14-IC-Fassung  
 Platine EPS 040479-1  
 PC-Software mit Quellcode auf CD  
 (EPS 040479-81) oder Gratis-  
 Download bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

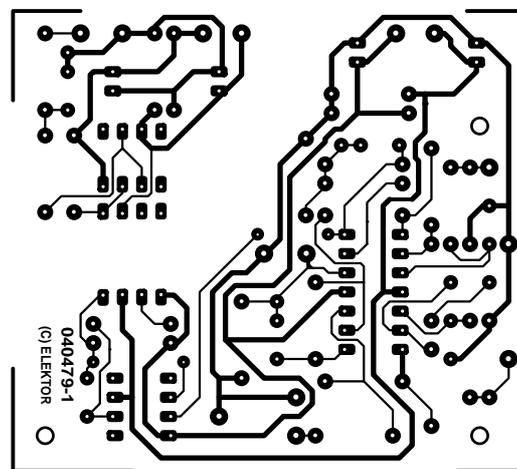
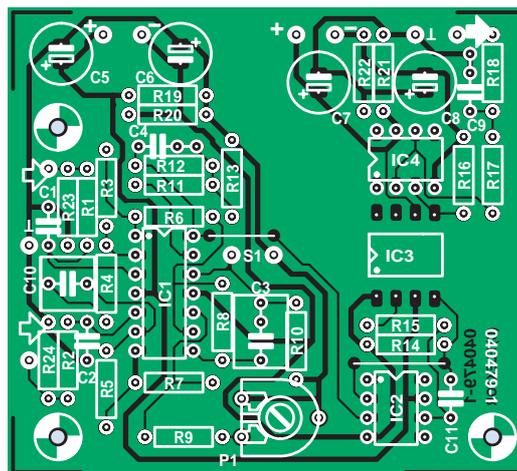


Bild 4. Die einseitige Platine kommt ohne SMDs aus und lässt sich einfach bestücken.

angesteuert. Der verwendete TS921 ist ein „Rail-to-Rail-Opamp“ (aussteuerbar bis zu den beiden Betriebsspannungen), der einen kräftigen Ausgangsstrom von bis zu 80 mA liefern kann. Ganz so viel wird für die Sende-LED im Optokoppler nicht gebraucht, es sind hier etwa 2,2 mA. Der Strom durch die Sende-LED wird über die Rückkopplung von der einen Empfangsdiode im Optokoppler zum invertierenden Eingang so geregelt, dass an R16 (dem Arbeitswiderstand der zweiten Empfangsdiode) die gleiche Spannung anliegt wie an R14 – und damit die gleiche Spannung wie am nichtinvertierenden Eingang von IC2. Mit anderen Worten: An R16 liegt die Ausgangsspannung von IC1.D – nur eben galvanisch getrennt.

C11 verhindert ein hochfrequentes Schwingen der Stufe. Der Opamp am Ausgang dient als Pufferverstärker. Er sorgt für einen niederohmigen und dank der beiden 100-Ω-Widerstände

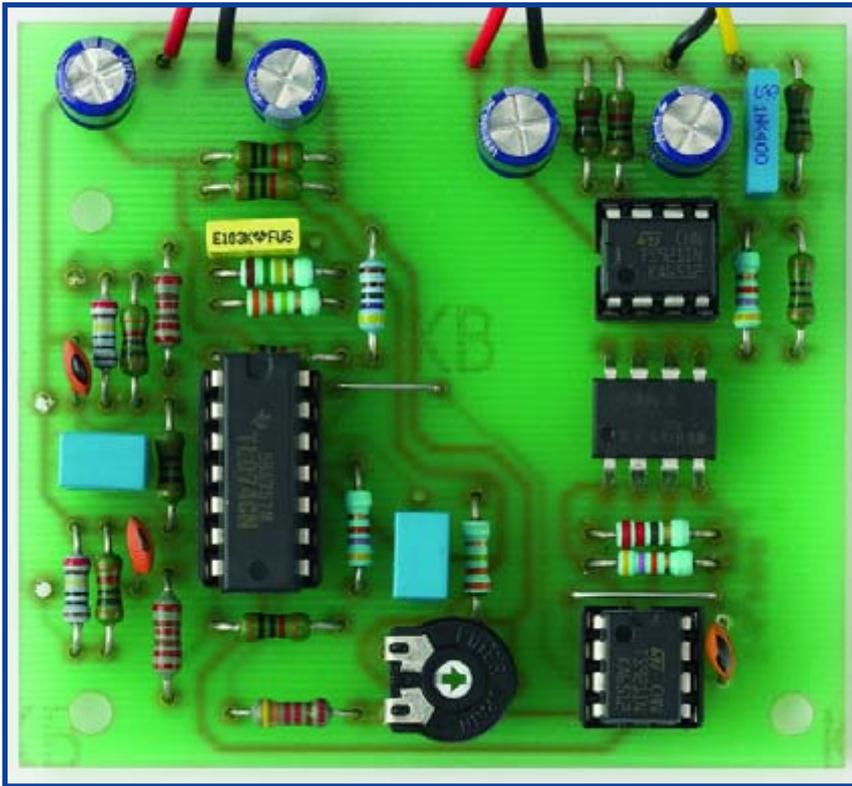
(im Ausgangs-Tiefpass R17/C9/R18) auch kurzschlussfesten Ausgang. Die vollständige galvanische Trennung zwischen Eingang und Ausgang des

Messverstärkers dient als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme – siehe Kasten „Sicherheit“. Aus dem gleichen Grund ist für die Schaltung Batteriebetrieb mit

# Der Autor

Martin Klaper studierte an der ETH Zürich Elektrotechnik, war 20 Jahre in der Telekommunikationsindustrie in verschiedenen Positionen tätig und ist seit 2000 Dozent für Informatik und Telekommunikation. Bis 2005 war er an der Fachhochschule Solothurn-Nordwestschweiz (FHSO) tätig. Seit Oktober 2005 lehrt er an der Fachhochschule Zentralschweiz, Hochschule für Technik und Architektur (HTA), in Horw bei Luzern. Dieses Projekt wurde an der FHSO begonnen und an der HTA weitergeführt. Der Autor ist zudem aktiver Funkamateur mit dem Rufzeichen HB9ARK und interessiert sich zurzeit besonders für Software Defined Radio Konzepte. Er ist verheiratet und hat zwei Söhne.





**Bild 5.** Die bestückte ELEKTOR-Musterplatine. Bei dem ohne Fassung montierten IC handelt es sich um den Optokoppler, dessen Anschlüsse für einen größeren Isolationsabstand etwas „gespreizt“ eingelötet werden.

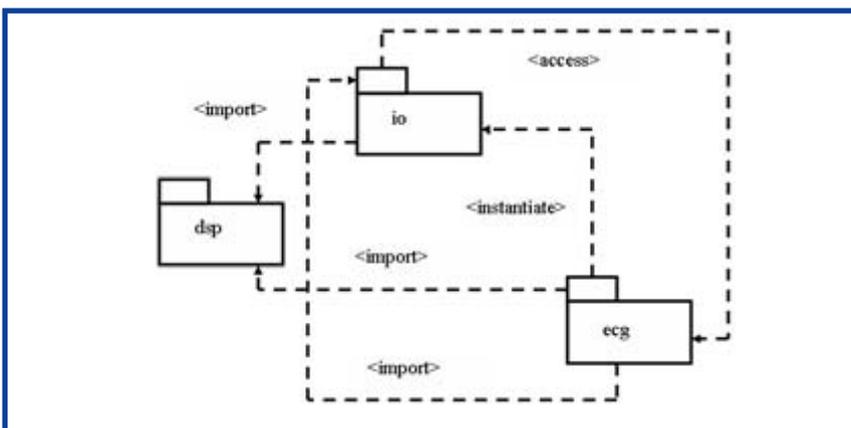
getrennten Batterien für Messverstärker und Ausgangsstufe vorgesehen.

### Bau und Teile

Beginnen wir mit den Teilen: Für die Widerstände R3, R4 und R5 sind rauscharme Metallfilmwiderstände empfehlenswert. C10 sorgt für eine DC-Entkopplung des Eingangsverstärkers. Dadurch wird verhindert, dass bei Bewegungen der Arme (beim Sensor in Bild 1) Muskelsignale die Herz-

signale überdecken. Verwendet man hingegen auf die Haut aufgeklebte EKG-Einweegelektroden, so kann man den Kondensator auch durch eine Drahtbrücke ersetzen.

Sollte der TS921 schwer erhältlich sein, kann auch ein TL071 verwendet werden. Allerdings ist der dynamische Bereich dann etwas kleiner. Der 43-k-Widerstand (E24-Reihe) kann auch einen etwas anderen Wert haben, der Abgleich mit P1 eliminiert eine eventuelle Abweichung.



**Bild 6.** Die Paket-Struktur der JAVA-Software zur Signalverarbeitung auf dem PC.

Beim Bestücken der Platine (**Bild 4**) beginnt man am besten mit den beiden Drahtbrücken, dann hat man schon ein Problem weniger (vergesene Drahtbrücken nämlich).

IC3 wird mit rechtwinklig gewinkelten Anschlussbeinchen geliefert. Damit sie in die Löcher der Platine passen, muss man sie vorsichtig etwas auseinander biegen (siehe **Bild 5**). Dies ist nötig, um den vorgeschriebenen Isolationsabstand zu gewährleisten.

Beim Abgleich von P1 (Gleichtaktunterdrückung) beginnt man mit der Mittelstellung. Meist genügt das schon, weil der Abgleich nicht kritisch ist. Für einen Abgleich auf maximale Gleichtaktunterdrückung verbindet man die beiden Eingänge des Messverstärkers miteinander und stellt P1 so ein, dass das (eingestreute) 50-Hz-Signal am Ausgang der Schaltung so klein wie möglich wird. Die Messung des Signals ist mit dem JAVA-Programm möglich (siehe **Bild 7**).

Der vom Autor verwendete „Sensor“ (Aufnehmer) für die Herzsignale besteht aus zwei leitenden Rohrstücken (Stahlrohr verzinkt oder verchromt, zum Beispiel ein Stück Wasserleitungs- oder Staubsaugerrohr), die durch ein Stück Isolationsrohr miteinander verbunden sind. Im ELEKTOR-Labor haben wir es uns einfacher gemacht und ein durchgehendes Rohr verwendet. An den beiden Enden wurden etwa 10 cm lange Abschnitte mit Isolierband umwickelt. Auf diese Isolierschicht wurde dann Alufolie aufgewickelt, um die beiden Kontaktflächen herzustellen. Das Rohr selbst wurde mit Masse verbunden. Auf die Kontaktflächen (Alufolie) haben wir je eine Windung aus verzinntem Schweißdraht zur Kontaktierung aufgebracht, an die dann die Messleitungen zur Verbindung mit den beiden Eingängen des Messverstärkers angeschlossen wurden. Auf diese Weise lässt sich der in Bild 1 gezeigte „Sensor“ ganz einfach und ohne Bohren oder Sägen herstellen. An den Ausgang der Platine schließt man ein abgeschirmtes NF-Kabel mit einem Stecker an, der in den Audio-Line-Eingang (eventuell auch Mikrofon-Eingang) des Computers passt. Normalerweise ist das ein 3,5-mm-Stereo-Klinkenstecker.

### Software

Die benötigte Windows-Software wurde vollständig in JAVA geschrie-

ben. Die Paket-Struktur der Software (**Bild 6**) orientiert sich an den zu lösenden Aufgaben:

- Signalaufnahme von der Soundkarte (io)
- Signalverarbeitung und Ausfilterung von Störungen (dsp)
- Bedienoberfläche (ecg).

Einen Eindruck von der Bedienoberfläche vermittelt Bild 7. Es zeigt das Haupt-Programmfenster und das Fenster zur Filtereinstellung. Im Haupt-Programmfenster zeigt die obere Spur das Original-Signal und die untere Spur das verarbeitete Signal.

Dazwischen befindet sich die Skalierungsachse. In der rechten unteren Ecke des Bedienteils ist das BPM-Panel mit der Anzeige der Pulsrate (BPM), der Zuverlässigkeit der Anzeige („Confidence“) und der Akustik-Option („beep“) platziert. Das Programm selbst ist zu umfangreich, um hier wiedergegeben zu werden. Auf der ELEKTOR-Website steht aber der Quellcode des Programms zur Verfügung.

Der Download umfasst mehrere Dateien. Das PC-Programm hat den Dateinamen „EKG-MonitorV1.0.jar“ und kann mit einem Doppelklick gestartet werden. Die Endung „.jar“ weist darauf hin, dass es sich um eine mit Java ausführbare Datei (vergleichbar mit „.exe“ unter Windows) handelt. Für die Ausführung wird die Runtime-Version von Java benötigt, den Download findet man unter [3]. Dort ist die zu Ihrem PC-Betriebssystem passende Version „JRE“ (Java Runtime Environment) auszuwählen.

## Praxis

Die Schaltung eignet sich nur für Soundkarten mit tiefer unterer Grenzfrequenz (minimal 0,1 Hz bei -3 dB). Bei gleichstromgekoppelten Eingängen ist das kein Problem, die meisten sind aber wechselstromgekoppelt (Eingangskondensator). Im ELEKTOR-Labor funktionierte die Schaltung auch am Soundeingang eines älteren Notebooks einwandfrei. Im Zweifelsfall kann man den Frequenzgang der Soundkarte mit dem Freeware Programm RMAA [6] ausmessen.

Die besten Messergebnisse liefern handelsübliche EKG-Einwegelektroden. Einfacher als das Aufkleben solcher Elektroden auf die Haut des „Messobjekts“ ist allerdings die Verwendung des bereits beschriebenen Sensor-Rohrs (Bild 1).



**Bild 7.** Im Haupt-Programmfenster ist oben das Original-Signal und unten das verarbeitete Signal zu sehen.



**Bild 8.** Im Fenster „Filter Settings“ lassen sich die in der Software realisierten Biquad-Infinite-Impulse-Response-Filter konfigurieren.

Mit der Wahl der Filter (**Bild 8**) können Störungen minimiert werden. Die vorhandenen Filter sollen zum Experimentieren ermuntern. Bei der Filterung bietet sich ein weites Feld für Verbesserungen und eigene Versuche an. Wenn man das Programm weiterentwickelt, muss man es allerdings weiterhin allen zur Verfügung stellen. Dies ist die Bedingung dafür, dass die

JAVA-Software zu diesem Projekt unter der GNU public licence frei zugänglich ist.

Neben dem Programm und dem Quellcode steht auf der ELEKTOR-Website auch eine ausführliche Bedienungsanleitung zum Download bereit.

(040479e)

## Weblinks

- [1] **EKG Testdaten** [www.physionet.org/physiobank/](http://www.physionet.org/physiobank/)
- [2] **EKG-Know-How** [www.grundkurs-ekg.de/index.htm](http://www.grundkurs-ekg.de/index.htm)
- [3] **Java Compiler und Entwicklungsumgebung (JRE, JDK), Java Runtime Environment (JRE) aktuelle Version 5.0** (für die Programmausführung erforderlich), **J2SE Development Kit (JDK) aktuelle Version 5.0** (erforderlich, um das Programm zu verändern und zu übersetzen): <http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp>
- [4] **Einfache Java Entwicklungsumgebung, dazu gibt es ein Lehrbuch** (ideal für Anfänger) [www.bluej.org/download/download.html](http://www.bluej.org/download/download.html)
- [5] **Eclipse ist eine luxuriöse Java-Entwicklungsumgebung für den Profi Entwickler** [www.eclipse.org/downloads/](http://www.eclipse.org/downloads/)
- [6] **RMAA, RightMark Audio Analyser** <http://audio.rightmark.org/download.shtml>
- [7] **Verschiedene DSP-Themen:** [www.dspguru.com](http://www.dspguru.com)  
[www.musicdsp.org/ archive.php?classid=0](http://www.musicdsp.org/archive.php?classid=0)

# In-Circuit-Debugger

## Für PIC-Mikrocontroller

Von Jürgen Schüle

**PIC-Mikrocontroller der 8-bit-Serien 16F und 18F sind in vielen Geräten zu finden. Auch bei ELEKTOR-Lesern sind diese Controller sehr beliebt. Allerdings benötigt man eine Schaltung zum Laden des Programms und einen In-Circuit-Debugger (ICD) zur Fehlersuche. Beide Aufgaben übernimmt dieses Projekt, das mit dem von Microchip vertriebenen ICD2-Modul weitgehend kompatibel, aber wesentlich kostengünstiger ist.**



Schon mit geringem Aufwand ist es möglich, interessante Applikationen mit den 8-bit-PICs 16F und 18F aufzubauen. Die Entwicklungsumgebung einschließlich Assembler und Simulator ist beim Hersteller [1] frei erhältlich. Für die Programmierung in Hochsprachen bieten verschiedene Hersteller C-Compiler an.

Da es sich in der Praxis um kleinere Projekte handelt, ist die Programmierung in Assembler durchaus vertretbar und auch nicht allzu schwer. Der Befehlssatz von 35 Befehlen beim PIC16 beziehungsweise 75 Befehlen beim PIC18 ist leicht zu erlernen. Nicht zuletzt deshalb werden PIC-Controller auch an vielen Hochschulen im Grundstudium eingesetzt [2].

Zur Übertragung eines Programms in den Controller sind im Internet eine große Anzahl von Schaltungsvorschlägen und Freewareprogrammen verfügbar [3]. Die einfachste Variante besteht dabei aus einem Kondensator, einem

Schalter und drei Widerständen und wird an einem Parallelport betrieben. Häufig wird auch ein so genannter Bootloader verwendet, mit dessen Hilfe der Zielrechner das über die serielle Schnittstelle übertragene Programm in seinen Programmspeicher schreibt.

Spätestens dann, wenn der programmierte Code nicht das gewünschte Verhalten zeigt, wäre es wünschenswert, in den in der Schaltung eingebauten Rechner „hineinsehen“ zu können. So möchte man beispielsweise Registerinhalte beobachten und modifizieren oder das Programm an definierten Punkten anhalten, um so dem Fehler auf die Spur zu kommen. Dies ermöglichen so genannte In-Circuit-Debugger (ICD) oder In-Circuit-Emulatoren (ICE).

### ICD, ICE, ICP

Im Gegensatz zum In-Circuit-Emulator verwendet der In-Circuit-Debugger prozessorneigene Ressourcen. Nachteilig an diesem Konzept ist zunächst,

dass die zum Debuggen benötigten Controller-Ressourcen bei der Programmentwicklung freigehalten werden müssen (siehe **Tabelle**). Außerdem ist die Debug-Funktionalität gegenüber einem ICE meist eingeschränkt, beispielsweise in der Anzahl der Stellen, an denen ein zu untersuchendes Programm automatisch angehalten wird (Breakpoints). Vorteilhaft ist, dass die zum Debuggen benötigte zusätzli-

#### Zum Debuggen benötigte Ressourcen des 16F877

I/O-Pins:	2
Stack:	1 Ebene
Programmspeicher:	NOP an Adresse 0000h Letzte 100h Speicherplätze
Datenspeicher:	70h, 1EBh...1EFh

# /Programmer

che Hardware meist nur ein Kommunikations-Modul zwischen dem Zielrechner und dem Entwicklungssystem darstellt und deshalb einfach und kostengünstig realisiert werden kann.

Um die bei der Entwicklung notwendigen Programmänderungen direkt in der Zielhardware vorzunehmen, kombiniert man einen In-Circuit-Debugger üblicherweise mit einem In-Circuit-Programmer (ICP) genannten Programmier-Modul. Wird die Test- und Programmieranordnung wie bei der hier vorgestellten Schaltung von der Ent-

wicklungsumgebung unterstützt, erfolgt die Programmerstellung, die Übersetzung, die Simulation und der Test in der Zielhardware in einer einheitlichen Bedienoberfläche.

## ICD2

Ausgangspunkt der Entwicklung war das von Microchip vertriebene ICD2-Modul, dessen Schaltung in [4] dargestellt ist. Ziel war es, dieses Design auf seine Basisfunktionalität zu reduzieren, um ein nachbausicheres, kostengünsti-

ges und dennoch zum Original weitgehend kompatibles Gerät zu erhalten. Dies wurde durch folgende Ansätze erreicht:

- 5-V-Spannungsversorgung des Moduls aus der Zielhardware
- Verzicht auf Schnittstellentreiber zwischen ICD-Modul und Zielhardware
- Feste Programmierspannung
- Beschränkung auf die RS232-Kommunikationsschnittstelle

Da die meisten PIC-Controllerschaltun-

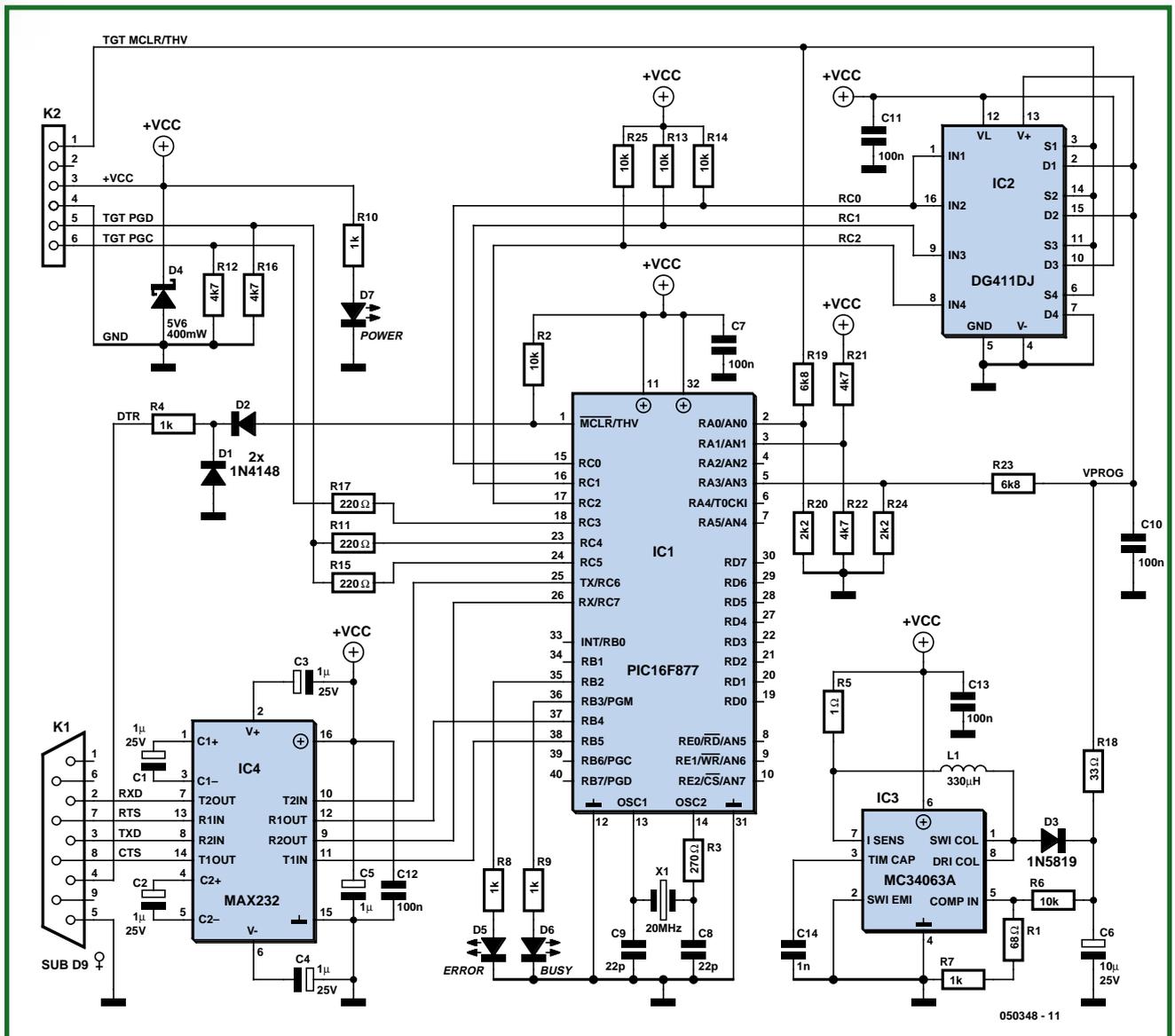


Bild 1. Kern der Schaltung ist ein 16F877-Controller, der über die serielle Schnittstelle mit dem PC kommuniziert.

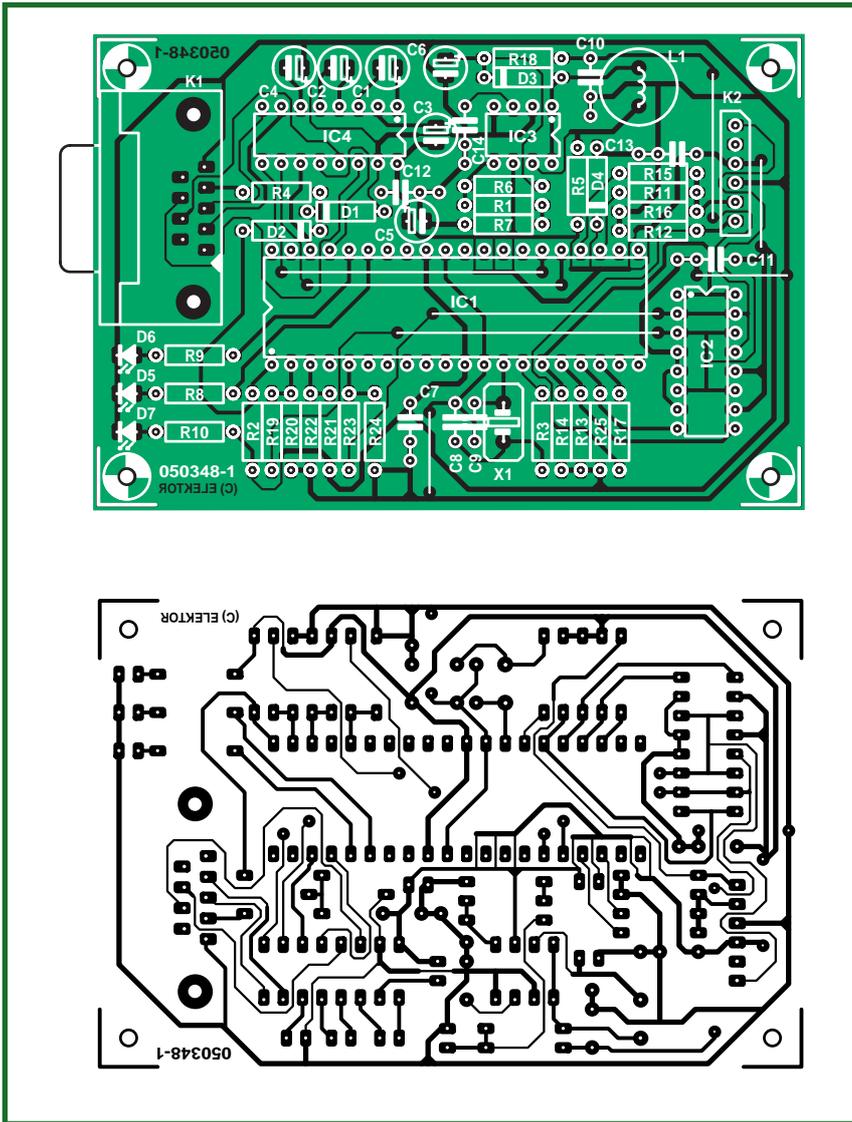


Bild 2. Die einseitige Platine ist großzügig layoutet und lässt sich einfach bestücken.

gen mit 5 V Versorgungsspannung betrieben werden und das ICD-Modul lediglich etwa 30 mA Strom benötigt, sind die ersten beiden Punkte für viele Anwendungen kein Problem. Auf eine von der Firmware einstellbare Programmierspannung kann verzichtet werden, da sich die gängigen PIC-Controller mit 13 V programmieren lassen. Die USB-Schnittstelle des Originalgeräts ist kaum nachzubauen, da das verwendete IC nur schwer erhältlich ist. Auch die proprietären USB-Treiber führen gelegentlich zu Schwierigkeiten. Problemlos ist hingegen die Kommunikation über eine RS232-Schnittstelle; es muss nur darauf geachtet werden, dass die FIFO-Puffer des verwendeten COM-Ports abgeschaltet sind. Die entsprechende Einstellung ist im Geräte-Manager von Windows vorzunehmen. Wer nur einen „Legacy-free“-Computer ohne serielle Schnittstelle besitzt, benötigt einen USB-RS232-Adapter. Wichtig ist, dass der mitgelieferte Treiber den Betrieb ohne FIFO-Puffer erlaubt. Lassen sich die FIFO-Puffer nicht abschalten, treten beim Debuggen permanent Kommunikationsfehler auf, so dass ein Betrieb der Schaltung nicht möglich ist.

### Schaltung

Kern der Schaltung in Bild 1 ist ein 16F877-Controller (IC1), der über den üblichen RS232-Schnittstellentreiber MAX232 (IC4) mit dem PC kommuniziert. Die Fluss-Steuerung erfolgt über ein Hardware-Handshake, außerdem kann der PC über das DTR-Signal den PIC-Controller IC1 zurücksetzen.

Die Programmierspannung von nominell 13 V wird mit dem Schaltreglerbaustein MC34063A (IC3) erzeugt, der als Hochsetzsteller (Step-up-Konverter) beschaltet ist. Die Höhe der Programmierspannung ist durch den Spannungsteiler R6, R7 und R1 wie folgt festgelegt:

$$V_{\text{PROG}} = 1,25 [1 + R6/(R1+R7)]$$

Ein genauer Abgleich der 13-V-Spannung ist mit dem Wert von R1 möglich. Bei IC2 handelt es sich um einen Vierfach-Analogschalter in CMOS-Technik. Er hat die Aufgabe, in Abhängigkeit von den Signalen RC0, RC1 und RC2 den Reset-Pin des Zielrechners entweder mit der Programmierspannung, der Betriebsspannung oder mit Masse zu verbinden.

Die Kommunikation zwischen dem Debugger und dem Zielrechner erfolgt über die Leitungen TGT PGD (Daten) und TGT PGC (Takt). Die Werte der

## Stückliste

### Widerstände:

- R1 = 68 Ω
- R2, R6, R13, R14, R25 = 10 k
- R3 = 270 Ω
- R4, R7, R8...R10 = 1 k
- R5 = 1 Ω
- R11, R15, R17 = 220 Ω
- R12, R16, R21, R22 = 4k7
- R18 = 33 Ω
- R19, R23 = 6k8
- R20, R24 = 2k2

### Kondensatoren:

- C1...C5 = 1 µ/25 V radial
- C6 = 10µ/25V radial
- C7, C10...C13 = 100 n
- C8, C9 = 22 p
- C14 = 1 n

### Induktivität:

- L1 = 330 µH radial

### Halbleiter:

- D1, D2 = 1N4148
- D3 = 1N5819
- D4 = Z-Diode 5V6/400 mW
- D5 = 3 mm Low-current-LED rot
- D6 = 3 mm Low-current-LED gelb
- D7 = 3 mm Low-current-LED grün
- IC1 = PIC16F877 (programmiert: EPS 050348-41)
- IC2 = DG411DJZ (Digikey DG411DJZ-ND)
- IC3 = MC34063ECN (Digikey 497-4280-5-ND)
- IC4 = MAX232

### Außerdem:

- K1 = 9-polige Sub-D-Buchse, gewinkelt, für Platinenmontage
- K2 = 6-polige Stiflleiste, einreihig
- X1 = 20-MHz-Quarz
- Platine: EPS 050348-1
- Bauteilsatz mit Platine und Controller: EPS 050348-71

Pull-down-Widerstände R12 und R16 wurden aus dem Original-ICD-Modul übernommen. Die Serienwiderstände R11, R15 und R17 begrenzen bei einem Kurzschluss in der Zielhardware den Ausgangsstrom auf einen für IC1 ungefährlichen Wert. D4 schützt die Schaltung vor Verpolung der Betriebsspannung oder Überspannung. Wegen der begrenzten Leistungsaufnahme dieses Bauteils empfiehlt sich dennoch eine gewisse Sorgfalt, denn ein auf 30 V und 5 A eingestelltes Labornetzteil wird sich von D4 kaum beeindrucken lassen...

Die Analogeingänge RA0, RA1 und RA3 messen die Spannung am Reset-Pin der Zielhardware, die Programmierspannung und die Versorgungsspannung. Die Messwerte werden von der Entwicklungsumgebung überwacht und lassen sich im Fenster „Debugger/Settings/Power“ darstellen. Wer Wert auf Genauigkeit legt, kann die Spannungsteiler mit 1%-Widerständen bestücken.

Die Leuchtdioden D5...D7 signalisieren das Vorhandensein der Betriebsspannung, eine in IC1 laufende Operation oder einen Fehlerzustand. Wie im Microchip-ICD2 sind die Power-LED (D7) grün, die Busy-LED (D6) gelb und die Error-LED (D5) rot.

### Platine und Bootloader

Da die einseitige Platine (Bild 2) nur mit bedrahteten und keineswegs gedrängt angeordneten Standard-Bauteilen zu bestücken ist, ist der Aufbau auch für weniger geübte Lötter in einer guten Stunde zu schaffen. Nach dem Bestücken der Platine und dem Anschluss an die Zielhardware entsprechend Bild 3 muss an Pin 2 von IC2 die Programmierspannung in Höhe von 12,75 ... 13,25 V anliegen. Bei Bedarf kann durch Ändern von R1 die Programmierspannung abgeglichen werden. In den meisten Fällen dürfte dies nicht notwendig sein, zudem tolerieren viele PICs Programmierspannungen zwischen 12 V und 14 V.

Falls noch nicht geschehen, wird nun von der Microchip-Homepage [1] die aktuelle Entwicklungsumgebung MPLAB IDE (derzeit die Version 7.40) heruntergeladen und installiert. Die Frage nach der Vorinstallation von speziellen USB-Treibern ist mit „Nein“ zu beantworten, da die hier vorgestellte Schaltung mit der seriellen Schnittstelle arbeitet.

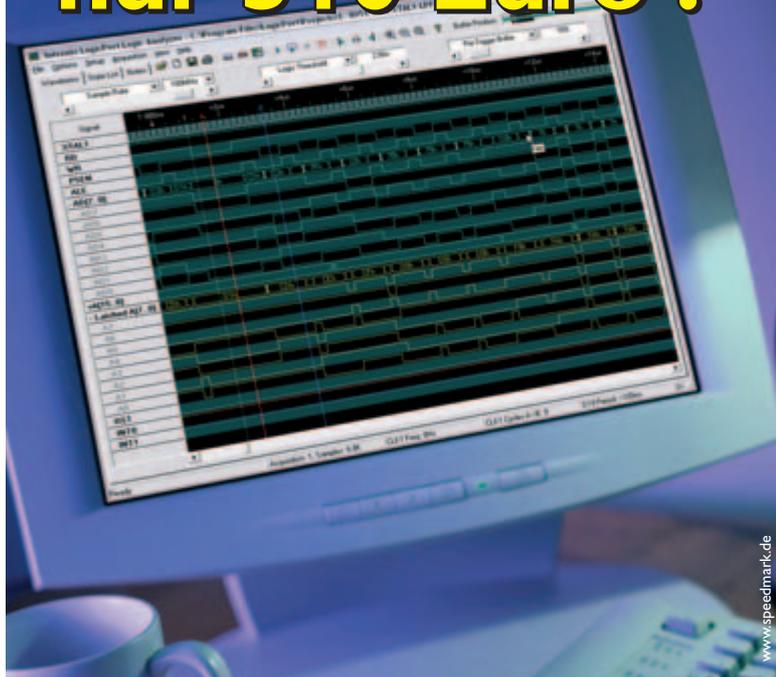
Damit die Entwicklungsumgebung die zum jeweiligen Zielrechner passende Firmware in den PIC-Controller IC1 laden kann, muss IC1 mit einem Bootloader programmiert sein. Das ist bei dem in der Stückliste angegebenen programmierten Controller (EPS 050348-41) bereits der Fall.

Man kann den Bootloader aber auch selbst in einen PIC16F877 programmieren. Die Bootloader-Datei BL010101.hex ist Bestandteil der Entwicklungsumgebung MPLAB und befindet sich im Verzeichnis „\Programme\Microchip\MPLAB IDE\ICD2“. Wer keinen Zugriff auf ein Programmiergerät hat, findet in [3] eine einfache Schaltung für den Parallelport, die auf einer Lochrasterplatine oder auch „frei verdrahtet“ aufgebaut werden kann.

Der MPLAB-Bootloader ist für einen 16F877 geschrieben. Der neuere 16F877A hat einen geänderten Programmieralgorithmus und benötigt daher einen modifizierten Bootloader, der im Internet beispielsweise bei [5] verfüg-

Anzeige

# Logic-Analyzer nur 310 Euro !\*



www.pcspeckmark.de

## LogicPort: 500 MHz, 34 Kanäle Hardware-Datenkompression

Der LogicPort Logikanalysator bietet 34 Kanäle zur simultanen Datenerfassung. Über USB 1.1 oder 2.0 an den PC angeschlossen, bildet er mit der mitgelieferten Software ein ausgefeiltes System zur Erfassung und Analyse schneller logischer Signale. Ein unverzichtbares Werkzeug!

- Professionelle Funktionen zum kleinen Preis.
- Außergewöhnlich vielfältige Triggermöglichkeiten erleichtern die Arbeit.
- Automatische Dateninterpretation für I2C, RS232, SPI...
- Die einfach zu bedienende Software gewährleistet eine schnelle Einarbeitung und einen sofortigen Erfolg.
- Schluss mit stundenlanger Fehlersuche! Eine kleine Investition in den LogicPort macht's möglich.



**Kostengünstige  
Lieferung  
in 2 Tagen!**

- **500 MHz sampling / 200 MHz state**
- **Hardware-Datenkompression:** Vergrößert die zu speichernde Sample-Menge in der Regel um ein Mehrfaches!
- **Integrierter 300 MHz Frequenzzähler**
- **Einstellbare Logikschwellen von +6 Volt bis -6 Volt** zur Unterstützung praktisch aller Logikbausteine bis hin zu 1,5 Volt LVCMOS
- **Qualifizierter State mode:** z. B. zum Demultiplexen von Datenbussen
- **Multi-level Trigger:** Zwei Triggerebenen können unabhängig voneinander genutzt und logisch kombiniert werden. Jede Triggerebene mit Bedingungen: Flanken, Muster, Werte, Zähler, Dauer
- **Vollversion der Software:** inkl. Demodaten zum Download auf der Website

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

Intronix Test Instruments, Inc.  
16421 N. Tatum Blvd. Unit 130  
Phoenix, Arizona 85032 USA  
Tel: (001) 602 493-0674  
Fax: (001) 602 493-2258  
[www.pcspeckmark.de](http://www.pcspeckmark.de)

\* Der Euro-Preis bezog sich auf den aktuellen Dollarkurs bei Drucklegung und kann durch einen zwischenzeitlich anderen Wechselkurs höher oder niedriger liegen. Beim Import nach Deutschland werden noch ca. 2% Zoll sowie 16% Einfuhrumsatzsteuer erhoben (Unternehmen erhalten die EUST. vom Finanzamt zurück, Privatpersonen nicht).

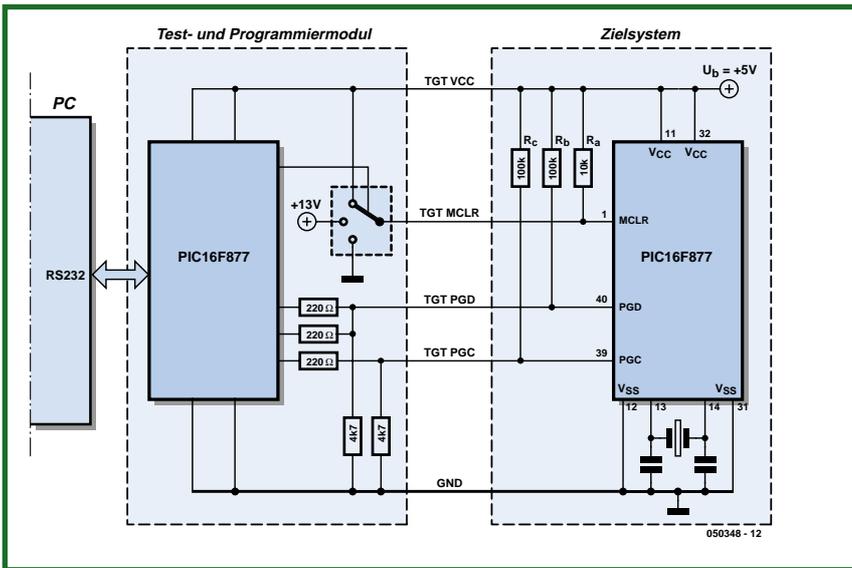


Bild 3. Die Verbindung des ICD/ICP-Moduls mit dem Zielsystem erfolgt über fünf Leitungen.

bar ist. Bei Verwendung des 16F877A besteht allerdings das Risiko, dass der Debugger nicht mehr funktioniert, wenn Microchip bei einem künftigen Firmwareupdate auch den Bootloader in der Entwicklungsumgebung MPLAB durch eine neue Version ersetzt.

### Ready

Ist die Schaltung mit programmiertem IC1 an den PC angeschlossen, kann die Entwicklungsumgebung gestartet werden. Zunächst wird mit „Debugger/Select Tool/MPLAB ICD2“ der Debugger-Typ ICD2 ausgewählt und anschließend im Menü „Debugger/Settings/Communication“ die serielle Schnittstelle benannt, an die das Gerät angeschlossen ist. Im selben Menü wird die Baudrate auf 57600 gesetzt. Die anschließende Warnung „ICD-

Warn0034: Please ensure that your system's serial FIFO buffers are disabled“ erscheint auch bei korrekt deaktivierten FIFO-Puffern und kann ignoriert werden.

Die Entwicklungsumgebung nimmt nach dem Befehl „Debugger/Connect“ Kontakt mit dem Debugger auf, führt einen Selbsttest durch und zeigt die Ergebnisse im Fenster „Output/MPLAB ICD 2“ an. Kurioserweise erscheint die Meldung „MPLAB ICD 2 Ready“ sogar bei nicht angeschlossenem Debugger.

Solange sich noch keine zum Zielrechner passende Firmware in IC1 befindet, schlägt die Entwicklungsumgebung einen Download vor. Wenn im Menü „Debugger/Settings/Status“ die Option „Automatically download firmware if needed“ gewählt wurde, erfolgt der Download auch automa-

tisch. Während der Download-Zeit von etwa einer Minute leuchtet die Busy-LED D6.

Nach einem erneuten „Connect“ meldet die Entwicklungsumgebung das in Bild 4 gezeigte Ergebnis mit der Schlusszeile „MPLAB ICD 2 Ready“. Das Gerät ist nun einsatzbereit und kann entweder über den Menüpunkt „Debugger/Select Tool/MPLAB ICD2“ als Debugger oder über den Menüpunkt „Programmer/Select Programmer/MPLAB ICD 2“ als Programmiergerät verwendet werden.

### Praxistipps

Die in Bild 3 am Beispiel eines Zielrechners vom Typ 16F877 dargestellte Schnittstelle zwischen Zielhardware und Debug-Modul lässt sich auf alle PIC-Rechner übertragen, die den ICD2-Debugger unterstützen und mit 5 V versorgt werden. Im Debug-Modus benötigt der Zielrechner eine Taktversorgung, beim Betrieb als Programmiergerät ist dies nicht notwendig. Während des Debuggens sollte die Option „View/File Registers“ nur in Ausnahmefällen eingeschaltet sein, da sonst bei jedem Programm-Stopp der gesamte RAM-Inhalt über die serielle Schnittstelle übertragen wird. Dies führt im Einzelschrittbetrieb zu langen Wartezeiten zwischen den einzelnen Befehlen.

Programme, die im Debug-Modus in den Zielrechner geladen wurden, sind ohne angeschlossenes Debug-Modul nicht lauffähig. Nach Abschluss der Fehlersuche muss das Programm daher im Programmier-Modus in den Zielrechner übertragen werden.

Abschließend weisen wir noch darauf hin, dass Microchip für die Selbstbauschialtung natürlich keinen Support bietet. Sie können dafür aber die ELEKTOR-Projektseite zu diesem Artikel, das ELEKTOR-Mikrocontroller-Forum [6] sowie die Homepage des Autors [7] konsultieren.

(050348e)

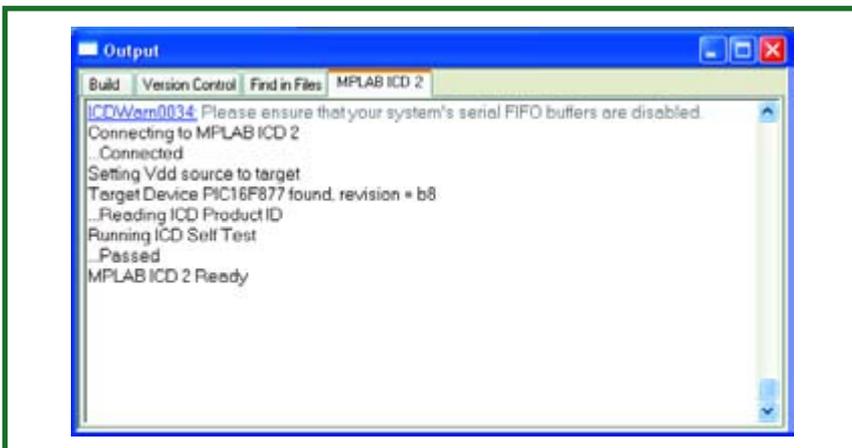


Bild 4. Nach dieser Meldung ist der Debugger/Programmer einsatzbereit.

### Weblinks:

- [1] [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- [2] [www.elektronik.htw-aalen.de/sge/labor](http://www.elektronik.htw-aalen.de/sge/labor)
- [4] [www.mcu.cz](http://www.mcu.cz)
- [3] [www.sprut.de](http://www.sprut.de)
- [5] <http://icd2clone.narod.ru/>
- [6] [www.elektor.de](http://www.elektor.de)
- [7] [www.elektronik.htw-aalen.de/sge/schuele](http://www.elektronik.htw-aalen.de/sge/schuele)

# i-TRIXX

Electronics inside out!

i-TRIXX ist der wöchentliche Gratis-Newsletter des Elektor-Verlages für alle Internet-Freaks, Gamer, Hacker, Tweaker, Modder und DIYer. Computer- und Elektronik-News (mit interessanten Links), innovative Gadgets, Geekstuff und Gaming sind die Themen dieser modernen, aktuellen und informativen E-Mail-Zeitschrift.



i-TRIXX finden Sie jeden Mittwoch **GRATIS** in Ihrem Posteingangs-Ordner vor.

**Jetzt anmelden  
und gewinnen!**

Klicken Sie auf [www.i-trixx.de](http://www.i-trixx.de) und abonnieren Sie den i-TRIXX-Newsletter!

**NEU:**

Testen Sie jetzt Ihr Wissen in Sachen Internet, Computer und Elektronik! Spielen Sie jetzt das neue i-TRIXX-Quiz und gewinnen Sie tolle Gadgets!



# Funkschalter

## Einfach, kompakt und sicher



Von Gert Baars

**Die üblichen Funkfernbedienungen arbeiten als Garagentoröffner, Türschlüssel für Autos oder Lichtschalter. Die vielfältigen Anwendungen haben uns spezialisierte Chips beschert, mit denen der Selbstbau für das „freie“ 433-MHz-Band besonders einfach ist.**

Die beiden in diesem Beitrag beschriebenen Schaltungen arbeiten als Sender und dazu passender Empfänger mit 433 MHz. Auf diesem so genannten ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical Band) darf lizenz- und genehmigungsfrei gefunkt werden, solange die Sendeleistung maximal 10 mW (10 dBm) beträgt. Die Senderelektronik ist dabei winzig genug, um mitsamt der passenden 3-V-Lithiumbatterie in einem Schlüsselanhänger Platz zu finden. Da lediglich kurze Bursts bei 8 mA Stromverbrauch gesendet werden, reichen die ca. 200 mAh einer Knopfzelle selbst bei täglicher Benutzung über Jahre.

Der Empfänger benötigt 5 V und kann leicht von einem preiswerten stabilisierten Steckernetzteil versorgt werden. Für den Betrieb am Auto-Akku braucht es noch einen 78L05. Bei einem 6-V-Akku muss es allerdings ein Low-Drop-Spannungsregler sein.

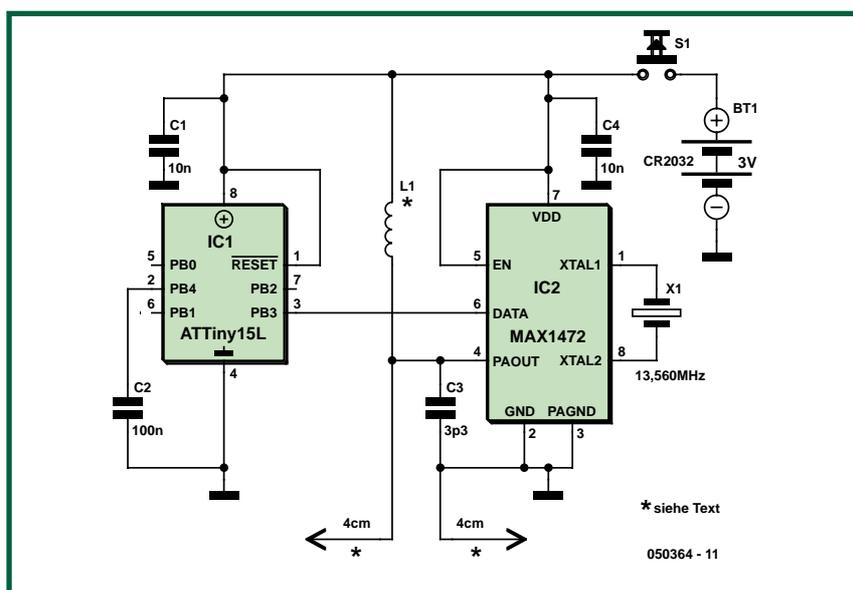
Damit der Empfänger nicht auf alle 433-MHz-Signale, sondern nur auf „seinen“ Sender reagiert, arbeitet die Funkstrecke mit Hilfe eines 24-bit-Schlüssels. Die damit möglichen 16 Millionen Schlüssel müssten im Alltag eigentlich ausreichen. Da eine Code-Übertragung ca. 300 ms dauert, müsste man schon zwei Monate lang ununterbrochen Codes senden, damit man einmal alle Kombinationen durch hat.

einem einzigen IC. Im kleinen 8-Pin-Gehäuse befindet sich ein kompletter quarzgesteuerter ASK-Daten-Sender (Amplitude Shift Keying) für Frequenzen von 300 bis 450 MHz. Dank eingebauter PLL zwecks Frequenzvervielfachung kommt er mit niederfrequenten Quarzen aus und ist damit stabiler als ein Sender, der z.B. auf einem hochfrequenten SAW-Resonator (Surface Acoustic Wave) basiert.

In dieser Schaltung wird mit genau 433,92 MHz gearbeitet. Dazu wird lediglich ein Quarz mit 13,56 MHz

benötigt, da die integrierte PLL die Frequenz mit 32 multipliziert. Da Quarze nur sehr geringe Toleranzen aufweisen und die Bandbreite des Empfängers groß genug ist, entfällt die Abstimmung von Sender und Empfänger aufeinander – wieder ein Abgleichpunkt weniger.

Quarze mit passender Frequenz sind z.B. von der Firma Hong-Kong-Xtals [1] erhältlich. Eine kleine Spule in Serie zum Quarz lässt diesen auf der Serienresonanzfrequenz schwingen. Das Sender-IC verfügt über eine 10-mW-End-



**Bild 1.** Der ganze Sender besteht aus zwei kleinen ICs und kann sehr kompakt aufgebaut werden (zur Spule siehe [2]).

### Der Sender

Der eigentliche Sender besteht mit dem MAX1472 von Maxim (Bild 1) aus

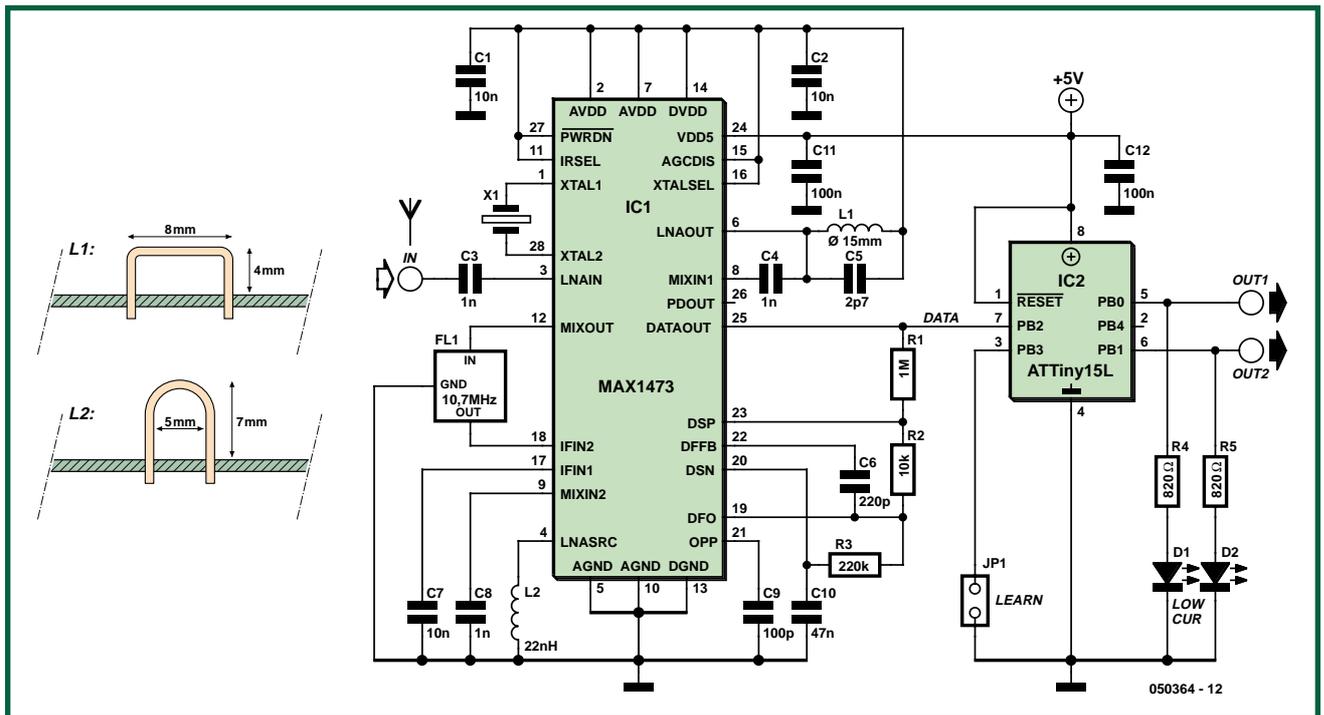


Bild 2. Die Empfängerseite kommt trotz komplexerer Aufgaben mit gerade 20 Bauteilen aus.

stufe, die eine Reichweite von mindestens 10 m garantiert. Beim Autor waren 10 m auch in der Wohnung kein Problem. Als Antenne tut es ein Stück Leiterbahn auf der Platine, obwohl natürlich eine externe Dipol-Antenne bessere Resultate brächte. Auf der Senderplatine wurden hierfür extra zwei je 4 cm lange Kupferbahnen mit 1 mm Breite geätzt.

Das IC besitzt einen Dateneingang für digitale Signale. Damit lassen sich Datenraten bis zu 100 Kbit/s erreichen, wenn auch die Zuverlässigkeit mit dem Tempo abnimmt. Da nur 24 bit übertragen werden müssen, kann man dies auch mit gemächlichen 100 bit/s tun und braucht selbst dann gerade 240 ms für eine Übertragung. Inklusive einer „Präambel“ und einem Startbit kommt man auf insgesamt 300 ms. Bei jedem Tastendruck wird also 300 ms lang gesendet. Da der Sender dabei ca. 8 mA verbraucht, kostet ein Tastendruck somit mindestens 2,4 mAs oder 0,67  $\mu$ Ah. Nach dem Burst schaltet der Controller den Sender sofort aus und geht selbst in einen energiesparenden Modus, sodass lediglich noch etwa 2 mA fließen, solange man den Taster drückt. Realistisch muss man also mit ca. 1  $\mu$ Ah Energieverbrauch pro Betätigung rechnen und kommt so auf eine „Kapazität“ von ca. 200.000 Tastendrücken pro Knopfzelle.

Die Steuerung und die Anlieferung der Daten übernimmt ein extra Mikrocontroller. Aus vielerlei Gründen eignet sich hierzu die 8-Pin-DIP-Variante ATtiny15L von Atmel sehr gut. Sein interner Taktgenerator kommt mit einem RC-Glied aus und erreicht mit Hilfe eines Kalibrationsbytes die angepeilten 1,6  $\mu$ Hz mit einer Genauigkeit von immerhin 1 %. Das Byte zur Frequenzkalibrierung muss mittels Programmiersoftware im internen Flash-Speicher (Adresse 1023 bzw. \$3FF) des Controllers gesetzt werden. Das wird am besten gleich mit dem Flashen des Programms erledigt. Bei jedem Start des Controllers wird dann zunächst dieses Byte eingelesen und damit die Frequenz des internen Taktgenerators getunt.

### Der Empfänger

Als Herz des Empfängers dient ein MAX1473 von Maxim (Bild 2). Es enthält einen kompletten HF-Empfänger nach dem Superhet-Prinzip. Wie beim Sender wird auch hier die Frequenz des steuernden Quarzes mit dem Faktor 32 multipliziert. Da ein Superhet eine ZF (Zwischenfrequenz) benötigt, muss sich die resultierende Frequenz um die in der HF-Welt etablierten 10,7 MHz von der Sendefrequenz unterscheiden. Da man auf passende Quarze ange-

wiesen ist, fällt die Wahl auf ein Exemplar mit 13,2256 MHz aus der gleichen Quelle wie der Sender-Quarz.

Eine weitere Besonderheit des ICs ist sein integrierter „Image-Rejection-Mixer“, was bedeutet, dass sein Mischer schon selbst über eine ausreichende Unterdrückung der Spiegelfrequenz verfügt. Dies wiederum macht dann ein extra Eingangsfilter und somit wieder einige für „Nicht-HFler“ merkwürdige Bauteile überflüssig. Außerdem wird so die Anzahl erforderlicher Bauteile mit nur etwa 20 erfreulich gering gehalten. Weiterhin gibt es am Empfänger nichts abzugleichen, was ebenfalls ein schönes Resultat ist. Trotz dieser konstruktiven Einfachheit erreicht der Empfänger eine erstaunliche Empfindlichkeit von 1 mV. Weiter verfügt das IC über ein Audio-Ausgangsfiler, das dazu dient, Rauschen und andere Störsignale zu reduzieren. Nach diesem Filter sorgt ein so genannter „Datslicer“ für eine automatische Arbeitspunkteinstellung und so für die saubere Dekodierung von Digitalsignalen auch bei schwächeren Pegeln.

Auch das Empfänger-IC bekommt Gesellschaft: Der ATtiny15L erhält das Ausgangssignal des Datslicers und dekodiert aus dem Datenburst den Code. Stimmt der Code, dann werden zwei Ausgänge angesteuert. Hierbei

liefert OUT1 einen positiven Impuls von 1 s Dauer. So ein Ausgang ist z.B. für die Betätigung eines Türschlusses gut. OUT2 hingegen wird mit jeder Betätigung des Sender wechselweise ein- und ausgeschaltet. Er eignet sich somit prima als Lichtschalter etc.

## Die Software

Selbstverständlich sind zwei getrennte Programme notwendig – eines für den Sender und eines für den Empfänger. Der Umfang der Programme liegt im Bereich von ca. 400 Befehlen. Die Hauptaufgabe der Sender-Software liegt in der Generierung eines gültigen Schlüssels. Hierzu wird im internen EEPROM nachgeschaut, ob sich darin schon einer findet (die so genannte Signatur). Im Misserfolgfall generiert das Programm einen 24-bit-Code und speichert diesen dort ab, damit das nächste Mal kein neuer Schlüssel erzeugt werden muss. Zu diesem Zweck ist ein Zufallsgenerator nötig, mit Hilfe dessen zufällige 24 bit breite Codes erzeugt werden können. In unserem Fall wird hierzu ein an Pin 2 des Controllers angeschlossener Kondensator genutzt. Zuerst wird Pin 2 als Ausgang geschaltet und der Kondensator entladen. Dann wird Pin 2 wieder als Input geschaltet und der Kondensator lädt sich über den integrierten Pull-Up-Widerstand auf. Der Controller misst nun die Zeit in Taktzyklen, die für das Aufladen notwendig ist. Da diese Zeit abhängig von der Temperatur, der aktuellen Versorgungsspannung und anderen „Wackeligkeiten“ immer ein bisschen variiert, erhält man einen echten Zufallswert. In der Zeit bis der Kondensator geladen ist sind ungefähr 10.000 Taktzyklen der CPU verstrichen. Die Gegebenheiten müssten also eine Stabilität von unter 0,01 % aufweisen, um immer das gleiche Resultat zu liefern. Und da schon die Toleranz eines normalen Kondensators im Bereich von 5 bis 10 % liegt, ist die Chance, dass zwei gleich aufgebaute Sender den gleichen Schlüssel generieren, weit geringer als minimal. Nach dem Tastendruck auf den Sender – nachdem also ein schon generierter Schlüssel einfach ausgelesen oder ein neuer generiert wurde – können die Daten nicht einfach in den Äther gepusht werden. Zuvor kommt die schon erwähnte Präambel. Sie hat zwei Zwecke: Mit ihrem Tastverhältnis von genau 50 % ermöglicht sie dem Dataslicer auf der Empfängerseite die genaue Einstellung des Arbeitspunkts. Weiterhin kann der Empfänger mit diesen Signalen sein

Timing an das des Senders anpassen. Nach der Präambel kommt das Startbit zum Zeichen, dass es gleich mit der Übertragung des Schlüssels losgeht. Nach der Übertragung der Daten wird das Sender-IC deaktiviert und der Controller versetzt sich selbst in einen Energiesparmodus.

Das Programm des Empfängers hat andere Dinge zu tun. Es fängt schon damit an, dass es permanent laufen muss, um keine Übertragung des Senders zu verpassen. Ist am Ausgang des Empfänger-ICs datenmäßig etwas los, überprüft der Empfänger-Controller zunächst, ob der Datenstrom das korrekte Format hat. Dann wird auf das Startbit gelauert. Nach dessen Erscheinen wird der hereinströmende Schlüssel gelesen und mit dem im EEPROM abgespeicherten verglichen. Um dort überhaupt einen Schlüssel ablegen zu können – einen Sender also einem Empfänger zuordnen zu können – ist ein Jumper vorgesehen. Bei gestecktem Jumper befindet sich der Empfänger im so genannten „Learn Mode“. Dabei wird der nächste einlaufende Schlüssel abgespeichert. Anschließend wird der Jumper abgezogen und der Empfänger ist fix an den Sender gebunden. Jetzt muss der Empfänger seine Ausgänge aktivieren, wenn er „seinen“ Sender empfängt. Beim Kennenlernen von Sender und Empfänger sollten diese nicht allzu weit voneinander entfernt sein, damit die Funksignale stark genug sind und Störsignale auf dem 433-MHz-Band ausgeblendet bleiben.

Eine Besonderheit des Empfänger-Programms ist die Behandlung des Watchdog-Timers. Da das Programm permanent läuft, kann es vorkommen, dass es durch ein Störsignal auf der Spannungsversorgung oder durch einen starken Sender (Handy) in der Nähe zu Situationen kommt, in denen sich der Controller aufhängt. Wird der Watchdog-Timer nicht spätestens jede Sekunde einmal zurückgesetzt, dann startet dieser einfach den kompletten Controller neu. Auf diese Weise werden inaktive Empfänger durch „Systemabstürze“ zuverlässig vermieden.

## Dataslicer und Manchester-Code

Beim Dataslicer handelt es sich im Wesentlichen um einen im Empfänger-IC integrierten und als Komparator betriebenen Opamp, dessen Referenzspannung (bei der er zwischen logisch 0 und 1 umschaltet) mit Hilfe eines Referenzsignals mit 50 % Tastverhältnis justiert wird. Um so eine Präambel mit wirklichen 50 % Tastverhältnis zu realisieren, nimmt man gewöhnlich die Manchester-Kodierung zur Hilfe. In **Bild 3** ist die Schaltung des Dataslicers abgebildet. Die RC-Zeitkonstante ist groß gegenüber der Frequenz des Bit-Stroms. Hierdurch entspricht die Gleichspannung am invertierenden Eingang dem gemittelten Gleichspannungspegel aus dem Datenstrom. Bei einem Tastverhältnis von 50 % dürfte dieser Pegel genau in der Mitte der Pegel von 0 und 1 liegen. Damit der Empfänger Rauschen nicht gleich als Datenstrom interpretiert, ist eine gewisse Hysterese notwendig, die in diesem Fall durch Mitkopplung bei R1 und R2 realisiert wird. Durch die Hysterese werden außerdem die Synchronisationssignale vollständig unterdrückt: Es handelt sich dabei um eine Folge von Pulsen mit einem 50-prozentigen Tastverhältnis. Das besondere daran ist, dass die Periodendauer dieser Signale sehr viel kleiner ist als die RC-Zeit des Dataslicers, um eine richtige Einstellung zu erreichen.

Bei der hier verwendeten Manchester-Codierung handelt es sich, wie schon erwähnt, um eine gut etablierte Methode, einem beliebigen Datenstrom ein Tastverhältnis von 50 % aufzuprägen. Im Prinzip moduliert dabei ein zu übertragender Datenstrom ein Taktsignal gleicher Frequenz via XOR-Verknüpfung in der Phase. Es ist klar, dass es sich um ein computertechnisch sehr einfach zu realisierendes Verfahren handelt. Dies gilt ganz besonders deshalb, weil man beim Dekodieren genauso wie bei Kodieren vorgeht: Auch hier wird ein Taktsignal via XOR-Verknüpfung mit dem ankommenden Datensignal verrechnet und heraus kommen die ursprünglichen unkodierten Daten.

Einen kleinen Nachteil hat diese technisch so elegante Lösung doch, denn in der Technik bekommt man nichts geschenkt: Die benötigte Bandbreite verdoppelt sich, da ja faktisch zwei Signale so übertragen werden, dass sich im Mittel eine doppelt so hohe Pegelwechselfrequenz ergibt, als wenn das Signal alleine übertragen worden wäre. Übrigens erhält man beim Dekodieren auf der Basis der „high“-Pegel des Taktsignals Daten, die exakt denen entsprechen müssen, die man bei der Dekodierung auf der Basis von „low“-Pegeln erhält. Diesen Sachverhalt kann man leicht dazu benutzen, das Timing zu überprüfen. Sind die Daten nach beiden Methoden gleich, ist alles in Ordnung.

## Timing

Eine wichtige Aufgabe sowohl der Sender- als auch der Empfängerseite ist, sich um die Einhaltung genauer Zeitverhältnisse zu kümmern. Der Sender muss seinen Datenstrom mit einer definierten und möglichst stabilen Taktfrequenz auf die Reise schicken und der Empfänger muss zusehen, dass er sich möglichst genau darauf einstellt. Um dies zu erreichen wird vor die eigentlichen 24 bit an Nutzdaten eine Präambel mit der gleichen Taktfrequenz geschaltet. Anschließend kommt das erwähnte Startbit, an dem der Empfänger merkt, dass die Präambel vorbei ist und die Nutzdaten kommen. Die Atmel-Controller können ihren internen RC-Taktgenerator in Grenzen anpassen. Hierzu wird schon vom Hersteller ein Kalibrationsbyte abgespeichert, das allerdings für den Betrieb mit 5 V gedacht ist. Da der Sender aber mit 3 V arbeitet, ist dieses Byte eigentlich nutzlos, da damit die Taktfrequenz zu niedrig ausfallen würde. Über einen Trick ist es aber doch verwendbar: Im Lern-Modus übernimmt der Empfängers nicht nur den Schlüssel des Senders, sondern auch sein individuelles Timing. Und nicht nur der Schlüssel, sondern auch das Timing wird im EEPROM des Empfänger-Controllers gesichert. Aus diesen Gründen sind Frequenzabweichungen des Senders (in bestimmten Grenzen) kein Problem.

## Programmier-Tipps

Der Programm-Code für die beiden ATtinys ist kostenlos von der ELEKTOR-Webseite unter der EPS-Nummer 050364-11 downloadbar. Die beiden Controller müssen natürlich mit einem

passenden Programmiergerät „geflasht“ werden.

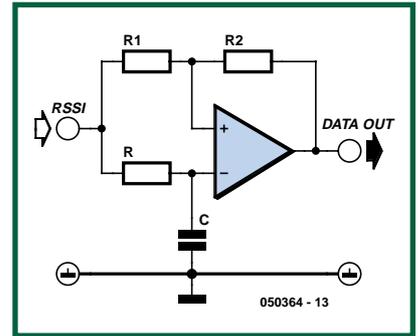
Beim Programmieren der Controller sollte selbstverständlich auch daran gedacht werden, das Oszillator-Kalibrationsbyte aus dem Signaturspeicher zu lesen und es an der Adresse 1023 (\$3FF) abzulegen. Wichtig ist zusätzlich, dass BOD aktiviert ist. Der BOD-Pegel sollte beim Empfänger auf 4 V und beim Sender auf 2,7 V gesetzt werden. Vergisst man die BOD-Einstellung, dann ist der Inhalt des EEPROMs (in dem die Schlüssel gespeichert werden) während des Einschalt- und Ausschaltvorgangs nicht geschützt. Danach kann es dann vorkommen, dass ein Empfänger seinen Sender „verlernt“.

Last not least müssen sowohl für RX als auch für TX die „Fuses“ auf „very quickly power rising“ (CKSEL = 11) gesetzt werden. Diese Maßnahme sichert auch den stabilen Betrieb des Watchdog-Timers.

## Inbetriebnahme

Nach dem erfolgreichen Zusammenbau des Senders muss dieser zunächst mindestens einmal eingeschaltet worden sein, damit er einen Schlüssel generiert und abspeichert hat. Um ganz sicher zu sein, kann man den Knopf des Senders auch gleich ein paar Mal nacheinander betätigen.

Nun wird der Jumper J1 beim Empfänger gesteckt und dieser eingeschaltet. Der Empfänger braucht zu diesem Zeitpunkt keine angeschlossene Antenne, damit er von anderen Signalen des 433-MHz-Bandes unbeeindruckt bleibt. Wenn der Sender in der Nähe des Empfängers ist, reicht seine Feldstärke für das Kennenlernen aus. Nach Betätigen des Senders wird J1 abgezogen und der



**Bild 3.** So ist der interne Dataslicer des MAX1473 aufgebaut.

Empfänger „resettet“, indem er kurz aus und wieder eingeschaltet wird. Jetzt müssen die LEDs des Empfängers auf Tastendrucke des Senders reagieren. Insbesondere LED1 muss nach jedem Tastendruck schön für etwa 1 s aufleuchten. Wenn alles soweit geklappt hat, ist man auch schon fertig.

(050364)

## Bauteil-Hinweise:

### [1] Passende Quarze:

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

TX: 9SMI356000E03FAFZOOO

RX: 9SMI322560E03FAFZOOO

### [2] Spulen:

L1 Sender: 3 Windungen. versilberter Kupferdraht (Ø 0,3 mm). Spulen-Ø: 2,5 mm, Spulenlänge: 5 mm

L1 Empfänger: siehe Bild 2

L2 Empfänger: siehe Bild 2

Anzeige

## FRÄSEN SCHNEIDEN PLOTTEN



CUT 2000



CUT 4000

### CUT 2000

CNC-Fräsmaschine  
600 x 400 x 80 mm  
fertig montiert und getestet

€ 2.099,-

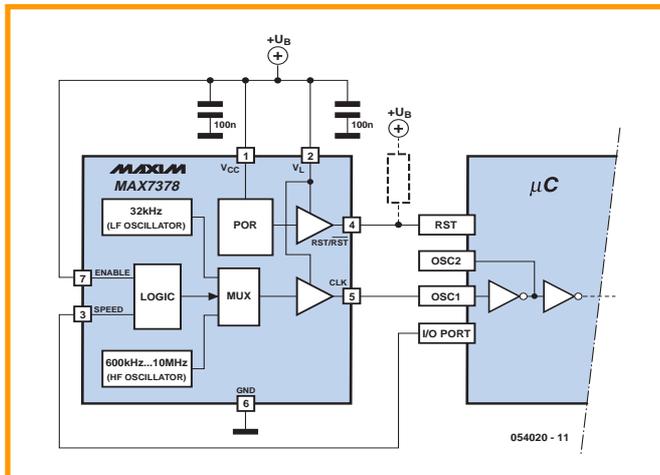
# HAASE

P. Haase · Am Hummelbach 43  
41469 Neuss · Tel. 02137\_76783  
Fax 02137\_76984  
[www.team-haase.de](http://www.team-haase.de)

## Dual-Oszillator für µC

Das IC MAX7378 enthält zwei Oszillatoren und eine Power-on-reset-Schaltung für Mikrocontroller. Mit dem Eingang „speed“ selektiert man 32,768 kHz (NF) oder eine höhere Frequenz, die bereits vorprogrammiert ist. Die Typennummer bestimmt, welcher Standardwert vorprogrammiert ist und welchen Schwellenwert der Reset besitzt. Beim Schwellenwert kann man zwischen zwei Werten wählen, 2,56 V und 4,29 V. Beide Schwellenwerte sind bei allen Standardfrequenzen erhältlich. Die Frequenzen in MHz sind: 1,0; 1,8432; 3,39545; 3,6864; 4,0; 4,1943 und 8,0. Jede Frequenz zwischen 600 kHz und 10 MHz ist jedoch möglich.

Eine interne Synchronisierungsschaltung sorgt dafür, dass beim Umschalten zwischen den beiden Oszillatoren keine Phasensprünge auftreten. Der Reset-Ausgang des MAX7378 ist in drei verschiedenen Ausführungen lieferbar. Zwei



davon sind in Gegentakt (Push-pull) ausgeführt, mit aktiv „0“ oder aktiv „1“. Die dritte Variante ist „Open-drain“, das heißt, der Arbeitswiderstand ist extern anzuschließen. Dies ist die einzige Standard-Ausführung (daher der gestrichelt gezeichnete Widerstand am Reset-Ausgang). Erreicht die Versorgungsspannung einen Wert oberhalb der

Hysterese der Schwellenspannung, dann dauert es noch 100 µs, bis Reset inaktiv wird. Reset wird sofort aktiv, wenn die Spannung darunter fällt. Die Betriebsspannung für das IC liegt an zwei Anschlüssen: An VL für Reset- und Oszillator-Schaltkreise, und an VCC für den Rest. Die beiden Anschlüsse müssen immer dasselbe Potential besitz-

zen. Auch ist eine gute Entkopplung in Form von zwei 100-nF-Keramikkondensatoren (SMD!) erforderlich.

Das IC hat ein sehr kleines 8-pin-µMAX-Gehäuse und ist mit Anschlüssen (0,65-mm-Raster) nur 3,05 mm x 5,03 mm groß. Die Präzision des Oszillators ist leider nicht sehr hoch. Der HF-Oszillator ist bei 5 V Betriebsspannung und 25 °C mit ±2 % Abweichung und einer Temperaturabhängigkeit von maximal ±325 ppm nicht gerade genau, jedoch für die meisten (nicht zeitkritischen) Anwendungen brauchbar. Über den gesamten Betriebsspannungsbereich von 2,7 V bis 5,5 V ist die Abweichung zwei Mal so groß. Der 32,768-kHz-Oszillator ist genauer und hat bei 5 V und 25 °C eine Abweichung von nur 1 % - aber auch das ist für Zeitmessungen relativ viel. Der Stromverbrauch ist mit 5,5 mA als gering zu bezeichnen.

(054020ote)



### Von Luc Lemmens

Es ist keine Seltenheit, dass ein frisch aufgebautes Mikrocontrollerboard nicht arbeitet oder ein älteres nach Jahren plötzlich die Arbeit verweigert. Das ist meist der Anfang einer nervenaufreibenden

## NOPen!

Suche nach Löffelern, Unterbrechungen oder Kurzschlüssen von Leiterbahnen, nach defekten Bauteilen oder Fallstricken in der Software. Dies kann sehr zeitraubend sein, erst recht, wenn der Controller auf einen externen Daten- und Adressbus verzichtet und über einen internen Programmspeicher verfügt. Fehlt auch noch jede Dokumentation der Software, geht meist gar nichts mehr! Oft ist es aber gar nicht die Software, sondern die Hardware, die für Probleme sorgt. Wenn ein externer Daten-/Adressbus verwendet wird, ist einem Fehler recht leicht mit dem Oszilloskop auf die Schliche zu kommen. Der Adressbus soll nur „saubere“ Rechtecksignale führen, am Datenbus können auch „halbe Pegel“ erscheinen, wenn sich einzelne Leitungen im Tri-state-Zustand befinden.

Wenn sich auf einer Datenleitung überhaupt nichts zeigt, deutet dies nicht unbedingt auf einen defekten Controller hin. Es kann auch sein, dass der Adressbereich über-

haupt nicht gebraucht wird. Das gilt gleichermaßen für Selektions-signale wie Chip-Select oder Output-Enable, die aus dem Adressbus decodiert werden und die Kommunikation mit der externen Hardware regeln. Oft haben wir es dabei mit kombinatorischen Netzwerken zu tun, unter Umständen in einem PAL oder GAL, das ebenfalls ausfallen kann. Dabei ist es nicht leicht heraus zu finden, welcher Ausgang zu welchem Zeitpunkt aktiv sein soll.

Solche Probleme kann man durch ein kleines Programm lösen, das den vollständigen Adressbereich anspricht. In fast allen Fällen hilft das denkbar einfachste Programm: Nichtstun! Der gesamte Programmspeicher wird mit NOPs (No Operation Instruction) gefüllt, wodurch der Programmzähler schön Schritt für Schritt den vollständigen Adressbereich durchläuft. Die unterste Adressleitung A0 weist die höchste Schaltfrequenz auf, A1 die Hälfte dieser Frequenz, A2 wieder die Hälfte davon und so weiter. In

den meisten Schaltungen werden dabei auch die Chip-Selects und Ähnliches aktiv, so dass sich auch hier die richtige Arbeitsweise mit dem Oszilloskop überprüfen lässt. Auf diese Art und Weise kann man immer die korrekte Adressierung auf dem Board kontrollieren und damit die Basis für das Funktionieren eines jeden Mikrocontrollersystems. Aber Achtung: In manchen Systemen steckt ein externer Watchdog, ein Baustein, der den Mikrocontroller zurücksetzt, wenn er nicht regelmäßig getriggert wird. Es kann passieren, dass der Watchdog die Programmausführung stoppt, bevor der ganze Adressbereich durchlaufen ist. Dann hilft nur, den Reset-Anschluss des Mikrocontrollers vom Watchdog zu trennen und mit einem RC-Netzwerk (siehe Datenblatt des Controllers) zu versehen. Alternativ kann man den Triggereingang des Watchdogs vorübergehend lösen und an eine niedrige Adressleitung (etwa A0) anschließen.

(060072rg)

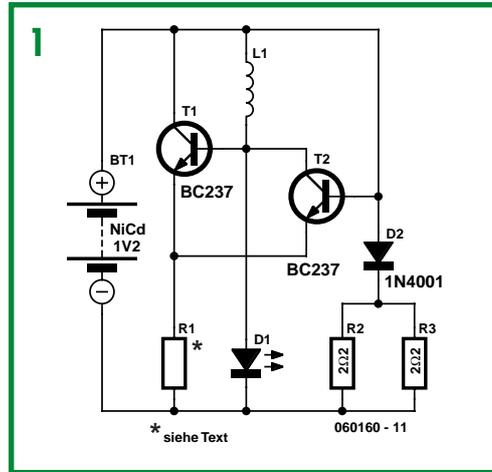
# Akku-Entlader

Von Gérard Guilhem

Mit der Schaltung in **Bild 1** kann eine Akkuzelle (NiCd oder NiMH) der Größe LR03 (AAA) oder LR6 (AA) kontrolliert entladen werden, wobei der Entladestrom etwa 500 mA beträgt. Die beiden 2,2- $\Omega$ -Widerstände R2 und R3 bestimmen dabei den Entladestrom.

Den Verlauf der Entladung erkennt man an der LED. Da die Spannung der Akkuzelle selbst bei voller Ladung nur 1,2 V beträgt, reicht sie nicht aus, um eine LED leuchten zu lassen. Aus diesem Grund wurde die Oszillatorschaltung mit den Transistoren T1 und T2 und der Spule L1 als Spannungswandler vorgesehen. Die LED geht erst aus, wenn die Zellenspannung auf etwa 0,9 V abgesunken ist. Dann sollte die Akkuzelle aus der Entladeschaltung entnommen werden. Geschieht dies nicht, wird die Entladung durch die Schaltung erst bei einer Zellenspannung von etwa 0,55 V beendet.

R1 bestimmt den Strom durch die LED. Der Wert muss zwischen 15 und 47  $\Omega$  liegen. Niedrige Werte bedeuten einen größeren Strom



und somit eine größere Helligkeit der LED.

Die Schaltung in **Bild 2** ist der in Bild 1 sehr ähnlich. Die Entladung erfolgt über den NPN-Transistor T3, wobei der Wert von R1 den Entladestrom bestimmt. T3 ist Teil der Oszillatorschaltung und wird mit der Oszillatorfrequenz ein- und ausgeschaltet. Abhängig vom Verstärkungsfaktor des verwendeten BD139 kann R1 so eingestellt werden, dass der gewünschte Entladestrom fließt (Messung mit einem Multimeter).

Da es beim Verlauf der Akkuspannung beim Entladen keinen nennenswerten Unterschied zwischen NiCd- und NiMH-Akkus gibt, lässt sich die Schaltung für beide Akkutypen verwenden. Soll die empfohlene Entladeschluss-Spannung von 0,9 V nicht unterschritten werden, muss der Akku nach dem Ausgehen der LED möglichst kurzfristig entnommen werden. Eine weitere Entladung bis auf 0,55 V ist zwar nicht ganz optimal, aber auch nicht wirklich schädlich.

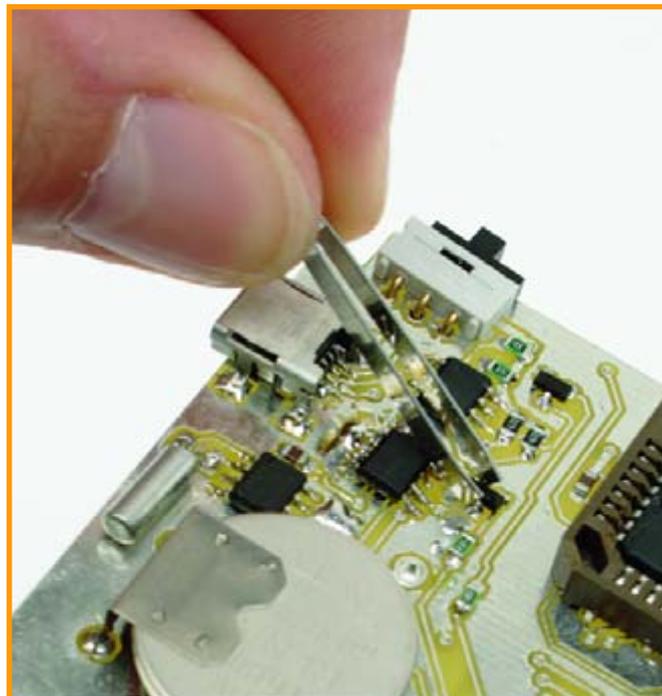
Für die Transistoren T1 und T2 können alle gängigen Kleinleistungs-NPN-Typen wie BC237, 337, 547 etc. verwendet werden. Auch der Wert der Spule ist nicht kritisch, alles zwischen 10 und 100 mH ist geeignet, lediglich die Oszillatorfrequenz ändert sich mit dem Wert. Bei L = 20 mH sind es etwa 200 kHz, abhängig von der parasitären Basis/Kollektor-Kapazität des verwendeten Transistors kann die Frequenz auch etwas höher oder tiefer ausfallen.

(060160e)

## Mini-Pinzette für SMDs

Die Platinenbestückung mit SMD-Bauelementen von Hand erfordert Sorgfalt, Geduld und Übung. In der Vergangenheit haben wir schon wiederholt praxisnahe Rat-schläge für das erfolgreiche Positionieren und Lötten dieser Winzlinge gegeben. Weil auch unsere Erfahrungen ständig wachsen, folgt hier ein weiterer Tipp, der die Arbeit erleichtern kann.

Für das Greifen und Positionieren von SMDs sind unterschiedliche Methoden und Werkzeuge gebräuchlich. Das bei der Platinenbestückung mit SMDs von Hand am häufigsten benutzte Werkzeug dürfte jedoch die Pinzette sein. Pinzetten sind im Handel in vielfältigen Größen und Formen erhältlich. Nach unseren Erfahrungen haben jedoch die meisten Pinzetten eine nachteilige Eigenschaft gemeinsam: Der zum Zusammendrücken der Pinzetten-



spitzen notwendige Kraftaufwand ist relativ hoch. Damit sind die Finger zwar noch längst nicht überfordert, doch die auf das SMD-Bauteil wirkende Kraft kann unerwünschte Nebenwirkungen zur Folge haben. Schon wenn das SMD-Bauteil nur wenig verankert zwischen den greifenden Pinzettenspitzen liegt oder die Pinzette versehentlich an ein mechanisches Hindernis stößt, kann sich die Pinzette zu einer Abschlusssrampe entwickeln, die das SMD-Bauteil in eine willkürliche Richtung schleudert. Leider ist das Bauteil anschließend in neunundneunzig Prozent der Fälle nicht mehr auffindbar!

Wir haben eine Pinzette entdeckt, die den beschriebenen Nachteil nicht hat. Sie ist klein, preiswert und wie geschaffen für das Handhaben von SMD-Bauelementen. Der Kraftaufwand beim

Zusammendrücken ist niedrig, die Pinzettenspitzen sind abgeflacht, und die Pinzette ist im Handel leicht erhältlich. Vermutlich ist der eine oder andere Elektronik-Praktiker bereits im Besitz dieser Pinzette, denn sie ist Teil des bekann-

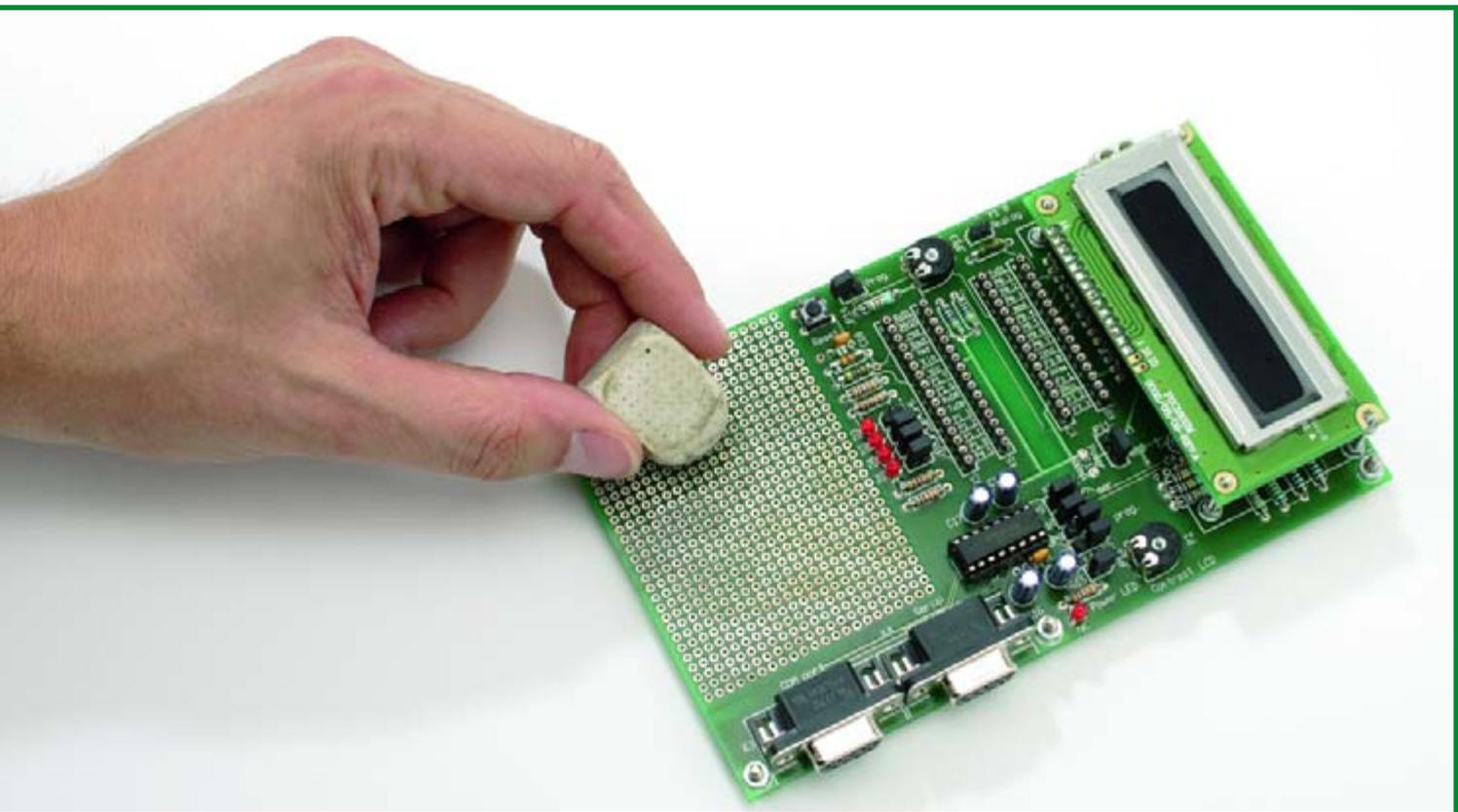
ten und in vielen Ausführungen erhältlichen „Schweizer Offiziersmessers“ von Victorinox. Wer ein solches Taschenmesser mit dem Schweizer-Kreuz noch nicht sein eigen nennt, muss es nicht unbedingt anschaffen. Die

Pinzette kann man im gut sortierten Fachgeschäft als Ersatzteil einzeln erwerben. Die Wahl eines Werkzeugs hängt natürlich immer auch von individuellen Vorlieben und Gewohnheiten ab. Manchem Praktiker

erscheint diese Pinzette möglicherweise zu klein, um mit ihr effizient arbeiten zu können. Doch der Preis (etwa 3,50 €) dürfte kein Hindernis sein, um es einmal zu probieren.

(060229)gd

## Platinen radieren



Bekanntlich müssen Produkte der Elektronik seit dem 1. Juli 2006 ROHS-verträglich sein. So darf zum Beispiel bleihaltiges Lötzinn für Geräte aus laufender Produktion nicht mehr verwendet werden. Natürlich ist keine Regel ohne Ausnahme. Die Ausnahmen betreffen insbesondere die Automobil-Industrie sowie den Bereich der medizinischen und militärischen Systeme. Das wird unter anderem damit begründet, dass die mechanische Langzeitstabilität der Lötstellen, die mit den neuen Lötmetallen hergestellt werden, noch nicht als gesichert gilt. Für Reparaturen älterer Geräte darf ebenfalls noch bleihaltiges Lötmetall verwendet werden. Aus den genannten Gründen wird es noch eine ganze Weile dauern, bis das Schwermetall Blei aus der Welt der Elektronik vollständig

verbannt ist. Wenn man heute den Katalog eines Elektronik-Sortimenters aufschlägt, hat man, was die Lötmetalle betrifft, die Qual der Wahl. Das Angebot an unterschiedlichen Legierungen ist so umfangreich geworden, dass die Entscheidung schwer fällt. Doch trotz des vielfältigen Angebots haben etwa neun von zehn Lötmetallen eine Eigenschaft gemeinsam: Zinn ist Zinn geblieben, aber das Metall Blei wurde durch das Metall Silber ersetzt. Unterschiedlich ist dagegen der Anteil des Silbers in der jeweiligen Legierung. Außer Zinn und Silber gehört oft auch noch eine geringe Menge eines dritten Metalls dazu, um die chemischen und thermischen Eigenschaften des Lötmetalls verbessert. Unterschiedliche Eigenschaften können natürlich auch

die Flussmittel haben, die in den Metalllegierungen eingebettet sind. Auch auf die Lötinseln der von ELEKTOR vertriebenen Platinen wurden seit langer Zeit Lötmetalle aufgetragen, die Blei enthielten. Vor einigen Monaten wurde die Produktion umgestellt. Seitdem sind die Lötinseln nicht mehr verzinkt, sondern versilbert. Das Löten der versilberten Lötstellen ist zwar etwas gewöhnungsbedürftig, doch schwieriger als bisher ist dieser Arbeitsgang nicht. Allerdings hat Silber die weniger willkommene Eigenschaft, dass es an der Luft oxidiert. Ebenso wie das ererbte Tafelsilber laufen die versilberten Lötinseln noch unbestückter Platinen mit der Zeit schwarz an, besonders dann, wenn sie mit schwitzenden Fingern in Berührung kamen. Deshalb empfehlen

wir, unbestückte Platinen möglichst luftdicht verpackt zu lagern. Der Grund ist weniger das etwas unschöne Aussehen als die Tatsache, dass Lötmetalle auf Silberoxid nur mühsam fließen. Ist die Lötseite einer Platine nach längerer Lagerung an der Luft bereits schwarz angelaufen, schafft ein einfacher, weicher Radiergummi Abhilfe. Die Oxidationsschicht lässt sich mit diesem „Putzmittel“ leicht abtragen. Das anschließende Löten geht wesentlich leichter von der Hand. Danach ist das Problem ein für alle Mal gelöst. Wir konnten noch nicht feststellen, dass Lötstellen oxidieren, die mit silberhaltigen Lötmetallen gelötet wurden. Das Putzen von Lötstellen bestückter Platinen wird daher auch in Zukunft nicht notwendig sein!

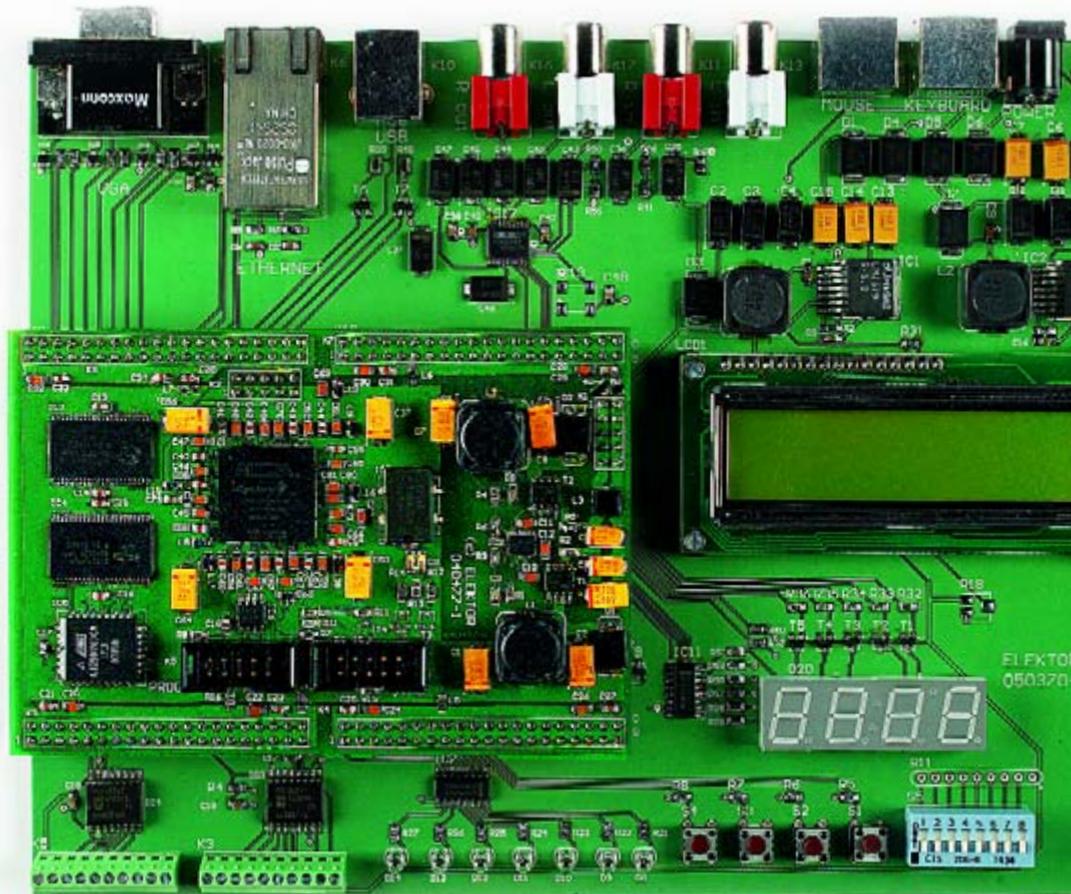
(060230)gd



# FPGA-Kurs

Von Paul Goossens

**Jedes eingebettete System benutzt einen Systembus, um Informationen zwischen den beteiligten Komponenten zu transportieren. Wenn ein solches System mit einem FPGA realisiert wird, ist das nicht anders. Allerdings haben FPGA-Bussysteme eine spezielle Struktur. In dieser Kursfolge betrachten wir ein Bussystem, das in der FPGA-Technik gebräuchlich ist.**



Der typische Systembus eines herkömmlichen Mikroprozessor-Systems besteht aus dem Datenbus, dem Adressbus und einigen Systemsignal-Leitungen wie zum Beispiel der RD/WR-Leitung. Die zentralen und peripheren Bausteine setzen Informationen auf den Datenbus, sobald die Informationen von anderen Busteilnehmern angefordert werden. Während der inaktiven Zeiten sind ihre Datenbus-Anschlüsse hochohmig, so dass die übrigen Bausteine den Datenbus benutzen können. Die Datenbus-Anschlüsse haben „Tristate“-Eigenschaften, sie können drei Signalzustände annehmen.

## Wishbone-Bus

Die meisten FPGA-Typen sind nicht imstande, interne Signalleitungen hochohmig zu schalten. Entwurfsfehler können dazu führen, dass Leitungen kurz geschlossen werden, so dass die Bussignale gestört sind. Tristate-Leitungen werden in solchen Systeme-

men für den Systembus nicht benutzt, die Tristate-Technik ist hier auf die Ausgangsports beschränkt.

Häufig arbeiten der zentrale Prozessor und die Peripherie mit unterschiedlichen Taktfrequenzen. Der reibungslose Datentransport muss dann durch ein Handshake-Verfahren gesichert werden. Um diesen und anderen Problemen aus dem Weg zu gehen, wurden für FPGA-Systeme spezielle Standard-Systembusse entwickelt. Nachfolgend wollen wir ein Bussystem betrachten, das sich inzwischen etabliert hat und unter dem Namen „Wishbone Bus“ bekannt ist. Der Wishbone-Bus wird unter anderem von der Website [www.opencores.com](http://www.opencores.com) gepflegt. Dies ist eine recht nützliche Adresse, von ihr können auch freie FPGA-Entwicklungen heruntergeladen werden.

## Minimalsystem

Ein mit dem Wishbone-Bus arbeitendes Minimalsystem, das nur aus einem

Master und einem Slave besteht, ist in **Bild 1** dargestellt. Vorhanden sind dort zwei richtungsabhängige, unidirektionale Datenbusse, von denen ein Datenbus vom Master zum Slave führt, während der zweite Datenbus vom Slave zum Master gerichtet ist.

Die Signale STB (Strobe), CYC (Cycle) und ACK (Acknowledge) sind beim Datentransfer für den notwendigen Handshake zuständig.

Der Slave darf nur auf die Wishbone-Bussignale reagieren, wenn sowohl das STB\_I-Signal als auch das CYC\_-Signal „1“ ist. Das Signal WE (Write Enable) ist „1“, wenn der Master Daten in den Slave schreibt. Während der Master Daten aus dem Slave liest, ist das WE-Signal „0“.

Nachdem der Slave die Verarbeitung der empfangenen Daten beendet hat, setzt er das Signal ACK auf „1“, und der Master reagiert darauf, indem er das Signal STB auf „0“ legt. Danach muss der Slave auf seiner Seite das ACK-Signal auf „0“ setzen.

# Teil 5: Bussysteme und Verbindungen

Durch das Handshake-Verfahren kann auch ein langsamer Slave mit einem schnellen Master kommunizieren. Der Slave setzt das Signal ACK erst dann auf „1“, wenn er die empfangenen Daten tatsächlich verarbeitet hat und zur nächsten Aktion bereit ist. Das Diagramm in **Bild 2** zeigt den zeitlichen Ablauf einer verzögerten Leseoperation. Dort benötigt der Slave bis zum Abschluss der Leseoperation zwei zusätzliche Taktzyklen.

## Beispiel

Das Beispiel „ex13“ ist sehr einfach aufgebaut. In einem Controller vom Typ 8051 ist ein Wishbone-Bus-Master-Interface implementiert. Der Bus ist mit einem einfachen Slave verbunden, der Slave steuert lediglich acht Ausgänge. Das Slave-Interface sorgt dafür, dass das Signal ACK um zehn Taktzyklen verzögert wird. Dadurch kann der Handshake mit dem in Quartus integrierten Logic Analyzer sichtbar gemacht werden.

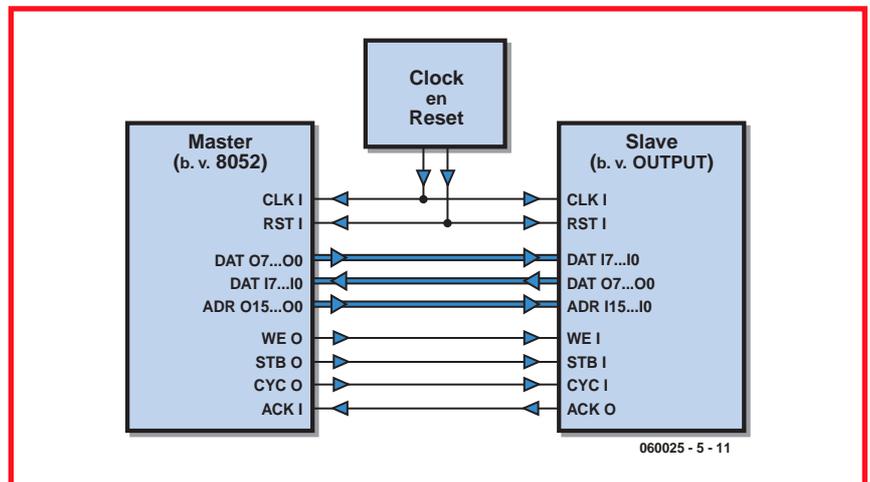
Der verwendete Prozessorkern T8052 benutzt den Wishbone-Bus für alle Datentransfers, die den XRAM-Speicher oberhalb der Adresse 0x1000 betreffen. Die einzige Bus-Erweiterung ist der 8-bit-Ausgangsport mit dem Namen „wish\_output“. Zum Ausgangsport gehört auch ein Adressdecoder. Normalerweise würde man eine solche Erweiterung in Hardware realisieren, bei diesem einfachen Beispiel haben wir sie zusätzlich im Prozessorkern untergebracht.

Sieben Ausgänge des Erweiterungsports sind mit LEDs auf der Experimentierplatine verbunden. Die Software steuert die LEDs so, dass sie wie ein Lauflicht nacheinander aufleuchten.

## Intern

Die Verarbeitung der Wishbone-Signale ist unkompliziert. Signal „sel“ gibt an, ob die Adresse auf dem Systembus mit der Adresse der Erweiterung (0x8000) übereinstimmt.

Beginnend bei Zeile 63 werden die Ausgänge nach einem Reset auf „1“ gelegt. Wenn nach Erkennen einer gültigen Adresse (sel=„1“) eine gültige Schreiboperation stattfindet (STB=„1“,



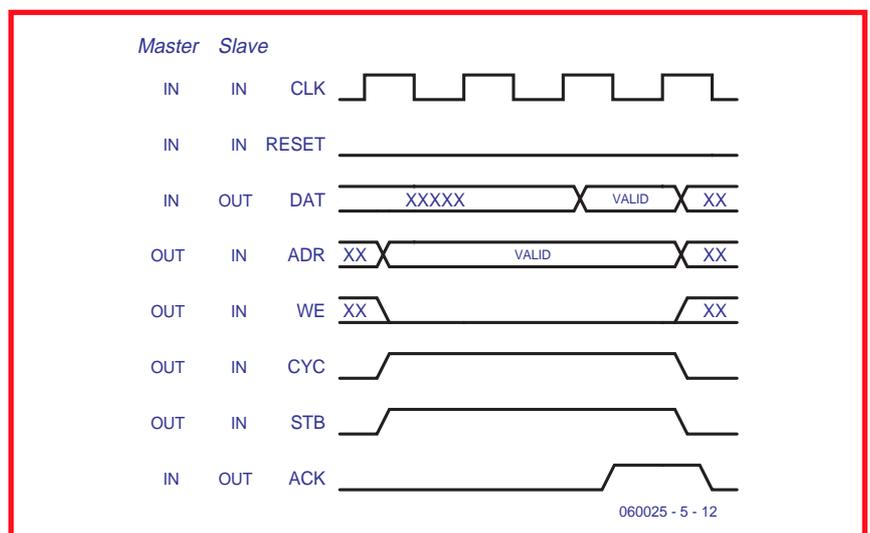
**Bild 1.** Minimaler Wishbone-Bus mit einem Master und einem Slave.

CYC=„1“ und WE=„1“), wird bei der ansteigenden Flanke des Taktsignals das an Eingang DAT\_I liegende Datenwort in das Ausgangsregister übernommen.

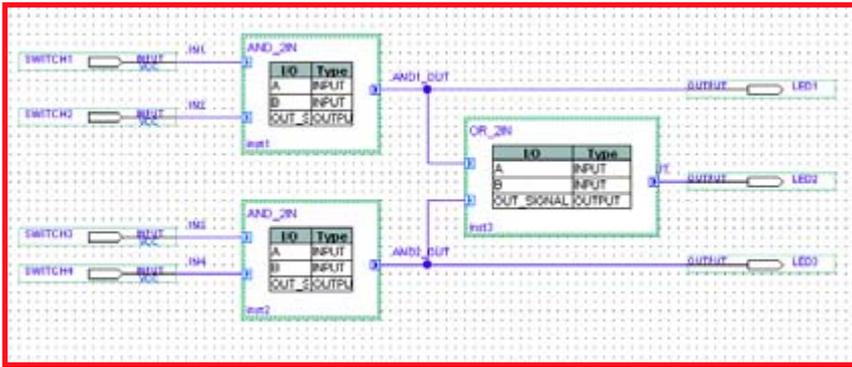
Weil das ACK-Signal verzögert werden muss, ist das Generieren dieses Signals hier etwas schwieriger. Mit COUNT werden die Taktzyklen nach Ausführen der Schreiboperation gezählt. Wenn COUNT den Wert 10 erreicht, geht ACK\_OK auf „1“. Dies ist das Signal dafür, dass das Signal ACK generiert werden kann.

In Zeile 101 wird Signal ACK definiert. Der Prozessorkern generiert auch dann ein ACK-Signal, wenn auf dem Bus eine ungültige Adresse liegt (sel=„0“). Dadurch wird verhindert, dass der Prozessorkern „hängt“, falls die Software versehentlich eine ungültige Adresse enthält.

Zu beachten ist noch, dass das Signal ACK ein asynchrones Signal ist. Von einer Flipflop-Funktion wird hier nicht Gebrauch gemacht. Diese Eigenschaft ist Bestandteil der Spezifikationen, die den Wishbone-Bus definieren. Signal



**Bild 2.** Der Slave benötigt bei Leseoperationen zwei zusätzliche Taktzyklen, bis er die Operation abgeschlossen hat.



**Bild 3.** Diese einfache Schaltung wird durch zwei VHDL-Dateien und eine Grafik-Datei beschrieben.

ACK muss auf „0“ gesetzt werden als Reaktion darauf, dass die Signale STB oder CYC auf „0“ gehen.

**Experiment**

Das Programm legt an die Ausgänge 20000 mal nacheinander den gleichen Wert. Auf diese Weise wird die Lauflicht-Geschwindigkeit so weit herabgesetzt, dass der Effekt mit dem Auge sichtbar ist.

In „wish\_output“ wird das ACK-Signal um zehn Taktzyklen verzögert. Durch Erhöhen der Anzahl der Taktzyklen kann die Lauflicht-Geschwindigkeit weiter herabgesetzt werden. Dieses Experiment ist leicht durchführbar. Ersetzen Sie Zeile 87 in der Datei „wish\_output.vhdl“ durch folgende Zeile:

```
IF (COUNT=200) THEN
```

Compilieren Sie das modifizierte Projekt und laden Sie es in den FPGA. Danach muss die Lauflicht-Geschwindigkeit deutlich niedriger als vor der Änderung sein. Gleichzeitig ist dies ein Beweis dafür, dass ein langsamer, am Wishbone-Bus liegender Slave den Master bremst. Verzögerungen treten jedoch nur auf, wenn zwischen Master und Slave Lese- oder Schreiboperationen stattfinden. Alle übrigen Instruktionen werden vom Prozessorkern mit regulärer Geschwindigkeit ausgeführt.

**Mehrere Slaves**

Zu einem Controller-System gehören in aller Regel außer einem I/O-Slave noch weitere Slaves. Auch diese Slaves müssen mit dem Controller über den gleichen gemeinsamen Bus kommunizieren. Damit dies geschehen kann, ist zusätzliche Hardware in Form eines Adressdecoders notwendig. Der Adressdecoder selektiert den Slave,

mit dem der Master kommuniziert. In Beispiel „ex14“ ist der Controller mit zwei Slaves verbunden. Diese Slaves sind mit dem Slave des vorangegangenen Beispiels nahezu identisch. Der Adresseingang ist entfallen, da nur noch ein Register vorhanden ist, in das geschrieben werden kann, sowie ein Register, das gelesen wird. Ferner besitzen diese Slaves acht Eingänge. Der Adressdecoder („wishbone\_decoder“) hat die Aufgabe, abhängig von der Adresse entweder den ersten oder den zweiten Slave zu selektieren. Dazu werden die Signale S1\_SEL und S2\_SEL benutzt, sie werden „1“, wenn die zugehörige Adresse auf dem Wishbone-Bus liegt. Signal S1\_SEL wird wie folgt gesteuert:

```
S1_SEL <= '1' WHEN ADR_I = x"8000" ELSE '0';
```

In diesem Fall wurde als Adresse für Slave 1 die Adresse 0x8000 gewählt. Ein Datentransfer zwischen Slave und Master findet nur statt, wenn die Signale CYC und STB logisch „1“ sind. Diese Signale können für Slave 1 leicht generiert werden:

```
S1_STB_O <= STB_I AND S1_SEL;
S1_CYC_O <= CYC_I AND S1_SEL;
```

Die vorstehenden Zeilen bewirken, dass die Signale STB und CYC für Slave 1 nur dann „1“ werden, wenn dieser Slave adressiert ist.

Zum Schluss muss noch der Datenbus angepasst werden, der vom Slave zum Master gerichtet ist. Wenn Slave 1 adressiert wird, müssen die Daten von Slave 1 zum Master transferiert werden, für Slave 2 gilt dies natürlich in gleicher Weise. Bewerkstelligt wird dies durch die folgenden Programmzeilen: DAT\_O\_MASTER <= S1\_DAT\_I WHEN

```
(S1_SEL='1') ELSE
S2_DAT_I WHEN (S2_SEL='1')
ELSE x"00";
```

Für das Signal ACK gilt Entsprechendes, es wird nach der gleichen Methode an den Master weiter gegeben.

**Vielseitig**

Der Wishbone-Bus ist wegen des Handshake-Verfahrens recht vielseitig einsetzbar. Außer den schon genannten Möglichkeiten kann er zum Beispiel durch ein Error-Signal erweitert werden. Dadurch können sich mehrere Master einen gemeinsamen Bus teilen. Nähere Informationen enthalten die von Opencores herausgegebenen Standards für den Wishbone-Bus, die als PDF-Dokument auf der Opencores-Website zum Download bereitstehen. Außer dem recht bekannten Wishbone-Bus existieren noch andere SoC-Busse. Die meisten von ihnen arbeiten ebenfalls mit Handshake-Protokollen. Mit diesem Verfahren lassen sich Brücken zwischen unterschiedlichen Bussystemen leicht realisieren.

**VHDL hierarchisch**

Bisher haben wir für alle Beispiele die grafische Benutzeroberfläche von Quartus benutzt. Die diversen „Blöcke“ wurden auf diesem Weg aneinander gekoppelt. Mit Quartus können Projekte jedoch auch vollständig in VHDL entwickelt werden. Dies soll mit den beiden folgenden Beispiele demonstriert werden.

Das Beispiel „ex15“ ist eine einfache Schaltung, sie besteht aus zwei VHDL-Dateien und einer Grafik-Datei. Die Grafik-Datei ist die so genannte Top-level-Entität, sie steht in der Hierarchie an oberster Stelle. Ihre Aufgabe ist das Aneinanderkoppeln der Teilprojekte sowie das Verbinden interner Signalleitungen mit den von außen zugänglichen FPGA-Anschlüssen. Wir haben uns bisher ausschließlich dieser Methode bedient. **Bild 3** gibt die zu dem Beispiel „ex15“ gehörende Schaltung wieder.

Beim Beispiel „ex16“ handelt es sich um das gleiche Projekt, hier ist jedoch eine VHDL-Datei an die Stelle des Top-level-Dokuments getreten.

Am Anfang der Datei „ex16.vhdl“ (siehe Kasten) steht eine Standard-Entity-Deklaration. Die Eingänge und Ausgänge dieser Entität werden nachfolgend mit den FPGA-Anschlüssen verbunden, da dies das Top-level-Dokument ist.

Ferner werden in Zeile 13 bis 19 die Eingangs- und Ausgangssignale des Teilprojekts AND\_2IN beschrieben. Die hier verwendeten Signalbezeichnungen müssen mit den Signalbezeichnungen in der Datei „AND\_2IN.vhdl“ exakt übereinstimmen. Das Gleiche gilt auch für das Teilprojekt OR\_2IN. Anschließend werden die im Projekt verwendeten Signale deklariert, ihre Namen sind mit den Bezeichnungen in Beispiel „ex15“ identisch. In jenem Beispiel waren die Signale grafisch erstellt und mit Labeln versehen worden. In VHDL entspricht dies den Signalen des Typs STD\_LOGIC.

In Zeile 38 wird an eine Komponente der Name „inst1“ vergeben. Diese Referenz-Bezeichnung ist vergleichbar mit einer Bauelement-Bezeichnung wie „IC1“ in einer herkömmlichen Schaltung. Nach dem Doppelpunkt ist angegeben, welcher Komponenten-Typ an dieser Stelle eingesetzt werden muss. In diesem Fall ist dies die Komponente „AND\_2IN“.

Zum Schluss, beginnend in Zeile 41, werden die Eingänge und Ausgänge der Komponente mit den Signalen verbunden.

Wenn man die Beispiele „ex15“ und „ex16“ miteinander vergleicht, wird das Grundprinzip der Vorgehensweise schnell deutlich.

## Kompatibel

Wenn ein Projekt vollständig in VHDL erstellt wird, hat das den Vorteil, dass der Quellcode mit anderen CAD-Programmen kompatibel ist. Ein solches Projekt kann ohne ernsthafte Schwierigkeiten in die Software anderer FPGA-Hersteller übernommen werden. Sogar ein echter ASIC (*application-specific integrated circuit*) ist mit dem exakt gleichen Quellcode herstellbar! Ein weiterer Vorteil von Projekten, die in VHDL erstellt sind, ist die leichte und schnelle Modifizierbarkeit. VHDL ist der grafischen Methode insbesondere dann überlegen, wenn viele Signale in verschiedenen Teilprojekten angepasst werden müssen.

(060025-5)gd

## Weblinks:

### Opencores:

[www.opencores.com](http://www.opencores.com)  
[www.opencores.org](http://www.opencores.org)

### Wishbone-Bus:

[www.opencores.org/projects.cgi/web/wishbone/wbspec\\_b3.pdf](http://www.opencores.org/projects.cgi/web/wishbone/wbspec_b3.pdf)

## Listing ex16.vhdl

```
LIBRARY ieee;
USE ieee.std_logic_1164.all;

ENTITY ex16 IS
PORT
(
    SWITCH1, SWITCH2, SWITCH3, SWITCH4 : IN STD_LOGIC;
    LED1, LED2, LED3 : OUT STD_LOGIC
);
END ex16;

ARCHITECTURE arch OF ex16 IS
    COMPONENT AND_2IN
    PORT
    (
        A,B : IN STD_LOGIC;
        OUT_SIGNAL : OUT STD_LOGIC
    );
    END COMPONENT;

    COMPONENT OR_2IN
    PORT
    (
        A,B : IN STD_LOGIC;
        OUT_SIGNAL : OUT STD_LOGIC
    );
    END COMPONENT;

    SIGNAL IN1,IN2,IN3,IN4 : STD_LOGIC;
    SIGNAL AND1_OUT,AND2_OUT, OR_OUT : STD_LOGIC;

BEGIN
    IN1 <= SWITCH1;
    IN2 <= SWITCH2;
    IN3 <= SWITCH3;
    IN4 <= SWITCH4;

    inst1 : AND_2IN
    PORT MAP
    (
        A => IN1,
        B => IN2,
        OUT_SIGNAL => AND1_OUT
    );

    inst2 : AND_2IN
    PORT MAP
    (
        A => IN3,
        B => IN4,
        OUT_SIGNAL => AND2_OUT
    );

    inst3 : OR_2IN
    PORT MAP
    (
        A => AND1_OUT,
        B => AND2_OUT,
        OUT_SIGNAL => OR_OUT
    );

    LED1 <= AND1_OUT;
    LED2 <= OR_OUT;
    LED3 <= AND2_OUT;

END;
```

# Mit Blitz und Knall

Von Jeroen Domburg und Thijs Beckers

6...30V ⊕

**Um die Verbindung zwischen zwei Zellen eines Akkupacks zu reparieren, benötigt man nicht unbedingt ein teures Schweißgerät. Dieser Beitrag zeigt eine preiswerte, auf Elkos basierende Alternative.**

Dass sich mit dem Kurzschließen von Elkos herrliche Funken erzeugen lassen, weiß jeder, der sich mit Elektronik beschäftigt. Je höher die Spannung und die Kapazität, desto prächtiger das „Feuerwerk“. Manchmal sind die Enden des Elkos mit dem Metall, das den Kurzschluss erzeugt hat, sogar fest verschweißt! Zu diesem Effekt gibt es eine praktische Anwendung.

kleiner ist, wirkt sich der Vorgang nicht auf die gesamte Akkuzelle aus. Zur Bereitstellung des dazu erforderlichen Stromes genügt sogar ein ganz normaler Elko. Die hier gezeigte Schaltung profitiert von dieser Tatsache und sorgt für einen „kontrollierten“ Elko-Kurzschluss. Da die zum Schweißen benötigte Energie nicht aus dem Netz stammt, ist die Schaltung nahezu ungefährlich.

## Das Ziel

Akkupacks sind meist durch kleine, metallene Streifen miteinander verbunden, die wiederum durch winzige Schweißpunkte an den Akkuzellen befestigt sind. Im Handel sind zwar erschwingliche Schweißgeräte zum Herstellen solcher Verbindungen erhältlich, doch der Amateur wird in den meisten Fällen zunächst versuchen, die defekte Verbindung mit dem LötKolben zu reparieren. Davon ist allerdings nicht nur wegen des zu erwartenden schlechten Kontaktes abzuraten: Löten kann sogar gefährlich sein, wenn die einzelnen Zellen nicht über Löffnahmen verfügen. Schlimmstenfalls werden dabei die Überdruckventile zerstört, und die Zelle explodiert beim Erhitzen. Schweißen ist dagegen viel sicherer: Da die Erhitzungszeit wesentlich kürzer und die betroffene Fläche erheblich

## Der Weg

Die Schaltung besteht aus vier Teilen: Netzteil, Kondensatorbatterie, Leistungsstufe und „Zündung“. Am auffälligsten sind ohne Zweifel die Kondensatoren als wichtigster Teil der Schaltung (sie beanspruchen auch den meisten Platz). Die Ladungsspeicher stellen den zum Schweißen benötigten Strom zur Verfügung. Acht Kondensatoren von 10.000 µF reichen aus, doch es darf auch gerne etwas mehr sein. Zur Spannungsversorgung eignet sich ein Labornetzteil, das den Vorteil einer einstellbaren Spannung besitzt. Der während des Schweißens vom Netzteil gelieferte Strom kann ebenfalls begrenzt werden. Als Alternative eignet sich aber auch ein kurzschlussfester Trafo mit nachgeschaltetem Gleichrichter. Die Leistungsstufe besteht aus einer Reihe parallelgeschal-

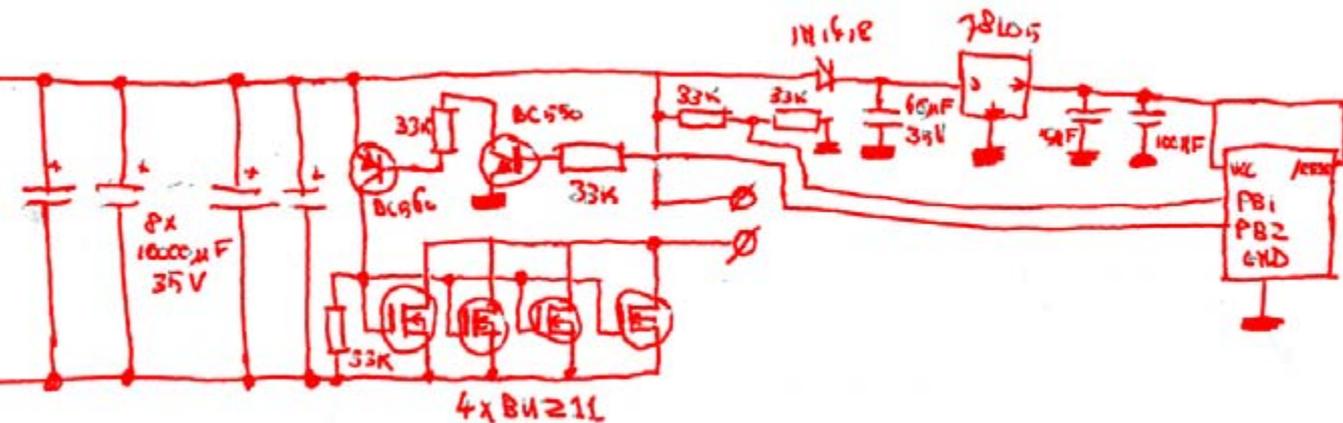


Die Kondensatoren sind hier die wichtigsten Bauteile. Von diesen 10.000-µF-„Öschis“ verbinden wir gleich acht Stück mit dickem Lautsprecherkabel (die Batterie dient zum Größenvergleich).



Voilà: Das Lautsprecherkabel wurde an den Lötstellen abisoliert und gut verzinkt.

# Schweißen mit Kondensatoren



teter MOSFETs des Typs BUZ11. Diese Transistoren sind gut und preiswert erhältlich und verkraften Ströme bis 30 A. Die Mindest-Zahl der benötigten Transistoren lässt sich rechnerisch nur schwer ermitteln. Sie kann aber, wenn auch auf unorthodoxe Weise, durch Probieren herausgefunden werden.

Beginnen Sie dabei zunächst mit fünf MOSFETs. Sollte ein Exemplar durchbrennen, so zeigt dies, dass es noch weiterer Transistoren bedarf. Diese lassen sich hinzufügen, ohne dass am Rest der Schaltung etwas verändert werden muss. Die FETs werden durch eine Spannung an ihren Gates angesteuert. Sie werden umso leitender, je weiter die Gate-Drain-Spannung ansteigt. Um diesen Effekt optimal auszunutzen, sind die MOSFETs nicht direkt, sondern über eine Transistorstufe mit der Zündeinheit verbunden. Diese Methode sorgt für eine höhere Steuerspannung und damit für eine noch weitreichendere Ansteuerung.

Die Zündung wird durch einen Mikrocontroller optimal geregelt. Er misst die Spannung an der mit den FETs verbundenen Schweißelektrode. Dies geschieht über einen Spannungsteiler, da ein Wert von 30 V für den Mikrocontroller zu gefährlich wäre. Steigt die gemessene Spannung an (berühren die Elektroden das zu schweißende

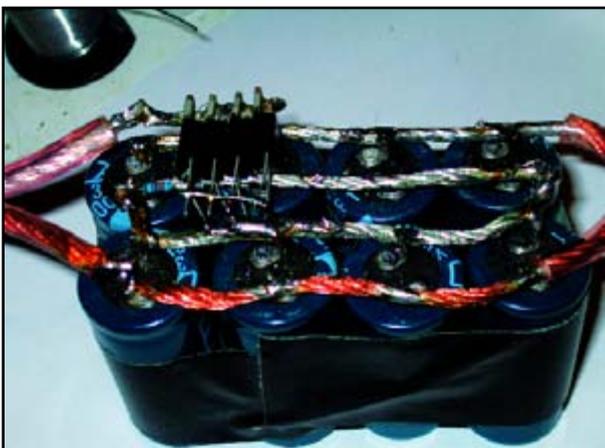
Metall), so wartet der Mikrocontroller eine Sekunde und sorgt dann dafür, dass die MOSFETs durchschalten. Dadurch steht genügend Zeit zum richtigen Positionieren der Elektroden und zur Vorbereitung auf den „großen Knall“ zur Verfügung.

Obwohl die Aufgabe des Mikrocontrollers auch durch ein paar Logikchips erfüllt werden kann (ein Komparator und zwei Monoflops), haben wir uns dennoch für einen ATtiny13 entschieden. Auf diese Weise steht zukünftigen Erweiterungen wie speziellen Trigger- und Zündungsprogrammen nichts mehr im Wege.

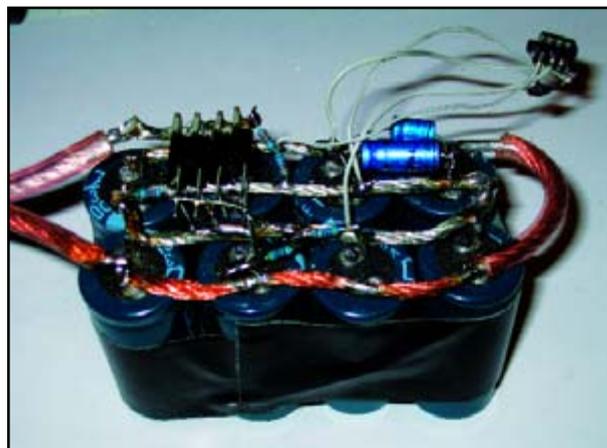
Für den Mikrocontroller wurde ein gesondertes 5-V-Netzteil vorgesehen, das über eine entsprechende Filterung sowie Pufferkondensatoren verfügt. Dies ist notwendig, da im Rest der Schaltung recht hohe Strom- und Spannungsimpulse auftreten - während des Schweißens sind es möglicherweise über 100 A!

## Anmerkungen

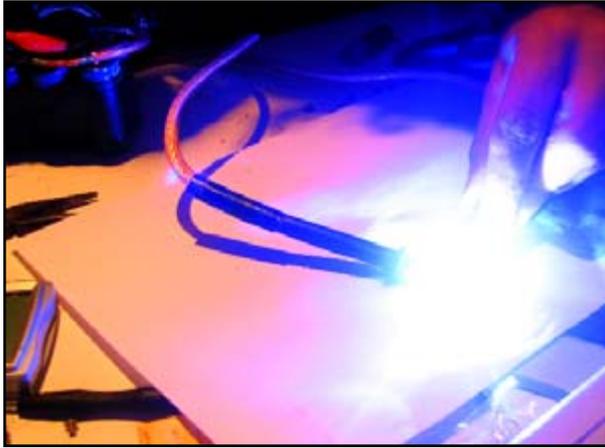
Der beim Schweißen auftretende Strom hängt von vier Faktoren ab: Versorgungsspannung, Kapazität der Elkos, interner Widerstand der Elkos und Widerstand im Entladekreis. >>>



Die MOSFETs. Sie sind hier über den Kondensatoren „fliegend“ verdrahtet - denn eine Platine wäre ganz schön groß geworden.



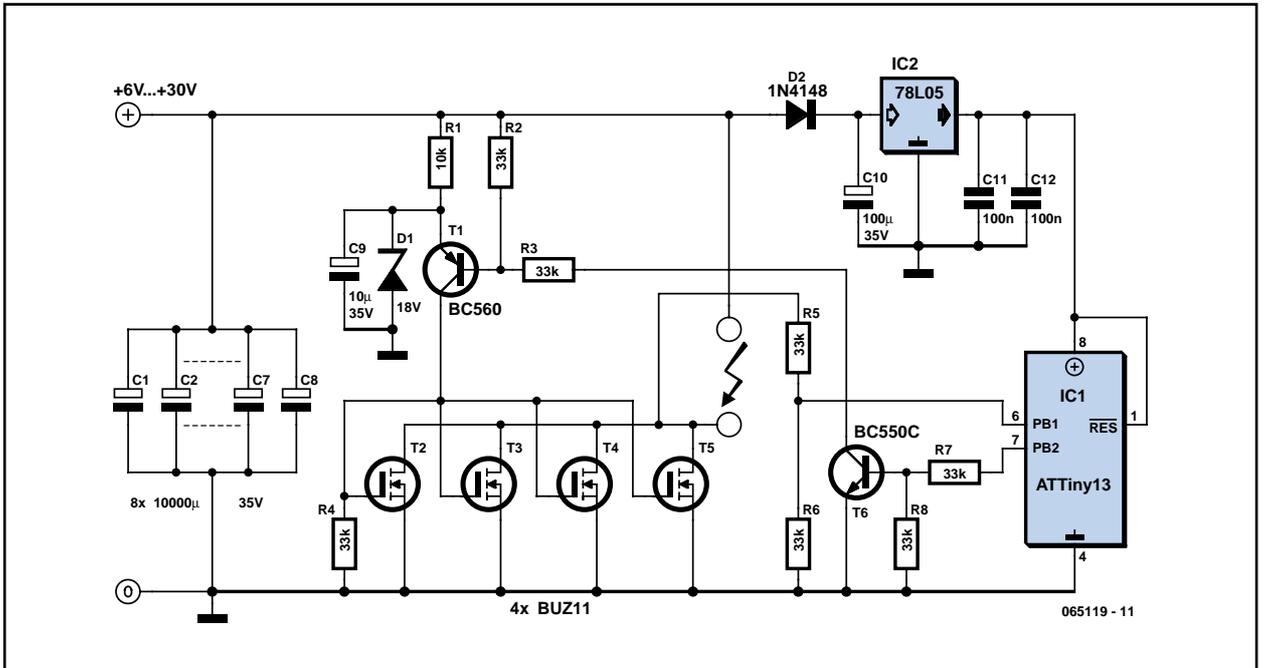
Hier sind noch die Steuerstufe (links unten), das 5-V-Netzteil (rechts oben) und der Mikrocontroller (an Drahten) dazugekommen.



Der erste Test: Es funkt(ioniert)!!! Das zeigt, dass die Kondensatorbank die gespeicherte Ladung gut und schnell los wird. Bitte eine Schutzbrille tragen!



Wie verbinden wir nun zwei Akkuzellen? Hier die Dinge, die wir brauchen: Die Akkus und ein Stück Metall als „Lötbandchen“ (ein Stückchen Blech oder etwas ähnliches eignet sich gut).



Das Metallstück sollte man an der Stelle, an der es festgeschweißt wird, gut verzinnen. Zinn schmilzt nämlich besser als das Blech oder der Batteriekontakt selbst.



Verbinden Sie das Bändchen mit einer der Schweißelektroden. Mit der anderen Schweißelektrode berühren Sie den Akkukontakt. Fertig machen zum Funkenflug!

Über die Wahl des Trafos bzw. über die Einstellung des verwendeten Labornetzteils lässt sich die geeignete Spannung leicht finden.

Der Widerstand des (Schweiß-)Strompfades muss so niedrig wie möglich sein. Die Verbindungen zwischen Elkos, MOSFETs und Elektroden sollten daher mit möglichst dickem Draht hergestellt werden.

Damit der interne Widerstand der Elkos möglichst niedrig ist, liegt es nahe, nicht einen einzigen, großen Kondensator zu verwenden, sondern mehrere Exemplare parallel zu schalten. Low-ESR-Elkos sind zum Schweißen ideal geeignet, doch es funktioniert auch mit herkömmlichen Exemplaren.

Als Elektroden haben wir die Mess-Spitzen eines alten Multimeters verwendet, aber mit sehr dickem Installationsdraht geht es ebenfalls recht gut.

Der Quellcode des Mikrocontrollers kann von den unter [1] und [2] angegebenen Adressen heruntergeladen werden.



Das Metallbändchen müsste nun gut mit dem Akku verschweißt sein.

## Über den Autor

Jeroen Domburg studiert Elektrotechnik an der „Saxion Hogeschool“ in Enschede (Niederlande). Als begeisterter Freizeit-Elektroniker beschäftigt er sich unter anderem mit Mikrocontrollern und Computern.

In dieser Rubrik stellt er uns seine Schaltungen und Basteleien vor, die nicht unbedingt sehr nützlich sein müssen, sicher keinen Schönheitspreis gewinnen werden und auch im Hinblick auf die Sicherheit hin und wieder noch Wünsche offen lassen. Doch darum geht es auch gar nicht, so lange die betreffende Schaltung das tut, wozu sie gedacht ist. Es soll jedoch niemand sagen, wir hätten ihn vorher nicht gewarnt!



Auf der anderen Seite des Bändchens wiederholen wir diese Übung.

### Warnhinweise

Obwohl ein Kondensator-Schweißgerät durch seine schwächere Leistung nicht so gefährlich ist wie ein herkömmlicher, großer Apparat zum Schweißen, liegt es auf der Hand, einige Sicherheitsmaßnahmen zu beachten:

- Achten Sie beim Aufbau auf die richtige Polarität der Elkos.
- Tragen Sie während des Schweißens eine Schutzbrille. Es kommt zwar nur selten vor, dass ein Metallpartikel wegspritzt. Aber wenn dieses den Weg in Ihr Auge findet, kann das nicht nur unangenehm, sondern auch gefährlich sein.
- Entladen Sie die Kondensatoren nach Gebrauch des Gerätes, damit es bei einer unbeabsichtigten Berührung nicht zu einer Schreckreaktion kommt.

(065119)

### WebLinks:

- [1] [www.elektuur.nl](http://www.elektuur.nl)  
[2] [sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/capwelder/](http://sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/capwelder/)



Ziel erreicht! Die zwei Akkuzellen sind bestens miteinander verbunden.

# Kontakt-Anzeige

## Fehlersuche an unzugänglichen IC-Anschlüssen

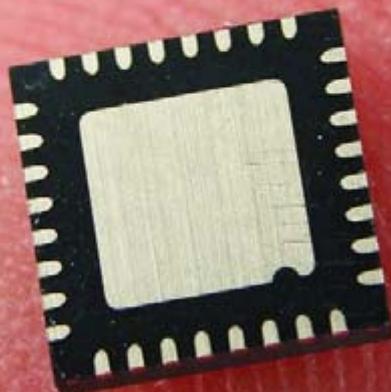
Von Karel Walraven

**Wir empfinden es als technischen Fortschritt, wenn die uns umgebenden elektronischen Geräte immer kleiner und damit auch immer Platz sparender werden. Doch wenn das Innenleben dieser Hightech-Produkte einmal streikt oder verrückt spielt, bleibt nur die Entsorgung, denn reparieren lassen sich solche Winzlinge zumeist nicht – oder etwa doch?**

Ein kleines, aber deutliches Beispiel, das zunächst etwas abwegig klingen mag: Wer hat sich nicht schon darüber gewundert, dass die auf einer Landkarte gesuchten Orte meistens am Rand und nicht im mittleren Bereich liegen? Das ist kein ungewöhnlicher Zufall, sondern ein statistisch leicht zu erklärendes Phänomen: Die Fläche des Randes einer Landkarte wird ab einer Randbreite von etwa 15 Prozent größer als diejenige des mittleren Bereiches. Betrachten wir eine quadratische Landkarte mit 100 cm Seitenlänge - und einem Rand von 15 Zentimetern. Die Gesamtfläche umfasst  $100 \text{ mal } 100 = 10.000$  Quadratzentimeter. Die Fläche der Mitte ist nur

70 mal 70 Zentimeter ( $100 - 2 \cdot 15$ ), was 4.900 Quadratzentimeter ergibt. Das sind sogar 100 Quadratzentimeter weniger als die Hälfte der Gesamtfläche. Dies gilt auch für die Peripherie elektronischer Mini-Schaltungen, vor allem, wenn es sich um die immer populärer werdenden Geräte mit drahtloser Kommunikation handelt. Die Anschlüsse der ICs benötigen immer mehr Platz, der zur Unterbringung weiterer Bauelemente nicht mehr genutzt werden kann.

Eine beliebte Lösung dieses Problems bieten so genannte "Square Packs" (**Foto**). Hier liegen alle ICs dicht nebeneinander,



wobei die erforderlichen Verbindungen auf der Unterseite ausgeführt sind. Vor allem bei kleinen Chips ist der Platzgewinn hier besonders hoch: Anschluss-Pins besitzen nämlich immer die gleiche Länge, so dass sie bei kleinen Chips (relativ betrachtet) bis zu doppelt so viel Platz benötigen als bei großen.

Bei der Fehlersuche in elektronischen Schaltungen wird normalerweise immer direkt an den IC-Pins gemessen, da man nie sicher sein kann, ob zwischen IC und Leiterbahn ein guter Kontakt besteht. Der Grund für das Fehlverhalten von Square Packs besteht in den meisten Fällen in schlechten Lötverbindungen der Anschlüsse. Selbst bei industriell gefertigten Platinen wird mit einem festen Prozentsatz an Fehlern gerechnet. Da bei Square Packs die Anschlüsse nicht mehr zugänglich sind, lassen sich bei Kontaktunterbrechungen zwischen Pin und Leiterbahn die an ihnen anliegenden Spannungen und Signale nicht mehr messen. Doch es gibt zum Glück eine Möglichkeit, Unterbrechungen mit einem Multimeter aufzuspüren! Die dabei angewendete Technik ist nicht zuletzt sehr wertvoll für jeden, der SMDs selbst verlötet; zum Beispiel mit dem im Januarheft beschriebenen Reflow-Ofen.

Die meisten Digitalmultimeter besitzen eine Möglichkeit zum Messen von Dioden. In diesem Bereich wird die Durchlass-Spannung der Diode mit einem kleinen Strom von etwa 1 mA gemessen, der durch die Diode fließt. Genau diesen Strom brauchen wir für unsere Zwecke. Überprüfen Sie, ob Ihr Multimeter solch einen Strom zur Verfügung stellt (**Bild 1**).

Verwenden Sie zum Test zunächst eine normale und dann eine Schottky-Diode. Die dabei gemessenen Spannungen müssen Werte von etwa 0,65 V beziehungsweise 0,35 V aufweisen. Sie sind jetzt bestimmt schon gespannt auf den "Trick": Wie lässt sich damit ein physikalisch nicht erreichbarer IC-Pin testen?

Ganz einfach: Zum Glück besitzt fast jeder IC-Anschluss eine eingebaute Schutzdiode (Ausnahmen: Oszillator-Anschlüsse und offene Kollektor-Ausgänge). Normalerweise sind von den betreffenden Anschlüssen Dioden in Sperr-Richtung jeweils nach Masse und zur positiven Betriebsspannung geschaltet (**Bild 2**).

Verbinden Sie den **Plus**-Eingang des Multimeters mit der Masse (0 V) der zu testenden Schaltung. Der **Minus**-Eingang des Multimeters wird nun mit der Leiterbahn verbunden, die zu dem zu untersuchenden, aber nicht zugänglichen IC-Anschluss führt.

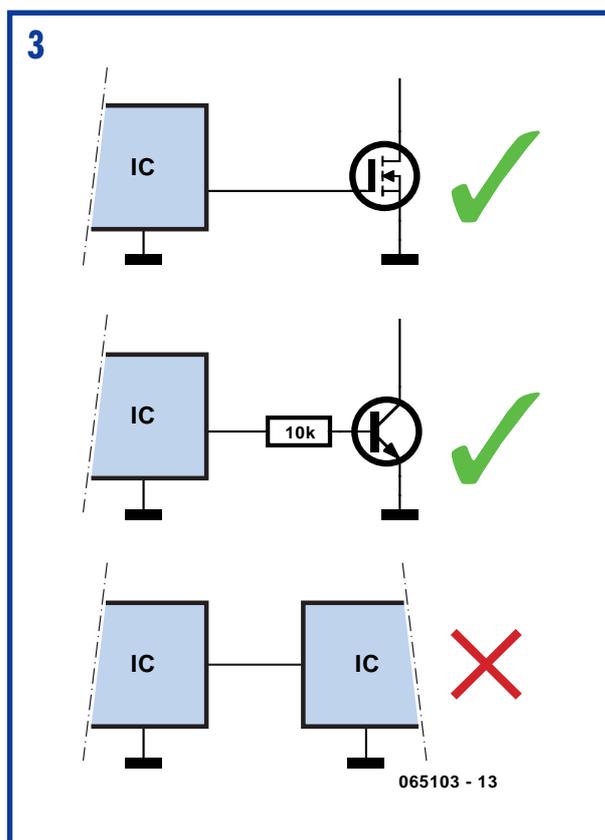
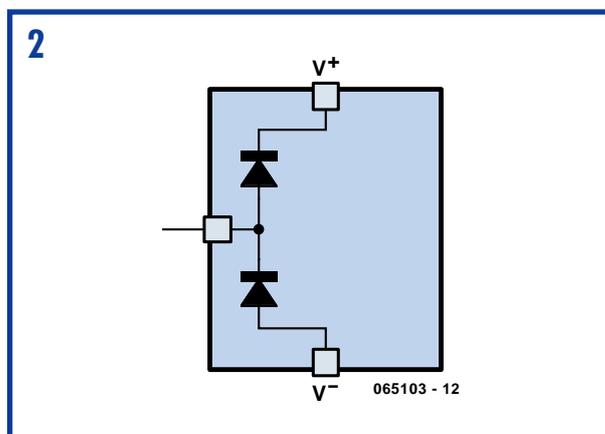
Ist die Leiterbahn mit dem Chip verbunden, so wirkt sich die Schutzdiode auf die Messung aus: Es muss eine Spannung von 0,6 bis 0,7 V abzulesen sein.

Bei einer schlechten Lötstelle und einer daraus resultierenden Unterbrechung des IC-Kontaktes zeigt das Messgerät hingegen nichts an. Ist die Ursache des Fehlverhaltens der Schaltung jedoch in den Masseleitungen begründet, so ist leicht nachvollziehbar, dass dann alle IC-Anschlüsse als unterbrochen interpretiert werden.

Leider ist die beschriebene Methode nicht immer eindeutig und unfehlbar, da die betreffenden Leiterbahnen natürlich auch zu anderen Bauelementen führen, die sich auf das Messergebnis auswirken können.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, vor einer Messung anhand des Schaltplans eine Einschätzung der Erfolgschancen vorzunehmen (**Bild 3**). Hochohmige Widerstände und FETs stellen keine Gefahr dar. Bei Leiterbahnen, die zu weiteren ICs führen, stellt sich die Frage, welche der Schutzdioden nun eigentlich gemessen wird. Im Zweifelsfall führt dann an einer (vorübergehenden) Unterbrechung der Leiterbahn kein Weg vorbei.

(065103rhe)



# Controllerwechsel



## AT89S8253 ersetzt AT89S8252

Von Burkhard Kainka

Das beliebte AT98S8252-Flashboard aus ELEKTOR 12/2001 wurde für den „Basiskurs Mikrocontroller“ entwickelt und ist inzwischen mehrere tausendmal im Einsatz. Doch nun ist es passiert:

Atmel hat den AT98S8252 abgekündigt! Eigentlich ist diese schlechte Nachricht aber eine gute Nachricht. Denn der pinkkompatible AT89S8253 ist nicht nur ein vollwertiger Ersatz, er stellt auch eine Verbesserung gegenüber seinem Vorgänger dar.

# fürs Flashboard

Die wichtigsten Verbesserungen sind ein größerer Flash-Speicher, ein Page-Modus für die schnellere Programmierung und die Option einer doppelten Rechengeschwindigkeit. Die Tabelle gibt eine Übersicht über die neuen Errungenschaften.

Dass der AT89S8253 den AT98S8252 im Flashboard ersetzen kann, zeigt sich bei einem ersten Test. Man nimmt den bisherigen 52er-Controller aus der Fassung, steckt den 53er rein, programmiert ihn mit der gewohnten Firmware und startet ihn. Erfreuliches Ergebnis: Alles funktioniert genau wie bisher.

Ein kleiner, allerdings unerheblicher Unterschied betrifft den Quarzoszillator. Bedingt durch die niedrigere untere Betriebsspannungsgrenze und den neuen Energiesparmodus ändert sich die Oszillatorschaltung etwas. Die empfohlenen Kapazitätswerte für die Beschaltung des Quarzes (C1 und C2 auf der Flashboard-Platine) sind jetzt  $5 \text{ pF} \pm 5 \text{ pF}$ . Man kann also die bisherigen 22-pF-Kondensatoren einfach weglassen. Allerdings ist das nicht zwingend notwendig, denn auch mit 22 pF schwingt der verwendete 11,0592-MHz-Quarz sauber an. Es muss also wirklich nichts geändert werden, und man kann wahlweise den neuen und den alten Controller im selben Board verwenden.

## Programmiersoftware

Der AT89S8252 war beim Programmieren etwas langsam, was vor allem auffiel, wenn man volle 8 KByte übertragen wollte. Da Zeit immer wertvoller wird, konnte Atmel das nicht auf sich sitzen lassen. Das Programmierinterface wurde daher gründlich überarbeitet. Heraus kam ein ganz neues Protokoll, das nun auch einen Page-Modus kennt. Man darf 64 Bytes in einem Rutsch übertragen, die dann gleichzeitig geflasht werden. Das spart viel Zeit. Während der alte Controller mindestens 12 s für 8 KByte brauchte, kommt der neue mit weniger als einer Sekunde für die ganzen 12 KByte aus. Allerdings braucht man dafür eine neue Programmiersoftware. Die neueste Version des Programms ATMELISP.exe (Bild 1) von Ulrich Bangert (DF6JB) unterstützt den Chip bereits. Man wählt einfach den gewünschten Controller und die Hardware „DK7JD“ (= ELEKTOR-Flashboard). Bei einigen PCs kann es darüber hinaus nötig werden, ein größeres Clock-Delay zu wählen. Danach funktioniert alles wie gewohnt.

Im Basiskurs Mikrocontroller wurden zwei spezielle 89S8252-Download-Tools eingesetzt, die jetzt für den neuen 53er ersetzt werden müssen. MicroFlash53 ist das neue Programmierwerkzeug speziell für den 89S8253 (Bild 2). Es erlaubt die Übertragung von Hex- und Bin-Dateien bis zur maximalen Größe von 12 KByte.

Speziell für die bequeme Programmentwicklung in Assembler wird das Programm TasmEdit eingesetzt, für das es nun ebenfalls eine neue Version speziell für den 89S8253 gibt: TASMedit53 (Bild 3).

Wer eigene Programmiersoftware schreiben will, muss anstelle des bisherigen 3-Byte-Protokolls das neue 4-Byte-

## Verbesserungen

AT89S8253 gegenüber AT89S8252:

- 12 KByte Flash statt bisher 8 KByte
- Page Mode für schnellere Programmierung
- Doppelte Rechengeschwindigkeit mit der x2-Clock-Option
- Power-on-Reset-Funktion und Brownout-Detection
- Betriebsspannung 2,7 V bis 5,5 V

Protokoll beachten. Außerdem kann man nun nicht mehr einfach neue Bytes über die alten schreiben, weil sich dies nicht mehr mit dem möglichen Block-Modus verträgt. Vielmehr muss vor dem Programmieren der gesamte Flashspeicher mit *Chip Erase* gelöscht werden. Nach dem Löschen muss ein Reset ausgelöst werden, um dann erneut in den Programmiermodus einzutreten. Nach dem Umschalten des Reset-Zustands ist jeweils eine ausrei-

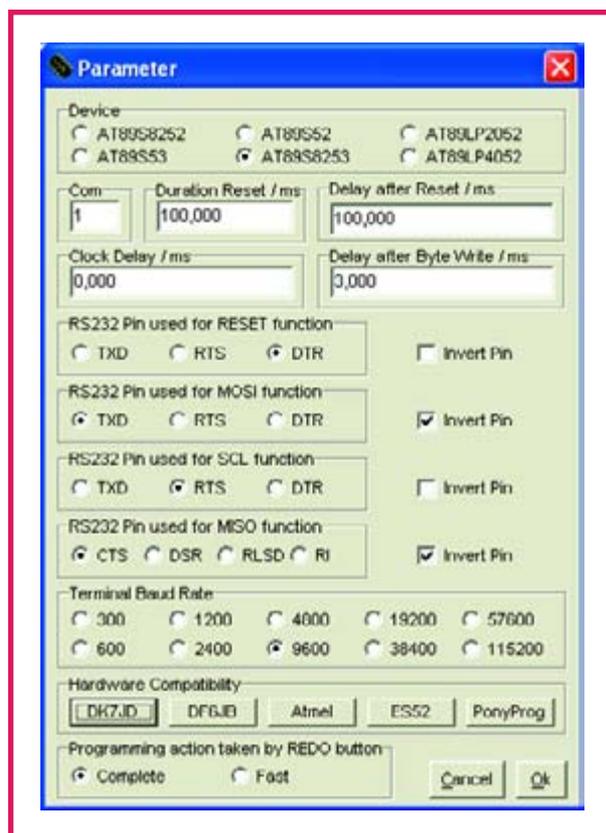


Bild 1. ATMELISP.exe

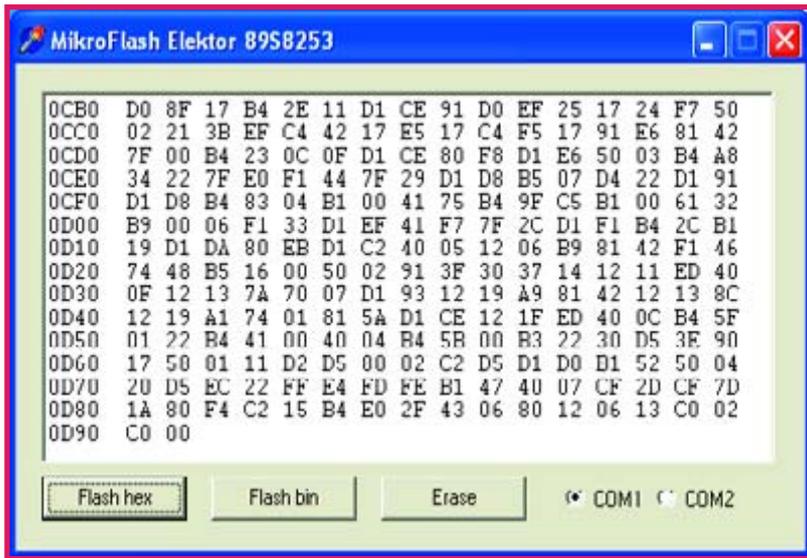


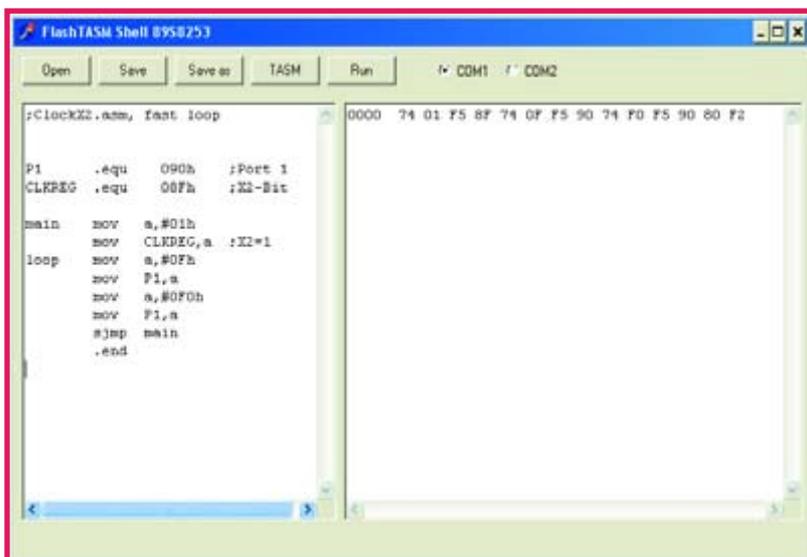
Bild 2. MikroFlash53.exe

chende Wartezeit einzuhalten, damit sich der Reset-Kondensator auf dem Board umladen kann.

### Doppelte Geschwindigkeit

Der AT89S8253 besitzt einen verbesserten 8051-Kern, bei dem ein Befehlstakt nicht mehr wie bisher 12, sondern nur noch sechs Prozessortakte dauert. Der Controller ist also doppelt so schnell geworden, wovon man allerdings zunächst nichts merkt. Die vom Quarzoszillator gelieferte Taktfrequenz wird nämlich intern durch zwei geteilt. Diesen Vorteiler kann man jedoch ausschalten. Dazu gibt es das neue Register CLKREG bei der Adresse 08Fh mit dem Bit X2 im Bit0 des Registers. Nach dem Start des Controllers enthält CLKREG den Wert 0. Das X2-Bit ist damit Null und der Vorteiler eingeschaltet. Auf CLKREG kann nur byteweise zugegriffen werden, man muss also alle acht Bits schreiben, wobei die Bits 1...7 ohne Bedeutung

Bild 3. TASMedit53.exe



bleiben. Es genügt, den Wert 1 ins Register CLKREG zu schreiben, und schon arbeitet der Neue mit doppelter Geschwindigkeit.

```
CLKREG .equ    08Fh    ;X2-Bit
        mov     a,#01h
        mov     CLKREG,a    ;X2=1
```

Die Grenze der Geschwindigkeit liegt bei einem Takt von 24 MHz. Wenn das X2-Bit eingeschaltet wird, darf die Quarzfrequenz also nicht höher sein als 12 MHz. Da im Flashboard ein Quarz mit 11,0592 MHz verwendet wird, ist das Setzen des X2-Bits ohne weiteres zulässig. Mit drei zusätzlichen Programmzeilen läuft damit jedes Programm doppelt so schnell wie bisher!

### Spannung und Brownout

Der neue Controller arbeitet in einem Betriebsspannungsbereich von 2,7 V bis 5,5 V. Das Flashboard verwendet zwar grundsätzlich 5 V, man kann nun jedoch einen Controller im Flashboard programmieren und testen und dann in einer anderen Zielhardware mit geringerer Betriebsspannung verwenden.

Die Reset-Schaltung wurde um eine Power-On-Reset-Funktion ergänzt. Man darf deshalb den Reset-Kondensator weglassen. Nach dem Anlegen der Betriebsspannung wird automatisch ein Reset-Zustand erzeugt und nach 1 ms beendet. Zusätzlich gibt es nun im Zusammenhang mit der Reset-Schaltung eine Brownout-Detection mit einem Trigger-Level von 2,2 V. Sobald die Betriebsspannung unter 2,2 V sinkt, wird ein Reset ausgelöst. Damit erreicht man auch ohne einen externen Spannungswächter die höchste Sicherheit.

### Fazit

Mit dem neuen Controller wird das ELEKTOR-Flashboard erheblich aufgewertet. Dabei bleiben alle bisherigen Funktionen und Anwendungsmöglichkeiten (inklusive Programmierkurs) ohne Änderungen erhalten. Ein wichtiger Aspekt ist die Zukunftssicherheit: Da der neue Controller gerade erst eingeführt wird, ist in den nächsten Jahren nicht mit einer erneuten Abkündigung zu rechnen ...

(060052e)

## Downloads:

**Die jeweils neueste Version von Atmellsp findet man auf der FAQ-Seite zum Buch „Basiskurs Mikrocontroller“:**  
[www.b-kainka.de/basismifaq.htm](http://www.b-kainka.de/basismifaq.htm)

Die an den AT89S8253 angepasste Programmiersoftware für den Basiskurs steht auch auf der Elektor-Homepage zum Download bereit. Sie finden die Datei Flash53.zip an zwei Stellen bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de):

1. Unter „Shop“ > „Bücher“ > „Basiskurs Mikrocontroller“
2. Unter „Zeitschrift“ > „2006“ > „Controllerwechsel fürs Flashboard“

# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Unsere ganz spezielle Sudoku-Variante hat sich mittlerweile zu einer kleinen Attraktion gemausert, die nicht nur von unseren Lesern geschätzt wird. In jedem Fall arbeiten die kleinen grauen Zellen auf Hochtouren, und das ist bekanntlich nicht nur für Elektroniker gesund! Hier also unsere Oktober-Version. Machen Sie mit – es winken tolle Preise!

Die Regeln dieses Rätsels sind ganz einfach zu verstehen. Bei einem Hexadoku werden die Hexadezimalzahlen 0 bis F verwendet, was ganz im Stile von Elektronikern und Programmierern ist. Füllen Sie das Diagramm mit 16 x 16 Kästchen derart aus, dass **alle** Hexadezimalzahlen von 0 bis F (also von 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 und drei „Trostpreise“ gewinnen!

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

### Einsenden

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

Elektor Redaktion  
Süsterfeldstraße 25  
52072 Aachen  
Fax: 02 41 / 88 909-77  
E-Mail: hexadoku@elektor.de

(als Betreff bitte nur die Lösung angeben)

Einsendeschluss ist der **31. Oktober 2006!**

Die Gewinner des extra-schwierigen Alphadokus (Lösung in der Rubrik Mailbox in diesem Heft) stehen fest!

Das E-blocks Starter Kit Professional geht an

Markus Hübl aus Markt.

Die 50€-Gutscheine haben gewonnen: Klaus Fischer (Kirchheim/Derndorf), Helmut Maier (Massing) und Peter Stuchlik (Wien).

Herzlichen Glückwunsch!

## Mitmachen und gewinnen!

Unter den Einsendern mit dem richtigen Ergebnis verlosen wir ein

### E-blocks Starter Kit Professional



im Wert von **365 €** und drei **ELEKTOR-Gutscheine** im Wert von je **50 €**.

Der Rechtsweg ist ebenso ausgeschlossen wie die Teilnahme von Mitarbeitern der in der Unternehmensgruppe Segment B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörigen.

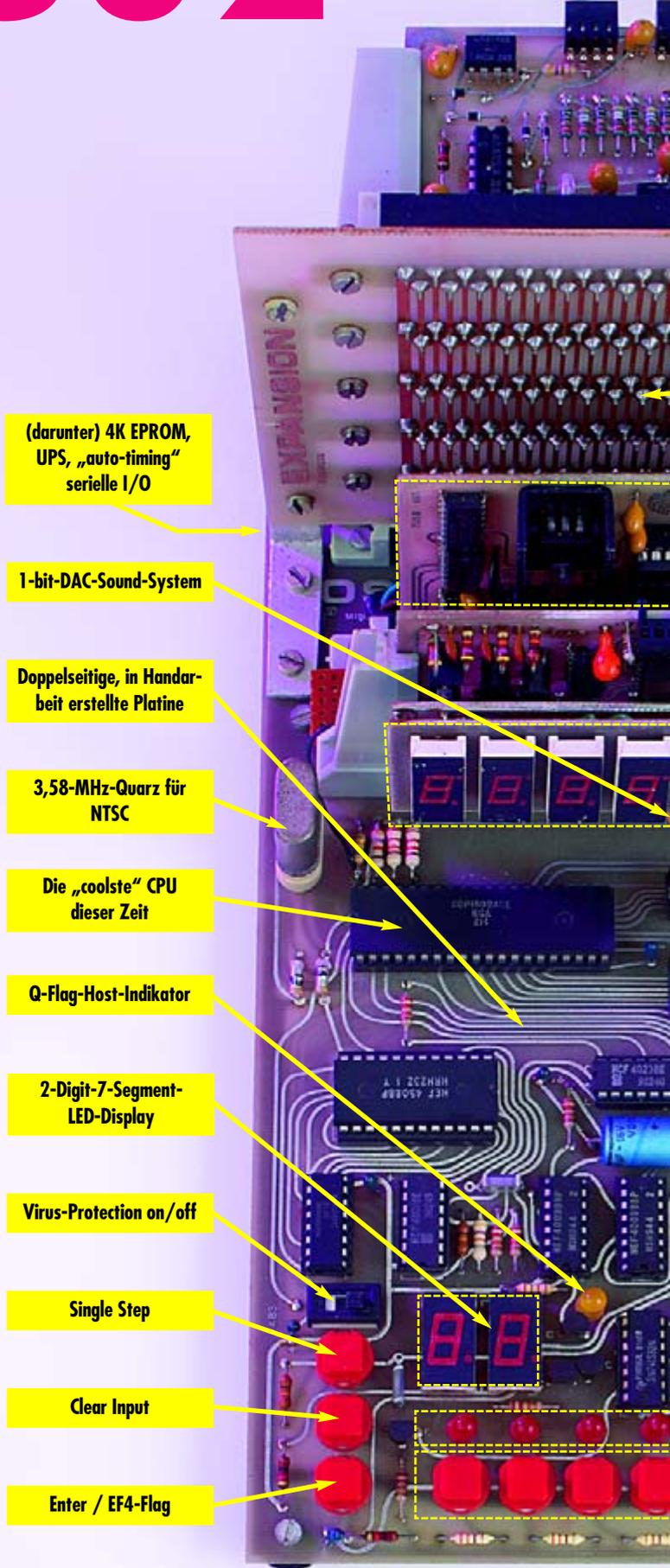
# CDP1802 —

Von Jan Buiting

Der Weltraum – unendliche Weiten. So etwa 1976, als die Geschichte von Dr. Joseph Weisbecker - einem begnadeten Entwickler von RCA - beginnen. 1975 ließ er sich von Intels 4004 inspirieren und entwarf zwei Chips. Mit dem CDP1801R und dem CDP1801U konnte er seinen eigenen Mikroprozessor realisieren. Anfang 1976, als RCA die IC-Fertigung optimierte, passten beide Teile sogar auf einen Chip: Der als „Cosmac“ bekannte CDP1802 war geboren. Die Taktfrequenz konnte von 2 MHz auf sagenhafte 6,4 MHz bei 10 V gesteigert werden. Das ist umso erstaunlicher, als die damaligen TTL- und NMOS-ICs durchweg für 5 V designt waren, viel Strom verbrauchten und zu heiß zum Anfassen wurden. Es handelte sich außerdem um die erste CMOS-CPU überhaupt. Niedriger Stromverbrauch, erweiterte Versorgungsspannungs- und Temperaturbereiche sowie eine niedrigere Stömpfindlichkeit waren entscheidende Vorteile. Dazu kam noch die Kompatibilität zur CMOS-4000er-Reihe. Einphasiger Takt und sogar statischer Betrieb war möglich: Der Takt ließ sich anhalten, und der momentane Status blieb bei 0 Hz und minimalem Stromverbrauch erhalten. Für die damalige Zeit war das sensationell und die Begeisterung groß.

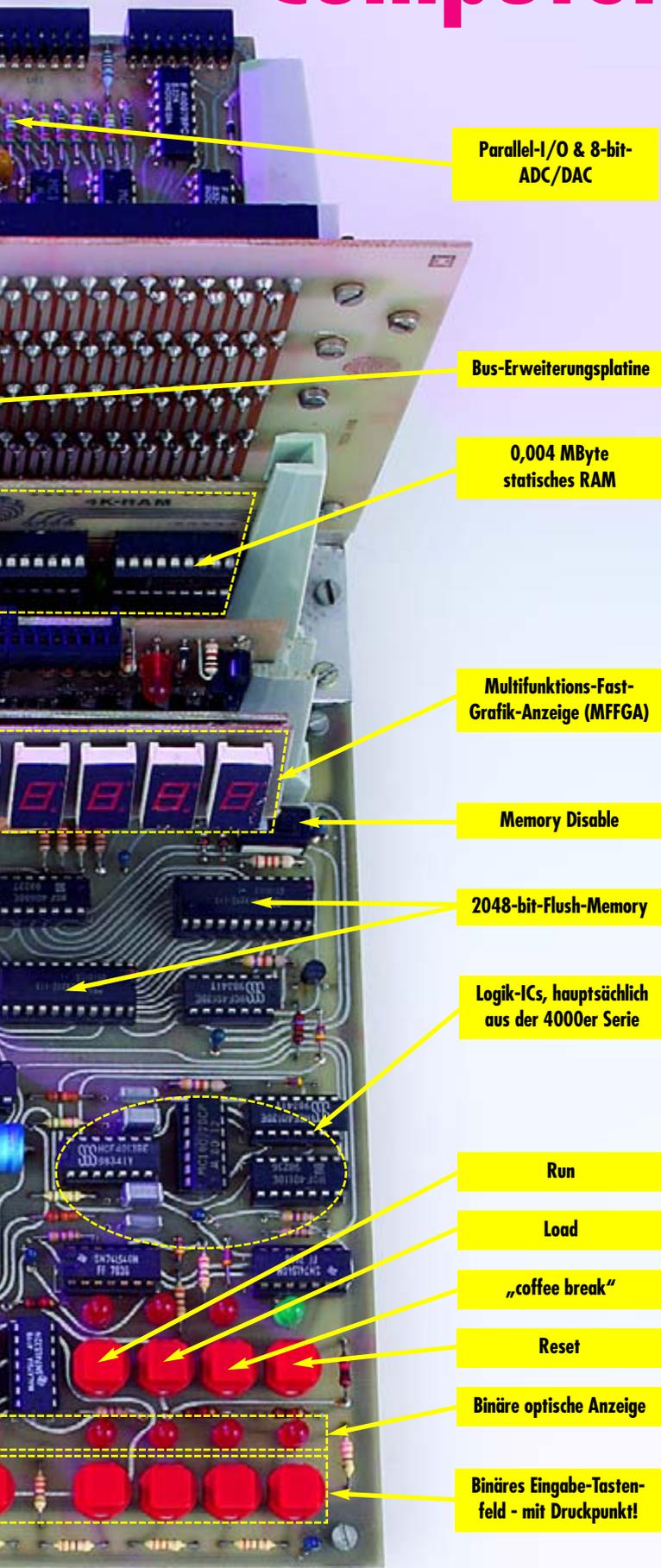
Die 8-bit-CPU verfügte über einen Satz von sechzehn 16 bit breiten Registern. Jedes Register konnte als „program counter“ oder als „stack pointer“ fungieren. Der Chip verfügte außerdem über DMA sowie über vier Logik-Eingänge, die direkt mit Befehlen abgefragt werden konnten. Es standen insgesamt sieben Ausgangskanäle mit 1 Byte Breite zur Verfügung. 1976 veröffentlichte Joe Weisbecker in der Zeitschrift „Popular Electronics“ einen Artikel über einen „ELF“ genannten Selbstbau-Computer, was den Chip unge-

heuer populär machte. Viele Computer-Begeisterte sprangen auf den CMOS-Zug auf und kehrten bekannteren Chips (8080 oder 6502) den Rücken, da diese viel Strom verbrauchten. Zum ELF-System gab es dann eine ganze Reihe von Nachfolgeprojekten und jede Menge Hardware-Erweiterungen nebst Software (z.B. die Programmiersprachen FORTH und Tiny BASIC, Diskettensteuerungen und sogar farbige Video-Ausgabe). Die Mundpropaganda funktionierte prächtig. Doch auch Profis wurden auf den Chip aufmerksam. Insbesondere war der CDP1802 die erste CPU, die sich für spezielle Herstellungsverfahren wie „silicon on sapphire“ (SOS) eignete, was die Widerstandsfähigkeit gegenüber Weltraumstrahlung erhöhte. Es dauerte auch nicht lange, bis der erste 1802 in den Weltraum geschossen wurde. Die in CMOS/SOS-Technologie gefertigten Chips fanden in verschiedenen Weltraum-Missionen wie UoSAT-1, UoSAT-2, Viking, Voyager und Galileo Verwendung. Mit außergewöhnlichem Erfolg: Der Chip bewies unter schwierigsten Betriebsbedingungen seine Zuverlässigkeit, und das bei einigen Missionen über Jahrzehnte! Meine Erfahrungen mit dem 1802 begannen 1981, als ich ein Buch von Bob Stuurman kaufte, das eine verbesserte und europäisierte Variante des ELF-Systems beschrieb. Der Autor ist übrigens noch heute gelegentlich für ELEKTOR tätig! Bei einem Freund hatte ich schon mitbekommen, wie sperrig ein 8085-System sein kann - was mich vor eigenen Frustrationen mit Intel-Chips bewahrte. Nur einige Wochen später stand ein funktionierender selbstgebauter Einplatinen-Computer vor mir und ich war dank meiner „Kenntnisse“ in der Lage, eine LED mit einem an den Computer angeschlossenen Taster ein- und auszuschalten! Ich konnte sogar ein Weihnachtslied aus einem Ohrhörer erklingen lassen! Und niemand konnte verste-



- (darunter) 4K EPROM, UPS, „auto-timing“ serielle I/O
- 1-bit-DAC-Sound-System
- Doppelseitige, in Handarbeit erstellte Platine
- 3,58-MHz-Quarz für NTSC
- Die „coolste“ CPU dieser Zeit
- Q-Flag-Host-Indikator
- 2-Digit-7-Segment-LED-Display
- Virus-Protection on/off
- Single Step
- Clear Input
- Enter / EF4-Flag

# Computer im Weltraum



Parallel-I/O & 8-bit-ADC/DAC

Bus-Erweiterungsplatine

0,004 MByte statisches RAM

Multifunktions-Fast-Grafik-Anzeige (MFFGA)

Memory Disable

2048-bit-Flush-Memory

Logik-ICs, hauptsächlich aus der 4000er Serie

Run

Load

„coffee break“

Reset

Binäre optische Anzeige

Binäres Eingabe-Tastenfeld - mit Druckpunkt!

hen, warum ich völlig aus dem Häuschen war...

Die Verbesserungen meines „Cosmos“ getauften Systems gegenüber dem ursprünglichen Konzept bestanden in der Verwendung von Standard-ICs für die Peripherie in Verbindung mit einer Platine, die schon für spätere Systemerweiterungen konzipiert war. Darüber hinaus schaffte ich es, europäische Bauteile zu verwenden, und wo ELF ein NTSC-Signal erzeugte, kam mein Cosmos bereits mit PAL daher.

Mit den Jahren wurde das abgebildete Cosmos-System als Alarmanlage, als Drucker-Puffer (mit immerhin 48 KByte D-RAM), als Video-Spiel und als Testbild- und Titelgenerator für meine Amateur-TV-Station eingesetzt. Bis vor kurzem tat es klaglos seinen Dienst als Steuerung für Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einem Gewächshaus. Ursprünglich programmierte ich „direkt“ mit Hilfe der ca. 90 leicht zu merkenden Opcodes, später dann in Assembler und zum Schluss mit „Chip-8“, einem wundervoll einfachen Interpreter, der für eine ganze Reihe von 8-bit-CPUs verfügbar war.

Wenn ich mich recht erinnere, dann verfügte mein System in seiner höchsten Ausbaustufe über eine mit 8,86 MHz getaktete CDP1806-CPU, 128 K D-RAM, ein Diskettenlaufwerk mit Bootstrap-Loader, ein Modem, eine einfache Farbgrafik-Karte und einen Sound-Ausgang. Es war gut für Assembler/Disassembler, FORTH, Chip-8, Tiny BASIC, einige Spiele und eine ganze Sammlung nützlicher Hilfsprogramme, die alle von einer 5,25“-Diskette oder von Kassette geladen werden konnten. Die komplette Elektronik war in ein 19“-Tischgehäuse eingebaut, das mit der Zeit viele Macken bekam, da es im Kofferraum meines Autos landauf, landab zu den unmöglichsten Einsatzorten befördert wurde. Es wurde sogar ein-

mal vom deutschen Zoll konfisziert... ;-)

Die komplette Kiste konnte man innerhalb von Minuten vollkommen zerlegen und die Innereien wie Mainboard mit Hex-Tastentfeld und Sieben-Segment-Anzeige freilegen.

Nur kurz zur Erinnerung: Die Geschichte spielt im Vor-Internet-Zeitalter. Datenblätter und andere Informationen mussten auf althergebrachte und absolut unelektronische Weise in Form von Papier und Büchern ganz avirtuell beschafft werden. Computer-Clubs zwecks Informationsaustausch ganz ohne SMS waren elementar.

Glücklicherweise beschäftigten sich viele freundliche Amerikaner ebenfalls mit dem 1802. Und sie waren so nett und schickten mir Bücher, Zeitschriftenartikel und hunderte von Fotokopien lediglich gegen Portoerstattung. Downloads gab es ja noch nicht und als Ende der 80er endlich Box-Systeme auftauchten, da konnte man für viel Geld gerade mal Modems mit dem abenteuerlichen Tempo von 75/1200 kaufen.

Ich bin mir sicher, dass ich ohne meine Erfahrungen im Bau und in der Programmierung meines 1802-Systems niemals Redakteur von ELEKTOR geworden wäre. 1985 waren meine späteren Kollegen sehr erstaunt über mein System, das durchaus mit dem ELEKTOR-Junior-Computer mithalten konnte.

Heute ist die CDP1802-Familie anachronistisch. Trotzdem sind viele dieser CPUs noch immer in Betrieb und verrichten ihren Job in Ampelsteuerungen oder Registrierkassen. Noch Anfang der 90er-Jahre verkaufte eine niederländische Firma einen Home-Computer mit 1802-CPU. Dieses COMX-35 genannte System hatte allerdings Konkurrenz von Commodore und Atari und konnte kein Erfolg werden.

(065062-1)

In der Rubrik „Retronik“ stellen wir Historisches und Antikes aus der Welt der Elektronik vor – darunter natürlich auch legendäre ELEKTOR-Projekte aus dem vorigen Jahrhundert. Beiträge, Vorschläge und Anfragen sind willkommen. Bitte senden Sie Ihre E-Mail mit dem Betreff „Retronik“ an: [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de)

## USB-Toolbox

### Entwickeln mit USB – Dokumentation und Tools

Diese CD-ROM umfasst alle wesentlichen Informationen zur USB-Schnittstelle. Dazu gehört eine Sammlung von Datenblättern spezifischer USB-Bauteile vieler Hersteller. Zum Ausrüsten einer Mikrocontroller-schaltung mit einer USB-Schnittstelle bieten sich zwei Möglichkeiten an: Entweder eine bestehende Schaltung mit einem USB-Controller aufrüsten oder von vorneherein einen Mikrocontroller mit integrierter USB-Schnittstelle einsetzen.

ISBN 90-5381-212-1 • € 27,50 • CHF 45.90



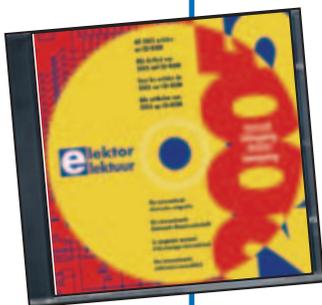
NEU

## CD-Elektor 2005

### Alle Artikel von 2005 auf CD-ROM

Die CD-Elektor 2005 enthält alle Elektor-Beiträge des Jahrgangs 2005. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche, die zentral alle Jahrgangs-CD-ROMs von Elektor verwaltet und archivumfassende Inhaltsübersichten und Recherchen ermöglicht.

ISBN 90-5381-202-4 • € 25,00 • CHF 41.90



## Elex-DVD

### Alle 58 Elex- und ESM-Ausgaben auf DVD

Aufgrund der anhaltend großen Nachfrage in den letzten Jahren nach verschiedenen Elex-Schaltungen, haben wir alle Elex- und ESM-Ausgaben (erschieden zwischen 1982 und 1992) digitalisieren lassen und zu dieser Grundlagen-DVD für Elektronik-Einsteiger zusammengestellt.

ISBN 3-89576-164-8 • € 19,90 • CHF 32.90



## Reinigungsroboter selbstgebaut

Der Betrieb von Robotern stellt heute keine echte Herausforderung dar und wird schnell langweilig, zumal sie in der Regel auch keine echte Aufgabe erfüllen können.

Besonders beeindruckend ist es, wenn ein Roboter sich nicht nur mehr oder weniger geschickt umher bewegt, sondern dabei gleichzeitig noch das Zimmer reinigt. Dieses Buch stellt verschiedenste Möglichkeiten zum Selbstbau von Reinigungsrobotern vor.



224 Seiten (kartoniert) • ISBN 3-89576-166-4

€ 34,80 (D) • € 35,80 (A) • CHF 59.90

## 309 Schaltungen

Das mittlerweile 10. und voraussichtlich auch letzte Buch aus Elektor's erfolgreicher Schaltungsreihe bietet neue Konzepte und einen unerschöpflichen Fundus zu allen Bereichen der Elektronik: Audio & Video, Spiel & Hobby, Haus & Hof, Prozessor & Controller, Messen & Testen, PC & Peripherie, Stromversorgung & Ladetechnik sowie zu Themen, die sich nicht katalogisieren lassen.

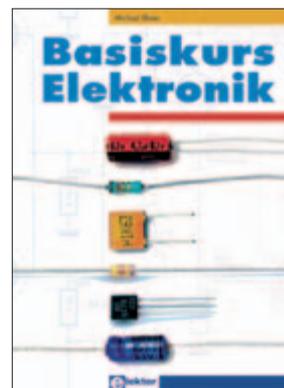


544 Seiten (kartoniert) • ISBN 3-89576-163-X

€ 32,00 (D) • € 32,90 (A) • CHF 54.90

## Basiskurs Elektronik

Wer auf Elektronik-Kenntnisse für den täglichen Gebrauch Wert legt, muss nicht unbedingt den wissenschaftlichen Hintergrund bis ins letzte Detail studieren. So ist es auch nicht erforderlich, jedes „exotische“ Bauteil und jede mögliche Schaltungsvariante zu kennen. Wer sich mit den gemachten Aussagen identifizieren kann, hält mit diesem Buch das richtige Werk in Händen.



272 Seiten (kartoniert) • ISBN 3-89576-159-1

€ 24,90 (D) • € 25,60 (A) • CHF 39.90

Schweiz: Thali AG  
Industriestraße 14  
CH-6285 Hitzkirch  
Tel. 041/919 66-66  
Fax 041/919 66-77  
bestellung@thali.ch

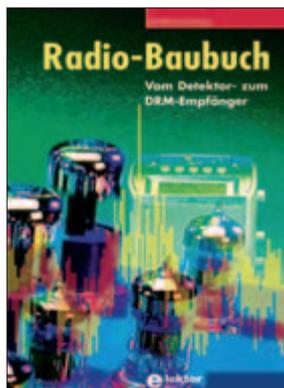
Österreich: Alpha Buchhandel  
Wiedner Hauptstraße 144  
A-1050 Wien  
Tel. 01/585 77 45  
Fax 01/585 77 45 20  
alpha@austrodata.at

elektor-Sortiment finden Sie im Internet unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

## Radio-Baubuch

### Vom Detektor- zum DRM-Empfänger

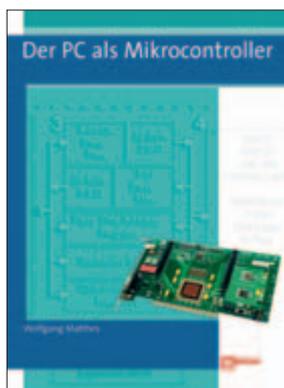
Lange Zeit war das Radiobasteln der Einstieg in die Elektronik. Inzwischen gibt es zwar auch andere Wege, vor allem über Computer, Mikrocontroller und die Digitaltechnik. Allerdings kommen die analogen Wurzeln der Elektronik oft zu kurz. Die Radio-technik eignet sich besonders gut als Lernfeld der Elektronik, weil man hier mit den einfachsten Grundlagen beginnen kann.



208 Seiten (kartoniert) • ISBN 3-89576-160-5  
€ 29,80 (D) • € 30,70 (A) • CHF 49.90

## Der PC als Mikrocontroller

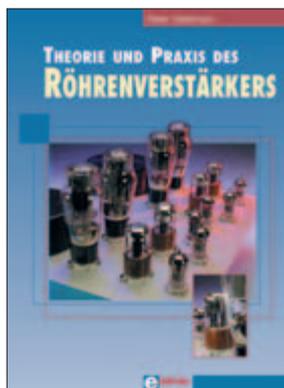
Es ist nichts besonderes, dass Personalcomputer (PCs) zum Steuern x-beliebiger Einrichtungen und zur Programmentwicklung für Mikrocontroller verwendet werden. Moderne Personalcomputer sind aber für ganz andere Anwendungen ausgelegt. Die heutige Systemsoftware ist sehr komfortabel, verhindert aber den direkten Zugriff auf die Hardware.



336 Seiten (kartoniert) • ISBN 3-89576-151-6  
€ 39,80 (D) • € 41,00 (A) • CHF 67.90

## Theorie und Praxis des Röhrenverstärkers

Es ist heute nicht mehr ganz einfach, ein Buch über Röhren zu verfassen, da in den letzten Jahrzehnten viel Wissen über dieses interessante Gebiet verloren gegangen ist. Genau das aber ist einer der Gründe, warum dieses Buch geschrieben wurde. Der Autor hat sich zur Aufgabe gemacht, die für den Einsatz von Röhren im Audibereich bedeutsamen theoretischen und praktischen Kenntnisse zu bündeln und darzustellen.



253 Seiten (kartoniert) • ISBN 3-89576-161-3  
€ 34,80 (D) • € 35,80 (A) • CHF 59.90

# ELEKTOR- BESTSELLER

(AUGUST 2006)

## TOP 10 Bücher

### 309 Schaltungen

ISBN 3-89576-163-X € 32,00



### 2 Radio-Baubuch

ISBN 3-89576-160-5 € 29,80

### 3 Reinigungsroboter selbstgebaut

ISBN 3-89576-166-4 € 34,80

### 4 Basiskurs Elektronik

ISBN 3-89576-159-1 € 24,90

### 5 Embedded Robotics

ISBN 3-89576-155-9 € 39,80

### 6 Theorie und Praxis des Röhrenverstärkers

ISBN 3-89576-161-3 € 34,80

### 7 C-Programmierung für 8051er (1-3)

ISBN 3-89576-170-2 € 99,00

### 8 Visual Basic ohne Stress

ISBN 3-89576-150-8 € 36,00

### 9 High-End mit Röhren

ISBN 3-89576-157-5 € 39,80

### 10 Der PC als Mikrocontroller

ISBN 3-89576-151-6 € 39,80

## TOP 5 CD-ROMs

### USB-Toolbox

ISBN 90-5381-212-1 € 27,50

### 2 Elex-DVD

ISBN 3-89576-164-8 € 19,90

### 3 CD-Elektor 2005

ISBN 90-5381-202-4 € 25,00

### 4 ECD 3

ISBN 90-5381-159-1 € 22,50

### 5 Domotik

ISBN 90-5381-195-8 € 19,90



## Bausätze & Module

### Elektor-RFID-Reader

(Elektor September 2006)

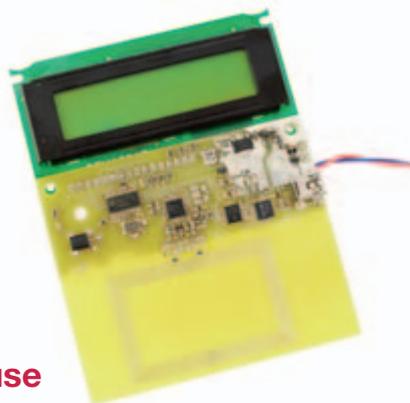
Bestückte und getestete Platine

- Lesen und Schreiben von 13,56-Hz-RFIDs
- USB-Anschluss für PC
- MIFARE und ISO 14443-A-kompatibel
- USB-Kabel inklusive
- Programmierbar

Ohne LC-Display und Gehäuse (nur für Mobilbetrieb benötigt)

Art.-Nr. 060132-1

€ 59,95



### LC-Display

Art.-Nr. 030451-72

€ 10,50

### Passendes Gehäuse

Art.-Nr. 060132-71

€ 12,95

### GBPS – die Gameboy-SPS

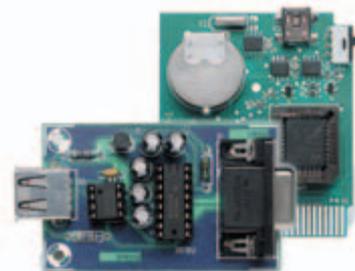
(Fertig aufgebautes Modul + I<sup>2</sup>C-I/O-Box)

(Elektor Juli/August 2006)

### GBPS-Modul

Art.-Nr. 050190-92

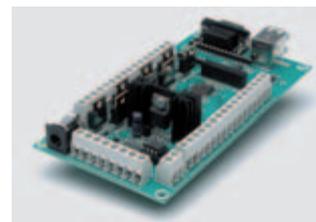
€ 149,00



### I<sup>2</sup>C-I/O-Box

Art.-Nr. 060098-91

€ 149,00



### Kombipaket (Modul + I<sup>2</sup>C-I/O-Box)

Jetzt nur noch € 219,00 !

#### OKTOBER 2006 (Nr. 430)

##### PIC-Debugger/Programmer

050348-1	Platine	7,50
050348-41	Programmierer Controller	25,95
050348-71	Bausatz (Platine, programmierter Controller und alle Bauteile)	49,95

##### GBEKG (EKG mit GameBoy)

050280-91	Bestückte und getestete Platine	79,95
-----------	---------------------------------	-------

##### EKG mit Soundkarte

040479-1	Platine	7,50
040479-81	Software-CD	7,50

#### SEPTEMBER 2006 (Nr. 429)

##### Elektor-RFID-Reader

060132-91	Bestückte und getestete Platine	59,95
030451-72	LC-Display	10,50
060132-71	Passendes Gehäuse	12,95
060132-81	Software-CD-ROM	7,50

##### Experimenteller RFID-Reader

060221-41	Programmierer Controller	12,95
060221-11	Software-Diskette	7,50

##### DiSeqC-Monitor

040398-41	Programmierer Controller	7,95
040398-11	Software-Diskette	7,50

##### USB/DMX512-Interface

060012-41	Programmierer Controller	9,95
060012-11	Software-Diskette	7,50

#### JULI/AUGUST 2006 (Nr. 427/428)

##### Servo-Tester

040172-11	Software	7,50
040172-41	Programmierer Controller	14,95
040172-71	Bauteilsatz (Platine, programmierter Controller und alle Bauteile)	32,95

##### LED-Thermometer

030190-11	Software (mit Sourcecode)	7,50
030190-41	Programmierer Controller	23,95

##### Zahnputzuhr

050146-11	Software (mit Sourcecode)	7,50
050146-41	Programmierer Controller	9,95

#### IR-Empfänger fürs Wohnzimmer

050233-11	Software (mit Sourcecode)	7,50
050233-41	Programmierer Controller	14,95

#### LCD-Controller

050259-11	Software (mit Sourcecode)	7,50
050259-41	Programmierer Controller	9,95

#### Eindraht-Thermometer mit LCD

060090-11	Software (mit Sourcecode)	7,50
060090-41	Programmierer Controller	14,95

#### GBPS – Gameboy-SPS

050190-1+2	Platine GBPS-Modul + Platine Programmieradapter	16,95
050190-52	Programmierte ICs, deutschsprachig (AM29F040B + PALCE22V10 + 24C256)	15,95
050190-92	GBPS-Modul (bestückt und getestet)	149,00

#### I<sup>2</sup>C-I/O-Box

060098-1	Platine	25,95
060098-91	Bestückte und getestete Platine	149,00

#### JUNI 2006 (Nr. 426)

##### Netzwerkabel-Tester

050302-1	Platine	11,95
050302-11	Diskette mit Source- und Hexcode	7,50
050302-41	Programmierer Controller	24,50

##### Stereo-Tester

050268-1	Platine	16,95
----------	---------	-------

#### MAI 2006 (Nr. 425)

##### Autonomer OBD-2-Analyser

050176-41	Programmierer Controller	14,95
050176-71	Bausatz mit Platine Mini-Mega-Board + Programmieradapter mit allen Bauteilen, inklusive programmiertem Controller (ohne Display)	35,95
050176-73	LCD mit 4 x 20 Zeichen und Hintergrundbeleuchtung	41,95

Das komplette Lieferprogramm mit allen noch lieferbaren Platinen finden Sie im Internet unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

## Elektor-Röhren-Sonderheft 2

Auf etwa 100 Seiten finden Sie interessante und informative Themen, u. a. diese:

- Wie verhalten sich Röhren in Gitarrenverstärkern?
- Welche Vorstufenröhre ist die richtige?
- Welchen Einfluss hat die Qualität des Vakuums?

Bauprojekte sind u. a.:

- Mikروفonvorverstärker in Röhrentechnik
- Röhren-Experimentier-netzteil
- Federhall
- Wah-Wah
- HiFi-Endstufe für Einsteiger



**Jetzt (noch) erhältlich!**

€ 15,90 (D)

€ 16,40 (A)

CHF 25.90

Sichern Sie sich noch heute Ihr Exemplar unter  
Tel. +49 241 88 909-0  
Fax +49 241 88 909-77  
E-Mail: [vertrieb@elektor.de](mailto:vertrieb@elektor.de)

**Schweiz: Thali AG**  
Industriestraße 14 • CH-6285 Hitzkirch  
Tel. 041/919 66-66 • Fax 041/919 66-77  
[bestellung@thali.ch](mailto:bestellung@thali.ch)

**Österreich: Alpha Buchhandel**  
Wiedner Hauptstraße 144 • A-1050 Wien  
Tel. 01/585 77 45 • Fax 01/585 77 45 20  
[alpha@austrodata.at](mailto:alpha@austrodata.at)

**Erhältlich bei Ihrem Buch- und Zeitschriftenhändler oder direkt beim Verlag ordern**

### INSERENTENVERZEICHNIS OKTOBER 2006

Beta-Layout . . . . .	<a href="http://www.pcb-pool.com">www.pcb-pool.com</a> . . . . .	14
Cadsoft Computer . . . . .	<a href="http://www.cadsoft.de">www.cadsoft.de</a> . . . . .	15
Conrad . . . . .	<a href="http://www.conrad.de">www.conrad.de</a> . . . . .	42, 43
Datentechnik Dr. Müller . . . . .	<a href="http://www.stepwalk.de">www.stepwalk.de</a> . . . . .	7
Decision-Computer . . . . .	<a href="http://www.decision-computer.de">www.decision-computer.de</a> . . . . .	7
EMIS . . . . .	<a href="http://www.emisgmbh.de">www.emisgmbh.de</a> . . . . .	7
Future . . . . .	<a href="http://www.ftdichip.com">www.ftdichip.com</a> . . . . .	88
GTU Laser Technik . . . . .	<a href="http://www.gtu-laser.de">www.gtu-laser.de</a> . . . . .	7
Haase Computertechnik . . . . .	<a href="http://www.team-haase.de">www.team-haase.de</a> . . . . .	59
HM Funktechnik . . . . .	<a href="http://www.hmradio.de">www.hmradio.de</a> . . . . .	7
Intronix Test Instruments . . . . .	<a href="http://www.pcTestInstruments.com">www.pcTestInstruments.com</a> . . . . .	53
Kleinanzeigen . . . . .		63
Reichelt . . . . .	<a href="http://www.reichelt.de">www.reichelt.de</a> . . . . .	2, 3

## NEU 309 Schaltungen

**309 Schaltungen** – das zehnte Buch innerhalb der „Dreihunderter-Reihe“. 309 Schaltungen und neue Konzepte in einem Buch sind ein (fast) unerschöpflicher Fundus zu allen Bereichen der Elektronik: Audio & Video, Spiel & Hobby, Haus & Hof, Prozessor & Controller, Messen & Testen, PC & Peripherie, Stromversorgung & Ladetechnik sowie zu Themen, die sich nicht katalogisieren lassen.

**309 Schaltungen** – enthält viele komplette Problemlösungen, zumindest aber die Idee hierzu. Nicht zuletzt sind die 309 Schaltungen der Anstoß zu ganz neuen Überlegungen.

**309 Schaltungen** – sind eine Zusammenfassung der Beiträge aus den Halbleiterheften 2003 bis 2005. Die Halbleiterhefte sind die jährlichen Doppelausgaben Juli/August der Zeitschrift Elektor.

544 Seiten (kartoniert)

Format 14 x 21 cm

ISBN 3-89576-163-X

€ 32,00 (D)

€ 32,90 (A)

CHF 54.90

## 309 Schaltungen



**DER ELEKTOR-KLASSIKER SCHLECHTHIN**

Jetzt direkt beim Verlag ordern mit der Bestellkarte am Heftende oder:

**Elektor-Verlag GmbH**  
Süsterfeldstraße 25 • 52072 Aachen  
Tel. 02 41/88 909-0 • Fax 02 41/88 909-77  
[vertrieb@elektor.de](mailto:vertrieb@elektor.de) • [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

**Schweiz: Thali AG**  
Industriestraße 14 • CH-6285 Hitzkirch  
Tel. 041/919 66-66 • Fax 041/919 66-77  
[bestellung@thali.ch](mailto:bestellung@thali.ch)  
**Österreich: Alpha Buchhandel**  
Wiedner Hauptstraße 144 • A-1050 Wien  
Tel. 01/585 77 45 • Fax 01/585 77 45 20  
[alpha@austrodata.at](mailto:alpha@austrodata.at)

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

### CHIPKARTEN-PROGRAMMIERER

Für das Entwickeln oder Testen von Schaltungen in Verbindung mit Chipkarten benötigt man passende Karten-Lese- und Programmiergeräte. Da es sehr viele unterschiedliche Arten von Chip- und Smartkarten gibt, stellen wir in der nächsten Ausgabe zwei Karten-Programmierer vor, die den größten Teil der Angebotspalette abdecken. Der eine Leser eignet sich für Karten vom Typ FUN und Jupiter, der zweite für die Typen Phoenix, SmartMouse und JDM. Dazu gehört natürlich auch ein umfangreicher Grundlagenartikel, der über die wesentlichen Eigenschaften und Protokolle informiert.



### TEST LÖTSTATIONEN

Eine Lötstelle ist nur so gut, wie es Lötmaterial und Lötwerkzeug zulassen. Ohne eine geeignete Lötstation wird es unnötig schwierig, ein gutes Ergebnis zu erzielen, und bei SMDs braucht man ohne das richtige Equipment erst gar nicht anzufangen. Für den Test haben wir eine Auswahl aus dem Marktangebot im Preisbereich von etwa 40 bis 400 Euro getroffen. Im Endeffekt haben wir 15 Lötstationen in einem Praxistest im Labor unterzogen. Über die nicht immer zu erwartenden Ergebnisse lesen Sie im nächsten Heft.

### USB-STICK MIT ARM UND RS232

Was der Titel verspricht, hält die Schaltung auch: Die eierlegende Wollmilchsau, die endlich den „missing link“ zwischen Mikrocontroller und PC überbrückt. Dank eines ARM-Controllers und ausgeklügelter Software ist der Flash-Speicher auf der Mikrocontroller-Seite RS232-kompatibel und auf der PC-Seite USB-kompatibel. Der Flash-Speicher ist intelligenterweise nicht fest bestückt, sondern als Slot für eine MMC- oder SD-Karte ausgeführt. Somit kann man sehr kostengünstig speichern und die Kapazität flexibel an die Aufgabe anpassen. Auf der USB-Seite verhält sich die Schaltung wie ein USB-Stick. Der Zugriff vom Microcontrollersystem auf den Stick erfolgt über einen Treiber, der über einen Satz von vordefinierten Befehlen verfügt. Er wird einfach in das vorhandene Programm eingebunden. Somit erweitert der USB-ARM-Stick jedes Mikrocontrollersystem mit einem Megabyte-starken Laufwerk, das gleichzeitig auch USB-kompatibel ist und sich in idealer Weise für Datenlog-Funktionen eignet.



## EXTRA: ERGEBNIS R8C-WETTBEWERB!

Die besten Entwicklungen mit dem populären R8C-Mikrocontroller!

Änderungen vorbehalten!

ELEKTOR gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Ein Verzeichnis finden Sie unter: <http://www.blauerglobus.de> Sie können ELEKTOR auch direkt bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de) bestellen.



## Die Elektor-Website - Service & News!

In dem **projektorientierten System** hat man alles, was zu einem Projekt gehört, auf einer Seite im Blick: Artikel-Download im PDF-Format, Software-Download, Bestellmöglichkeiten und auch Korrekturen und Ergänzungen.

#### Unser Service:

- Mikrocontroller-Experten-Forum
- Leser-Forum
- Elektronik-News
- Online-Shop
- Kostenloser Newsletter
- FAQs

#### Die aktuellen Top-10-Downloads\*:

- Der R8C und seine Familie
- FPGA-Chamäleon-Chip
- Hexadoku
- FPGA-Experimentierplatine
- Baukastensystem für Elektroniker
- Mailbox
- Visual-Basic ohne Stress
- E-blocks & Flowcode
- Serial2Bluetooth
- ELEKTOR-RFID-Reader

\* nur Artikel-Downloads

The screenshot shows the Elektor website interface. At the top, there's a navigation bar with 'elektor' logo and 'I-TRIXX' branding. Below that, there are several sections: 'Hier bestellen' with a 'Gratis RFID Karte' offer, 'Das ELEKTOR RFID Projekt' with an article about RFID technology, and 'Angebote' listing various products like 'Platine bestückt, maximale Kabel für RFID-Reader' and 'Passendes Display für RFID-Reader'. The article text discusses the future of RFID chips and mentions a contest where users can win an RFID reader by submitting their own designs.



Informationen über unsere Bücher, Sonderhefte, CD-ROMs, Platinen, Software und Module entnehmen Sie bitte den Verlagsanzeigen und der Service-Seite in jeder Ausgabe. Natürlich können Sie uns auch für Produktinformationen anrufen: Tel. 02 41/88 909-0 (Preisänderungen oder Druckfehler vorbehalten. Lieferung nur solange der Vorrat reicht. Mit Erscheinen dieses Heftes sind alle vorherigen Preise/Angebote ungültig.)

### **elektor-ABONNEMENT**

Im Vergleich zum Einzelheftkauf am Kiosk sparen Sie als **elektor-Abonnent** beim Jahresabonnement € 8,85. Nutzen Sie die speziellen Vorteile und Angebote für Elektor-Abonnenten und kreuzen Sie an:

- Ich bin **elektor-Abonnent**.
- Ich möchte nun Abonnent werden. Für mich gelten schon jetzt die speziellen Angebote für Abonnenten. Ich habe umseitig den gültigen Abonnentenpreis eingetragen.

Unterschrift neuer Abonnent: \_\_\_\_\_

Ich weiß, dass ich eine Woche nach Absendung (Poststempel) beim Elektor-Verlag das Abonnement schriftlich widerrufen kann.

Dies bestätige ich hier mit meiner 2. Unterschrift: \_\_\_\_\_

(Mein Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn ich nicht spätestens zwei Monate vor Ablauf schriftlich kündige.)



Hier ist meine Anschrift:

Name, Vorname \_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Land \_\_\_\_\_

Geburtsstag \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH**  
**Süsterfeldstraße 25**  
**52072 Aachen**

### **ABSENDER**

Abonnenten aufgepasst!  
Bitte kleben Sie hier Ihren Adressaufkleber!

Name, Vorname \_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Land \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Hier ist meine Anschrift:

Name, Vorname \_\_\_\_\_

Straße, Nr. \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Land \_\_\_\_\_

Geburtsstag \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Innerhalb  
Deutschlands  
kein Porto  
nötig!

Antwort

**Elektor-Verlag GmbH**  
**Süsterfeldstraße 25**  
**52072 Aachen**





# Jeden Monat Neues von den Elektronik-Insidern

**In dieser Ausgabe:**

**GRATIS-DVD MIT ELEKTRONIK-SIMULATIONSPROGRAMMEN**

Demo-, Test- und Vollversionen



**In der nächsten Ausgabe:  
PRAXISTEST LÖTSTATIONEN**

15 Geräte zwischen 40 und 400 € im Labortest

**Jeden Monat alles wissen?**

**WENN SIE JETZT ELEKTOR ABONNIEREN,**

erhalten Sie als Dankeschön diese super-helle  
1W Luxeon-LED-Taschenlampe von ANSMANN

im Wert von ca. 50,- EUR

(ohne Zuzahlung)!



Verwenden Sie bitte für Ihre Abobestellung  
die portofreie Bestellkarte am Heftende.

**elektor**

Wir bieten auch eine große Auswahl an kostengünstigen USB-Interface-Modulen und -Kabeln, die sich optimal für die Implementierung von kundenindividuellen Designs bis hin zu Lösungen für die Massenproduktion eignen. In unserem Online-Shop können Sie mit Kreditkarte bezahlen – wir berechnen keinen Mindestauftragswert!

### TTL-232R USB mit TTL seriellem I/F Kabel

**£11.10** - €16.35

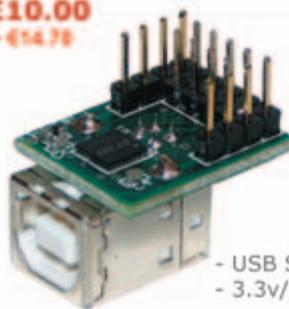


- Einfache Verbindung der 5v/3.3v MCU mit dem USB
- voll kompatible 5v I/O Signalpegel
- 3.3v I/O Version verfügbar
- TTL UART Interface
- FTDI VCP oder D2XX Treiber verfügbar
- 6-poliges Kabel, 1,8 m lang
- 6-poliger SIL-Stecker (0,1" Teilung)

- FT232RQ im USB-Stecker Typ "A" integriert
- Datentransferraten von 300 Baud bis 3M Baud
- RTS/CTS oder X-ON/X-OFF Handshaking optional

### MM232R Mini-USB-Modul

**£10.00** - €14.75

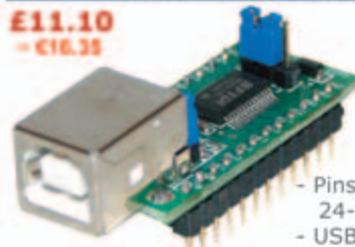


- Microminiatur-USB-Modul
- FT232RQ USB UART
- 0,1" Teilung Pinout
- TXD, RXD, RTS#, CTS# UART Interface-Pins
- Übertragung von 300 Baud bis 3M Baud
- Vier konfigurierbare GPIO-Pins

- USB Self/Bus powered Optionen
- 3.3v/5v I/O Signalpegel-Optionen

### UM232R / UM245R DIL-Modul

**£11.10** - €16.35



- 24 Pin DIL-Format USB-Modul
- FT232RL USB UART (UM232R)
- FT245RL USB FIFO (UM245R)

- Pins an der Unterseite passend für 24-poligen IC-Standardstecker
- USB Self/Bus powered Optionen
- 3.3v/5v I/O Signalpegel-Optionen

- Kompletter Satz UART Interface-Pins (UM232R)
- Alle multifunktionalen CBUS GPIO-Pins verfügbar (UM232R)
- Power Enable Control verfügbar (UM245R)

### DLP-RFID1 USB – RFID Reader / Writer

**£79.50** - €116.00



Kostengünstiges USB angetriebenes Modul zum Lesen und Schreiben von ISO 15693, ISO 18000-3 und Tag-it™ passiven RFID Transponder-Tags.

- Liest und schreibt bis zu 256 Bytes Daten

- Liest den Unique Identifier (UID)
- Integrierte Antenne in der Unit
- Unitgröße 3,25" x 2,3" x 0,83"
- Arbeitsbereich von 2" bis 6" je nach Größe des Transponder-Tag

### DLP-D USB-Security-Dongle

**£6.99** - €10.33



Schützen Sie Ihre Anwendungssoftware mit diesem kostengünstigen USB Software Security-Dongle

- ChipID-Feature vergibt für jeden Dongle eine eindeutige Nummer

- User EEPROM-Bereich ermöglicht das Speichern von Kundeninformationen und Validierungsdaten

- Entwickeln Sie Ihr eigenes Verschlüsselungsschema
- Mit Basic-Demosoftware in VB und VC++

### US232R-10 Premium USB – RS232 Kabel

**£12.50** - €18.40  
10cm version



sieht toll aus und funktioniert sowohl mit MAC-Plattformen als mit PC super.

- High-Tech weiße, glänzende Ummantelung
- Bluelight seitlich LED TX und RX bei Übertragungsverkehr
- Vergoldete USB- und DB9-Stecker
- Lieferform: Einzelhandelsgröße mit Treiber-CD
- Übertragungsraten von 300 Baud bis 1M Baud
- 10 cm Kabellänge (1 m Länge erhältlich zu £ 14.50)

### DLP-Tilt USB-Beschleuniger-Modul

**£27.80** - €40.95



Das DLP-TILT USB-Beschleuniger-Modul hat vier Hauptanwendungsbereiche:

- Vibrationsanalyse
- Kipptaster
- AC-Signalanalyse
- Alternatives Zeigergerät für Zweitastenmaus

- Mit Demosoftware, läuft mit FTDI Virtual COM Port (VCP) Treibern

### UC232R-10 Economy USB RS232 Kabel

**£10.50** - €15.45  
10cm version



- Matte Oberfläche, formschöne, weiße Kunststoffummantelung
- Lieferform: einzeln in antistatischem Beutel
- Große Auswahl an Treibern zum Download auf der FTDI Website
- Übertragungsraten von 300 Baud bis 230K Baud
- 10 cm Kabellänge (1 m Länge nur auf Anfrage erhältlich)

Future Technology Devices Intl. Ltd  
373 Scotland Street  
Glasgow G5 8QB, United Kingdom  
Tel : +44 141 429 2777  
E-Mail : chipshop@ftdichip.com  
Web : www.ftdichip.com

Mengenrabatte möglich  
**Chip Shop** **FTDI Chip**  
\*\* Preise zzgl. Versand und MwSt