

# ELRAD

H 5345

DM 7,50

öS 60,- · sfr 7,50

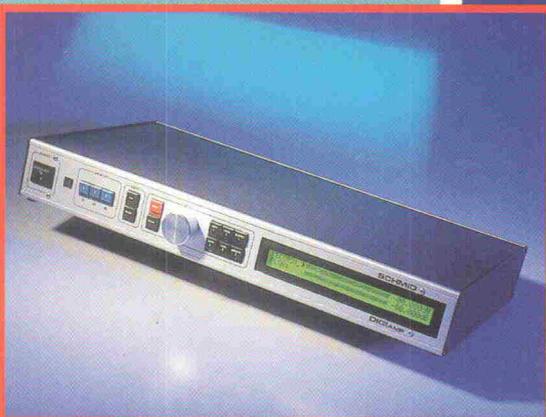
hfl 10,- · FF 25,-



Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

12/96

Vom Himmel hoch ...  
Global Positioning System



Projekt: Digitaler Vorverstärker

BASIC-programmierbar

**ST9040-Controller auf halber Eurokarte**

Simulation

**A/D-Wandler realistisch modelliert**

Grafisch erstellt

**CAE-Tool zur State-Machine-Generierung**

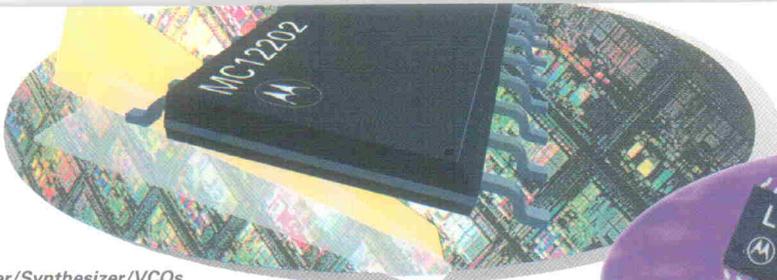
**Neue Akku-Technologie**

**Lithium-Ion-Lader im Test**

EMV-Meßtechnik  
Netze normgerecht  
nachbilden

### 3,3-V-Logik LCX

Logikfamilie zur Reduzierung der Leistungsaufnahme. Ideal für Mixed-Voltage Designs durch 5-V-Toleranz.



### Prescaler/Synthesizer/VCOs

Bausteine für zellulare und schnurlose Mobilfunksysteme wie GSM, PCN und DECT. Extrem niedrige Stromaufnahme und kleinste Gehäuseformen schaffen ideale Bedingungen für Batteriebetrieb.



### ECLinPS Lite: schwarz, klein, schnell

Datentransfer oder Pegelumsetzung bis in den GHz-Bereich bei geringstem Platzbedarf. Motorola-Special: ECL-Bausteine auch für 3,3 V Versorgungsspannung



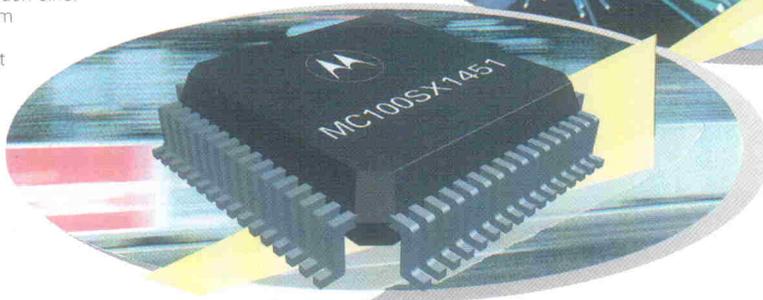
### SCSI-Terminatoren: Spannungsregler an Bord

SCSI-Busse müssen an beiden Enden einer Gerätekette terminiert werden - am einfachsten und besten mit SCSI-Terminierungs-ICs. Motorola bietet Lösungen für alle Standards.



### Optobus

Die Optobus-Technologie ist eine 10 Bit parallele, bi-direktionale optische Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit einer Datenrate von 4 GBit/s. Kombiniert modernste Halbleiter- und Lasertechnologien.



### SDX - Serielle Datenübertragung

Die Autobahn, der erste serielle Hochgeschwindigkeits-Bus mit Übertragungsraten bis zu 200 MByte/s, eröffnet neue Systemlösungen in den Bereichen Telekom, Multimedia und Supercomputing.

# The Logic Allstars



## MOTOROLA

What you never thought possible.

Weitere Informationen: Motorola GmbH, Geschäftsbereich Halbleiter, Schatzbogen 7, 81829 München, Tel. (0 89) 9 21 03 - 5 59, Fax (0 89) 9 21 03 - 5 99. Oder von Ihrem bevorzugten Distributor.  
DEUTSCHLAND: AVNET E2000, München, Tel. 089-4511001, Fax 089-45110254; EBV Elektronik, Kirchheim-Heimstetten, Tel. 089-99114-0, Fax 089-99114-422; Future Electronics, München-Unterföhring, Tel. 089-95727-0, Fax 089-95727-140; Jermyn, Limburg, Tel. 06431-508-0, Fax 06431-508289; Müttron, Müller, Bremen, Tel. 0421-30560, Fax 0421-3056146; SASCO SEMICONDUCTOR, Putzbrunn, Tel. 089-4611-0, Fax 089-4611270; SPOERLE ELECTRONIC, Dreieich, Tel. 06103-304-0, Fax 06103-304201 / 30 4304.  
ÖSTERREICH: EBV Elektronik, Wien, Tel. 01-8941774, Fax 01-8 941775; Elbatex, Wien, Tel. 01-86642-0, Fax 01-86642-400; SPOERLE ELECTRONIC, Wien, Tel. 01-3187270-0, Fax 01-3692273.  
SCHWEIZ: Elbatex, Wettingen, Tel. 056-275 111, Fax 056-275 411; EBV Elektronik, Dietikon, Tel. 01-7456161, Fax 01-74 15 110; SPOERLE ELECTRONIC, Opfikon-Glattbrugg, Tel. 01-8746262, Fax 01-8746200.

# Virtuelle Energie

Stille im Handy, Blackout auf dem LC-Display – alltäglicher Horror der mobilen Gesellschaft. Wieder einmal ist der Akku leer. Leicht, kraftvoll und möglichst unauffällig soll er in den Werkzeugen der Wichtigen wirken. In der Realität stellt der Akku jedoch ein permanentes Ärgernis dar.

Abhilfe verspricht eine Technologie namens Lithium-Ion. Seit Jahren schon preisen PR und Werbung diverser Hersteller das neue Akkusystem. Die Ankündigungsphase scheint überstanden. Schließlich sind bereits erste Geräte mit den kleinen Kraftpaketen ausgerüstet. Zeit für einen Test.

Nach reiflicher Überlegung steht das Testkonzept. Ein Griff zum Telefonhörer und die Nummer eines großen deutschen Batterieherstellers gewählt: 'Vor einiger Zeit haben Sie mir doch diese interessante Pressemitteilung über ihre neuen Lithium-Ionen-Zellen geschickt. Wir würden gern die dazugehörigen Ladecontroller testen. Ich benötige dazu ein paar Zellen.' Am anderen Ende der Leitung herrscht betretenes Schweigen.

Nur Mut, es gibt ja noch mehr Hersteller. Doch nach etlichen Telefonaten wächst die Verwunderung: Die Versuche bei der Konkurrenz bleiben ebenfalls allesamt fruchtlos. Der Test ist gefährdet. Keiner der Batteriehersteller kann oder will auch nur eine einzige Zelle liefern.

Die Diskrepanz zwischen Ankündigung, Angebot und Lieferbarkeit eines Produkts weckt zwangsläufig den Wühltrieb des Journalisten. Dabei trifft man auf skurrile Blüten. So betätigt sich eine japanische Firma als Pack-Knacker. Dieser Dealer bricht fabrikneue Akku-Packs von Handies und Camcordern auf und liefert beispielsweise zwei kleine Rundzellen zu Schwarzmarktpreisen von 300 Dollar an jeden Ort der Welt. Sollen wir zu diesen Konditionen ordern?

Ein Blick auf die veröffentlichten Verkaufszahlen von Lithium-Ionen-Akkus – die Verblüffung steigt. Bereits im Mai 1995 zog in Japan der monatliche Umsatz wertmäßig mit dem Umsatz von Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Akkus gleich. Aber eben nur in Japan – nach Europa ist die Welle noch nicht geschwappt. Lediglich eine französische Firma hat jüngst die Fertigung aufgenommen.

Zum Glück kann die deutsche Niederlassung eines großen japanischen Konzerns mit einem Camcorder-Pack aus einer nagelneuen Digitalkamera aus helfen. Die Firma besitzt derzeit das größte Know-how in Sachen Lithium-Ion. Ihr Talent zur praktischen Umsetzung der Idee hat selbst durch den Brand ihrer Akku-Fabrik vor einem Jahr keinen gravierenden Rückschlag erlitten.

Neben dem Engagement einzelner Firmen gibt es einen weiteren Garanten für Nippons Erfolg im Hightech-Sektor – das Ministry of International Trade and Industry, kurz MITI. Die Handelspolitik in bezug auf Lithium-Ion ist ein Paradebeispiel für den gezielten Aufbau neuer Märkte.

Der eingangs angefragte deutsche Hersteller forschte zwar schon frühzeitig an der Lithium-Ion-Front. Für die wirtschaftliche Umsetzung zieht sich die Traditionsfirma jedoch auf die Konfektionierung von Packs aus zugekauften Zellen zurück. Der Osten produziert, der Westen verpackt – das entscheidende Know-how wächst anderswo.

Trotz aller Anlaufschwierigkeiten mit der neuen Batterietechnologie nimmt Lithium-Ion gewaltig Fahrt auf. Schon zur Jahrtausendwende, so schätzen nicht nur die Hersteller, werden die Akkus bereits den Markt beherrschen. Notebooks und Palmtops gibt es dann kaum noch ohne diese Energiespeicher. Und schon im kommenden Frühjahr rollen bei Nissan die ersten hundert Elektroautos mit Lithium-Ionen-Akkus vom Band. Bis jedoch die Elektroversion des Mercedes Smart-Car mit der gleichen Kraftquelle produktionsreif ist, vergehen wohl noch mehrere Kirschblüten.

Carsten Fabich

Carsten Fabich



## Projekt

### Der Neuner

Bisweilen verbergen sich abseits der ausgetretenen Pfade interessante Blümchen im Dickicht der Mikrocontrollerwelt. Ein Beispiel dafür ist SGS-Thomsons ST9-Serie. Aufbauend auf einem registerorientierten 8/16-Bit-Kern mit Programm- und Datenspeicher bieten die Neuner jede Menge optionale Peripherie wie A/D-Wandler, Timer/Counter, oder I/O-Ports. Ein vielseitiger und reichlich ausgestatteter Vertreter dieser Familie ist der ST9040 – von ELRAD präsentiert auf der halben Eurokarte. Ein BASIC-Interpreter und eine Entwicklungsumgebung unter Windows machen seine Features leicht zugänglich.

Seite 54

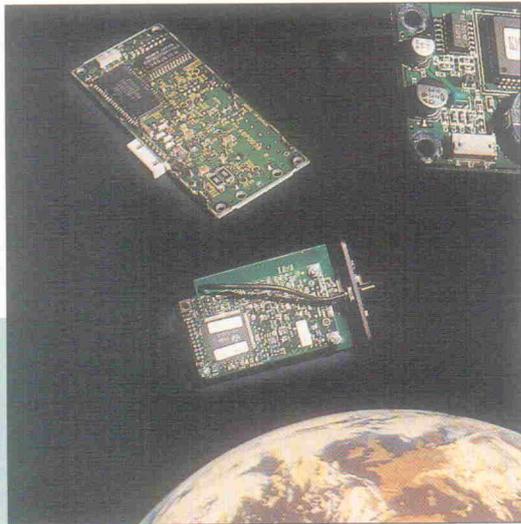


## Projekt

### Digitaler Vorverstärker

Digitale Signalverarbeitung konnte sich im HiFi-Bereich bisher nur bei Peripheriegeräten durchsetzen. In einer Design-Studie zeigt ELRAD, wie sich ein digitaler Vorverstärker entwickeln läßt, der einen herkömmlichen, analogen Audio-Vorverstärker vollkommen ersetzen kann – durch konsequente Ausnutzung der Möglichkeiten des S/P-DIF-Formats und der am Markt eingeführten DSPs. Das Gerät verfügt über vier optische und zwei koaxiale Eingänge sowie zwei optische und zwei koaxiale Ausgänge. Es ist über eine Infrarot- oder Kabelfernsteuerung zu bedienen, und die Software ist als Sourcecode frei verfügbar.

Seite 30



## Technologie-Report

### Vom Himmel hoch ...

Wenn heutzutage Reinhold Messner mit einem GPS-Handy praktisch 'elektronisch gesteuert' zum Nordpol und zurück läuft, ist das immer wieder eine Meldung wert. Der ELRAD-Report beschäftigt sich dagegen mit den weniger medienwirksamen Anwendungen des Global Positioning System. Dazu gehören beispielsweise neue OEM-Boards, Chipsätze und nützliche Software für die Lösung von Problemen, die man mit einem Kompaß nicht hatte.

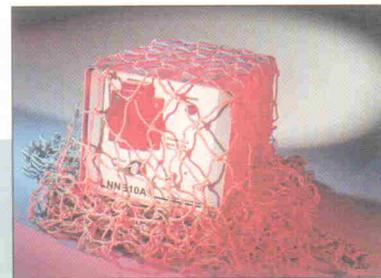
Seite 36

## PreView

### Programmzeichner

Ohne CAE-Werkzeug verliert man beim Entwurf komplexer State Machines für Logikschaltungen oder Controller-Programme schnell die Übersicht. Dagegen hilft BetterState, ein grafischer Editor zur Erstellung und Bearbeitung von Zustandsdiagrammen. Das Windowstool gibt Quelltext in C/C++, VHDL, Verilog oder Java für die Weiterverarbeitung mit einschlägigen Compilern aus. Wie das Konzept 'Grafik rein, Programm raus' umgesetzt ist, untersucht das PreView ab

Seite 24

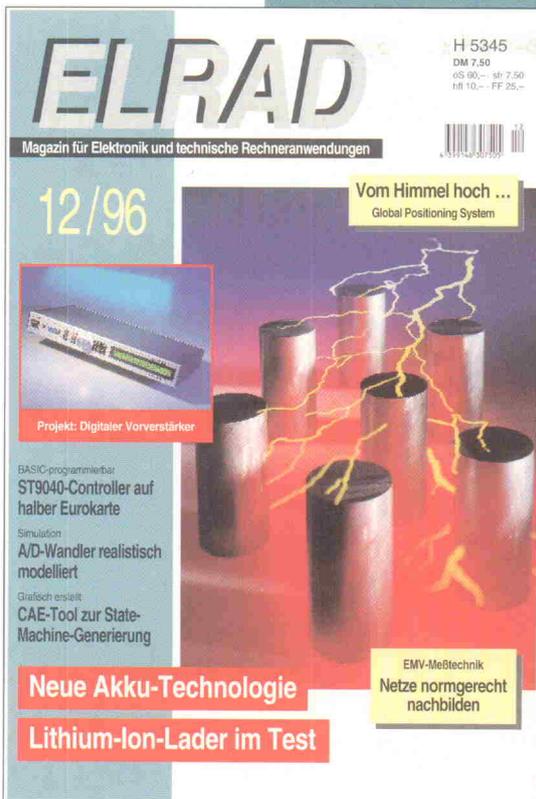


## Entwicklung

### Normnetz

Das EMV-Meßlabor konfrontiert den Meßtechniker mit vielen Geräten, die nicht zum normalen Repertoire gehören. Eines dieser Hilfsmittel ist die Netznachbildung, wobei der unbedarfte Elektroniker zunächst an eine aktive Stromquelle denken mag. Gemeint ist jedoch eine rein passive Schaltung, die eine reproduzierbare und normgerechte Messung leitungsgeführter Störungen ermöglicht. Wie die teure Blackbox genau funktioniert und wie man sie korrekt anwendet, erläutert der Beitrag auf

Seite 66



SEITE 30

SEITE 54

SEITE 62

SEITE 24

SEITE 44

36 SEITE

66 SEITE

## Lithium-Ion

3C lautet die Zauberformel für die Zukunft der Akku-Märkte. Camcorder, Computer und Cellular bilden den Kuchen, von dem sich jeder ein Stückchen abschneiden möchte. Die Attraktivität der 3C-Produkte hängt aber nicht nur von technischen Feinheiten ab, sondern auch von ihrem Gewicht sowie den Betriebs- und Stand-by-Zeiten. Lithium-Ionen-Akkumulatoren sind dabei ein entscheidender Faktor für die ständige Bereitschaft der elektronischen Helferlein. Über Funktion und Ladetechnik der neuen, leichten Stromspeicher berichten zwei Beiträge ab

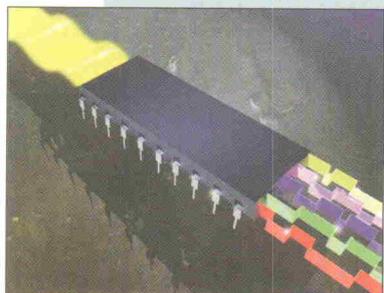
Seite 42

### Grundlagen

## Mehr gläserne Wandler

Bei der Erstellung von Makromodellen für die Simulation gemischt analog/digitaler Systeme beruht vieles auf Erfahrung und der Kenntnis des verwendeten Simulators. Denn für diese Art von Ersatzbeschreibungen stehen keine standardisierten Verfahren zur Verfügung. Am konkreten Beispiel des 8-Bit-A/D-Umsetzers ADC0803 zeigt der Beitrag, wie durch geeignete Ansätze eine praxisnahe Beschreibung und damit aussagefähige Simulationsergebnisse entstehen.

Seite 62



# Inhalt 12/96

## aktuell

Firmenschriften & Kataloge	9
Gehäuse	10
Steckverbinder	11
Elektromechanik	12
Stromversorgung	14
Speicher	15
Automatisierung	16
Meßtechnik	17
Medien	20
DSP Deutschland 96	22
9. Mikroprozessor-Forum in San Jose	23

## Test

<i>PreView: Programmzeichner</i>	
Grafischer Softwareentwurf für State Machines	24
<i>PreView: Vier auf einen Streich</i>	
Digitales Speicheroszilloskop LC534 von LeCroy	26
<i>PreView: Verifikator</i>	
Automatisch testen mit VGEN, PSI und SCAT	28
<i>Volltanken, bitte!</i>	
Ladecontroller für Lithium-Ionen-Akkumulatoren	44

## Report

<i>Vom Himmel hoch ...</i>	
Global Positioning System: Produkte, Software, Stand der Entwicklung	36

## Projekt

<i>Digitale Vorverstärker (1)</i>	
Designstudie für einen HiFi-Vorverstärker	30
<i>Der Neuner</i>	
ST9040 auf halber Eurokarte mit BASIC-Interpreter	54
<i>Test the FLASH (2)</i>	
Tongenerator im FLASHlogic-Evaluationboard	58

## Entwicklung

<i>Normnetz</i>	
Die Netznachbildung in der EMV-Meßtechnik	66
<i>Schaltungsentwicklung mit VHDL (2)</i>	
Verhaltensbeschreibung	76

## Grundlagen

<i>Kraftpakete</i>	
Lithium-Ionen-Akkumulatoren	42
<i>Mehr gläserne Wandler (1)</i>	
Modellierung und Simulation eines A/D-Umsetzers	62
<i>Symbolisch Rechnen (5)</i>	
Symbolische Analyse des $\mu A741$	81
<i>Signal Processing (13)</i>	
Digitale Signalverarbeitung: Surround-Decoder, adaptive Filter	84
<i>Die ELRAD-Laborblätter</i>	
Analogtechnik (8)	90

## Rubriken

Editorial	3
Briefe	7
Radio und TV: Programmtips	18
Die Inserenten	103
Impressum	103
Dies & Das	104
Vorschau	104

## Mo**bi**les DOS

100% DOS kompakt



- Programmierung in jeder Sprache (C, Pascal, ...)
- ca. 20 Std. Akkubetrieb!
- beleuchtetes LCD mit 64x128 Pix. / 8x21 Z.
- 5 x 9 oder 3 x 7 Tasten
- serielle Schnittstelle
- gut für *spezielle Lösungen*:
- noch Platz im Gehäuse
- Hardware erweiterbar mit vielen existierenden oder neuen Modulen
- wir sind Hersteller

MoDOS, Handheld-PC .....1300,-

### taskit

Rechnertechnik Tel 030 324 58 36  
GmbH Fax 030 323 26 49  
10627 Berlin Kaiser-Friedr.-Str. 51

## CE-Konformitätsnachweise



Unser nach DIN EN 45001 akkreditiertes Labor bietet Ihnen normkonforme Prüfungen gemäß :

- EMV - Richtlinie 89/336 und Änderungsrichtlinien Prüfungen nach allen gängigen IEC-, EN-, VDE-, CISPR-, Post- Vorschriften.
- Zuständige Stelle gemäß EMV - Gesetz, akkreditiert nach DIN EN 45011.
- FCC - Federal Communications Commission akkreditiertes Testlabor für US - amerikanische EMV-Bestimmungen.
- EMV - Modifikationen, Entwicklungen und Beratung. Entwicklungsbegleitend oder wenn ein vorgestelltes Produkt die Anforderungen nicht erfüllt. Schulung und Beratung auf Kundenwunsch.
- Prüfungen auf Strahlungsarmut und Ergonomie von Bildschirmgeräten gemäß MPR und/oder TCO und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften.
- Niederspannungsrichtlinie 73/23 und Änderungsrichtlinien. Prüfungen nach vielen gängigen europäischen, nationalen und internationalen Vorschriften wie z. B. : EN 60950 • EN 60204 • EN 50178 • EN 60601 • EN 60065 • EN 60335 • u.v.m.
- Nationale Prüfzeichen wie UL, CSA, VDE, Semko, Demko, usw.
- Modifikation gemäß der anzuwendenden Normen der Niederspannungsrichtlinie, Entwicklungen und Entwicklungsbegleitend oder wenn ein vorgestelltes Produkt die Anforderungen nicht erfüllt. Schulung und Beratung auf Kundenwunsch.

- Ein Modifikationslabor steht für Auftraggeber unentgeltlich zur Verfügung.
- Normgerechte Dokumentation(en).
- Erstellung von Handbüchern, Pflege, Archivierung.
- Qualitätssicherung Schulungen, Beratungen, Erstellung von Konzepten, auch gemäß Qualitätsmanagementsystemen der Reihe EN ISO 9000
- Prüfungen für Telekommunikationsendgeräte auf Einhaltung der BZT - Zulassungsbedingungen.
- Umweltprüfungen Akustik / Geräusch, Wärme / Kälte, Klima, mechanische Prüfungen, Komponentenzuverlässigkeit, Materialeigenschaften.

**Auf Wunsch Eilservice für alle angebotenen Dienstleistungen.**

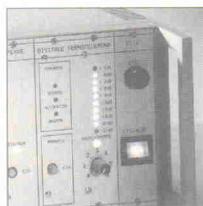
Wir bieten Ihnen auch für Ihr Produkt den preiswerten und schnellen Zugang zu allen gewünschten Märkten.

Für die Bewertung von Prüfumfang, Prüfdauer, Entwicklung von maßgeschneiderten Prüfkonzepten usw. sprechen Sie uns an.

## Obering. Berg & Lukowiak GmbH

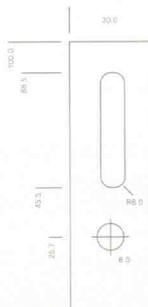
Löhner Straße 157 32609 Hüllhorst ☎ 05744-1337 Fax 05744-2890

## FRONTPLATTEN-SERVICE



- Alu/Kunststoff
- CNC-gefräst
- Eloxiert
- Graviert
- Bedruckt
- Montagebolzen

- Eil-Service
- Kleinserien
- Prototypen
- Cad-Design



& PARTNER  
FRANKEN Elektronik GmbH  
Nikolausstraße 9, 51149 Köln  
Tel: 02203 - 91 19 40  
Fax: 02203 - 91 19 44 9

## messcomp Datentechnik GmbH

PC-Meßtechnik & Programmiergeräte

ADIODA-12HS200 16"128Bit A/D 300KHz FIFO, PGA 2"128Bit D/A, 24"IO DM 1368,50	ADIODA-12HS100 16"128Bit A/D 100KHz, FIFO, PGA, 2"128Bit D/A, 24"IO DM 1127,00
WITIO-168 EXTENDED 168"digitale Ein/Ausgänge, 3"16Bit Timer DM 264,50	WITIO-48 STANDARD 48"digitale Ein/Ausgänge, 3"16Bit Timer DM 149,50
OPTIO-16 STANDARD 16"IN und 16"OUT über Opto- koppler DM 425,50	OPTORE-16 STANDARD 16"IN über Optokoppler, 16"OUT über Reed-Relais DM 425,50
MSIO-2 STANDARD 2"RS232/422 Schnittstelle, FIFO, IRQ 2..15, ... DM 213,90	MSIO-1 EXTENDED 1"RS232/422/485 Schnittstelle, FIFO, IRQ 2..15 DM 213,90
PCL-745B 2"optoisierte RS422/485 Schnittstelle mit FIFO DM 437,00	PCL-844 8"RS232 Schnittstellen, 80286, 8fach Kabel, DLL ... DM 1138,50
ALL-07A Universalprogrammiergerät DM 1748,00 Programmiert GAL, PAL, EPLD, FPL, PEEL, MAGIC, PIC, MPU, MCU, (EEPROM, ... Netzteil 110-240V AC, Betrieb über LPT-Schnittstelle, incl. deutschem Handbuch	

Neudecker Str. 11 - 83512 Wasserburg  
Tel. 08071/9187-0 - Fax 08071/9187-40

## DC/DC Wandler

- 2 Watt im SIL- Gehäuse
- 1 Watt SIL 100Stk DM 9.80 Stk
- 6 Watt im DIL 24 Gehäuse

## SCHALTNETZTEILE

## RINGKERNTRAFOS

## LEITERPLATTEN

einseitig \* doppelseitig \* multilayer  
100x160 ds,dk, mit Lötstop & Pos.druck  
25 Stk DM 17,60 Stk  
100 Stk DM 11,60 Stk + MwSt

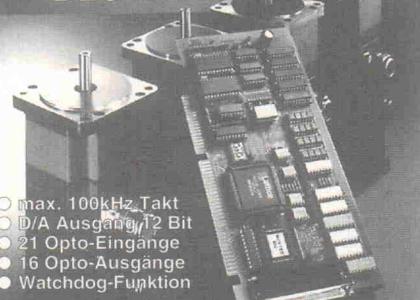
## KEINE RÜSTKOSTEN

07264 1041-42 FAX 1043

Ing. Büro Ringler Joh. Strauß Str. 40 74906 Bad Rappenau

## Innovative Antriebstechnik unter Windows 95

4 Achsen Takt/Richtung:  
**DEC4T**



- max. 100kHz Takt
- D/A Ausgang, 12 Bit
- 21 Opto-Eingänge
- 16 Opto-Ausgänge
- Watchdog-Funktion

und das alles in Echtzeit mit unserer NC-Software >EdiTasc< und >NC-Toolbox<

**MOVTEC**  
Stütz & Wacht GmbH

Goldschmiedeschulstraße 6  
75173 Pforzheim  
Tel. 07231/299669 Fax 299768

Wir stellen aus: SPS/PS/Drives '96 in Sindelfingen / 26.-28.11.96

## DTK Computer

**DTK macht die Musik bei Hauptplatinen**

Mit Sound und Video multimedial abheben  
**PAM-0062I für Pentium**

- \* Intel 82430HX Chipsatz
- \* 75-200 MHz, auch f. Cyrix 6x86
- \* All In One ATX Platine
- \* plus MPEG I
- \* plus Sound System

**DTK COMPUTER GMBH**  
AM MOOSFELD 21, 81829 MÜNCHEN, GERMANY  
Tel.: 49-89-429115 Fax: 49-89-424830

## PC-Meß-/Regeltechnik PC-Oszilloskoplösungen

ab DM 299,-  
als Steckkarten oder für Parallelport - bis 50 MHz  
Abtastfrequenz. Fix & fertig inkl. Komplettssoftware.

OsziListe anfordern!



- AD-Karte, 12 Bit, 25µs  
16 Eing., ±5V., ±0,3125V  
prog.-barer Verstärker,  
Sample&Hold Wandler
- Digital-I/O-Karte  
48 digitale Ein-/Ausg.,  
Datenrichtung pro-  
grammierbar.
- 5-Kanal-Zählerkarte  
5\*16 Bit-Zähler (bis  
7 MHz Zählfrequenz).  
Quarzümer auf Karte.



DM 598,- DM 304,75 DM 356,50  
Übersichtsliste anfordern (über 100 Artikel)!

**bitzer** Digitaltechnik  
Postfach 1133 - 73814 Schorndorf  
Tel.: (07181) 9788016 Faxinfosystem  
Fax: (07181) 9788020 (07181) 97 88 0 21  
Faxinfosystem: (07181) 9788021 abhören.

## Kit-Übersicht

Zum Thema DSP-Starterkits kam folgende Anfrage via Mailbox herein:

Da Sie ja regelmäßig über DSP-Starterkits von Texas Instruments (TI) berichten, wende ich mich an Sie, ob ich einen Überblick über diverse Starterkits von TI mit dem TMS320C3x oder dem C4x von Ihnen erhalten könnte. Es interessiert mich auch, ob das in *ELRAD* 6/96 beschriebene EVM32 von Electronic Tools (ET) nun über einen verbesserten Debugger verfügt.

Carsten Petsch

*Den Debugger gibt es nicht mehr zusammen mit dem EVM32 von ET. Mögliche Gründe: Der Artikel in Heft 6 und – wahrscheinlich ausschlaggebend – der Kauf von Tartan durch TI, um das bei Tartan vorhandene Know-how zu kassieren.*

*Eine Gesamtübersicht über verfügbare Kits habe ich nicht parat, im Third-Party-Guide von TI findet man dazu jedoch einiges. In Deutschland weiß ich nur von Sinus Meßtechnik, Leipzig (Tel.: 03 41/2 44-2 90), die ein PC-Board mit einem C31 vertreiben, das aber ohne Software kommt. Es läuft mit den TI-Tools. GBM in Mönchengladbach bietet einige Produkte mit TI-DSPs von Innovative Instrumentation, auch mit Tartan-C++, aber mit einem anderen Debugger. Electronic Tools, Ratingen, führt neben dem eigenen EVM32 auch das gesamte Programm von Loughborough Sounds Images (LSI).*

Andreas R. Bayer

## Gewagter Ansatz?

Auf den Leserbrief von Herrn Peter Jochen zu 'Symbolisch Rechnen' in Heft 11/96 antwortet der Autor wie folgt:

Herr Jochen beschreibt in seinem Leserbrief, daß 'die Anwendung der AC-Analyse auf linearisierte Schaltungen gegenüber der nichtlinearen Realität mitunter zweifelhaft' sei, insbesondere weil nichtlineare Großsignaleffekte, die zu Arbeitspunktverschiebungen führen, nicht berücksichtigt würden. Das stimmt, aber nur 'mitunter'. Die beschriebene Problematik ist kein Problem der symbolischen Analyse an sich. Vielmehr handelt es sich um eine Modellierungsfrage. Für eine

Analyseaufgabe gilt grundsätzlich, den Lösungsansatz so zu wählen, daß er auf das jeweilige Problem anwendbar ist.

Wenn von vornherein bekannt ist, daß ein bestimmter Ansatz für das betreffende Problem global ungültig ist, muß er natürlich unterbleiben. Wenn aber eine Methode wie die AC-Analyse in einem begrenzten Anwendungsbereich gültig ist, dann ist es nicht sinnvoll, auch innerhalb dieses Bereiches zu ungleich komplizierteren Verfahren überzugehen. Dabei ist es bei der Anwendung vereinfachter Vorgehensweisen selbstverständlich immer notwendig, nachträglich die Gültigkeit der gemachten

Annahmen zu überprüfen, im vorliegenden Fall beispielsweise mit einer Transientenanalyse.

Dr.-Ing. Ralf Sommer  
Kaiserslautern

## Zu sehr vereinfacht?

Zum Artikel SPIntern, Das Serial Peripheral Interface des 68HC11, in *ELRAD* 7/96, Seite 58, ging folgende Nachfrage ein:

In Ihrem Beitrag beschreiben Sie unter anderem eine Minimumkonfiguration zwischen Master und Slave. Dabei ist das /CS-Signal (Chip Select) auf Masse gelegt. Ich kenne mich mit SPI nicht so gut aus, aber in EEPROM-Datenblättern steht, daß das /CS-Signal wechseln

muß, um zum Beispiel das Write-Enable-Latch zu setzen. Zeigen andere Bausteine (Uhren, Anzeigetreiber, D/A-Wandler ...) ein unterschiedliches Verhalten?

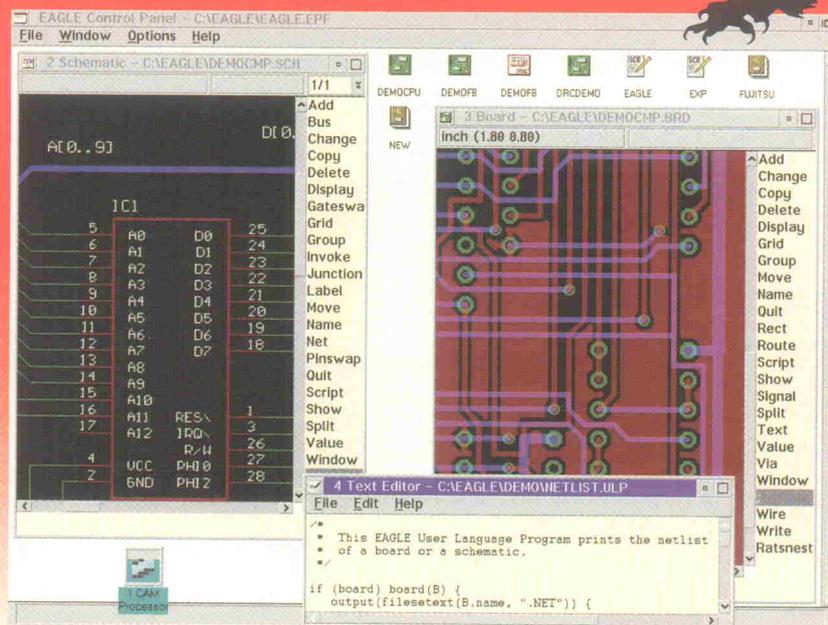
Dr. Francesco Volpe

*Ich habe noch mal verschiedene Datenblätter durchgesehen. Offensichtlich kann man davon ausgehen, daß die von Ihnen beschriebene Variante (/CS muß wechseln) den Normalfall darstellt. Insofern ist die gezeigte Prinzipschaltung zu stark vereinfacht – allgemeine Aussagen sind halt immer mit Vorsicht zu treffen.*

Oliver Thamm

*Wenn Sie ein leistungsfähiges CAD-Paket mit Schaltplan-Editor, Layout-Editor und Autorouter suchen, das nicht nur leicht zu handhaben, sondern auch erstaunlich preiswert ist, sind Sie mit EAGLE bestens bedient. Genau diese Eigenschaften nämlich haben EAGLE zum mit Abstand erfolgreichsten Elektronik-CAD-Paket Deutschlands gemacht. Neu in der Version 3.5: die automatische Forward & Back-Annotation, die das Übereinstimmen von Schaltplan und Layout ohne Ihr Zutun zu jeder Zeit sicherstellt, und die User Language, mit deren Hilfe EAGLE-Daten für jede beliebige Software oder Hardware aufbereitet werden können. EAGLE läuft unter OS/2, unter DOS oder als DOS-Applikation unter Windows.*

# EAGLE 3.5



Preise für DOS- oder OS/2-Version (inkl. MwSt.)

EAGLE 3.5	1-User-Lizenz	3-User-Lizenz	5-User-Lizenz	Server-Lizenz
Layout	DM 920,-	DM 1380,-	DM 1840,-	DM 3680,-
Schaltplan/Layout Autorouter	DM 2760,-	DM 4140,-	DM 5520,-	DM 11040,-

\* Hotline kostenlos \* Keine weiteren Kosten \*

Bestellen Sie noch heute unsere Demo für DM 29,90 inkl. MwSt. und Versandkosten.

Die Demo ist voll funktionsfähig, lediglich das Abspeichern von Dateien ist nicht möglich. Ein Trainingshandbuch wird mitgeliefert.



CadSoft Computer GmbH

Hofmark 2, 84568 Pleiskirchen  
Tel. 08635-810, Fax 08635-920  
E-Mail: Info@CadSoft.DE  
BBS: +49-8635-6989-70 (analog) -20 (ISDN)  
Web: <http://www.CadSoft.DE>

Ready for  
**OS/2 WARP**

Preise für Studenten und Ausbildungsstätten auf Anfrage.

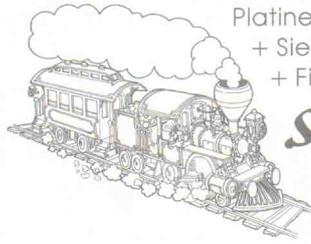
Die *ELRAD*-Redaktion behält sich Kürzungen und auszugsweise Wiedergabe der Leserbriefe vor.

*ELRAD* 1996, Heft 12

The Ready for OS/2 WARP mark is a trademark of International Business Machines Corporation

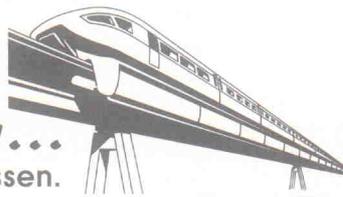
# DISPLAY

auf einen Blick . . .



Platinengröße + Anzahl der Bohrungen  
+ Siebkostenpauschale + Fräskostenpauschale  
+ Film- und Einrichtungskosten

**Sie sollten  
jetzt  
umsteigen...**



damit Sie den Anschluß nicht verpassen.

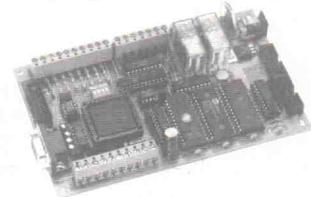
**1 Europakarte** incl. Stopplack, incl. MwSt.  
1seitig 73,60 DM - 2seitig 101,20 DM  
4 Lagen 358,80 DM

*Sie zahlen mehr???*

**M & V Breidenbach · Gillwiese 10 · 56355 Bettendorf**  
Telefon 0 6772 / 9 46 38 · Fax 0 6772 / 9 46 34 · Modem 0 6772 / 9 46 35

## Euro Plus

Messen mit virtuellen Instrumenten  
+ freies programmieren in BASIC.



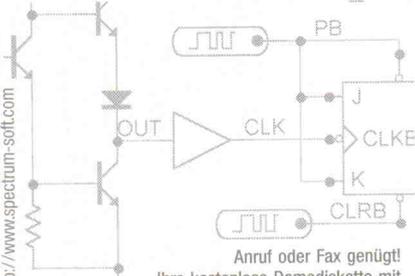
- Maße 100 x 160mm
- Controller 80C335
- 8 Digital-Eingänge
- 8 Analog-Eingänge
- 2 Relais-Ausgänge
- 6 Transistor-Ausgänge
- 8 universelle I/O's
- RS232-Schnittstelle
- Echtzeituhr
- Anschluß für LCD
- Erweiterungsstecker
- Watchdog / Powerfail
- Variabler Adreßraum
- Schraubklemmen
- Versorgung 7,5 - 12 V
- Prozeß-BASIC
- Windows™-Programm

Komplett inkl. Software : **DM 298,-**

**Ingenieurbüro Stubben**  
59174 Kamen, Im Roten Busch 5  
Tel.: 0 23 07 / 93 32 36 Fax: 0 23 07 / 93 32 37

### SPICE...und viel mehr!

Entwerfen Sie Schaltungen mit Micro-Cap V!  
Schneller einfacher, genauer - mit 32-bit Power  
Analog, digital oder gemischt.



Anruf oder Fax genügt!  
Ihre kostenlose Demodiskette mit  
begleitender Broschüre kommt sofort!

**gsh Systemtechnik GmbH**  
Software & Hardware  
Postfach 60 05 11 • D-81205 München  
Tel. 089/8343047 • Fax 089/8340448  
**BBS 820 35 29**

### MERZ

A/D, D/A, Digital, RAM/ROM,  
Multi-Seriell  
**PC I/O Karten**

- AD-DA Karte 12 Bit 16 Kanal** DM 139,-  
1x12Bit D/A, 16x12Bit A/D, 9V, mit Software
- AD-DA Karte 14 Bit 16 Kanal** DM 329,-  
1(2)x14Bit D/A, 16x14Bit A/D,2,5/5/10V,mit Software
- Relais I/O Karte** 16/16 DM 249,-  
16 Relais 150V/1A und 16 x Opto. Auch mit 8/8 lieferbar!
- 8255/8253 Parallel 48 x I/O Karte** DM 82,-  
48 x I/O, 3x16Bit Counter, 16 LED, - 192 I/O auf Anfrage
- 8255/8253 Labor I/O Karte** DM 129,-  
48 x I/O, 3x16Bit Counter, max 10MHZ, Quarz, freie  
Adresswahl, Lochraster, alle IC gesockelt.
- RS-422/485 dual Schnittstelle** DM159,-
- PC-CAN CAN-BUS ISA-Steckkarte NEU** DM 439,-  
Bietet die Möglichkeit, Standard- und Industrie PCs inCAN-  
Bus Netze zu integrieren. Die intelligente Steckkarte besitzt  
einen eigenen Microcontroller der INTEL 8051 Serie und  
bietet somit die Möglichkeit, die Kommunikation mit dem  
CAN-Bus selbstständig und ohne Belastung des PCs abzuwickeln.

Weitere Produkte: A/D D/A, Digital, Relais, Opto,  
TTL, RS-232/422/485 Multi-Seriell, Autoboot-  
ROM/RAM... im kostenlosen Lieferprogramm!  
Mengenrabatte ab 3/10 Stück. Änderungen +  
Zwischenverkauf vorbehalten.

Aktuelle Informationen:  
FAX-Abufr Infosystem 05483-77004  
(den Anweisungen folgen!)

Computer & Electronic  
**Jürgen Merz**  
Lengereicher Str. 21  
D-49536 Lienen  
Telefon 05483 - 77002  
Telefax 05483 - 77003

Neu - Meß- und Regelmodule für den Printerport:  
AD-10 Bit DM 138,- XX - AD-12 Bit DM 188,-  
8 digital I/O DM 129,- XX - 8 Relais/6 Opto DM 139,-

## GALEP-III

Pocket-Multiprogrammer

**Paßt  
in jede  
Jacken-  
tasche!**



- ◆ Brennt 8-Bit und 16-Bit (E)EPROMs bis 8 MBit
- ◆ Brennt Flash-EPROMs und serielle EEPROMs
- ◆ Brennt GALs und Mikrocontroller 87xxx, 89xxx, PIC16Cxx
- ◆ Blitzschneller Datentransfer, z.B. 27C512 verify 2 Sek(!)
- ◆ **Netzunabhängig** (Wechselakku); PC-Anschluß am Druckerport
- ◆ Liest Hex-, Jedec- und binäre Dateiformate; Hex-/Fusemap-Editor
- ◆ Software läuft unter Windows 3.1 und Windows 95
- ◆ Software- & Typisten-Updates gratis per Mailbox und FTP

**GALEP-III Set, Software, Akku, Netz-/Ladegerät ..... 689,-**  
Adapter für 8-Bit PLCC-EPROMs **290,-** PLCC-GALs ... **290,-**

Preise in DM inkl. MwSt. ab Dieburg • Versandkosten DM 18,- • **Gratis-Info** anfordern!  
**CONITEC DATENSYSTEME**  
GmbH • 64807 Dieburg • Dieselstr. 11c • Tel 06071-9252-0 • Fax 9252-33 • conitec@aol.com

## Leiterplatten Eilservice Musterservice

einseitig \* doppelseitig \* 4 Lagen Multilayer

HAL \* Lötstopmaske \* Positionsdruck

nach Gerber, TARGET oder EAGLE-Daten

**Präzisionsfotoplotter**

Infos und Preisliste auch per DFÜ abrufbar!



Vilshofener Straße 12  
83055 Regensburg  
Tel.: 0941/60490-0  
Fax: 0941/60490-20  
DFÜ: 0941/60490-18  
ISDN auf Anfrage!  
eMail:  
info6@hofmannlp.com



Besuchen Sie uns im Internet:  
<http://www.hofmannlp.com>

**Display-Anzeigen**

Unser  
Anzeigenplatz  
für den  
„schnellen Blick-Kontakt“

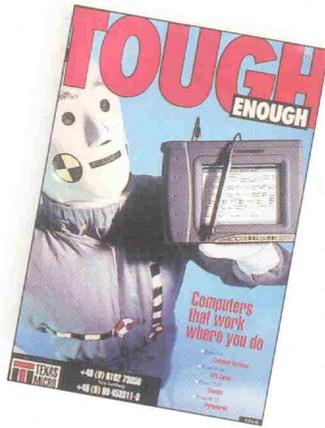
Wir beraten Sie gern:  
05 11/53 52-164, -219

**ELRAD**

## Firmenschriften und Kataloge

### IPC-Komponenten

Im neuen Katalog für 1997 offeriert Texas Micro eine Spanne von Rechnerlösungen, die vom Handheld *Hardbody* bis zum Multiprozessor-Server *SP5500* reicht. Auf über 50 Seiten findet der Leser CPU-Karten mit 486 oder Pentium für passive Backplanes (PCI/ISA, PCI/EISA, ISA und EISA), 19-Zoll-Chassis und Desktop-Gehäuse mit 5...20 Slots sowie Komplettsysteme. Typische Anwendungsgebiete sind Industrie und Telekommunikation. Alle angebotenen Systeme und Chassis entsprechen einschlägigen internationalen Prüfvorschriften und tragen das CE-Zeichen.



Texas Microsystems GmbH  
Friedhofstraße 135L  
63263 Neu-Isenburg  
☎ 0 61 02/7 30 50  
☎ 0 61 02/3 17 13

### 16 Bit exklusiv

Auf 16-Bit-AD/DA-Karten für ISA- und PC/104-Busse sowie als PC-Card (PCMCIA) spe-

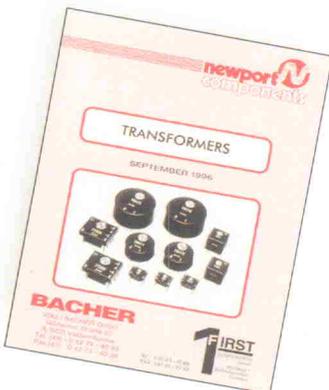


zialisiert sich die Ausgabe 14 des Prospekts *Data Acquisition and Control* von ComputerBoards Inc. (Vertrieb: Plug-In Electronic). Neben den Karten enthält der Katalog Zubehör wie Signalkonditionierer, Anschlußleisten, Gehäuse und Kabel. Zu der Hardware gibt es einerseits eine Universal-Library zur Ansteuerung der Karten sowie HP-Vee als Meßtechniksoftware inklusive Treibern für alle Boards. Interessierte Leser wenden sich an:

Plug-In Electronic GmbH  
Postfach 345  
82219 Eichenau  
☎ 0 81 41/36 97-0  
☎ 0 81 41/83 43

### Puls und Power

Print-Übertrager für Pulse, Kleinleistungsschaltnetzteile sowie Datenbus-Isolation von

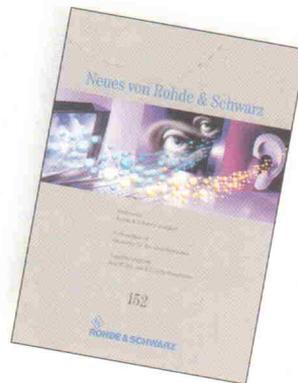


Newport vertreibt das Haus First Components. Der 82seitige Katalog listet Bauformen, Pinouts, elektrische Daten und Anwendungsbereiche. Allein 15 Seiten widmen sich den Applikationen, Auswahlverfahren und Beispielschaltungen – darunter ein übertragergetrennter A/D-Wandler, ein isoliertes RS-232-Interface oder ein Halbbrückentreiber. Der Katalog ist kostenlos erhältlich bei:

First Components GmbH  
Mühlweg 1  
82054 Sauerlach  
☎ 0 81 04/70 44  
☎ 0 81 04/99 92

## Kommunikativ

Die aktuelle Ausgabe 152 der Firmenzeitschrift von Rohde & Schwarz präsentiert neben neuen Produkten wie dem Digital-Radio-Tester CTS55 für GSM-, PCN- und PCS-Mobiltelefone auch Anwendungen und Grundlagen. Beispielsweise eine Serie über digitale Modulation im Mobilfunk oder den Einsatz eines R&S-Meßsystems zur Planung

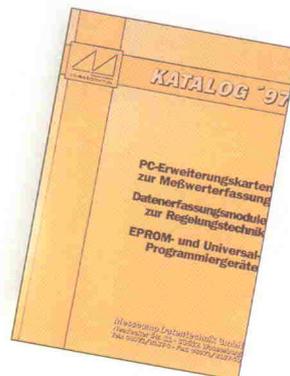


und Qualitätssicherung des belgischen Zugfunknetzes.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG  
Mühlendorferstraße 15  
81671 München  
☎ 0 89/41 29-0  
☎ 0 89/41 29-32 08  
↳ <http://www.rsd.de/>

## Messen und Brennen

Das Produktspektrum zwischen PC-Erweiterungskarten und Universalprogrammiergeräten zeigt der Katalog '97 von Messcomp Datentechnik. Neben A/D- und D/A-Boards bietet das Verzeichnis I/O-, Multifunktions-, Timer/Counter-, Relais- und Mul-



tiplexer-Karten. Auf der Programmier-Schiene offeriert Messcomp Produkte von Hi-Lo Systems (SEP-81/84, All-07, Adapter).

Messcomp Datentechnik GmbH  
Neudecker Straße 11  
83512 Wasserburg  
☎ 0 80 71/91 87-0  
☎ 0 80 71/91 87-40

aktuell

**JETZT NEU**  
**TARGET V3**  
**3.6**  
Deutsches  
Platinen-CAD  
für Windows:  
Schaltplan,  
Platine, Autoplacer,  
Ripup & Retry Autorouter

**ECHTZIT MASSEFLÄCHEN**  
**ECHTZIT DATENINTEGRATION**  
**CROSS PROBE**  
**ISOLATIONSFRÄSEN**  
**IN/OUT ASCII SCHNITTSTELLE**  
**EAGLE-FILES EINLESEN**  
**KURZE EINARBEITUNGSZEIT**

## HIGHLIGHTS

Wollen Sie umsteigen? Wir nehmen Ihr altes Platinen-CAD beim Kauf von TARGET V3 professional in Zahlung. Den Wechsel belohnen wir mit bis zu DM 1000,-.

TARGET V3 professional	DM 2380,-
TARGET V3 economy	DM 910,-
TARGET V3 light	DM 298,-
TARGET V3 demo	DM 25,-
Studentenversion	DM 500,-

TARGET V3 share kostenlos im Internet und in der Mailbox.

**Ing. Büro FRIEDRICH**  
Harald Friedrich Dipl.-Ingenieur, Ing. (TU)  
Am Schwarzen Rain 1, D-36124 Eichenzell  
Tel.: (0 66 59) 919 444  
Fax: (0 66 59) 919 446  
MailBox: (0 66 59) 919 446  
<http://www.ibfriedrich.com>

**Schweiz:** UTEC ENGINEERING, Amselweg 3, CH-4914 Roggwil,  
Tel.+Fax: 00 41 / 62 929 00 57, e-mail: [utec@bluewin.ch](mailto:utec@bluewin.ch)

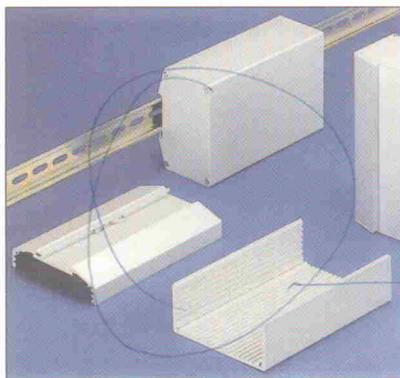
## Gehäuse

### Variables

Die Kunststoffgehäuse der Typenreihe Dold KO 4030 sind wahlweise in Ausführungen mit einer Breite von 90, 45 oder 22,5 Millimeter erhältlich. Je nach Variante bieten sie 56, 28 oder 14 Kastenklappen, die vierzeilig in einer Schraubenebene angeordnet sind. Die Anschlußklappen sind in abnehmbaren Blöcken zusammengefaßt und mit gegen Her-

ausfallen gesicherten Schrauben ausgestattet. Die einzelnen Klemmenblöcke bestehen aus

jeweils drei, vier oder sieben Anschlüssen und lassen sich bei Bedarf direkt auf Leiterplatten aufstecken. Die Gehäuseserie KO 4030 ist für die Montage auf DIN-Schienen konzipiert und eignet sich zudem für den Einbau explosionsgeschützter Geräte nach Exei DIN EN 50020.



E. Dold & Söhne-KG  
Postfach 1251  
78114 Furtwangen  
☎ 0 77 23/65 40  
☎ 0 77 23/65 43 56

## Euro an Schiene

Fischer Elektronik bietet ein neues Kombinationsgehäuse für die problemlose Unterbringung elektronischer Schaltungen im Europakartenformat an. Das KO-T ist aus stranggepreßtem Aluminiumprofil gefertigt und für die Montage an 35-mm-DIN-Tragschienen ausgelegt. Eine Drahtformfeder aus rostfreiem Stahl sorgt dabei für festen Sitz an der Schiene.

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG  
Postfach 1590  
58465 Lüdenscheld  
☎ 0 23 51/4 35-0  
☎ 0 23 51/4 57 54

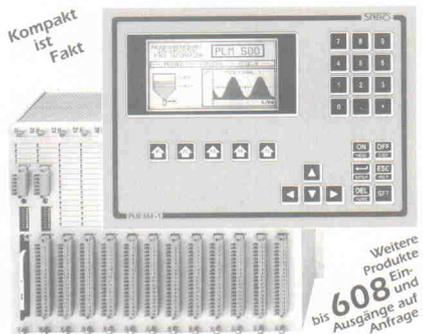
aktuell

## Aktuelle Elektronik

# DISPLAY

auf einen Blick . . .

### Modulares Bedien- und Steuersystem **PLM 554**



- Grafikfähiges LC-Display 16 Zeilen/40 Zeichen mit Beleuchtung
- Verschiedene Mikroprozessorgruppen, Siemens, Motorola, Intel
- Digitale und Analoge Signalverarbeitung bis 352 Ein- und Ausgänge
- Derzeit über 50 verschiedene Baugruppen verfügbar
- Analogbaugruppen mit direktem Anschluß für Messensoren
- Schnittstellen RS 232/485, sowie verschiedene Feldbus-Systeme
- Offengelegtes Bussystem für kundenspezifische Eigenentwicklungen
- Positionierbaugruppen mit schnellen Zählengängen
- PCMCIA Steckplatz für SRAM-Verarbeitung

Weitere  
Produkte  
Ein-  
bis  
**608**  
Ausgänge  
auf  
Anfrage

**SABO**  
ELEKTRONIK GMBH

Schulstraße 7 a • 58239 Schwerte • Tel. 0 23 04/9 71 02-0 • Fax 9 71 02-22

### PHYTEC GPS-BDEmodul



- Erfassung, Vorverarbeitung u. Speicherung von GPS-Daten
- Anschluß handelsüblicher GPS-Empfänger (GARMIN GPS-20/25 oder TRIMBLE CM3)
- Eigener Controller on board; Rechenleistung skalierbar
- bis 2MB FLASH Datenspeicher
- 128 kB FLASH Programmspeicher; on board programmierbar
- Konfiguration und Programm-Download über RS232
- Leistungsfähiges Powermanagement

• 2 ser. Schnittstellen, 8-Bit Output-Port, opt. 2 Kanal A/D-Wandler  
• GPS-Empfänger und Funkmodems als Zubehör erhältlich

GPS-BDEmodul ab **DM 370,-** (zzgl. MwSt.)  
(ohne GPS-Empfänger)

PHYTEC Meßtechnik GmbH • Robert-Koch-Str.39 • 55129 Mainz  
Telefon: 06131/9221-0 • Telefax: 06131/9221-33  
Internet: <http://www.phytec.de> • E-Mail: [info@phytec.de](mailto:info@phytec.de)

## Bildverarbeitung für Einsteiger und Fortgeschrittene

### PictureBoy2 Farbframegrabber

- 1\*Y/C- und 2\*FBAS-Eingang in PAL-Norm
- 16bit-ISA-Framegrabberkarte
- 8 Bit-SW- und 24 Bit Farbdigitalisierung
- digitale Einstellmöglichkeit für Videoeingang, Bildformat, Kontrast und Helligkeit
- einfachste Installation
- Software für DOS im C-Quellcode
- Anwendungssoftware für WIN 3.1 & WIN'95
- DLL- und TWAIN- Interface für eigene Applikationen

Preis: PictureBoy2 Framegrabber DM 598,-  
DLL und TWAIN-Treiber DM 198,-  
SW-CCD-Kamera inkl. Optik DM 498,-  
Setpreis: PicBoy + Treiber + CCD DM 1198,-

### Infos/Bestellungen:

### CHEOPS Bildverarbeitung



Klammspitzstr. 53  
86956 Schongau  
Tel 08861/23690  
Fax 08861/236969

Internet:  
[http://ourworld.compuserve.com/homepages/cheops\\_bv](http://ourworld.compuserve.com/homepages/cheops_bv)

# ALLO7A

**ALL-07A:** Programmiert z. Zt. etwa 4000 Bausteine Grundgerät mit DIP-40 Sockel, Anschlusskabel, Software und CPL-Startkit 3.0. Anschluß über die PC-Druckerschnittstelle, integriertes Netzteil. Updates kostenlos via BBS und Internet! Preis: 1748,- DM

**ALL-07A/PC:** Ausstattung wie ALL-07A, jedoch Anschluß und Stromversorgung über mitgelieferte PC-Slotkarte (ISA-Bus, 8-Bit Steckplatz). Preis: 1539,- DM

### HI-LO SYSTEMS

...ist einer der weltweit führenden Hersteller von PC-basierten Universal-Programmiergeräten. Seit 1989 sind wir offizieller **HI-LO Distributor** für Deutschland, Österreich und die Schweiz. Zusammen mit den Vertriebspartnern in Ihrer Nähe und unserer deutschen Servicezentrale bieten wir Ihnen den kompletten Service rund um's Programmieren.

Detaillierte Informationen (Device-Liste, Adapterliste, Katalog und Preisliste) senden wir Ihnen gerne zu. Nutzen Sie bitte auch unseren **Mailbox-service** und unser Informationsangebot im **World Wide Web!**



Informationen und Updates  
jetzt auch im World Wide Web:  
<http://members.aol.com/elmikro>

**Autorisierte Vertriebspartner:**  
Berlin (030) 4631067  
Leipzig (0341) 2118354  
Hamburg (040) 38610100  
Eschborn (06196) 45950  
Ludwigsb. (07141) 451170  
München (089) 6018020  
Schweiz (062) 7716944  
Österreich (02236) 43179  
Niederlande (03068) 83839

## ELEKTRONIK LADEN

Elektronikladen Mikrocomputer GmbH  
Wilh.-Mellies-Str. 88, D-32758 Detmold  
TEL: (05232) 8171 • FAX: 86197 • BBS: 85112

## ELZET

80

## BDETERM



BITBUS-vernetztes Terminal für BDE-Anwendungen. RS232- und Barcode-Schnittstellen, Relais und Piepser. 2x24 LCD mit LED-Hinterleuchtung, dimmbar. Kurzhub-Hinterfolien-Tastatur mit Dezimalfeld, Cursorstasten, Spezialstasten für Ja, Nein und Hilfe sowie 4 Funktionstasten. Magnetkartenleser und 4E/4A für 24V-Kopplungen optional. Echtzeit-Betriebssystem mit Task für Standardfunktionen wie Tastaturscanner, RS232-Puffer und LCD-Darstellung, wahlweise von lokaler Task oder vom BITBUS-Master ansprechbar. Passende BITBUS-Masterkarte für PCs mit DOS-TSR oder Windows-DLL. Bis zu 30 Terminals über 1200m verteilt ohne Repeater. Fordern Sie unseren Katalog zu BDETERM und BITBUS-Steuerungsknoten an!

ELZET 80 - Vaalser Str. 148 - D 52074 Aachen

0241 TEL 87 00 81 FAX 870 231

## Steckverbinder

### Sicher andocken

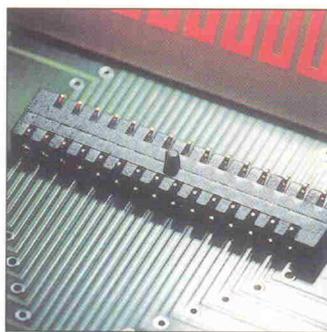
Für den Einsatz in Docking-Station-/Notebook-Applikationen stellt Molex, mit deutschem Sitz in München, eine umfangreiche Reihe von hochpoligen Leiterplatten-Steckverbindern vor. Die Serie im 1,27-mm-Raster (entsprechend 0,05") umfaßt sowohl gerade als auch rechtwinkelige Stecker und Buchsen. Einreihig sind sie in 120poliger Ausführung und zweireihig in 200-beziehungswise 240poliger Ausführung erhältlich. Die verwendeten Flachzungenkontakte weisen – abgestimmt auf den Einsatzbereich – hohe Normalkräfte bei gleichzeitig niedrigen Steckkräften auf. Darüber hinaus verhindert diese Art Kontakte das bei herkömmlichen Stift-/Buchsenkonstruktionen mögliche Verkanten beim Stecken.

Molex Services GmbH  
Dingolfinger Straße 4  
81673 München  
☎ 0 89/41 30 92-0  
☎ 0 89/40 15 27

## Von Leiterplatte zu Leiterplatte

Wenn Leiterplatten wie beispielsweise in Handies platzsparend übereinander angeordnet werden müssen, soll zum einen die Montage einfach und zum anderen eine sichere Signalübertragung gewährleistet sein. Siemens bietet jetzt einen Board-to-Board-Steckverbinder an, der zwei Leiterplatten mit SMT-Kontakten auf der einen Seite und federnden Druckkontakten auf der anderen Seite platzsparend und sicher verbindet. Anstelle der bisher notwendigen zwei Bauteile (Pin und Sockel) wird nur noch ein einziges Bauteil benötigt. Aufgrund der

Oberflächenmontage sind keine Leiterplattenbohrungen nötig. Angeboten wird der Steckverbinder mit jeweils 6 oder 30 Kontakten und einer versetzten,



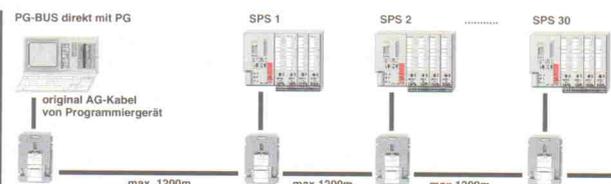
zweireihigen Teilung von 1,5 mm. Unterschiedliche Bauhöhen gestatten einen variablen Leiterplattenabstand von 2,5 mm ... 2,8 mm beziehungsweise 3,2 mm ... 3,5 mm. Die vergoldeten Druckkontakte garantieren einen Übergangswiderstand von <math>< 20 \text{ m}\Omega</math> und sind bei Verwendung von Schirmungspins für Signale bis zu 900 MHz geeignet.

Siemens AG  
RK F/B3 Infoservice  
Postfach 23 48  
90713 Fürth  
☎ 09 11/33 21



### MEGA-SPS-Toolbox auf CD

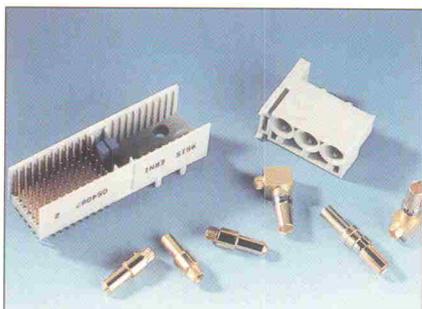
Diese CD ist für jeden SPS-Techniker kostenlos (ohne Versand) erhältlich. Umfangreiche Softwaretools und Hardwarelösungen für die Automatisierungs- und Steuerungstechnik bieten den SPS-Anwender Anregungen für seine Aufgabenstellungen.



### zentrale SPS-Programmierung und Diagnose mit dem PG über ein 4-Drahtkabel von bis zu 30 S5-Steuerungen ohne extra Software

Mit der intelligenten Busklemme (Bx) können bis zu 30 S5-Steuerungen über ein einfaches 4-Drahtkabel mit jedem Standard-Programmiergerät central z.B. von der Elektrowerkstatt aus programmiert werden. Jeder Bx-Klemme wird über einen DIP-Schalter die PG-Busadresse von 1 bis 30 zugewiesen und bei der PG-Software durch F1-Funktion zur gewünschten SPS automatisch ausgewählt, somit können alle gewünschten PG-Funktionen an dieser SPS durchgeführt werden.

## Alles in einem



Um eine Leiterplatte außer mit 'Normalleitungen' auch mit hohen Strömen oder HF-Signalen zu versorgen, bedarf es normalerweise mehrerer spezieller Steckverbinder. Mit den ERmet-Steckverbindern bietet der Hersteller Erni jetzt eine umfassende Systemlösung an. Bei den Steckverbindern der Bauform M nach IEC 1076 im 2-mm-Raster lassen sich verschiedene Kontaktformen unproblematisch nebeneinander integrieren. Bei den Sonderkontakten bietet Erni unter anderem Hochstromkontakte mit einer Belastbarkeit von 40 A beziehungsweise Koaxialeinpreßkontakte mit guten HF-Eigenschaften an.

ERNI Elektroapparate GmbH  
Seestraße 9  
73099 Adelberg  
☎ 0 71 66/50-0  
☎ 0 71 66/50-282

### STEP5 / STEP7 unter Windows 3.xx

Das Programmiersystem PG-95 für die S5-Steuerungen A090...AG155 wird erweitert um die S7-Steuerungen der Reihe S7-300 und S7-400. Mit PG-95 ist die Umsetzung von S5 auf S7 für den Anwender denkbar einfach, da die Programmoberfläche der S5 entspricht und nur die zusätzlichen Befehle der S7 neu hinzugekommen sind. Die Umsetzung der S5-Programme nach S7 wird automatisch von PG-95 übernommen.

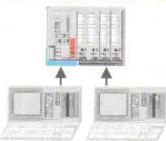


### S5-Memory-Cards Flash 256KB - 2MB

Die Flash-S5-Memory-Cards 374-2FH2 (256KB), 374-2FK21 (1MB), 374-2FL2 (512KB), 374-2FL21 (2MB) sind nun verfügbar. Weitere S5 / S7 - Memory-Cards sind in Vorbereitung.

### S5-DIAGNOSE bei Anlagenstillstand

Bei einem Anlagenstillstand gibt es die Störungssuche nach zu lokalisieren. Wichtige Informationen liegen in der SPS, jedoch fehlt oft das fachkundige Personal und die entsprechenden Programmiergeräte um die Informationen schnell lesen und verständlich interpretieren zu können. Mit dem robusten Handgerät S5-DIAG im Stahlgehäuse kann jetzt auch der ungeschulte SPS-Anwender ohne Programmierkenntnisse einen Anlagenstillstand schnell beheben. In der Informations-ebene 2 sind weitere Informationen und Funktionen selbst für den SPS-Experten verfügbar.



### Mit 2 x PG's / OP's gleichzeitig an SPS

PG-MUX, die zweite PG-Schnittstelle für jede SIMATIC-S5, AEG, Bosch, Mitsubishi SPS ermöglicht den gleichzeitigen Betrieb zweier Programmiergeräte oder Bediengeräte mit sämtlichen Funktionen ohne Kompromisse.



### Funkuhr an SPS über digitale E/A

Mit der DCF-Uhr SPS-CLOCK stellt jeder SPS immer die aktuelle Uhrzeit, Datum, etc. über digitale Eingänge (24VDC) zur Verfügung.

## ANLAGENWARTUNG WELTWEIT PER TELEFON TELE-LINK

PG / PC

SIMATIC - S5

SIMATIC - S7

AEG

Handy GSM-Modem

kostenloser Update von TELE-LINK zu TELE-LINK innerhalb TELE-LINK-Netzwerk

Bediengeräte

Cityruf

Bussysteme SINEC-H1, SINEC-L1, SINEC-L2, PG-BUS

Mitsubishi

Fax

Bosch

TELE-LINK industrial standard NETWORK

••• seit 3 Jahren in über 30 Ländern in Betrieb •••

### Process-Informatik Entwicklungsgesellschaft mbH

Im Gewerbegebiet 1  
D-73116 Wäschenbeuren  
Telefon 0 71 72 - 92 666 - 0  
Telefax 0 71 72 - 9 2666 - 33

## Neuwertige gebrauchte MESSGERÄTE von



Telefon:04241/3516 Fax:5516

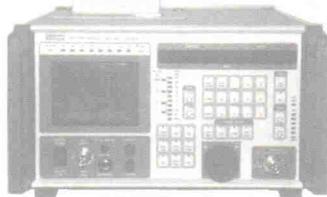
Wir liefern mehr als 10.000 Meßgeräte aller namhaften Hersteller direkt ab Lager.

Durch unsere weltweiten Kontakte beschaffen wir Ihnen auch Geräte, die wir nicht vorrätig haben.

Wir bieten Ihnen ebenfalls die Möglichkeit, Geräte zu mieten. Sprechen Sie uns an.

### Unsere aktuellen Angebote:

<b>ANRITSU</b>		
ME520A	DIG. TR. ANALYZER -150MHz	13.900,-
MG646C	SAT-TV-SIGNAL-TRANSM.	22.700,-
MS560J	SPECTRUM-NETWORK-ANALYZER 100Hz-300MHz	22.450,-
<b>BIRD</b>		
8325	LEISTUNGSABSCHWÄCHER	1.550,-
<b>FARNELL</b>		
SSG520	SYNTH.SIGN.GEN. -520MHz	3.390,-
PTS1000	TRANSM. TESTSET-NEU-	5.690,-



### FARNELL SSA1000A

#### Spektrum-Analysator 9kHz-1000MHz

Portables Gerät speziell für EMV-Messungen, bei denen präzise Messungen und deren Aufzeichnung erforderlich sind. Alphanumerisches Display mit einer Auflösung von 1dB. Messbereich -120dBm bis +20dBm bei 50Ω, Dynamikbereich >70dB. Aufloesebandbreite wählbar von 1, 9, 120kHz und 2MHz. Eingang über N-Buchse. Eigenkalibrierfunktion und GPIB-Schnittstelle.

DM 14.900,-

Telefon:04241/3516 Fax:5516

**GENRAD** ACHTUNG, NEUGERÄT !!!  
1689M LCR-DIGIBRIDGE 12Hz-100kHz 10.695,-

### HEWLETT PACKARD

3312A	FUNKTIONSGEN. 0,1Hz-13MHz	1.890,-
3577A	NW-ANALYZER 5Hz-200MHz	28.600,-
3586A	SELEKT.VOLTMETER -32,5MHz	4.900,-
37201A	HP-IB-EXTENDER	2.200,-
4276A	LCZ-METER	9.950,-
5061A	CESIUM-FREQ.-STANDARD	29.950,-
8656B	SIGNAL-GEN. 0,1-990MHz	8.900,-



### HEWLETT PACKARD 5371A

#### FREQUENZ-UND ZEITINTERVALLANALYSATOR

Für den Frequenzbereich von 0-500MHz. Ermöglicht die Bewertung von Frequenz- und Phasenänderungen in Abhängigkeit von der Zeit. Dient zur Messung von Jitter und Zeit sowie der Darstellung und Auswertung komplexer Signale in der Modulationsebene. Integrierte Statistik- und Grafikanalyse, inkl. 2 Stück HP54002 50Ω-Eingangsmodule.

DM 15.985,-

### MARCONI

2955A	FUNKMESSPL. 0,4-1000MHz	12.590,-
6500	AUTO.AMPLITUDE-ANALYZ.	8.900,-

### PHILIPS

PM3295A	400-MHz-OSCILL., IEEE844	6.750,-
PM3551A	LOGIC-ANALYZER, 300MHz	5.500,-
PM5712	PULS-GENER. 1Hz-50MHz	1.500,-

### ROHDE&SCHWARZ

AMF2	TV-MESS-DEMULATOR	28.000,-
ELT2	HANDSCHALLPEGELMESSER	675,-
SPF2	VIDEO-TEST-SIGNAL-GEN.	15.500,-

### WANDEL&GOLTERMANN

PCM-4	MESSAUTOMAT FÜR PCM-K.	32.900,-
PFJ-8	BITFEHLER/JITTER-TESTSET	33.900,-
SNA-62	SPECTRUM-NETWORK-ANALYZER 50Hz-3,2GHz	44.950,-

### MBMT MESSTECHNIK GMBH

Carl-Zeiss-Str. 5 27211 Bassum

Telefon:04241/3516 Fax:5516

## Elektromechanik

### Mehr Gänge

Die Firma Bourns mit europäischem Hauptsitz im schweizerischen Baar präsentiert zwei neue umlaufzählende Mehrgang-Einstellknöpfe im Druckußgehäuse, die sich durch spielfreie Betätigung und hohe Ablesegenauigkeit auszeichnen. Die neuen Einstellknöpfe Mo-



aktuell

dell H-22 und H-46 sind für maximal 15 beziehungsweise 20 Umdrehungen ausgelegt und können mit einer Vielzahl von Präzisionspotentiometern mit Wellendurchmessern zwischen 1/8" und 1/4" kombiniert werden. Die Ausführung H-22 hat einen Durchmesser von 22 mm und besitzt eine Skalenauflösung von 1/50 pro Umdrehung. Das Modell H-46 bietet bei einem Durchmesser von 46 mm eine entsprechend doppelt so hohe Auflösung. Beide Typen sind mit einer Klick-Arretierung ausgestattet.

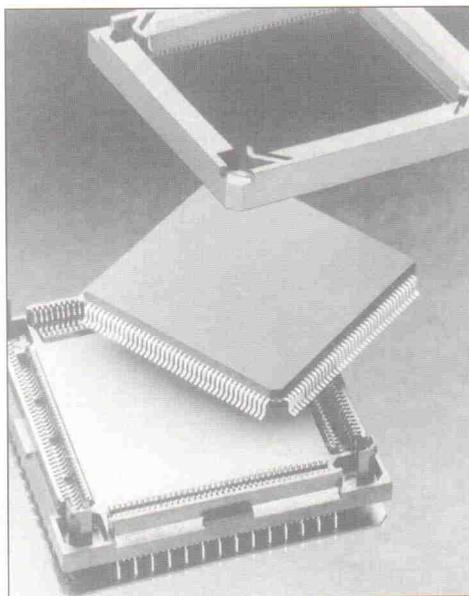
Bourns AG  
Zugerstraße 74  
CH-6340 Baar  
☎ 00 41/41/768-55 55  
☎ 00 41/41/768-55 10

### Micro-Pitch zum Wechseln

Ist in einer Schaltung ein IC als Plastic Quad Flat Pack (PQFP), Ceramic Quad Flat Pack (CQFP) oder gar als metrisches Plastic Quad Flat Pack (MQFP) vorgesehen, ist ein Austausch des Bausteins fast unmöglich. Jetzt bietet AMP Micro-Pitch-Sockel für verschiedene Polzahlen dieser quadratischen Gehäusebauformen an. Alle Sockel besitzen Lötbeinchen in drei umlaufenden Reihen. Eine sichere und dauerhafte Kontaktierung der dünnen Anschlüsse wird dadurch realisiert, daß die PQFP-Bauteile zuerst in einen Deckel eingesetzt werden, der die Beinchen in drei Richtungen abstützt. Beides zusammen wird dann in den Sockelkörper gedrückt. Die große Federlänge der

Kontakte sorgt für eine sichere dauerhafte Hochdruckkontaktierung.

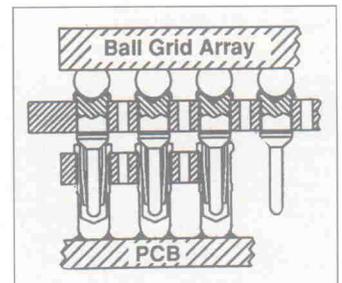
AMP Deutschland GmbH  
Amperestraße 7-11  
63225 Langen  
☎ 0 61 03/7 09-0  
☎ 0 61 03/7 09-223



...Falls Etiketten nicht unbemerkt entfernt werden sollen (Garantieschilder, Verschußsiegel, Prüfmarken o. ä.), bietet die 3M Deutschland GmbH, 41453 Neuss, unter der Bezeichnung ScotchMark 3812 eine neue selbstklebende Polyurethanfolie an ... Mit dem neuen Schneidwerkzeug 200-010-004 der Firma Panduit GmbH aus 61290 Bad Homburg lassen sich alle geraden und abgewinkelten Stifteleisten der Serie MAS-CON auf die jeweils gewünschte Polzahl abschneiden ... Für besonders schnelle und störungsfreie Übertragung bietet Distributor Farnell Electronic Services, 71696 Möglingen, mit der Belden-Serie 8102 jetzt Schnittstellenkabel mit sehr niedrigen Kapazitätswerten von 41 pF/m an ...

### Kugeln gesockelt

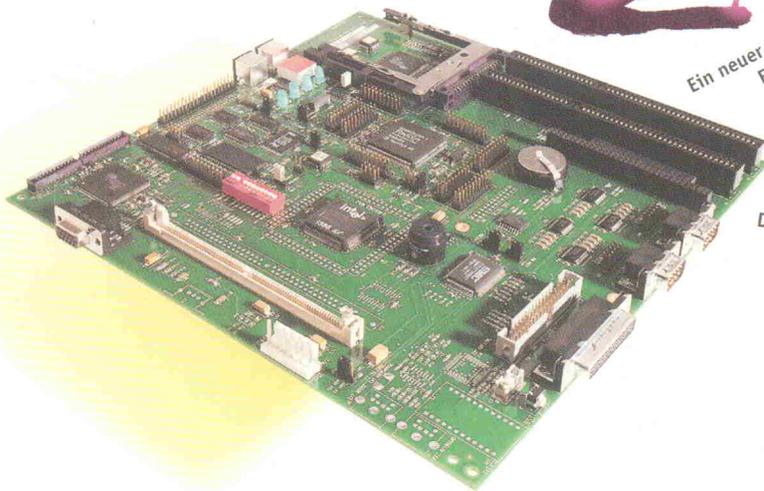
Einmal eingelötet, lassen sich Chips mit einem Ball-Grid-Array (BGA) kaum wieder entfernen oder austauschen. Diese Eigenschaft ist gerade in der Entwicklungsphase einer Schaltung störend. Eine einfache und



relativ preiswerte Möglichkeit, BGA-Chips zu sockeln, bietet jetzt die Münchener Firma Infratron mit seinen neuen BGA-Adaptersockeln an. Die zweiteilige Konstruktion besteht aus einem Chipcarrier, auf dem der Baustein aufzulöten ist, und aus einem Basissockel, der auf die Leiterplatte gelötet wird. Beim Auflöten des Chips auf den Träger lassen sich jede einzelne Lötstelle kontrollieren und thermische Spannungen weitgehend minimieren. Der Basissockel besteht aus einem high-density PGA-Sockel mit einem besonderen Isolierkörper. Eine spezielle Formgebung sorgt dafür, daß Carrier und Basissockel nicht falsch zusammengesteckt werden können.

Infratron GmbH  
Am Schnepfenweg 34  
80995 München  
☎ 0 89/15 81 26-0  
☎ 0 89/15 81 26-99

# radical technology embedded



Ein neuer MHz Intel386™ EX  
Embedded-Prozessor



QNX Echtzeit-BS mit  
Photon microGUI™ Das führende Echtzeit-Betriebssystem für PC's



Der neue RadiSys R380EX  
System-Controller



## Der neue EXPLR2: Alle brandaktuellen Embedded- Technologien auf einem Evaluation Board



Was kommt heraus, wenn man die führenden Embedded-PC-Technologien kombiniert? Schnellere Marktreife. Mehr Funktionalität mit weniger Hardware. Ein langlebigeres Produkt. Und viel weniger Arbeit. Intels EXPLR2 vereinfacht den Systementwurf. Sie entwickeln sofort Ihren Prototyp, weil alles an benötigter Hardware bereits integriert ist. Sogar Entwurfsdateien werden mitgeliefert. Sie editieren daraus einfach Ihr eigenes System.

EXPLR2 ist ausgestattet mit QNX, dem Echtzeit-Betriebssystem, das selbst aus kostengünstiger Hardware Höchstleistungen herausholt. QNX ist außergewöhnlich kompakt und vollständig skalierbar. Es stellt eine POSIX-konforme Umgebung und ein GUI mit allem Komfort bereit und läuft schon in weniger als 1MB Arbeitsspeicher.

EXPLR2 enthält noch mehr: unsere Verpflichtung. Mit Ihrem langfristigen Engagement für Embedded-Applikationen sind Intel, RadiSys und QNX Software Systems die Unternehmen, die Ihren Entwürfen eine echte Zukunft geben. Und zwar kompromißlos.

Fordern Sie Ihr kostenloses  
Reference Design Kit  
an: [www.explr2.com](http://www.explr2.com)  
oder Tel.: 0130-86-0251  
(Für Bestellungen wenden Sie sich bitte an Ihren Intel-Distributor)

außerhalb Deutschland: (1) 613-591-8223

QNX ist ein eingetragenes Warenzeichen und Photon microGUI ist ein Warenzeichen von QNX Software Systems Ltd.  
Intel und Intel386 sind eingetragene Warenzeichen von Intel Corporation.  
RadiSys ist ein eingetragenes Warenzeichen von RadiSys Corporation.

# Heavy metal



Kommt ein neues Akkusystem auf den Markt, präsentieren es seine Produzenten in der Regel als große Errungenschaft für die Umwelt. Ob Nickel-Metallhydrid-, Lithium-Ion oder aufladbare Alkaline-Zellen – Öko verkauft sich eben gut. Geschicktes Marketing vernebelt, daß meistens nur das kleinere Übel gewählt wurde. Und manchmal kann man nicht mal den Aussagen auf der Verpackung trauen. Das Labor für Wasser, Boden und Abfall des Umweltbundesamtes hat den Schwermetallgehalt von rund 30 Alkali-Mangan- und Zink-Kohle-Batterien unterschiedlicher Hersteller analysiert. Auslöser für die Untersuchung waren Gerüchte über erhöhte Schwermetallgehalte in Batterien kleiner und ausländischer Hersteller.

Die Schwermetallgehalte in den untersuchten Batterien lagen deutlich unter den Richtwerten der EU-Batterie-Richtlinie (91/157/EWG) von 0,025 Gew. %. Die in Deutschland eingesetzten Alkali-Mangan- und Zink-Kohle-Batterien sind damit in der Regel quecksilberfrei. Erschreckend fiel dagegen das Ergebnis für die wiederaufladbaren Alkaline-Zellen 'Accucell' der Firma Müller aus Winterbach aus. Die unter dem Banner der Umweltfreundlichkeit beworbenen Akkus – umweltschonend, da weniger Batteriemüll – stellten den absoluten Ausreißer gegenüber allen anderen untersuchten Zellen dar. Die gemessenen Quecksilbergehalte lagen um den Faktor 20 beziehungsweise 40 über den Richtwerten,

was bei einer Babyzelle etwa 0,5 g Quecksilber entspricht.

Die Accucell befindet sich seit Anfang 1994 auf dem Markt; 'mehrere Millionen Zellen' sind bereits verkauft. Damals erklärte die Firma Müller auf konkrete Nachfragen von ELRAD bezüglich des Schwermetallgehaltes, die Zellen entsprächen der EU-Richtlinie und wären damit hausmüllgeeignet. Alle ab 1996 produzierten Zellen sollen nun wirklich die Richtlinie erfüllen. Das Umweltbundesamt will diese Angaben in einer erneuten Untersuchung überprüfen.

Da die einmalige Analyse des Umweltbundesamtes nur eine Momentaufnahme darstellt, ist nicht sicher, wieviel Quecksilber in Umlauf gelangt ist. Nach ihrem Lebensende landen die Zellen in großen Stückzahlen auf Deponien oder in Müllverbrennungsanlagen. Im Deponekörper korrodieren die Batterien und setzen ihren Inhalt frei. Der prinzipiell umweltfreundliche Ansatz, anstatt Einwegzellen Akkus einzusetzen, könnte einen Imageschaden davontragen. Aufladbare Alkalines sind den seit Jahrzehnten bestens verdienenden Herstellern von Primär-Zellen ein Dorn im Auge. Dabei existieren Patente für die wiederaufladbare Alkaline schon seit über 30 Jahren.

Für andere Systeme sieht die Lage ebenfalls nicht rosig aus. Nur der toxikologisch und umweltmäßig verteilte NiCd-Akku läßt sich als einziger vollständig recyceln. Der Konkur-

rent, Nickel-Metallhydrid, der zumindest ohne das Schwermetall Cadmium auskommt, läßt sich noch nicht aufarbeiten. Auch den Lithium-Batterien bleibt momentan nur das Endlager für Sondermüll. Es gibt lediglich eine Firma in Schönebeck, die Batterien mit einem Lithium-Anteil von maximal 5 % aufarbeiten kann. Batterien ohne Recyclingsymbol – also fast alle Primärbatterien – wandern gesetzlich geregelt in den Hausmüll. Das entlastet zwar die

Recyclingfirmen von Sortierarbeit, bewahrt aber nicht die Umwelt vor Schaden. Ein Gesetzentwurf, der in Kürze vorgelegt wird, sieht daher eine generelle Sammelpflicht für alle Batterien vor. Leider konnte man sich nicht auf ein Pfandsystem einigen. Solange es jedoch den Anwender nicht direkt am Portemonnaie trifft, landen auch in Zukunft Nickel-Cadmium-Akkus oder Quecksilber-Knopfzellen aus Gedankenlosigkeit oder Unwissen auf dem Müll. cf

aktuell

## Alkaline und Co.

Noch vor drei Jahren konnte sich der Verbraucher bei der Auswahl einer klassischen 1,5-V-Rundzelle nur zwischen einer Zink-Kohle- (in der Größe Mignon um 500 mAh Kapazität) und der leistungsstärkeren Alkali-Mangan-Zelle (Alkaline) mit zirka 1800 mAh entscheiden. Inzwischen gibt es 'Ladegeräte' für herkömmliche Zink-Kohle- und Alkaline-Zellen sowie wiederaufladbare und neuerdings auch 'regenerierbare' Alkalines.

Eigentlich gehört Alkali-Mangan zu den Primärsystemen – es läßt sich auf elektrischem Wege nicht aufladen. Mit einer Spannung von 1,7 V – gepulst oder konstant – versuchen unterschiedliche Ladekonzepte der verbrauchten Zelle wieder Leben einzuhauchen. Die Pressemitteilungen des ZVEI-Fachverbandes Batterien zur Ladung von Einwegzellen sind eindeutig. Die Hersteller berufen sich aus Sicherheitsgründen auf die Produkthaftung: 'Artikel und Werbeschriften, die auf eine Lademöglichkeit von Primärbatterien hinweisen, sind eine



Regenerierbar: Boomerang-Zelle von Leclanché.

Aufforderung zu einer gefährlichen Handlungsweise'. Trotzdem funktioniert es – wenn auch mit bescheidenem Erfolg. Eine herkömmliche Alkaline läßt sich damit fünf- bis zehnmal etwas auffrischen.

Während die Einwegbatterie also nicht für die Ladung ausgelegt ist, besitzen aufladbare Alkalines mit besseren Separatoren und abgewandelter Chemie die nötigen Voraussetzungen für 50...500 Ladungen. Ein Zwischending stellen neuerdings regenerierbare Zellen dar. Sie sollen mit bis zu 25 Ladungen die zehnfache Kapazität einer gewöhnlichen Alkaline bieten.

- ◆ Multiplexer/Schalter/Militärprodukte
- ◆ Interface
- ◆ OpAmps, Komparatoren
- ◆ DC-DC-Wandler, Stromversorgungen
- ◆ µP-Überwachung
- ◆ Analogfilter
- ◆ A/D-Wandler
- ◆ High Speed: Video, Komparatoren
- ◆ D/A-Wandler
- ◆ Anzeigentreiber
- ◆ Spannungsreferenzen
- ◆ 3 V-Analog

# MAXIM

mit dem maximalen Analog-Analog/Digital-Programm.

Die neueste MAXIM-CD mit allen vorhandenen Datenblättern können Sie jetzt kostenlos per Fax bei uns anfordern.

Mehr Info's unter:

01805 - 31 31 20 Telefon

0190 - 87 11 46\* Fax

Datenblätter · ProductNews · Datenbücher

25 Jahre **SE** Spezial-Electronic KG

(\* 12 Pfg/2 sek.)

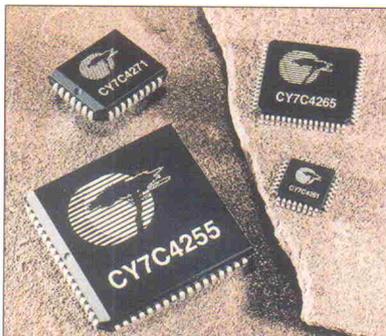
## Speicher

### 100 MHz Deep Sync

Unter der Bezeichnung Deep Sync FIFO führt das Haus Cypress eine Reihe synchroner FIFO-RAMs mit Kapazitäten zwischen  $16K \times 9$  (CY7C4261) und  $16K \times 18$  (CY7C4265) ein. Die Bausteine laufen an einem Systemtakt von maximal 100 MHz und ermöglichen asynchrones Schreiben und Lesen. Bei Kaskadierung arbeiten die ICs per Token-Übergabe zusammen. Dieses Verfahren soll nach Angabe des Herstellers die Leistungsaufnahme reduzieren und die First-Word-Latenzzeit drastisch senken. Die Deep Sync FIFOs stehen ab sofort in Produktionsstückzahlen im PLCC-

Gehäuse oder als TQFP zur Verfügung.

Cypress Semiconductor GmbH  
Münchener Straße 15a  
85604 Zorneding  
☎ 0 81 06/28 55  
☎ 0 81 06/2 00 87



### Ferroelektrisch

Im Dezember beginnt Hitachi die Bemusterung der ersten ferroelektrischen RAMs (FRAM) mit einer Kapazität von 256 KBit (HM71V832, organisiert zu  $32K \times 8$ ). Die ICs zeichnen sich dadurch aus, daß sie Informationen auch im spannungslosen Zustand behalten. Dank der Nichtflüchtigkeit sollen FRAMs in Zukunft Kombinationen separater SRAM- und EEPROM-Bausteine ersetzen. Der HM71V832 benötigt eine Versorgungsspannung von 2,7...3,6 V, seine Zugriffszeit liegt bei

150 ns, ein Schreib-/Lesezyklus erfordert minimal 235 ns. Die Stromaufnahme beträgt typisch 20 mA im Betrieb und 15 µA standby. Als Lebensdauer gibt Hitachi eine Billion ( $10^{12}$ ) Schreib-/Lesezyklen an. Das FRAM ist im TSOP-I- oder SOP-Gehäuse mit 28 Pins erhältlich.

Hitachi Europe GmbH  
Electronics Components Group  
Dornacher Straße 3  
85622 Feldkirchen  
☎ 0 89/9 91 80-0  
☎ 0 89/9 91 80-2 65  
☎ <http://www.hitachi-eu.com/>

### Kompaktblitz

Zwischen 1 MByte und 8 MByte bringt Fujitsu auf einer Miniature-Card ( $38 \times 33 \times 3,5$  mm),



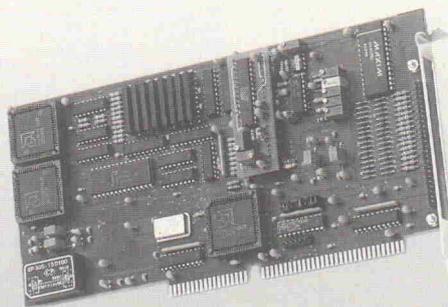
einem Viertel der Fläche einer PC-Card (PCMCIA), unter. Die Speichermodule laufen mit einer Versorgungsspannung von wahlweise 5 V (1, 2, 4 und 8 MByte mit 100 ns Zugriffszeit) oder 3,3 V (2 und 4 MByte bei 150 ns). Der Hersteller garantiert eine

Lebensdauer von mindestens 100 000 Lösch-/Schreibzyklen. Die Flash-Miniature-Cards entsprechen der von der MCIF (Miniature Card Implementers Forum), einem Anfang '96 gegründeten Forum von derzeit 36 Unternehmen, herausgegebenen Spezifikation. Typische Einsatzgebiete sieht Fujitsu bei der Datenspeicherung im Konsumgütermarkt, beispielsweise digitale Audioaufzeichnung, Kameras, Telefone, Notebook- oder Palmtop-Rechner.

Telefone, Notebook- oder Palmtop-Rechner.

Fujitsu Mikroelektronik GmbH  
Am Siebenstein 6-10  
63303 Dreieich-Buchsschlag  
☎ 0 61 03/6 90-0  
Info-☎ 0 89/2 91 36 03  
☎ <http://www.fujitsu-edc.com/>

## Wenn Sie's genau wissen wollen! *schnell und hochgenau* Transientenrekorder von SPECTRUM z.B. PAD1616



### 16kanaliger 16-Bit-AD-Wandler für PC's

- 16 Bit Auflösung ● 16 Kanäle
- bis 2 MHz Abtastrate
- 2 M-Sample-, „on board“-Speicher

### Wir liefern Transientenrekorder von 8–16 Bit von 100 kHz–400 MHz

Spectrum Systementwicklung GmbH, Bültbek 26,  
22962 Siek, Tel. (041 07) 18 81, Fax (041 07) 95 90

e-mail: 101560.762@compuserve.com  
[http://ourworld.compuserve.com/homepages/spectrum\\_gmbH](http://ourworld.compuserve.com/homepages/spectrum_gmbH)

### 'Große' EEPROMs

Mit den seriellen Bausteinen M24128 und M24256 kündigt SGS-Thomson (ST) die nach eigenen Angaben höchstkapazitiven, seriellen EEPROMs an. Der M24128 faßt 128 KBit und ist als  $16K \times 8$  organisiert, den doppelten Speicherraum bietet der M24256 ( $32K \times 8$ ). Beide Chips laufen ab 1,8 V. Der Zugriff erfolgt mittels des I<sup>2</sup>C-Protokolls (Extended I<sup>2</sup>C), das die 16-KBit-Grenze des I<sup>2</sup>C-Busses mit Hilfe eines zweiten Adreßbytes überwindet. Außer-

dem hat ST die Busgeschwindigkeit auf 400 KBit/s gesteigert. Die ICs stehen in den Gehäuseformen DIP8, SO8 Wide mit 200 mil (M24256) und SO8 Narrow mit 150 mil (M24128) zur Verfügung. In Kürze soll eine Variante für den SPI-Bus folgen.

SGS-Thomson Microelectronics GmbH  
Bretonischer Ring 4  
85630 Grasbrunn  
☎ 0 89/4 60 06-0  
☎ 0 89/4 60 54 54  
☎ <http://www.st.com/>

### 1-MBit-SRAM mit 10 ns

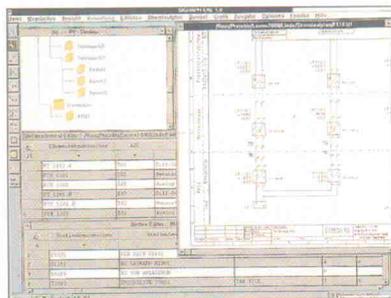
Der kalifornische Speicherspezialist ISSI (hiesige Distributoren: Scantec, 82152 Planegg, und Topas, 30179 Hannover) führt mit dem IS63LV1024 sein erstes asynchrones SRAM in 0,35-µm-Technologie ein. Der Baustein bietet eine Kapazität von einem MBit ( $128K \times 8$ ) und Zugriffszeiten bis herab auf 10 ns bei 3,3 V Versorgungsspannung. Die Stromaufnahme liegt im Betrieb bei maximal 220 mA, im Standby-Modus (/CE = High) kann der Lei-

stungsbedarf bis auf 250 µW zurückgehen. Das IC steht jetzt in den Gehäusevarianten TSOP (Typ 2) sowie 32-Pin-SOJ in 800 oder 400 mil zur Verfügung. Eine Version mit 8 ns Zugriffszeit soll im kommenden Jahr erscheinen.

Integrated Silicon Solution, Inc.  
680 Almanor Avenue  
Sunnyvale, CA 94086-9513  
USA  
☎ 0 01-4 08/7 33-47 74  
☎ 0 01-4 08/2 45-47 74  
☎ <http://www.issiusa.com/>

Unter der Haube

ABB setzt jetzt die Prozeßvisualisierungs- und Leitreechner-Software Wizcon des Softwarehauses PC Soft International als Standardprodukt für die Bereiche Visualisierung und Bedienung in den Automatisierungssystemen ABB Procontic CS31 und T200 ein. Dies bietet dem Anwender den Vorteil, alle Komponenten aus einer Hand zu beziehen und eine zentrale Anlaufstelle für Support zu haben. Wizcon läuft unter OS/2 Warp, Windows 95 und Windows NT. Die Verbindung der Leitreechner mit den Automatisierungssystemen erfolgt entweder über serielle Schnittstellen des IPC oder über Feldbusse wie Modbus, Arcnet und PDnet.



Mit dem vom Bereich Anlagen-technik (ANL) offerierten Sigraph EMR steht das laut Siemens weltweit erste CAE-Tool zur Verfügung, das sämtliche Bereiche (Basis-, Ausführungs- und Montageplanung) der rechnergestützten Projektierung prozeßleittechnischer Anlagen abdeckt. Sigraph EMR ist durchgehend objektorientiert und läuft unter Windows oder Unix. Vorhandene Daten aus R&I-Schemata und Konstruktionszeichnungen können über eine konfigurierbare Im- und Export-Schnittstelle übernommen werden. Ein Objekt wie beispielsweise einen Transmitter gibt der Anwender lediglich ein-

mal in die Datenbank ObjektStore ein, es steht danach allen abgeleiteten Unterlagen in nur grafisch abgewandelter Form zur Verfügung. Änderungen am Objekt führt das System automatisch in der Datenbank wie auch den abgeleiteten Unterlagen nach. So ist die Datenkonsistenz in allen Phasen der Projektierung sichergestellt. Dank seines modularen Aufbaus ist Sigraph EMR entsprechend den Projektanforderungen erweiterbar: Das Modul *PLT-Stelle* generiert Stellenlisten, Typicals, Stellenblätter oder Gerätespezifikationen. Der Baustein *Schrank* erzeugt das komplette Schaltschranklayout inklusive Kabelkanälen, Baugruppen, Klemmleisten und Verbindungen. Schließlich sorgt das Modul *Montage* für Hookup-Skizzen, die Mengenermittlung und die Festlegung des Bulkmaterials.

Unter der Bezeichnung MESO bietet die Firma Inor seit kurzem eine Reihe von Transmittern zur Montage im Anschlußkopf von Temperatursensoren an. Der Typ MESO-H eignet sich für Widerstandsthermometer Pt100, Pt1000, Ni100 (2-, 3- oder 4-Leiterschaltung) sowie elf Thermoelementtypen. Die Konfiguration des Transmitters erfolgt digital mit Hilfe des Hart-Protokolls, der Ausgang läßt sich für 4...20 mA, 20...4 mA oder Zwischenwerte einstellen. Alle Veränderungen der Konfiguration erfolgen online ohne Störung des Meßsignals. Dazu steht die Programmiersoftware MePRO zur Verfügung.

INOR Transmitter GmbH  
Postfach 14 10  
64836 Münster  
☎ 0 60 71/61 20 08  
☎ 0 60 71/61 20 07



Siemens Business Services  
Postfach 23 48  
90713 Fürth  
☎ 09 11/9 78-33 21

aktuell

ABB Schalt- und Steuerungstechnik GmbH  
Postfach 10 50 09  
69040 Heidelberg  
☎ 0 62 21/7 77-0  
☎ 0 62 21/7 77-1 12  
⚡ http://www.abb.de/

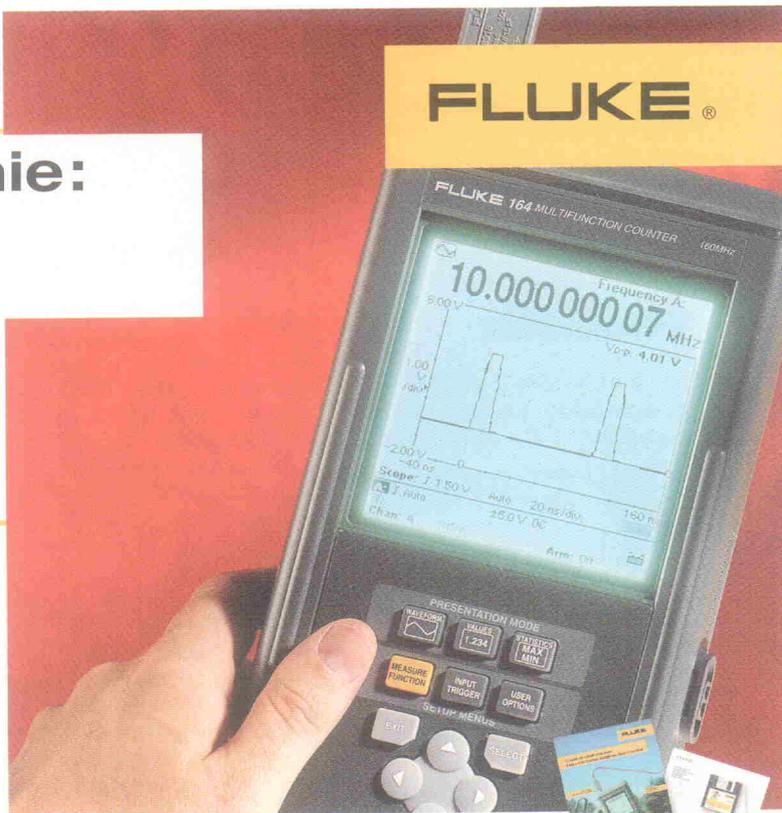
Ein Zähler wie noch nie:  
Sehen Sie sich an,  
was Sie messen!

Die neuen MultiFunction Counter –  
handliche Universalzähler mit  
zusätzlicher Meßsignaldarstellung.

Traditionelle Timer/Counter zeigen Ihnen nicht das Meßsignal – und Oszilloskope bieten nicht die Meßgenauigkeit eines Universalzählers. Aber die neue MultiFunction Counter Reihe 160 von Fluke bietet beides: genaue Zeit- und Frequenzmessung mit Meßsignal- und Triggerband-Darstellung.

Das Meßergebnis wird bis zu 10 digits aufgelöst. Auf Knopfdruck weitere 10 Signalparameter – ohne neue Messung. Das gibt Sicherheit! 2 Eingänge mit 160 MHz Standard-Meßbandbreite, Zusatzkanal bis 1,5 GHz, Fluke View Windows® Software zur Signalauswertung sowie TCXO oder stabiler Ofenoszillator für volle Mobilität (Batteriebetrieb).

Verlassen Sie sich nicht länger auf Vermutungen:  
Nehmen Sie Fluke's Serie 160!



Fordern Sie weiteres  
Informationsmaterial an!

Fluke Deutschland GmbH  
Heinrich-Hertz-Straße 11  
34123 Kassel

Tel. 05 61/95 94 - 2 42  
Fax 05 61/95 94 - 2 39

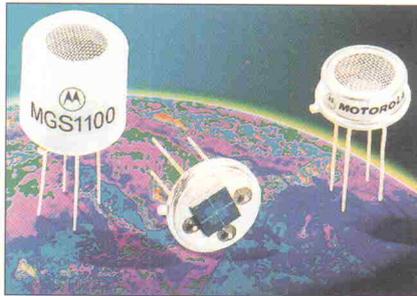
## Meßtechnik

### CO-Halbleiter

Mit der Reihe Senseon MGS1000 stellt die Sensor Product Division von Motorola eine neue Familie chemischer Gassensoren vor. Nach Herstellerangaben handelt es sich bei den in Mikrosystemtechnik auf Siliziumbasis gefertigten Meßwertaufnehmern um die ersten ihrer Art. Motorola stellt die Dünnschicht-Metalloxid-Sensoren unter Lizenz der Schweizer Firma Microsens SA her. Anwendungen finden sich zum Beispiel in der Klimatechnik, bei Brand- und Rauchmeldeanlagen und bei der Kontrolle von Gasemissionen in Industrieanlagen und der Fahrzeugtech-

nik. Das erste Mitglied der Familie, der Kohlenmonoxid-Sensor MGS1100, ist für umwelttechnische Anwendungen wie die Überwachung von Luftqualität und CO-Gehalt in Wohnräumen konzipiert. Als Muster sowie in kleineren Stückzahlen ist er bereits ab Lager lieferbar.

Motorola GmbH  
Geschäftsbereich Halbleiter  
Schatzbogen 7  
81829 München  
☎ 0 89/9 21 03-0  
☎ 0 89/9 21 03-1 01

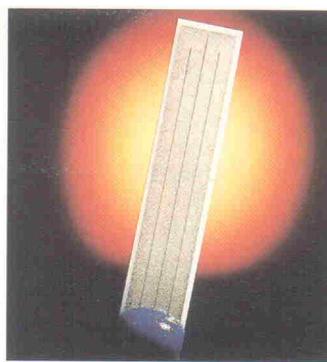
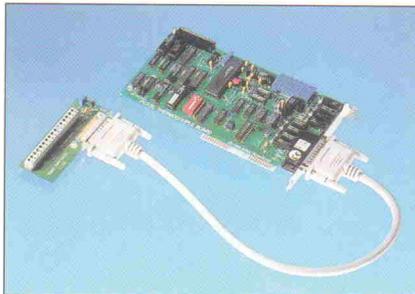


### Thermo-Board

Mit den Einsteckkarten PC-73C/T und PC73C/R bietet die Firma Spectra zwei speziell für Temperaturmessungen ausgelegte A/D-Boards zum funktionalen Ausbau eines PC an. Die Karten ermöglichen Messungen mit Thermoelementen und Pt100-Temperaturfühlern über acht differentielle Signaleingänge. Ein integrierender Dual-Slope-A/D-Wandler mit 12 Bit Auflösung sowie Onboard-Filter sorgen für eine gute Störunterdrückung und geringes Signalrauschen. Ein Anschlußpanel mit Thermosensor für die Kaltstellenkompensation bei Thermoelementen gehört eben-

so zum Lieferumfang wie Software-Unterstützung unter DOS- und Windows mit Treibern für Programme wie DasyLab, LabView und Labtech Notebook.

Spectra Computersysteme GmbH  
Karlsruher Straße 11  
70771 Leinfelden-Echterdingen  
☎ 07 11/9 02 97-0  
☎ 07 11/9 02 97-90



### Miniatur-Heizung

Einen Platin-Mikroheizer hat die Firma Heraeus Sensor vorgestellt. Das Besondere der Neuentwicklung ist ein Konstruktionsprinzip, bei dem ein Temperaturwiderstand direkt als Heizelement eingesetzt wird. Als Leistungsmerkmale ergeben sich unter anderem kurze Reaktionszeiten zwischen 10 ms und 20 ms sowie niedriger Energiebedarf. Der Sensor

soll sich durch Genauigkeit, hohe Langzeitstabilität und Korrosionsfestigkeit auszeichnen. Er gestattet breitbandigen Einsatz bei Temperaturen von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis zu  $500^{\circ}\text{C}$ . Ursprünglich für die Luftmassenüberwachung in der Automobiltechnik entwickelt, läßt sich der Mikroheizer gut für verschleißfreie Durchflußmessungen als Ersatz für mechanische Strömungsmesser verwenden. Zudem ist das kompakte Platinelement dort einsetzbar, wo Folienheizungen für eine direkte Erwärmung sorgen sollen, beispielsweise für die Vorwärmung von Öl oder Ansaugluft in Motoren.

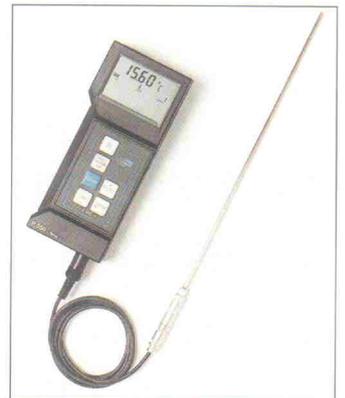
Heraeus Sensor GmbH  
Reinhard-Heraeus-Ring 23  
63801 Kleinostheim  
☎ 0 60 27/5 03-0  
☎ 0 60 27/5 03-2 65

### Kalibrierter Temperaturvergleich

Als Erweiterung der hauseigenen Produktpalette für die Temperaturerfassung bietet Jumo eine neue Meßkette an. In der Grundausstattung setzt sich das System aus einem vom deutschen Kalibrierdienst (DKD) zertifizierten Präzisions-Widerstandsthermometer und einem prozessorgesteuerten Handmeßgerät zusammen. Durch die DKD-Kalibrierung lassen sich exakte und auf nationale Standards rückführbare Referenztemperaturen ermitteln. Die Meßkette empfiehlt sich dadurch beispielsweise für Anwendungsbereiche wie Service und Installation, etwa bei der Aufnahme von Vergleichstemperaturen für den Abgleich von Thermofühlern. Die Widerstandsthermometer stehen mit Durchmessern von 3 mm oder 4,5 mm in Baulängen von 200, 300 oder 400 mm zur Wahl. Die Kalibrie-

rung erfolgt normalerweise bei  $0, 100$  und  $200^{\circ}\text{C}$ ; Versionen mit anderen Prüftemperaturen und Arbeitstemperaturbereichen sind optional verfügbar.

M. K. Juchheim GmbH & Co.  
Postfach 1209  
36035 Fulda  
☎ 06 61/60 03-0  
☎ 06 61/60 03-5 00



## Neu: Design-Tool-Katalog mit Gratis-CD

In der soeben erschienenen fünften Ausgabe präsentiert der neue Hoschar EDA-Katalog auf über 84 farbigen Seiten „Design-Tools für mehr Erfolg in der Elektronik-Entwicklung“. Für Elektronik-Entwickler und Entscheider ist das Werk zweifellos eine unverzichtbare Hilfe bei der Auswahl kostengünstiger Entwicklungswerkzeuge für Windows, Windows 95 & NT. Der EDA-Katalog informiert über Low-Cost-Lösungen für Schaltplan-Design, PLD-Synthese, Analog-/Digitalsimulation, Timing-Design,

Leiterplatten-Layout, Autorouting, CAD/CAM, EMV-Analyse, Chip-Design und vieles mehr. Der Clou ist die ebenfalls gratis enthaltene Test-CD. Auf ihr finden Anwender Präsentationen und Windows-Testversionen der im Katalog vorgestellten Programme. Gratis-Katalog und CD können telefonisch, per Fax, per Kennziffer und mit dem nebenstehenden Coupon angefordert werden bei der Hoschar Systemelektronik GmbH, Postfach 2928, 76016 Karlsruhe, Tel: 0180/530 35 05, Fax: 0180/530 35 09.



Neu mit Gratis Test-CD:  
Der Hoschar EDA-  
Katalog 2/96

### Abruf-Coupon

Ja, bitte senden Sie mir den Hoschar EDA-Katalog und die Gratis-Test-CD (mit über 300 MB zum Thema EDA). Meine Anschrift lautet:

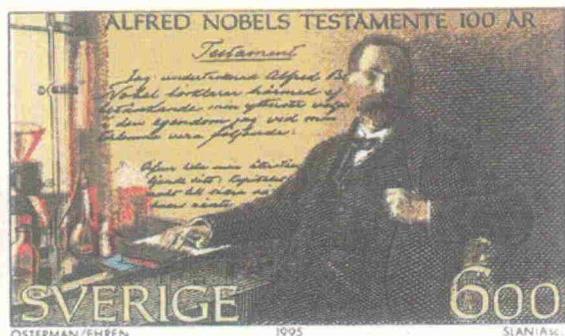


Name, Vorname	14
Firma, Abt.	
Straße	
PLZ/Ort	
Telefon	

Am besten kopieren und per Fax an: 0180/530 35 09 oder per Post an Hoschar GmbH, Postfach 2928, D-76016 Karlsruhe

# Programmtips

Auswahl Naturwissenschaft und Technik für Dezember 96



Schon als Jugendlicher zündelte Alfred Nobel gern mit dem hochexplosiven Nitroglycerin herum. Nach zahlreichen Unfällen gelang ihm die Bändigung des gefährlichen Stoffes. Das sichere Dynamit machte fortan zügig den Weg frei: Straßen und Bahnlinien, Kanäle und Tunnel für das Industriezeitalter. Nobel – Sprengstoff- und Waffenindustrieller – war zudem noch Pazifist, wenn auch nach eigener Philosophie: Er glaubte an den Abschreckungseffekt von hochentwickelten Waffen. Sein gesamtes Vermögen hinterließ er in Form des Nobelpreises denen, die ihm ähnlich waren: Forschern, Literaten, Menschenrechtlern. Am 10. Dezember jährt sich zum 100. Male Nobels Todestag (DW-tv, 18.30 Uhr).

**Sonntag, 1. 12.**

**TV 3sat 7.00 Uhr**  
Köpfe: Das Rätsel der Wissenschaft – Nobelpreisträger Victor Franz Hess: Entdecker der kosmischen Strahlung

**Montag, 2. 12.**

**TV DW-tv 17.00 Uhr**  
Feature: Research for Better Understanding – The Alexander von Humboldt Foundation

**Dienstag, 3. 12.**

**TV WDR Fernsehen 21.45 Uhr**  
Im Schatten des Thien-San: Erdbebenforschung in Kirgistan

**TV N3 22.15 Uhr**  
Prisma: Simulationen mit dem Computer

**TV ZDF 22.15 Uhr**  
Zündstoff: Risiko Elektromog. Hysterie und Panikmache oder droht eine wirkliche Gefahr?

**TV N3 13.00 Uhr**  
DokZeit: Prisma-Magazin

**Freitag, 6. 12.**

**TV Südwest 3 1 7.00 Uhr**  
Thema der Woche: Kinder und Medien: Gutenberg im Cyberspace? – Multimedia und Datenetze

**Samstag, 7. 12.**

**TV WDR Fernsehen 14.30 Uhr**  
Globus – Forschung und Technik. Themen: 1. Risiko in der Krise; 2. Metalocene – Heizel-männchen der Chemie; 3. Wie durch ein Wunder geheilt?

**TV 3sat 17.00 Uhr**  
Neues ... Die Computershow: 1. Internet via Satellit 2. Mac News 3. Die Entwicklung des Computers am Beispiel von Computerspielen

**Sonntag, 8. 12.**

**TV ARD 17.00 Uhr**  
ARD-Ratgeber: Technik

**TV 3sat 17.20 Uhr**  
Gewußt wie. Die lebende Landkarte Computerreise

**TV Pro Sieben 19.00 Uhr**  
Welt der Wunder. Thema u. a.: Infrarot-Kameras

**TV ZDF 21.55 Uhr**  
Die Zukunftsmacher: KI-Forscher Marvin Minsky vom MIT, der Roboterwissenschaftler Hans Moravec und einer der vehementesten Kritiker dieser Wissenschaft, Josef Weizenbaum, diskutieren über künstliche Intelligenz.

**Montag, 9. 12.**

**TV WDR Fernsehen 22.15 Uhr**  
Kurzgeschichte(n): Was eine Dose zur Spray-Dose macht, erfand der Amerikaner Julian Kahn: Er entwickelte das Sprüh-Ventil und erhielt im August 1939 das Patent für die erste Einwegdose mit Sprüh-Abfüllung.

**Dienstag, 10. 12.**

**TV DW-tv 18.30 Uhr**  
Feature: Alfred Nobel – Erfinder mit Schlagkraft

**TV N3 22.15 Uhr**  
Prisma: Alfred Nobel

**Mittwoch, 11. 12.**

**TV Bayer. Fernsehen 19.30 Uhr**  
Alfred Nobel – Zum 100. Todestag

**Donnerstag, 12. 12.**

**TV hessen 3 22.55 Uhr**  
Aus Wissenschaft und Forschung: Alfred Nobel

**Samstag, 14. 12.**

**TV Bayer. Fernsehen 21.30 Uhr**  
Das historische Stichwort: Vor 100 Jahren – Der Chemiker Alfred Nobel gestorben

**Dienstag, 17. 12.**

**TV D. Radio Berlin 11.00 Uhr**  
Natur und Wissenschaft: 'Dicke Luft über den Wolken' – Flugverkehr und Klimafolgen

**Montag, 23. 12.**

**TV 3sat 16.30 Uhr**  
Der fliegende Vogtländer: Abenteuer Weltraum – Sigmund Jähn

**TV 3sat 21.30 Uhr**  
HITEC – Technikmagazin

**Freitag, 27. 12.**

**TV 3sat 10.15 Uhr**  
Zeitsprünge mit Franz Alt: 1. Biofleisch statt Rinderwahn – Neue Wege für die Landwirtschaft

**TV N3 16.30 Uhr**  
Therapie um jeden Preis? Patienten, Ärzte und die High-Tech-Medizin

**Samstag, 28. 12.**

**TV 3sat 10.15 Uhr**  
Zeitsprünge mit Franz Alt: 2. Solararchitektur

**Montag, 30. 12.**

**TV 3sat 10.15 Uhr**  
Zeitsprünge mit Franz Alt: 3. Aura – Heilkraft oder Schwindel?

**Dienstag, 31. 12.**

\* Heute gibt's die neue **ELRAD**

**TV 3sat 10.15 Uhr**  
Zeitsprünge mit Franz Alt: 4. Crash 2030 – Kommt die Klimakatastrophe?

## tägliche Radiosendungen

**TV Deutschlandfunk** Montag bis Freitag von 16.35 bis 17.00 Uhr, Samstag bis Sonntag von 16.30 bis 17.00 Uhr

Wissenschaft aktuell: Die Sendung beschäftigt sich wochentags mit dem Thema 'Aus Naturwissenschaft und Technik', samstags mit 'Computer und Kommunikation' und sonntags mit 'Wissenschaft im Brennpunkt'.

**TV DeutschlandRadio Berlin** Montag bis Freitag, 11.00 Uhr  
Natur und Wissenschaft

## wöchentliche Sendungen

**TV N3** Dienstag, 22.15 Uhr  
Prisma

**TV arte** Dienstag, 20.00 Uhr  
Archimedes – Das europäische Wissenschaftsmagazin

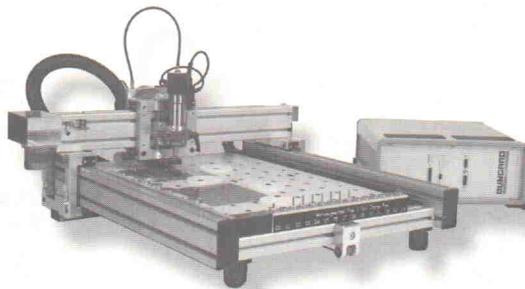
**TV Bayern 2 Radio** Freitag, 19.30 Uhr  
Kugelblitz – Neues aus Wissenschaft aus Forschung

# DIE PLATINENPROFIS

IHR WEG ZUR LEITERPLATTE FÜHRT SIE ZU UNS

## CNC-BOHRMASCHINE BUNGARD CCD

Diese Maschine ist das Multitalent in unserem Programm. Sie ist komplett ausgestattet und einfach zu bedienen. Die Stundenleistung beträgt 18.000 Löcher! Die Software gehört genauso zum Lieferumfang wie Schnellfrequenzspindel, Steuereinheit und Staubabsaugung.



## SPLASH

Unsere neue doppelseitige Laborätzmaschine hat ein innovatives Konzept: Sie ätzt im Sprühverfahren und ermöglicht sauberes und spülwasserarmes Arbeiten. Robuste Bauweise und hoher Bedienungscomfort lassen dabei keine Wünsche offen.



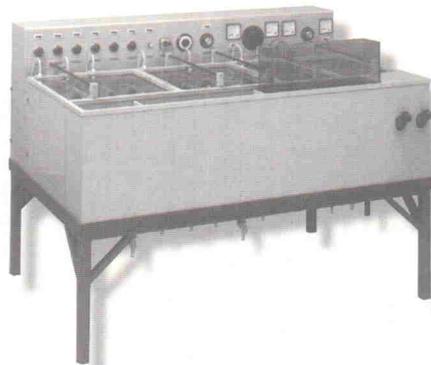
## DURCHLAUFÄTZ- MASCHINE DL 500

Mit einer Stundenleistung von 10m<sup>2</sup> und einer Nutzbreite von 510 mm ist die DL 500 kompakt und schnell. Die optimale Bedienerfreundlichkeit und die hohe Linienauflösung machen sie in dieser Preisklasse unübertroffen.



## ROLLVERZINNER RT 12

Dieses Gerät versorgt Ihre Leiterplatten mit einem schützenden, gut lötbaren und optisch ansprechenden Oberflächenschutz. Machen Sie mit Ihren Verarbeitungszeiten kurzen Prozeß!



## COMPACTA

Unsere Kleingalvanikanlage bietet grundsätzliche, moderne Technik auf kleinem Raum und zum günstigen Preis. Die Anlage ermöglicht das Durchkontaktieren von bis zu vier Europakarten gleichzeitig. So können Sie den heutigen Anforderungen auch in der Kleinserienfertigung gerecht werden.

## IONEX

Unsere 3-stufige Falle für Metalle. Filtration, Ionenaustausch und Neutralisation garantieren die Einhaltung der Grenzwerte für Schwermetalle im Abwasser. Das gereinigte Wasser kann in den Spülkreislauf der Ätzmaschine zurückgeführt werden.



## BÜRSTMASCHINE

Die RBM 400 ist die ideale Naßbürstanlage für Schulen, Labors und andere Bereiche der Leiterplattenfertigung. Sogar eine Filtrationsstufe zur Abwasseraufbereitung ist neben Waschstation, Abquetschzone und Warmlufttrocknung komplett integriert. Eine zeitgemäße Maschine, die hohen Anforderungen gerecht wird.

## TROCKENRESIST- LAMINATOR RLM 419 P

Der ideale Trockenresistlaminiator für die anspruchsvolle Leiterplattenfertigung. Die solide und durchdachte Konstruktion garantiert gleichbleibend gute Ergebnisse. Der Einstieg in die Profi-Line!



## Medien

### Kühlkörper-Katalog

Einen Katalog zu ihrer Produktpalette von Kühlkörpern für den Elektronikbereich hat die Firma Fischer Elektronik auf CD-ROM herausgebracht. Wer Abkühlung für bestimmte Bauelemente sucht, kann das jeweils passende Produkt aus dem Angebot über eine Datenbankmaske am PC heraussuchen. Auswahlkriterien sind dabei zum Beispiel der Einsatzbereich, die Bauform und die Abmessungen sowie die gewünschten thermischen Eigenschaften des Kühlkörpers. Das ausgewählte Produkt und eventuell erhältliches Zubehör läßt sich danach inklusive kurzer Beschreibung mit Foto und Lochbild auf den Bildschirm holen und kann bei Bedarf per Mausklick einer Be-

stelliste für die spätere Faxbestellung hinzugefügt werden. Zusätzlich zum eigentlichen 'Multimedia-Katalog' bietet die Fischer-CD auch ein Tool zur Berechnung von Wärmewiderständen, Exportmöglichkeiten von Grafiken für die Erstellung von Stücklisten, Kontaktadres-



sen und natürlich einige Informationen rund um das Unternehmen. Der elektronische Katalog auf CD-ROM ist gratis per Fax anzufordern.

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG  
Postfach 1590  
58465 Lüdenscheid  
☎ 0 23 51/4 35-0  
☎ 0 23 51/4 57 54

## FHG auf Disk

Mit ihren 47 innerdeutschen und sieben internationalen Forschungseinrichtungen und -instituten stellt sich die Fraunhofer-Gesellschaft auf einer im September herausgegebenen CD-ROM vor.

Als Untermenge des hauseigenen Informationsangebotes im World Wide Web ist die CD konsequent im HTML-Format gehalten. Für die Navigation durch die CD-Daten wird eine Version des Microsoft Internet Explorer mitgeliefert, jeder andere Web-Browser tut es aber auch.

Neben einer Vorstellung der Tätigkeitsbereiche und der Leistungsprofile aller Institute stellt die CD eine ausführliche Sammlung von Kontaktadressen bereit. Eine Stichwortsuche ermöglicht unter anderem das schnelle Auffinden der richtigen Ansprechpartner für spezielle Forschungsprobleme. Besteht während des Stöbers durch die CD-Dokumente direkter Zugriff zum Internet, kann man sich



von den lokalen Dateien aus auch sehr gezielt zu Web-Angeboten der FhG durchhangeln. Hier sind dann unter anderem neueste Veröffentlichungen und Fachpublikationen, Pressemitteilungen oder aktuelle Stellenausschreibungen der Institute zu finden. Bei Bedarf hilft die Online-Recherche in der FhG-Publikationsdatenbank bei der Suche nach speziellem Informationsmaterial. Die Fraunhofer-CD ist kostenlos erhältlich und kann auch per EMail angefordert werden.

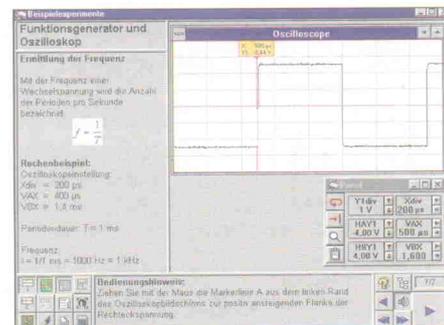
Fraunhofer Gesellschaft  
Abteilung für Presse  
und Öffentlichkeitsarbeit  
Leonrodstraße 54  
80636 München  
☎ 0 89/12 05-2 77  
☎ 0 89/12 05-3 17  
✉ info@zv.fhg.de  
⚡ http://www.fhg.de

## Elektronik multimedial

Unter der Bezeichnung Com3Lab bietet Leybold Didactic ein Multimedia-Lernpaket für die Ausbildung in der Elektrotechnik und Elektronik an. Zum System gehört eine kompakte Hardware-Einheit für praktische Versuche. Diese sogenannte Master Unit stellt neben einer Stromversorgung für verschiedene Experimentier-

ter Based Training), die das gesamte Lehrsystem kontrolliert und die Inhalte einzelner Lerneinheiten als Kombination aus Information und praktischer Übung vermittelt.

Alle realen Elemente des Versuchsaufbaus sind als virtuelle Instrumente am Bildschirm verfügbar und lassen sich per Maus und Tastatur direkt aus den einzelnen CBT-Kursen heraus ansprechen. Derzeit sind Com3Lab-Kurse aus den Themengebieten Elektrotechnik, Elektronik, Digital- sowie Mikrocomputertechnik im Angebot. Das Kursmaterial besteht jeweils aus einer Multimedia-CD und einem passenden Experimentier-Board



Boards auch zwei digitale Multimeter, einen Funktionsgenerator sowie ein digitales Oszilloskop und einen Logikanalysator bereit. Über eine serielle Schnittstelle ist die Experimentier-Hardware an einem PC angeschlossen. Auf dem Rechner läuft eine durch Sprachausgabe und animierter Grafik unterstützte CBT-Software (Compu-

ter Based Training), die das gesamte Lehrsystem kontrolliert und die Inhalte einzelner Lerneinheiten als Kombination aus Information und praktischer Übung vermittelt.

Leybold Didactic GmbH  
Leyboldstraße 1  
50354 Hürth  
☎ 0 22 33/6 04-0  
☎ 0 22 33/6 04-2 22  
✉ info@leybold-didactic.de  
⚡ http://www.leybold-didactic.de

## SE-CD mit Maxim-Programm

Als der Maxim-Distributor bietet die Firma Spezial Electronic eine CD-ROM mit Datenblättern zu praktisch allen verfügbaren Bauelementen des Halbleiterherstellers an. SE stellt hiermit ausführliche technische Informationen über das komplette Vertriebsprogramm von mehr als 800 Maxim-ICs bereit – dargeboten als Portable Document Format (PDF) für Adobes Acrobat Reader.

Von letzterem findet sich auf der CD eine etwas betagte Version 2.0, deren Installationsprogramm jedoch die Konfiguration zweier Win-

dows-95-Umgebungen in der Redaktion gehörig durcheinander brachte. Wer also bereits eine Acrobat-Variante zur Verfügung hat, sollte zumindest unter Windows 95 vorsichtshalber gleich mit dieser auf die Datenblätter zugreifen. Die SE-CD gibt es kostenlos nach Anforderung per Faxservice unter der unten angegebenen Nummer.

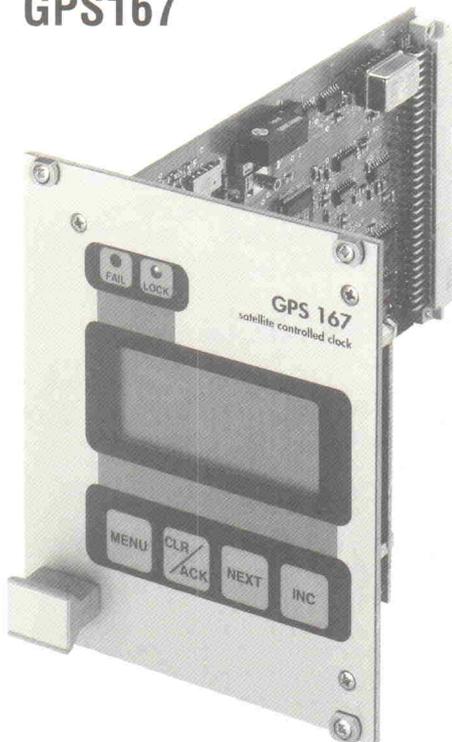
SE Spezial Electronic KG  
Kreuzbreite 15  
31675 Bückeburg  
☎ 0 18 05/31 31 20  
☎ 0 18 05/31 31 23  
☎ 0 19 08/7 11 46  
(Fax für CD-Anforderung)

Kostenfreie OrCAD Schematic Symbolbibliotheken für Intel Flash Memories sind via WWW unter <http://www.intel.com/design/flcomp> zu beziehen... Vom 4. bis zum 6. Mai 1997 findet in Stuttgart der **5. Deutsche Multimedia Kongreß** mit Fachmesse statt. Infos unter <http://www.dmmk.springer.de>... **Welcher Internet-Provider ist der günstigste?** Eine interaktive, individuell und mit Rücksicht auf persönliche Gewohnheiten berechnete Antwort liefert die FirstSurf-Redaktion der med inform Verlagsgesellschaft in Düsseldorf per WWW unter <http://www.firstsurf.com/online.htm>... Die US-amerikanische **Society of Manufacturing Engineers** mit Sitz in Michigan ist jetzt unter <http://www.sme.org> mit einer eigenen Homepage vertreten.

# ZEITgeschichte

Seit mehr als 16 Jahren baut MEINBERG Funkuhren. In dieser Zeit hat sich vieles verändert. So messen wir heute die Zeit fast 10 000-fach genauer als noch 1980. Für uns ist das ein präziser Grund Ihnen unsere neuesten Baugruppen vorzustellen.

## GPS167



Es ist uns gelungen die neue **GPS- Funkuhr** mit Zusatzfunktionen auf nur einer Europakarte unterzubringen und dabei die Leistungsdaten der Baugruppe noch grundlegend zu verbessern.

- 5 Kanal Empfänger
- 2 RS232 Schnittstellen
- Sekunden- und Minutenimpulse
- Impulsgenauigkeit > +/- 250ns
- Normalfrequenzgänge
- 2 Time- Trigger- Eingänge
- Antenne absetzbar bis 200 Meter mit Koaxialkabel RG 58
- Galvanische Trennung des Antennenkreises
- DDS- Frequenzsynthesizer mit TTL- und Sinusausgang
- DCF77- Simulation
- Flash- EPROM
- Bootstrap Loader
- Antennenverteiler

**Die kompakte Bauform ist die Grundlage der weiteren Variantenentwicklung!**

**DCF77...** Eine breite Palette von Standardfunkuhren steht für unsere Leistungsvielfalt:



Reg. Nr. 5447-01



PC32

UA537

UA537P

UA32S

PZF535

...und vieles andere mehr. Alle Baugruppen, auch die mit Zusatzfunktionen oder kundenspezifischen Änderungen, sind zudem als Kompletteräte in 19" Normgehäusen kurzfristig lieferbar. Übrigens... die seit 16 Jahren bewährte MEINBERG Qualität gibt es ab sofort mit Zertifikat!

Bitte fordern Sie unseren Katalog und genaue technische Daten an

**MEINBERG**  
**FUNKUHREN**

Auf der Landwehr 22 · 31812 Bad Pyrmont  
Telefon 0 52 81 / 9309- 0 · Fax 05281 / 9309- 30

# DSP Deutschland 96

## Kongreßveranstaltung mit Ausstellung

**Die Welt der digitalen Signalverarbeitung zeigt keine Anzeichen von Verschleiß. Wie sehr sie floriert, konnte man auf der diesjährigen DSP Deutschland in München Anfang Oktober erleben.**

aktuell

Als Trendsetter kann man einmal mehr Texas Instruments (TI) ausmachen. Stärker als bei den Mitbewerbern war bei den Texanern der Drang auszumachen, aus der Zwangsjacke der traditionellen Abgrenzung zwischen Controller- und Signalverarbeitungskomponenten auszubrechen. Wo sich in den letzten Jahren die Auswahl auf eingeführte  $\mu$ Cs konzentrierte, wird in Zukunft TIs neueste Produktfamilie TMS320C24x für den Embedded-Markt Einzug halten. So findet man erstmals bei DSPs Peripherie wie A/D-Wandler und Pulsbreitenmodulatoren (PWM), asynchrone serielle Schnittstellen und Watchdog-Timer. Dank verbesserter Technologien hat man auch gleich Flash-Speicher eingeführt (TMS320F240 mit 16 K Worten Programm-ROM).

Anders als TI folgt Motorola eher dem Trend zur Verbindung bereits bekannter Prozessorkonzepte. Schon vor einiger Zeit hat Motorola Kombi-Devices (z. B. 68356) eingeführt, in denen Mikroprozessor (68000) und digitaler Signalprozessor (56002) nebeneinander auf einem Die arbeiten. Vorteilhaft ist bei diesem Konzept, daß bei zwei getrennten CPUs die Umsetzung der Aufgabenverteilung weniger Gewöhnung erfordert. Andererseits verliert der Umfang der  $\mu$ C-Obliegenheiten im Verhältnis zu denen der Signalprozessoren immer mehr an Gewicht. Gute Multitaskingkonzepte vorausgesetzt, kann der DSP die Aufgaben des Controllers gleich miterledigen. Für diesen Ansatz stehen die neuen DSPs der Familien 566xx und 568xx.

Zilog betreibt mit der Integration anwendungsspezifischer Software auf ihren DSP eine ganz eigene Strategie. Das Unternehmen bietet Anwendungsbibliotheken nicht auf Datenträger oder Papier an, sie finden

sich gleich auf dedizierten Chips wieder. So realisiert der Z01701 die gesamte Funktionalität eines Gruppe-3-Faxmodems. Dennoch verliert Zilog die Anwendungen mit kleinen Stückzahlen nicht aus den Augen: Ein Beleg dafür ist, daß es mehrere DSPs in RAM-, ROM-, EPROM- und OTPROM-Varianten gibt.

Analog Devices (AD) wiederum geht die Zukunft so an, wie man dies von den Neuengländern gewohnt ist: über den Preis. Der ADSP2104 soll mit einem Kampfpriß von unter 10 US-\$ schon bei recht kleinen Stückzahlen den Konkurrenten das Leben schwer machen. Da hier der Preis die maßgebliche Größe bei der Bauteileauswahl darstellt, darf man gespannt sein, ob sich der ADSP2104 durchsetzen kann. Die DSP Deutschland kam allerdings für AD etwas zu früh, denn für die nächsten Wochen sind bereits die Taufe einer neuen Architektur – CSP (Concurrent Signal Processor) – und die Bereitstellung einer Windows-basierenden Entwicklungsumgebung, genannt Visual DSP, vorgesehen. Der erste Abkömmling (ADSP21csp01) ist schon in Musterstückzahlen verfügbar. Softwareseitig fehlt noch der C-Compiler, darauf muß man dem Vernehmen nach auch nicht mehr lange warten.

### Fenster-Tools

Eine Software, wie sie AD anbieten wird, bietet NEC schon seit langem an. Die Workbench inklusive Simulator und Debugger der Firma Atair (Wien) gibt es nun als Beilage zu einem Starterkit für die Festkommand DSP-Familie  $\mu$ PD7701x. Anders als die Mitbewerber stellt NEC die Entwicklungssoftware mit uneingeschränkter Funktionalität bereit. Dazu mehr in

einer kommenden Ausgabe der ELRAD.

Auch TI bedient sich lieber einer 'Third Party': GO-DSP bietet mit dem Code Composer eine einheitliche Projektoberfläche für alle DSP-Familien von TI, die sich inzwischen als Standard etabliert hat. Unter dieser Oberfläche werkeln aber nach wie die altbekannten DOS-Tools. Der Trend zu Entwicklungswerkzeugen, die unter Windows laufen, scheint jedoch unausweichlich.

### Harte Lösung

Ein weiterer interessanter Trend geht von einer Gruppe von Silizium-Herstellern aus, die man nicht auf einer DSP-Messe erwarten würde. Angeführt von Altera greifen nun auch CPLD-respektive FPGA-Anbieter ins Geschehen ein, indem sie typische DSP-Algorithmen wie digitale Filter in programmierbarer Hardware realisieren. Daß hierbei die Flexibilität auf der Strecke bleibt, wird Anwender auf der Suche nach Lösungen für extrem schnelle digitale Filterungsaufgaben kalt lassen. Bei den ständig komplexer werdenden CPLDs und FPGA-Devices lassen sich nämlich zusehends mehr parallele Rechenwerke (MAC) auf einem Chip unterbringen, von denen man bei 'gewöhnlichen' DSPs immer nur eines zur Verfügung hat. Abstraten jenseits von 100 MHz für Filteranwendungen (Video) werden somit möglich.

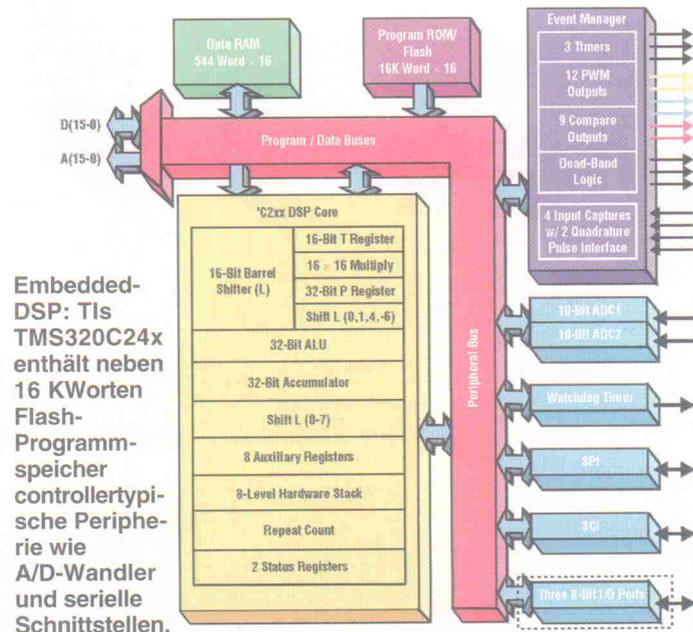
Die Durchdringung alltäglicher Gebrauchsgegenstände mit digi-

taler Signalverarbeitung ist wohl nirgendwo greifbarer als im Bereich der Telekommunikation (Handys, ISDN, usw.). Aber auch in weniger auffälligen Bereichen finden DSPs heutzutage Verwendung. So zeigte Motorola zusammen mit dem renommierten Lautsprecherhersteller T&A gewaltige Wiedergabesysteme für größere Wohnzimmer, deren Frequenzweichen mit DSPs realisiert wurden. Auch die Studio- und die Medizintechnik profitieren gleichermaßen von den Fortschritten der digitalen Signalverarbeitung. Ingenieurbüros und Universitäten traten zum Beweis mit eigenen Präsentationen an.

Was die Komplexität eines einzelnen DSP-Systems anbetrifft, hat zweifelsfrei die Firma Perimos aus Ulm den Vogel abgeschossen: Insgesamt 125 SH-ARCs von Analog Devices (Gesamtleistung 15 GFLOPs) wurden für ein im Hauptrotor eines Hubschraubers mitlaufendes Radarsystem kombiniert.

### Fundgrube

In der nächsten Zeit werden die meisten der immer vielfältigeren Aufgaben mit bereits bekannten Lösungsansätzen angegangen. Dabei spielt in zunehmendem Maß die Information über bereits bestehende Anwendungen eine Rolle. Solche Informationen zu bündeln, hat sich TechOnline (<http://www.techonline.com/>) zum Ziel gesetzt. Mit einem Besuch kann sich der interessierte Web-Surfer einen guten Überblick verschaffen. ea



**Embedded-DSP: TIs TMS320C24x enthält neben 16 K Worten Flash-Programmspeicher kontrollertypische Peripherie wie A/D-Wandler und serielle Schnittstellen.**



# Jubiläumsausgabe

## 9. Microprocessor-Forum in San Jose

**Auf dem diesjährigen Microprocessor-Forum, das wie beim letzten Mal im Fairmont-Hotel in San Jose stattfand, feierte man außer neuen Chips den 25. Geburtstag des Mikroprozessors. Im Mittelpunkt der Konferenz standen, neben einem Rückblick auf vergangene Zeiten, der Markt der High-End-Embedded-Chips und x86-Architekturen.**

Die Idee vom 'Computer auf einem Chip' erschien bereits im Jahr 1964 in der Fachliteratur. Doch herrschte damals Einigkeit, daß etwas derartiges nicht praktikabel sei. Mit 1500 bis 10 000 logischen Gattern für einen Prozessor und drei oder mehr Transistoren pro Gatter gab es zu der Zeit keinen Halbleiterprozeß, der eine kostengünstige Fertigung solch eines Prozessors garantierte. Da die Kosten eines Chips sehr schnell mit dessen Größe ansteigen, konnte für eine Firma der Versuch, einen zu großen Die herzustellen, im finanziellen Desaster enden. Einige Zeit später meisterte Intel diese Hürde und stellte 1971 den ursprünglich im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der japanischen Tischrechnerfirma Busicom entwickelten 4-Bit-Prozessor i4004 öffentlich vor. Während damals ein Chip mit 3000 Transistoren und einer Taktrate von 1 MHz ein kühnes Unterfangen darstellte, sind Chips mit mehreren Millionen Transistoren und Taktraten über 100 MHz heute kein Thema mehr.

Eine Rechnung hat sich jedoch nicht geändert: Je größer der Chip, desto höher die Kosten. Also versuchen sich alle Hersteller weiterhin an einer scheinbaren Quadratur des Kreises – den schnellsten, kleinsten und kostengünstigsten Prozessor zu designen, der nebenbei auch noch durch geringen Stromverbrauch glänzt. Neue Embedded-, Bridge- und Router-Systeme, Hochqualitätsdrucker und andere Applikationen stellen Anforderungen, die die derzeitigen 32-Bit-Embedded-CPU's fast nicht erfüllen können. Die nächste Generation von Personal Digital Assistents (PDAs), Palmtop-Computer und Personal Communicator sind die zukünftigen Arbeitsplätze von RISC-En-

gines. Diese Märkte verlangen Performance, aber nicht zu jedem Preis. Sie alle reagieren empfindlich auf Systemkosten, Stromverbrauch und physische Größe eines Chips. Auf dem Forum stellten Designer ihre Vorschläge zur Lösung dieses Optimierungsproblems vor.

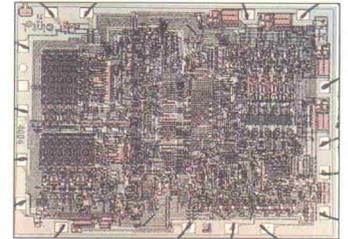
Einige Architekturen wurden dazu abgespeckt, andere erweitert: Quantum Effect Devices zeigte einen für Embedded-Applikationen angepaßten PowerPC-Kern. Unter Wahrung der vollen PowerPC-Fähigkeiten – Double Precision Floatingpoint und Speichermanagement eingeschlossen – mißt der Die des 603q nur 70 mm<sup>2</sup>. Der Chip verbraucht lediglich 1,2 Watt bei 120 MHz. Mit einer maximalen Taktrate von 160 MHz schafft der 603q 120 SPECint92 und 84 SPECfp92.

LSI Logic und MIPS Technologies gingen gemeinsam ein Problem an, das der RISC-Technik im Embedded-Markt bislang zu schaffen machte: die mit CISC-Programmen verglichen deutlich höhere Code-Größe. Um diese zu reduzieren, schufen die Firmen den MIPS-16-Befehlssatz. Dieser in LSI Logics TinyRISC-Core implementierte Befehlssatz

stellt eine komprimierte Version des MIPS-II-Instruction-Set dar. Er beinhaltet lediglich 38 je 16 Bit breite Befehle. Der kompaktere Code erfordert vor seiner Ausführung allerdings einen zusätzlichen Takt zum Decodieren. Dies 'kostet' 20 % der ursprünglichen Rechenleistung. Außerdem können die MIPS-16-Befehle nur auf die Hälfte der MIPS-Registerdatei zugreifen. Nach Angaben von LSI Logic belegt eine Applikation in MIPS-16 bis zu 40 % weniger Platz als die gleiche Routine im vollen MIPS-II-Set. Die TinyRISC-CPU's sind in der Lage, zwischen MIPS-16 und MIPS-II mit Hilfe eines Kontextswitches hin- und herzuschalten. So erlauben sie dem Entwickler, ein Set für allgemeinen, nichtkritischen Code und das andere nach Bedarf zu verwenden.

Sun Microelectronics präsentierte die Core-Architektur ihres Hochsprachenprozessors picoJava-I. Laut Sun baut der Chip auf RISC-Design-Prinzipien auf, liefert hohe Performance bei niedrigen Kosten für Java-Applikationen und bietet einen kleinen, flexiblen Kern für allerlei Embedded-Produkte (Smart Phones, Set-Top-Boxes, PDAs und der allenthalben propagierte Net Computer, NC). Der Baustein verfügt über eine einfache vierstufige Pipeline, die die meisten Befehle in 1...3 Zyklen abarbeitet. Optionale Bestandteile der CPU umfassen eine Fließkommaeinheit sowie bis zu 16 KByte Befehls- und Daten-Cache. Der Core führt den Befehlssatz der Java Virtual Machine (JVM) direkt aus. Komplexe oder selten ausgeführte Instruktionen hält er zurück (Trapping) und emuliert sie dann. Von Sun durchgeführte Benchmarks mit dem Just-in-Time-Compiler zeigen beim Rendering eines aus 1400 Dreiecken bestehenden Objektes in

einem 100 x 100 Pixel großen Bild mit mehreren Lichtquellen (Ray-Tracer) eine rund fünffache Performance-Steigerung gegenüber einem Pentium. Zu den Lizenznehmern der picoJava-I-Architektur zählen Firmen wie LG Semiconductor (Lucky Goldstar), Mitsubishi Electronics, NEC und Samsung. Für die Li-



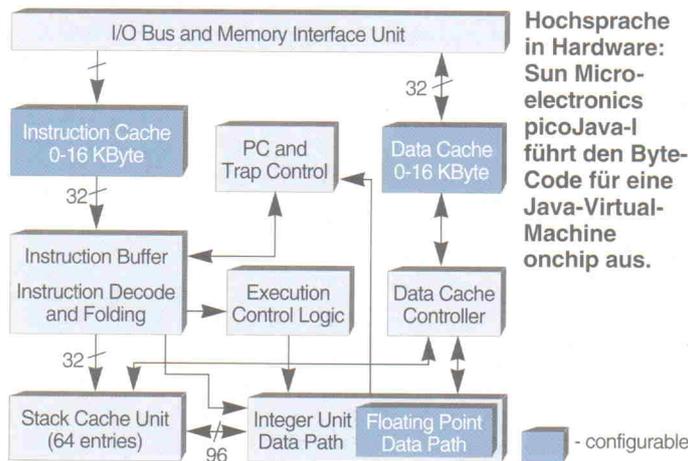
**25 Jahre Mikroprozessor: Intels erster µP ist, gemessen an heutigen Dies mit einigen Millionen Transistorfunktionen, geradezu übersichtlich.**

zenpartner stehen vorläufige Versionen der Spezifikation sowie ein Core-Simulator zur Verfügung. Ein Core-Design-Kit für den picoJava-I soll zum Ende des ersten Quartals 1997 erscheinen, die Serienproduktion der ersten Bausteine wird in der zweiten Hälfte von 1997 beginnen.

### Spritzig

Hinter dem Namen Piccolo verbirgt sich das DSP-Modul von ARM (Advanced RISC Machines). Dieser Coprozessor soll den Mediadatendurchsatz des ARM7-Kerns wesentlich verbessern. Piccolo bietet Loop-Management in Hardware, gepaarte 16-Bit-Operationen in einem 32-Bit-Datenpfad, Single-Cycle-16x16-Multiplikation und Operationen auf Bit-Ebene. Die ersten Implementationen für den ARM7TDMI leisten 40 DSP-MIPS bei 40 MHz oder 66 DSP-MIPS bei 66 MHz. Im nächsten Jahr soll eine Version mit 120 DSP-MIPS bei einer Taktrate von 120 MHz für einen neuen ARM-Prozessor erscheinen.

Die nächste Runde im Wettkampf um bessere Performance, minimalen Stromverbrauch und Die-Größe wird Anfang Februar in San Francisco eingeläutet, wenn dort die 44. International Solid-State Circuits Conference stattfindet. Dem Vernehmen nach zeigt Mitsubishi dort einen 2-V-250-MHz-VLIW-Prozessor und Sony einen programmierbaren Videosignalprozessor, der mit 2,2 GOPS Echtzeit-MPEG-2-Encoding leisten soll. ea



**Hochsprache in Hardware: Sun Microelectronics picoJava-I führt den Byte-Code für eine Java-Virtual-Machine onchip aus.**

# Programmzeichner

## Grafischer Softwareentwurf für State Machines

PreView

### Karlheinz Morgenroth

Selbst wenn es bei der Entwicklung häufig nicht erkennbar ist, so verbirgt sich hinter dem Design der meisten Logikschaltungen eines ASIC oder FPGA ein endlicher Automat beziehungsweise eine Zustandsmaschine. Auch das Silizium eines Mikrocontrollers wäre ohne 'Zustände' nur die Hälfte wert.



**E**ine Vielzahl von Software-Entwicklungswerkzeugen unterstützt heute neben der rein textuellen auch grafische Eingabeformen. Diese bewegen sich jedoch meist auf dem Niveau einfacher Zustandsdiagramme oder der Schaltungsebene unter Einsatz bekannter Logiksymbole oder Bausteine. Allerdings profitiert nicht nur die Hardware eines ASIC, sondern auch die Software für einen Mikrocontroller von einer Entwicklung auf automatentheoretischem Niveau.

Die amerikanische Firma R-Active möchte mit ihrem BetterState getauften CASE-Tool nicht nur die Softwareentwicklung für Mikrocontroller vereinfachen, sondern dem Entwickler auch gleichzeitig ein Werkzeug für Rapid Prototyping von Hard- und Software an die Hand geben. Statt Abhängigkeiten und verschiedene Zustände in einer Beschreibungs- oder Programmiersprache per Hand als Text zu formulieren, bietet

BetterState die grafische Entwicklung mittels Petri-Netzen oder erweiterten Zustandsdiagrammen an. Als Zielsprachen – entweder zur Simulation oder zur endgültigen Implementierung auf der Zielhardware – kann der Entwickler unter verschiedenen Sprachen wie beispielsweise Verilog-HDL, VHDL, Visual Basic, C++ oder neuerdings auch Java wählen.

Doch vor dem ersten Programmablauf steht die Installation. Als Systemvoraussetzung fordert BetterState einen Rechner, auf dem entweder Windows 3.11 samt Win32s, Windows 95 oder Windows NT läuft. Die Software ist in der Version 3.6 in zwei Pakete aufgeteilt, das Basispaket sowie die separat zu installierende 32-Bit-Unterstützung. Für eine vollständige Installation sind beide einzurichten.

Genügsam gibt sich BetterState im Speicherbedarf: Auf der Festplatte benötigt es gerade

10 MByte, an Arbeitsspeicher reichen minimal 8 MByte aus. Um allerdings in den vollen Genuß der Software zu kommen, muß das beiliegende Dongle noch seinen Platz auf der parallelen Schnittstelle des Rechners finden. Läßt man den Hardware-Schlüssel weg, kann man immerhin den Editor probefahren, allerdings ist keine Code-Erzeugung möglich.

Den ersten Einstieg – sowohl in die grafische Entwicklungsumgebung als auch in die erweiterten Zustandsdiagramme – führen mehrere kleine Tutorials in Heftform. Auch wenn bisher jegliche automatentheoretische Grundlagen fehlen, findet schnell den Zugang. Das eigentliche Handbuch in Form eines A4-Ordners geht in verschiedenen Kapiteln ausführlich auf die Benutzung des Programmes sowie auf die zugrundeliegenden Konzepte ein. Daneben führt es die Theorie und den Einsatz der verschiedenen Elemente beziehungsweise Methoden der Zustandsdiagramme auf.

### Mehr als Zustände

Dreh- und Angelpunkt in BetterState sind die erweiterten Zustandsdiagramme (Extended State Diagrams, nach ihrem Schöpfer auch Harel State Diagrams genannt). Solche finden in verschiedenen CASE-Tools ihre Anwendung. Von der klassischen Automatentheorie sind zwei Basiselemente in Zustandsdiagrammen bekannt: Zustände und Übergänge (Transitionen).

In Ruhe befindet sich ein Automat in einem definierten Zustand. Treten alle Bedingungen für eine Transition ein, dann wechselt der Automat in einen anderen State. Ein Zustand wird in einem Diagramm als Anfangszustand (Default State) markiert – in Bild 1 der Zustand *Start*. Bei endlichen Automaten zeigt zudem ein Endzustand die gültige Verarbeitung einer Reihe von Eingaben an.

Ein Übergang von einem Zustand zu sich selbst oder zu einem anderen State kann ferner eine Aktion respektive Anweisung bedingen. In BetterState können diese einfachen Zustandsdiagramme ebenfalls modelliert werden. Die jeweiligen Transitionsbedingungen und Anweisungen werden dabei in der gewünschten Zielsprache textuell eingegeben und zugleich grafisch am zugehörigen Übergang dargestellt.

Mit zunehmender Designgröße steigt die Komplexität und Fehlerträchtigkeit bei der Entwicklung eines Zustandsdiagramms stetig an. Um dies zu verhindern, gibt es verschiedene Methoden, den vorhandenen Umfang aufzubrechen. Ein wesentliches Mittel ist die Einführung von hierarchischen höheren Zuständen können dabei weitere und damit hierarchisch niedrigere States in sich einschließen. Dabei erlaubt BetterState, die eingeschlossenen Zustände in einem neuen Fenster modularartig zu bearbeiten.

Eine Transition muß nun nicht mehr nach klassischem Vorbild unbedingt vom hierarchisch niedrigsten – dem am weitesten innen liegenden – Zustand weg führen: Trifft eine Übergangsbedingung des hierarchisch höher liegenden Zustands zu, so wird diese ausgeführt.

### Gefädelt

Eine weitere Besonderheit sind die unabhängig voneinander ablaufenden Teildiagramme, die angelehnt an Multitasking-Prinzipien Threads (Fäden) heißen. Schließt ein Zustand Threads hierarchisch ein, so können letztere kontrolliert gestartet und auch beendet werden, jeweils in Abhängigkeit von der Aktivierung des hierarchisch übergeordneten Zustandes.

Eine zeitliche Synchronisation zwischen verschiedenen Übergängen und mehreren Zuständen oder auch Threads ermöglicht der Synchronisationsbalken. Eine über einen solchen Balken verlaufende Transition aktiviert alle abgehenden Übergänge gleichzeitig. Für die Ausführung mehrerer zueinander konkurrierender Zustände stehen kritische Regionen bereit, die analog zu kritischen Abschnitten beim Multitasking jeweils nur einen aktiven Zustand erlauben. Diese und noch weitere Designmerkmale, wie zum Beispiel eine grafische Auswahl aus mehreren Möglichkeiten (Visual Switch/Case), gestatten den Entwurf auch komplexer Diagramme in übersichtlicher Darstellung.

Am Beispiel des in [1] vorgestellten Softwaredekoders für RC5-Fernbedienungssignale lassen sich einige Vorteile eines hierarchischen Designs erkennen (Bild 2): Statt eines unübersichtlichen, großen Diagramms spaltet man diesen Automaten in vier Blöcke auf. Die Auswer-

wertung des RC5-Signals teilt sich in drei übergeordnete Zustände *PauseAbwarten*, *StartErkennen* und *Auswertung* auf.

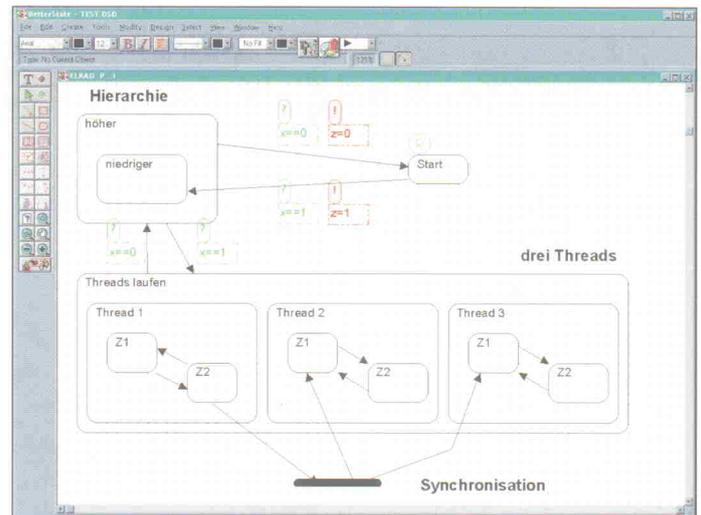
Dank des Einsatzes von hierarchischen Zuständen kann man zudem Übergänge einsparen, was sich vor allem bei den 'großen' Transitionen zum Rücksetzen des Automaten positiv bemerkbar macht. Der gesamte Entwurf erfolgt rein grafisch, wobei sich die noch zu tätigen Quellcodevorgabe – von den Übergangsbedingungen abgesehen – auf die Definition von Variablen und deren Zuweisungen beschränkt.

Den von BetterState erzeugten Quellcode setzt man nun direkt in eine eigene Anwendung ein, die im wesentlichen nur noch die Bereitstellung von I/O-Schnittstellen mit der Umwelt oder eine Simulationsoberfläche und deren Ansteuerung übernehmen muß. Da sich auch trotz fortschrittlicher Entwicklungswerkzeuge Fehler nie vermeiden lassen, bietet BetterState die Möglichkeit, den Zielquellcode in der jeweiligen Entwicklungsumgebung – beispielsweise Microsoft Visual Basic, Developer Studio oder Borland Delphi – ablaufen zu lassen und über eine DDE-Kopplung zu BetterState den jeweils intern aktiven Zustand anzuzeigen.

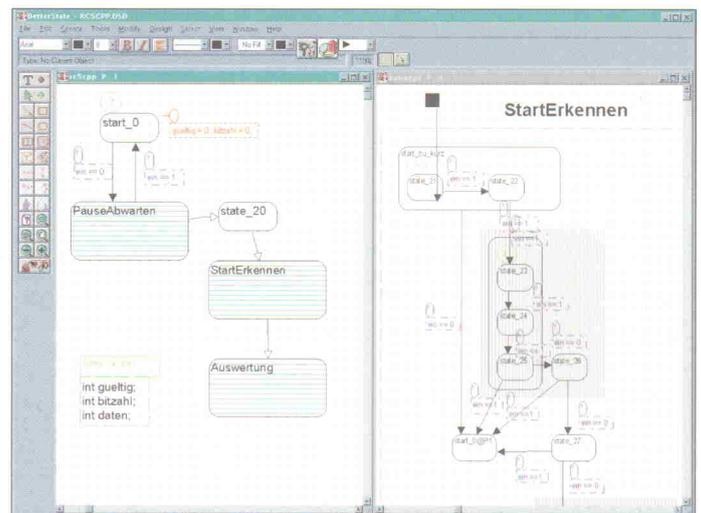
Darüber hinaus erlaubt die Entwicklungsumgebung den Einsatz grafischer Zeichenfunktionen zur weiterführenden Dokumentation. Mittels einer OLE-Anbindung kann man Diagramme oder Teile daraus aus BetterState in andere OLE-fähige Windows-Applikationen übernehmen. Verschiedene Statistikfunktionen ermöglichen zudem die Auswertung nach der Besuchshäufigkeit bestimmter Zustände oder Bereiche (Profiling), wodurch man lauffzeitkritische Bereiche ausfindig machen kann.

### Unter'm Strich

Wer vor einem komplexeren Projekt aus dem Steuerungs-bereich steht, für den kann BetterState eine durchaus interessante und zeitsparende Alternative zur üblichen 'Handarbeit' darstellen. Mit einem Preis von 1295 Mark (zzgl. MwSt.) für das Grundpaket inklusive C++-Codegenerator stellt es im Vergleich zu anderen Produkten, die meist auf Workstations laufen, obendrein eine kostengünstige Alternative dar. Wer sich in puncto Methodenvielfalt ein-



**Bild 1. Transitionsbedingungen kennzeichnet BetterState mit grünen Fragezeichen, Aktionen dagegen mit einem braunen Ausrufezeichen.**



**Bild 2. Umfangreiche Projekte zerlegt man in mehrere übersichtlichere Teile.**

schränkt, kann von R-Actives Web-Server (<http://www.r-active.com/>) eine Probeversion namens BetterState Lite herunterladen. ea

73479 Ellwangen  
 ☎ 0 79 61/90 47-0  
 ☎ 0 79 61/90 47-50

### Literatur

- [1] Steffen Schmid, *IR-Automatik, Software-Dekoder für RC5-Fernsteuersignale*, ELRAD 7/96, S. 61

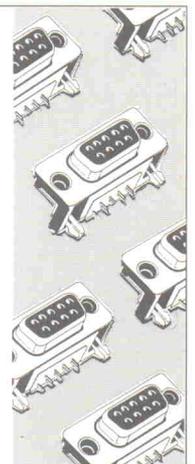
SE Spezial-Electronic  
 Dr.-Adolf-Schneider-Straße 11

## Kontaktsicher: Steckverbinder

Für innovative Applikationen wie geschaffen. Vieles lagermäßig!  
**Nehmen Sie uns beim Wort.**

**Elektrosil**  
 Systeme der Elektronik  
 Eine Reihe - De-Massari-Unternehmung  
**We try harder**

Hellgrundweg 109  
 22525 Hamburg  
 Telefon (040) 84 40 40  
 Telefax (040) 84 40 50



# Vier auf einen Streich

## Digitales Speicheroszilloskop LC534 von LeCroy

Preview



### Eckart Steffens

Kann man ein Gerät, das ohnehin bereits zur oberen Leistungsklasse zählt, noch verbessern? Man kann. Weil moderne DSOs heute im wesentlichen als verkleidete Computer daherkommen, bietet es sich dabei an, vor allem Innovationen aus der Rechnerwelt auf die Meßtechnik zu übertragen. Das Ergebnis: ein 'value-added Scope' mit neuen Features und altem Preis.

**H**erz des LC534, die der Redaktion bereitgestellte Variante von LeCroys neuester Scope-Generation, ist eine mit 96 MHz getaktete Motorola Power-PC-603-CPU. Der Boliden kann sich austoben: bis zu 64 MByte RAM können bestückt werden. In der bereitgestellten Version standen 16 MByte bereit, reichlich Platz also für Akquisitionen und Berechnungen. Wozu, könnte man fragen, muß ein Oszilloskop derart üppig bestückt werden? Kommen nicht andere mit Speichergrößen im KByte-Bereich aus?

### Unverdichtet

Der Unterschied liegt in der generellen Konzeption. Bei vielen Oszilloskopen wird ein erfaßtes Signal auf die zur Darstellung erforderliche Speichertiefe oder ein entsprechendes Vielfaches davon reduziert: das genügt zur Darstellung des Meßsignals oder eines beschränkten Zooms, für eine erhebliche Vergrößerung der Signaldarstellung jedoch reicht es nicht. Hier muß dann gegebenenfalls eine zweite Zeitbasis greifen oder eine erneute Erfassung mit einer passend geänderten Einstellung

durchgeführt werden. Auch für nachfolgende Berechnungen steht nur ein begrenzter Wertvorrat zur Verfügung.

Hier geht nun LeCroy konsequent einen anderen Weg: Es wird stets mit der vollen Erfassungsrate in den Speicher geschrieben, egal ob die Werte auf dem Bildschirm darstellbar sind oder nicht. Das ermöglicht es, auch im nachhinein den Darstellungsmaßstab beliebig zu wählen; selbst ein Mehrfachzoom aus einem akquirierten Signal stellt kein Problem dar. Eine Erfassungsgeschwindigkeit von 2 ns/Punkt schreibt bei einer Sample-Rate von 500 MSample/s immerhin 2 Millionen Samples für eine Signaldauer von 'nur' 4 ms in den Speicher (die Konfiguration 2 MSample Speicher/Kanal ist die typische Konfiguration für das Modell 534L). Für vier Kanäle sind dann also die ersten acht Megabyte verbraucht. Macht man sich klar, daß unabhängig von den vier Meßsignalen auch vier gerechnete Signale vom Gerät gehandhabt werden können und daß für spezielle Funktionen – wie zum Beispiel eine FFT – etwa der zehnfache Spei-

cherplatz der FFT-Berechnung für die Signalakquisition erforderlich ist, dann erscheint ein DSO mit dieser Speicherausstattung gar nicht mehr so abwegig. Es sei vorweggenommen: die Arbeit mit diesen Ressourcen macht durchaus Spaß. Sich ein Detail (fast) beliebig aufziehen zu können, beschleunigt viele Meßvorgänge beträchtlich. Hierin liegt auch ein erheblicher Gewinn der LeCroy-Lösung: das Arbeiten mit dem DSO wird schneller – und die Speicherpreise bewegen sich derzeit ja eher im Keller.

### Innovationen...

Im Gegensatz zu seinen monochromen Amber-Vorgängern hat man das 534L mit einer 10"-Farbbildröhre ausgestattet. Die farbige Darstellung verschiedener Kurven ermöglicht einen leichten Überblick über das Geschehen. Bezüge verschiedener Darstellungen zueinander werden dadurch transparent, daß alle Angaben und Darstellungen, die sich auf ein bestimmtes Signal beziehen, in dessen Farbe abgebildet werden. Das gilt für Kurven, Bezeichnungen, sogar mathematische Formeln. Macht man ein Zoom-Fenster auf, wird der gezoomte Anteil in der Ausgangskurve in Zoom-Farbe dargestellt. Zweifel über irgendwelche Abhängigkeiten können so gar nicht entstehen.

Doch die Farbdarstellung ist beim LeCroy mehr als nur Coloration: durch 'colorgrading', also unterschiedliche Farbsättigung, stellt der Persistence-Modus zusätzlich eine Häufigkeitsverteilung dar. Wiederholt geschriebene Kurventeile werden heller. Ein Beispiel hierzu ist übrigens als Windows-Video auf dem Web-Server von LeCroy zu finden (Bild 2). Das so gewonnene Bild ähnelt einer Analogdarstellung schon recht weitgehend; wenn auch das DSO den 'echten' Analogbetrieb natürlich nicht ersetzen kann, vermißt man ihn beim 534L dennoch nicht.

Indem die 10"-Farbröhre nur mit einer 9"-Bild diagonalen ausgenutzt wird, bleibt die Kurvendarstellung im linearen Abbildungsbereich. Das elektronische Bildschirmraster ist noch zusätzlich ein gutes Stück kleiner, weil links Kanalstatusmeldungen, unten Meßwerte und rechts Menüs eingeblendet werden. Eine Full-Screen-Darstellung ohne Menüs und

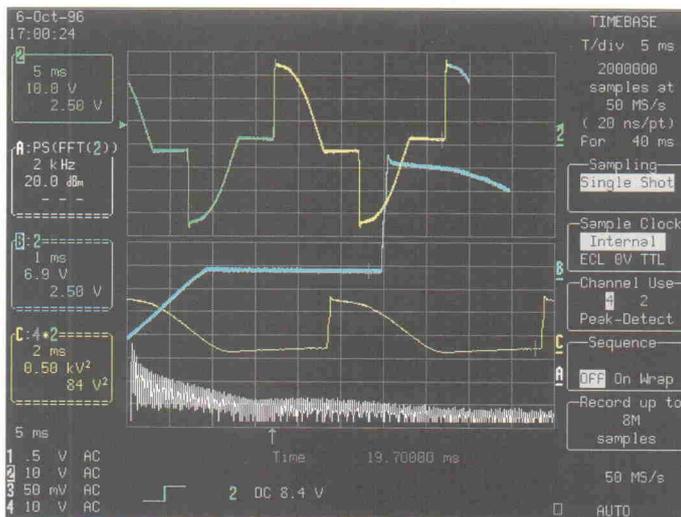
Meßwerte läßt sich aber bequem per Tastendruck aufrufen. Durch den serienmäßigen VGA-Anschluß kann die Bildschirmdarstellung zudem problemlos parallel auf einen PC-Monitor oder an eine andere Video-Hardware ausgegeben werden. Das macht LeCroys High-End-er auch für Institutsarbeiten, Lehrtätigkeiten und Demonstrationen interessant.

Wie üblich ist die Schnittstellenausstattung komplett: Parallelschnittstelle für Drucker, serielle Schnittstelle zur Kommunikation, IEEE-Schnittstelle für die Einbindung in Meßsysteme. Die Dokumentation von Ergebnissen ist über einen eingebauten Thermodrucker möglich; ihre Aufzeichnung per Floppy-Disk (DOS-Format) oder RAM-Karte im PCMCIA-, sprich PC Card-Format. Dabei steht zur Auswahl, ob die Aufzeichnung der Meßdaten als ASCII-File, Binärdatei oder Grafikformat (TIFF, BMP) erfolgt. Ein zusätzlicher PC-Card-Slot auf der Rückseite gestattet auch den Anschluß eines Festplattenlaufwerks mit PCMCIA-Interface.

Alles in allem findet sich wohl selten ein so vollständig bestücktes Gerät. Mußte man bisher viele solcher Features als einzelne Optionen hinzukaufen, so liefert LeCroy nun das Komplettpaket als Standard-Outfit. Und sollten einmal Firmware-Änderungen ins Haus stehen – was bei der aktuellen Entwicklungsgeschwindigkeit fast unvermeidlich ist –, dann ist auch dies beim 534L kein größeres Problem: man schiebt einfach eine mit neuer Firmware bespielte RAM-Karte ein und wählt am Gerät das Menü 'Firmware-Update' zur Aktualisierung des Flash-Speichers. Fertig.

### ... und bewährte Technik

Über Cursor-Messungen, absolute, relative, automatische, Kurven- und Setupspeicher, automatische Messungen, Statistikfunktionen, fortgeschrittene algebraische Operationen bis hin zur FFT soll hier nichts weiter ausgeführt werden. Erstens würde der Platz nicht ausreichen, zweitens sind – wie schon beim bisherigen Modell 9374 (siehe *ELRAD* 9/1995) alle denkbaren Funktionen vorhanden und – wie bereits erwähnt – auch miteinander kombinierbar.



**Bild 1. Überblick – Eingangssignale und Analyseergebnisse lassen sich zeitgleich auf dem Display darstellen.**

Das 534L erlaubt verkettete Mathematik in vier Stufen. Das bedeutet, vom Meßsignal kann zum Beispiel zunächst eine gefilterte Version erstellt, davon wiederum ein Signal abgeleitet und dann von diesem eine Fourier-Analyse erstellt werden. Jeweils vier Signale lassen sich parallel auf dem Schirm anzeigen. Dabei kann der Benutzer aus vier Meßsignalen (1...4), vier Math-Funktionen (A...D) und den Meßkurven-Memories (M1...M4) auswählen. Alle diese Quellen sind kombinierbar.

Fünf automatische Messungen können aus einem großen Katalog verfügbarer Funktionen ausgewählt und individuell jedem gewünschten Signal (1...4, A...D) zugeordnet werden. Diese fünf Messungen werden unter der Kurvendarstellung ausgegeben und lassen sich wahlweise um ein Statistikfeld (Min-/Max-/Mittelwert) für jede Messung ergänzen.

Bedienung und Bedienelemente hat man in Anordnung und

Funktion wie bisher belassen, es sind lediglich Ergänzungen hinzugekommen. Initiiert wird ein Menü stets durch eine der Bedienfeld-Tasten, die weitere Auswahl erfolgt dann über Softkeys. Durch die einfache, sehr logische Bedienstruktur, die eine große Menütiefe bewußt vermeidet, läßt sich LeCroy 534L schon nach sehr kurzer Einarbeitungszeit intuitiv benutzen. Wichtige Einstellungen, wie Triggerwahl und -kopplung, sind ebenfalls über eine Taste erreichbar und werden darüber hinaus durch Symboldarstellungen der getroffenen Auswahl am Bildschirm unterstützt. Bei der Triggerung lassen sich beispielsweise mehrere Bedingungen kombinieren: Parameter innerhalb eines Bereiches oder außerhalb, Pulsbreite > t und nachfolgende positive Flanke etc. Durch den Zeitfenstertrigger können sehr gut automatische Erfassungen initiiert werden, das Scope dient damit als Datenlogger. Auch hier greift eine besondere Speicheraufteilung:

man segmentiert den Speicher und führt die Erfassung dann in die vordefinierten Segmente durch.

Auch für die Peak-Detect-Darstellung hat man sich etwas Besonderes einfallen lassen: Hier wird zunächst der Speicher halbiert. In die eine Hälfte wird das Meßsignal akquiriert und in die zweite Hälfte wird die Peak-Detect-Erfassung vorgenommen. Für Weiterberechnungen steht somit stets ein 'cleanes' Meßsignal zur Verfügung, für die Anzeige sind aber alle Peaks lückenlos verfügbar.

Die fünf Signaleingänge (4 × Vertikal, 1 × horizontal) sind über BNC-Buchsen ausgeführt und akzeptieren neben den LeCroy-gewohnten ProBus Tastköpfen auch Standardmaterial. Wer eine schnelle Übersicht über Beschaltung und Kanalkonfiguration braucht, erhält durch Aufrufen einer Statusseite sofort alle Informationen im Überblick.

### LeCroy 534L

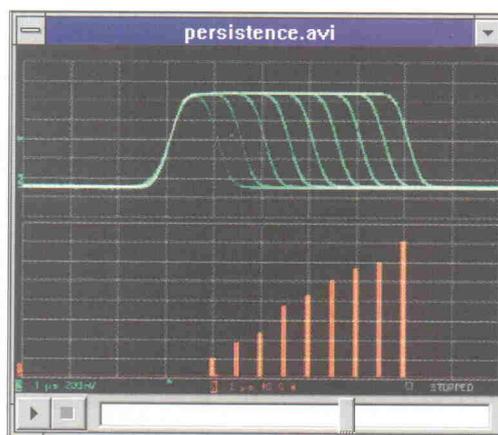
- ⊕ Full-Screen-Anzeige
- ⊕ Analog Persistence Mode
- ⊕ hohe Datenakquisitionskapazität
- ⊖ vergleichsweise hohe Geräuschkentwicklung im Betrieb

### Fazit

Daran hat sich leider nichts geändert: die gebotene gute Leistung muß mit ebenso gutem Geld bezahlt werden. Für das 'Einstiegermodell' 334M (2 MByte Speicher = 500 KByte/Kanal) werden rund 38 000 DM fällig, für das Standardmodell 534L (8 MByte = 2 MByte/Kanal) 57 500 DM und für Speichererweiterungen muß man selbst sorgen (alle Preis zzgl. MwSt.). Drei Jahre Garantie auf alle Spezifikationen und die beschriebene Update-Fähigkeit geben dem Käufer jedoch die Sicherheit, für diese Geräte nicht unbedingt einen kurzen Abschreibungszeitraum wählen zu müssen. *kle*

LeCroy Europe GmbH  
Mannheimer Straße 175  
69123 Heidelberg  
☎ 0 62 21/82 70-0  
☎ 0 62 21/83 46 55  
⚡ <http://www.LeCroy.com>

**Bild 2. Analoge Optik – ein Beispiel vom Persistence Mode gibt es im Web.**



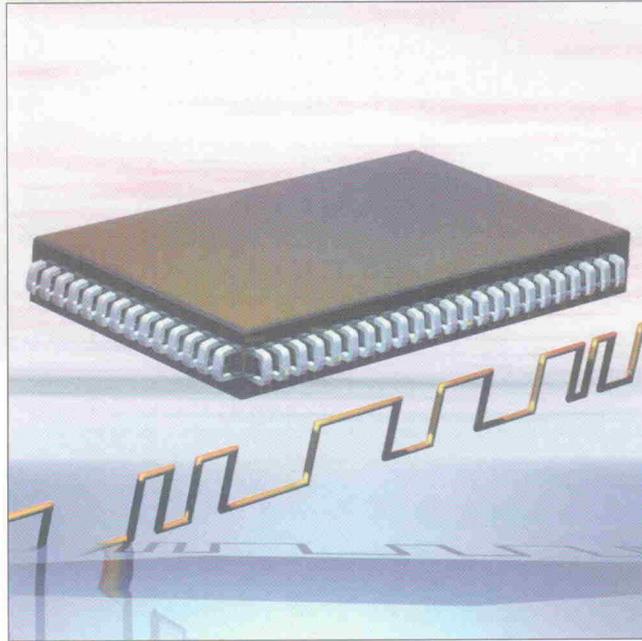
# Verifikator

## Automatisch testen mit VGEN, PSI und SCAT

PreView

**Michael Wöstenfeld**

Sie haben ein Design mit programmierbarer Logik entwickelt und sind sich nicht sicher, ob das Ganze auch bei Vollmond am Südpol funktioniert? Die Firma iNT bietet Tools zum fast automatischen Test an: VGEN erzeugt Testvektoren für Programmierer oder Boardtester, PSI simuliert das Timing anhand von Herstellermodellen, und SCAT/SVU überprüfen das Design auf Testbarkeit.



In den letzten Jahren hat sich im Bereich des Designs digitaler Baugruppen eine Menge getan. Anfang bis Mitte der 80er Jahre waren sie noch als 'TTL-Gräber' ausgeführt oder mit teuren bipolaren PALs bestückt, bei denen man fast jede einzelne Gatterfunktion nachmessen konnte. Mit Erscheinen der GALs und dazugehöriger preiswerter Programmierumgebungen um 1988 herum wurde jedoch eine entscheidende Änderung eingeleitet. Es war plötzlich mit geringem Aufwand möglich, sich eigene ICs 'herzustellen', deren Funktion nicht mehr in Herstellerdatenblättern abzulesen war, sondern frei vom Anwender definiert wurde.

Dabei traten und treten noch heute im wesentlichen zwei Fragen auf: Funktioniert die Logik unter allen auftretenden Bedingungen? Funktioniert der programmierte Baustein? TTL-Tester oder Programmiergeräte mit eingebauter TTL-Testfunktion sind für diese Bausteine nicht mehr verwendbar; ein Test ist nur noch mittels selbst zu erstellender Testvektoren möglich.

Moderne CPLD können im Gegensatz zu den PALs der ersten Stunde durch ihre elektrische Löscharbeit im Werk nahezu 100prozentig getestet werden. Deshalb verschob sich bei den nachfolgenden Bausteingenerationen die Fehlerwahrscheinlichkeit hin zur Logik. Ein 'Verify OK' des Programmiergerätes auf Bausteinebene reicht in solchen Fällen als Test nicht mehr aus – komplexe Prüfprogramme müssen her.

### Auf einen Blick

Die drei hier vorgestellten Tools sind kommandozeilenorientiert oder über das mitgelieferte Quickmenu von Neosoft mittels Maus bedienbar. Hier treten allerdings einige Unstimmigkeiten auf: So fragt der Menüpunkt 'About' nach einem Dateinamen, und bei 'Flush all Temps' (Verwerfen der vorherigen Ergebnisse) wird man nur zu 'Enter = OK' aufgefordert – ein Abbrechen des Vorgangs ist nicht möglich.

Die Hardwareanforderungen der Programme sind gering: ein XT mit Festplatte und VGA-Grafik reicht aus, auf besseren Rech-

nern sind die Turnaround-Zeiten natürlich wesentlich angenehmer. Den Vollversionen liegen englischsprachige Handbücher bei, zu SCAT gibt es eine deutschsprachige Einführung.

### VGEN

VGEN (Vector-Generator) liest einen JEDEC-File (optional kann das Pinning des Chips angegeben werden), analysiert ihn und erzeugt einen ausführlichen Report. Dieser enthält ein Chip-Diagramm, ein disassembliertes Listing der Gleichungen, der Netzlisten-Typ, notwendige Initialisierungen, die generierten Testvektoren und eine Tabellenübersicht der mit diesen Vektoren zu erkennenden Fehler. In einer weiteren Phase können die Testvektoren dem original Jecdec-File hinzugefügt und Dateien für In-Circuit-Tester zum Beispiel von HP oder GENRAD erstellt werden. Ebenso lassen sich ISO900X-konforme Prüfberichte erstellen.

### PSI

PSI (Ambiguous Delay Timing Simulator für PLDs/High Density PLDs) ist ein Timingsimulator für PLDs. Er arbeitet im Gegensatz zu vielen anderen Simulatoren nicht mit angenommenen Durchlaufzeiten, sondern mit den Modellen der realen PLDs. Die Eingangsdatei für PSI ist ein Standard-JEDEC-File, die in ihm enthaltenen Testvektoren werden übernommen. Alternativ kann man auch in der PSI-eigenen Hochsprache PLTL geschriebene Stimuli verwenden. Testvektoren, die nicht nur den Stimulus, sondern auch die erwartete Antwort erhalten, erzeugen bei abweichenden Ergebnissen Warnungen. Anzuzeigende Ein- und Ausgangssignale können hinzugefügt werden. Eine einstellbare Zeitbasis von 20 ns bis 1 ms und zwei unabhängige Cursor mit Zeitmeßfunktion sind ebenso vorhanden, wie eine Initialisierungsmöglichkeit der Eingänge oder Nodes. Die Bildschirmauflösung ist immer 640 x 350 schwarz-weiß, da PSI aus Geschwindigkeitsgründen direkt in das Video-RAM schreibt.

### SCAT

SCAT (Smartcat) analysiert Logikgleichungen im PALASM4-, MINC-, PLDLAB90- oder XNF-Netzlistenformat auf die wichtigsten Design-for-Test-

Kriterien und zeichnet die betreffenden Teile als Schaltbild. Ein Komplettschaltbild läßt sich ebenfalls erzeugen. Der Versuch, eine Xilinx-Netzliste einzulesen, wurde im Test jedoch mit einem Syntax-Error ergebnislos abgebrochen. Schön wäre es, wenn man die von VGEN erzeugten Reports direkt einlesen könnte. Hier wird in der Dokumentation auf RPT2PDS aus dem PALASM4-Paket verwiesen – was allerdings nicht (mehr) jeder auf dem Rechner hat. Verwendet man direkt die PDS-Datei zur ersten Analyse, ist dies in den meisten Fällen mit erheblichem Mehraufwand verbunden. Denn SCAT kann mit Strukturen wie Busdefinitionen via [...] oder Pinzuweisungen mit PIN ? nicht umgehen.

Standardmäßig erzeugt SCAT PostScript-kompatible Druckerfiles, ein zusätzlicher Treiber ermöglicht das Drucken auf circa 150 Nadel- und Laserdruckern. Der Ausdruck einer komplexen Schaltung ließ das Programm jedoch nach 15 Seiten nur noch leere Blätter auswerfen.

Unter dem Namen SMARTVU (SVU) existiert eine Windows-Version dieses Programmes. Im Gegensatz zu SCAT kann SVU aus der Netzliste nur Gatterschaltbilder eines kompletten PLD beziehungsweise einzelner Gleichungen erzeugen, die Einschränkungen bezüglich Busdefinitionen und Pinzuordnungen gelten auch hier.

### Reine Testzellen

Um ein Design testbar zu machen, muß man zuerst einmal einen Blick auf mögliche Fehlerquellen werfen. Eine Schaltung ist vollständig testbar, wenn jeder potentielle Fehlerknotenpunkt erreichbar und systematisch auf 'Stuck (hängt)-at-Zero' (S-A-0) und 'Stuck-at-One' (S-A-1) testbar ist. Schaltungsanalysen, die sich nur auf Testbarkeit stützen, sind nicht ganz unproblematisch. Dies sei an folgendem Beispiel erläutert.

In einer synchronen State-machine bemängelt SCAT die mangelnde Testbarkeit einiger Nodes. Als Bauteil kam ein EP610 zum Einsatz, bei dem die interne UND/ODER-Struktur nicht auftrennbar ist. Hierdurch kann man das Ganze nur mit einem zweistufigen Aufbau testbar machen. Dies verdoppelt nicht nur die Durchlaufzeit,

sondern erfordert auch drei statt einer Makrozelle beziehungsweise eine entsprechende Anzahl von Ausgängen. Da eine ähnliche Meldung an anderer Stelle erneut auftrat und das Design den EP610 zu circa 90 Prozent ausnutzt, wäre der Analyse mit SCAT zufolge der Wechsel auf ein größeres PLD erforderlich. Ob die erhöhten Durchlaufzeiten, der größere Platzbedarf sowie die höheren Kosten dieses rechtfertigen, möge jeder selbst entscheiden. Mit letzter Konsequenz sind komplexe Makrozellen wie die eines EP610 unter dem Gesichtspunkt der Testbarkeit nicht nutzbar.

### Theorie und Praxis

Die ideale Entwicklung 'kommt nicht zurück'. Nachbesserungen, sporadisch auftretende Fehler oder andere Reklamationsgründe können sehr teuer werden (Stichwort Produkthaftung) und sind manchmal auch aus ganz anderen Gründen äußerst unerwünscht (zum Beispiel Sicherheit in sensiblen Bereichen wie ABS, Flugzeugen etc.). Ein Test kann dabei auf ganz verschiedene Arten durchgeführt werden – 'einschalten und geht' ist dabei ohne Zweifel nicht der richtige Weg. Ebenso falsch ist es aber sicher auch, den Test ausschließlich automatisch erledigen zu lassen.

Ein Herausführen aller möglichen Fehlerstellen oder der Einbau von speziellen Testfunktionen geht schnell auf Kosten der Packungsdichte, das Verwenden von Buried-Cells verschärft das Problem noch.

Mögliche Fehler in der Logik müssen durch ein sauberes Design minimiert werden. Allerdings reicht es dabei nicht aus, herstellerepezifizierte Durchlaufzeiten zur realen Zeitgenerierung zu verwenden. Denn moderne PLDs, die zum Beispiel mit 25 ns spezifiziert sind, können durchaus Laufzeiten von 10 ns haben. Ein Hersteller- oder Chargenwechsel des PLD führen dann fast immer zur Nichtfunktion.

Alle, die sich näher mit der Materie beschäftigen wollen, finden Probeversionen der vier beschriebenen Programme in der ELRAD-Mailbox. uk

iNt GmbH  
Bunsenstr. 6  
85152 Martinsried  
☎ 0 89/8 57 66 67  
☎ 0 89/8 56 12 13

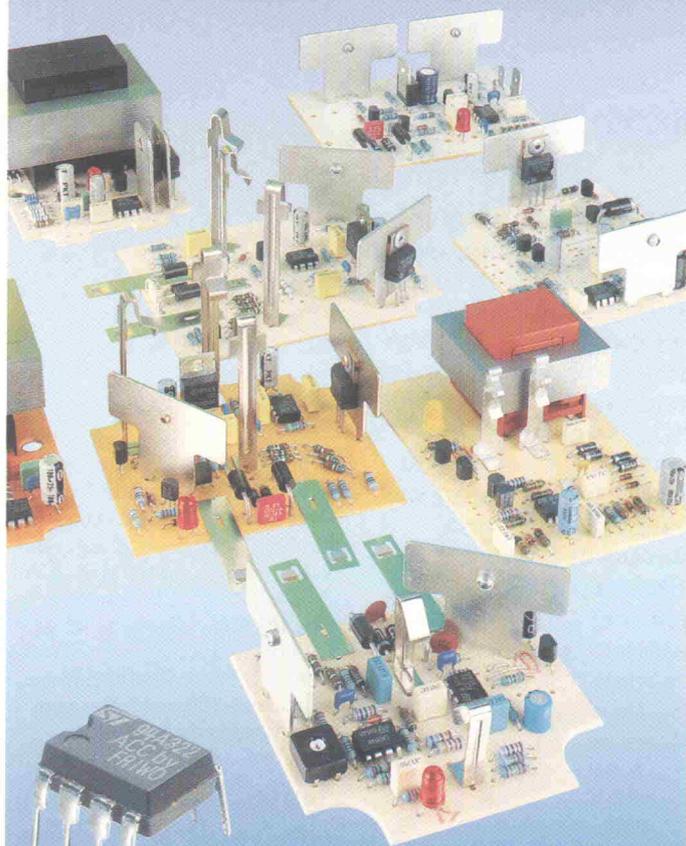
Europas führender Hersteller  
für Kleinstromversorgungs-  
und Ladegeräte

**FRIWO®**

## SIE VERKAUFEN AKKUBETRIEBENE GERÄTE ?



## Die Ladetechnik kommt von uns !



## Ladegeräte für alle wiederaufladbaren Batteriesysteme



**FRIWO Gerätebau GmbH**

Postfach 11 64 • D-48342 Ostbevern  
Tel. 0 25 32 / 81-0 • Fax 0 25 32 / 81-112

GH 4

# Digitaler Vorverstärker

Designstudie für einen fernsteuerbaren HiFi-Vorverstärker, Teil 1: Gerätebeschreibung

Projekt

Steffen Schmid

Die digitale Signalverarbeitung und -speicherung im Bereich der Audiotechnik bietet vielerlei Vorteile, doch lange nicht alle werden ausgeschöpft. Die hier vorgestellte Designstudie ist ein weiterer Schritt in Richtung voll digitaler HiFi- und semiprofessioneller Studioteknik.



**M**it Einführung der CD wurde eine Entwicklung in Gang gesetzt, die dem Verbraucher binnen weniger Jahre eine breite Palette hochwertiger digitaler Audiogeräte wie DAT, DSR, DCC und MiniDisc beschert hat. Weitere digitale Rundfunkübertragungsverfahren (ADR und DAB) sind gerade dabei, dem Prototypenstadium zu entwachsen.

## Möglichkeiten der Digitaltechnik

Somit ist gewährleistet, daß nahezu alle Tonquellen auf digitalem Weg in die heimische HiFi-Anlage gelangen können. Daß sie dort früher oder später in analoge Signale umgewandelt werden, ist aus Sicht der Signalqualität zwar ärgerlich, aber unvermeidlich, denn der Lautsprecher ist nun einmal ein analoges Bauelement. Anzustreben wäre aber, daß die D/A-Wandlung möglichst spät in der Verarbeitungskette erfolgt, das bedeutet, vor dem Leistungsverstärker.

Alle Formen der Signalbeeinflussung wie Quellenwahl,

Pegel- und Klangeinstellung, Dynamikkompression und Raumklangeffekte sind auf digitaler Ebene realisierbar. Doch lediglich im Bereich der professionellen Studioteknik wird dieses Prinzip konsequent umgesetzt. Betrachtet man dagegen die Endverbraucherprodukte aus den Bereichen Verstärker und Raumklangprozessoren, so schmücken sich derer viele zwar mit dem Attribut 'digital' – doch die Signalübertragung von einem Gerät zum nächsten erfolgt weiterhin analog. Die hierzu eingesetzten A/D- und D/A-Wandler erreichen in vielen Fällen nicht die Qualität derer, wie sie in guten CD- oder DAT-Geräten eingesetzt werden.

Daß der Endverbraucher nicht über voll digitale Verstärker verfügen kann, wird häufig mit der mangelnden Akzeptanz und den hohen Kosten dieser Technologie begründet. Doch man darf mutmaßen, daß die Sorge der Unterhaltungselektronikbranche um die Problematik der Urheberrechte und unerlaubten Kopien, die dank Digitaltechnik verlustlos über beliebig viele

Generationen durchgeführt werden können, eine wesentlich größere Rolle spielt.

Nachfolgend soll ein Gerät in Form eines digitalen Vorverstärkers beschrieben werden, das demonstriert, wie die Vorteile der digitalen Audiotechnik konsequent genutzt werden.

## Fähigkeiten

Das Gerät ersetzt einen konventionellen analogen Vorverstärker, allerdings auf digitaler Ebene. Er bietet die folgenden Basisfunktionen:

- Eingangsquellenwahl und
- Verteilung auf digitaler Ebene, unverzichtbar bei der Durchführung digitaler Aufnahmen und Überspielungen
- Einstellung des Signalpegels auf digitale Weise
- Mechanismen gegen die Beschränkung von Digitalkopien

## Auswahl von Signalquellen

Eine der wesentlichen Funktionen eines Vorverstärkers ist die

Auswahl von Signalquellen: Das Gerät besitzt sechs Signaleingänge, die sich auf zwei unabhängige Ausgänge verteilen lassen. Unabhängig bedeutet in diesem Zusammenhang auch, daß beide Signalpfade unterschiedliche Abtastfrequenzen führen können. Die beiden Ausgänge kann man als Pendants der Wiedergabe- und Aufnahmeausgänge eines analogen Verstärkers ansehen, indessen ermöglicht das Konzept eine wesentlich flexiblere Zuteilung der Ausgänge, denn diese können mit frei wählbaren Namen belegt werden. Auch an Erweiterungen des Vorverstärkers ist gedacht: Sie können ein zusätzliches digitales Gerät (z. B. einen digitalen Equalizer) mit seinen Ein- und Ausgängen in den Signalweg einschleifen und bestimmen dabei, ob das Signal des ersten oder des zweiten Ausgangs das Zusatzgerät durchläuft.

### Quellenerkennung

Als Digitalgerät bietet der Vorverstärker auch Features, die aus der Analogtechnik nicht bekannt sind. So kann er selbsttätig die Art einer Signalquelle (CD, DAT, DSR, ...) erkennen und anzeigen. Man kann sich dadurch von der bisher üblichen starren Zuordnung einer bestimmten Eingangsbuchse zu einer bestimmten Signalquelle lösen. Statt dessen sind alle Eingangsbuchsen gleichwertig, und eine Quelle wird nicht mehr anhand der Buchse ausgewählt, über die sie an den Vorverstärker angeschlossen ist, sondern über die Art der Quelle. Er ermittelt dann selbsttätig, an welcher Buchse die betreffende Quelle angeschlossen ist. Dieses Konzept bietet die folgenden Vorteile:

- Das Display des Vorverstärkers paßt sich automatisch an die momentane Quellsituation an.
- Es können nur diejenigen Eingänge ausgewählt werden, die tatsächlich ein Signal führen.
- Die Verdrahtung der Quellen vereinfacht sich, weil nicht mehr auf vorgegebene Buchsenzuordnungen geachtet werden muß.

Das Gerät besitzt außerdem eine Funktion, die Buch über die zuletzt durchgeschalteten Quellen führt.

Digitale Audiosignale werden im Consumer-Bereich entweder

koaxial-unsymmetrisch oder optisch übertragen. Demnach bietet die hier vorgestellte Designstudie auch beide Möglichkeiten: vier der Eingänge sind optisch, zwei koaxial. Unbeschadet der mit schöner Regelmäßigkeit aufflackernden Diskussionen, welche der beiden Übertragungsformen nun die bessere sei, bleibt anzumerken, daß einige wenige koaxial arbeitende Quellen entgegen der Norm keine galvanische Trennung ihres Ausgangssignals vornehmen. Dem begegnet dieser Vorverstärker mit einer galvanisch getrennten Eingangsschaltung.

### Pegeleinstellung

Das Gerät gestattet die getrennte Einstellung der Pegel beider Ausgänge von Vollaussteuerung (0 dB) bis hinunter zu Digital Null (-96 dB) mit einer Auflösung von 0,375 dB. Die hohe Rechengenauigkeit der eingesetzten Bausteine vermeidet die Entstehung zusätzlichen Rauschens aufgrund von Rundungsfehlern, und die feine Stufung des Pegels gestattet es, auf einen Lautstärkesteller auf analoger Seite komplett zu verzichten. Vorteilhaft ist außerdem, daß eine Beeinflussung des Pegels auch im Zuge digitaler Überspielungen möglich ist – ganz im Gegensatz zu den Aus-

## Leistungsmerkmale des Vorverstärkers

- vier optische und zwei koaxiale Digitaleingänge
- zwei voneinander unabhängige digitale Ausgänge, die Signale mit unterschiedlichen Abtastfrequenzen führen können
- zwei digitale Ausgänge, beide sowohl optisch als auch koaxial
- Möglichkeit der Einschleifung eines weiteren digitalen Geräts in einen der beiden Ausgangssignalwege
- separate Pegelsteller für beide Ausgänge
- SCMS-Antikopierschutz
- verdrahtungsunabhängige Erkennung und Klartextklassifikation der angeschlossenen Quellen-Lernfunktion für unbekannte Quellen
- alle Funktionen über Infrarot oder Kabel fernsteuerbar, lernfähiger Fernsteuerempfänger
- umfangreiche Diagnose
- und Informationsfunktionen zur Auswertung der mitübertragenen Steuerdaten
- drei nichtflüchtige Speicherplätze zur Abspeicherung oft benötigter Einstellungen
- universelle Erweiterungsschnittstelle AudioXport gestattet Einbau und Steuerung nahezu beliebiger Signalverarbeitungskomponenten

steuerungsstellern von DAT-, DCC- oder MD-Recordern, die allesamt nur bei Analogaufnahmen wirksam sind.

### Kopierschutz

In digitalem Tonmaterial befindet sich ein Kopierschutzsignal, das die Anfertigung von digitalen Kopien in mehreren Generationen unterbinden soll. Dieses unter der Bezeichnung Serial Copy Management System (SCMS) bekannte Verfahren mag eine gewisse Berechtigung besitzen, wenngleich es erwie-

senermaßen kein Hindernis für professionelle Raubkopierer darstellt. Statt dessen verhindert es die Erstellung von Digitalkopien für private Zwecke auch dort, wo sie urheberrechtlich unbedenklich sind. Soll der Vorverstärker für digitale Überspielungen verwendet werden, kann der Kopierschutz aus dem Signal des ersten Ausgangs entfernt werden. Dabei hat man die Wahl, ob die entstehende Aufnahme ihrerseits wiederum kopiergeschützt oder aber frei kopierbar ist. Mit anderen Worten: Der Kopierschutz läßt sich

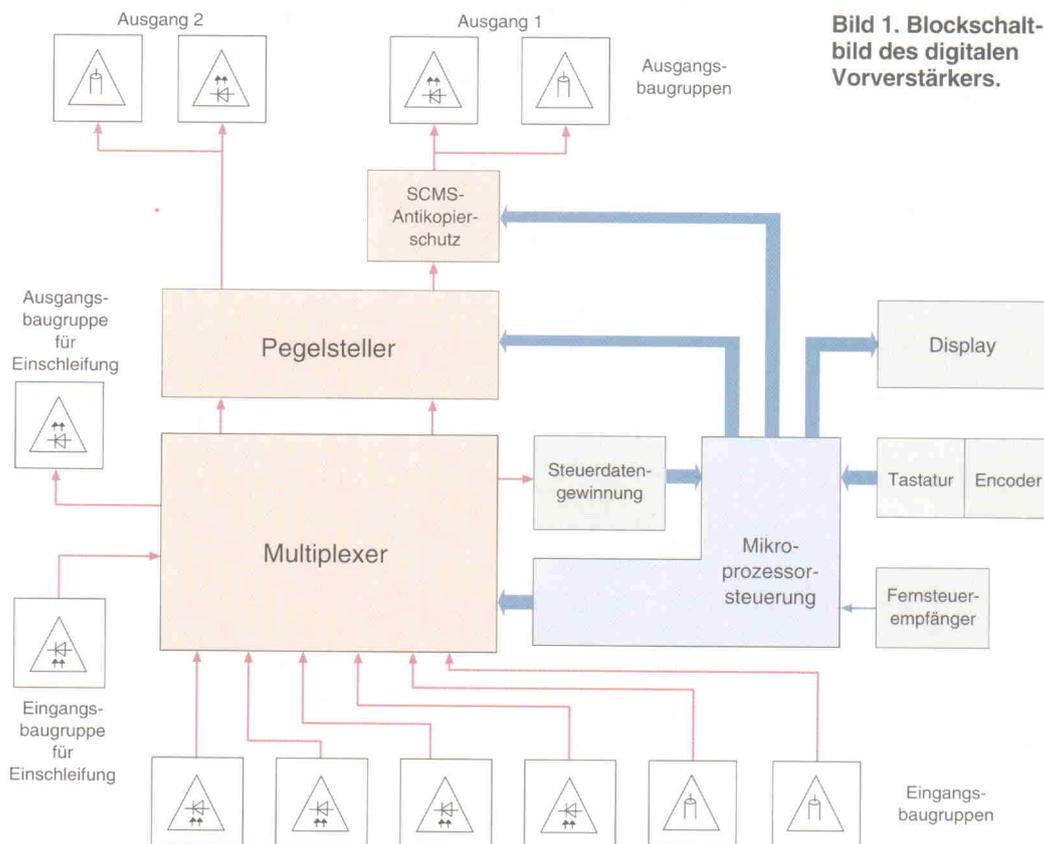


Bild 1. Blockschaltbild des digitalen Vorverstärkers.

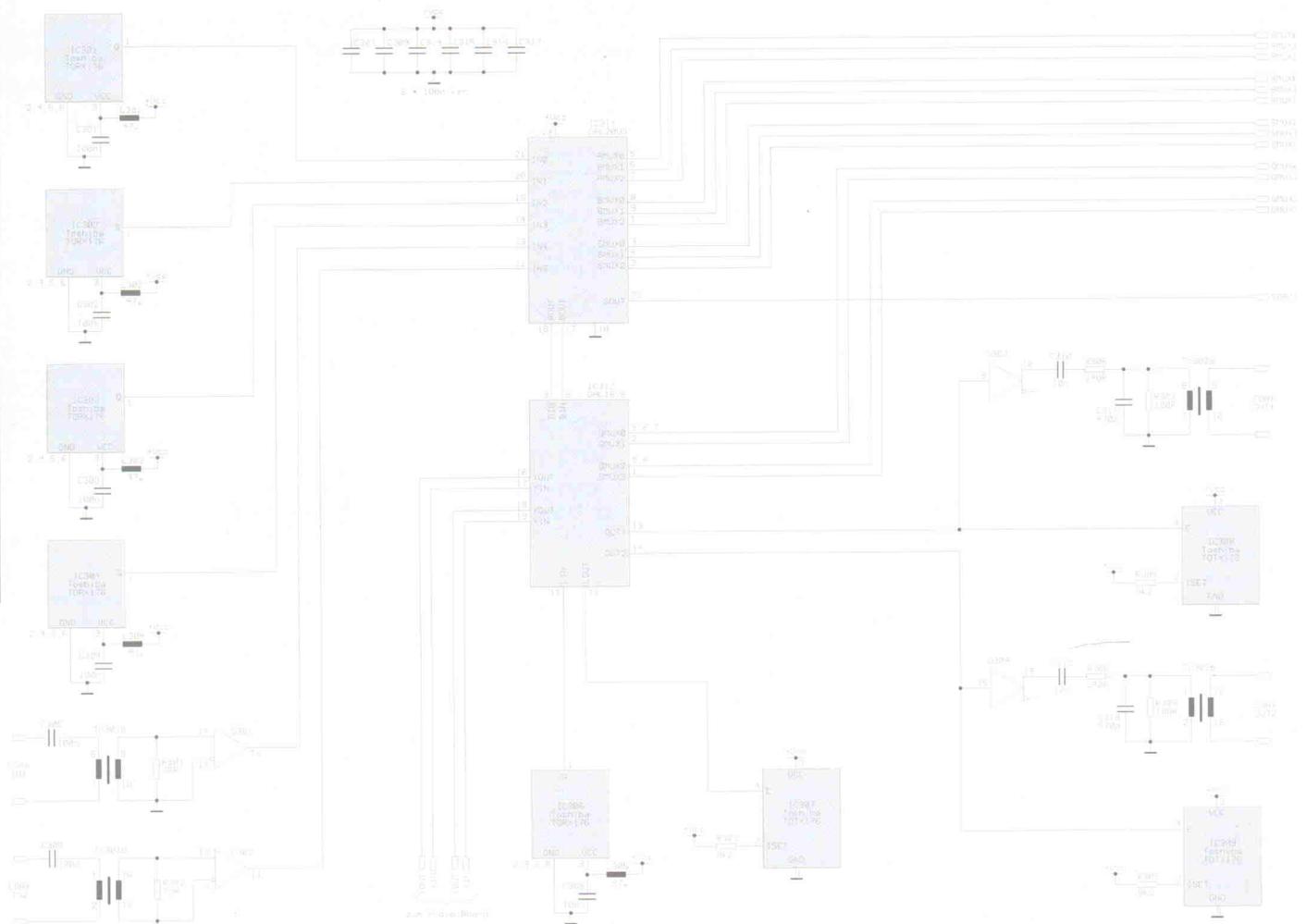


Bild 2. Schaltbild des Multiplexers für Eingänge und Ausgänge.

wahlweise einmalig oder permanent entfernen.

## Das digitale Audiosignal

Zur Übertragung digitaler Audiosignale findet ein Format Anwendung, das in der DIN EN 60958 [1, 2] genormt ist. In diesem Zusammenhang soll auf das Datenformat nur insoweit eingegangen werden, wie dies für die Funktionsbeschreibung des Vorverstärkers erforderlich ist. Eine vollständige Beschreibung des Formats wurde vor nicht allzu langer Zeit in der ELRAD gegeben [3].

Das Digital-Audioformat kennt zwei Spielarten, die als Consumer-Format (S/P-DIF) und Professional-Format (AES/EBU) bezeichnet werden. Im weiteren Verlauf soll nur das Consumer-Format betrachtet werden. Dessen zweikanalige Audiodaten besitzen eine Amplitudenauflösung von 14 bis 20 Bit und eine Abtastfrequenz von 32 bis 48 kHz. Sie werden auf der Senderseite durch spezielle Modu-

latorbausteine zusammen mit Steuerdaten zu einem seriellen Datenstrom gemultiplext, bei dem mit Hilfe eines Biphasemodulationsverfahrens Daten und Takt ineinander verwoben werden. Auf der Empfängerseite gewinnt ein Demodulatorbaustein den Takt zurück und trennt die Steuerdaten von den Audiodaten ab. An getrennten Ausgängen stehen dann Audio- und Steuerdatenstrom zusammen mit den erforderlichen Takt- und Synchronisationssignalen seriell zur Verfügung. Detaillierte Informationen über Digital-Audioschaltkreise finden Sie in [4].

## Steuerinformationen im Signal

Der Vorverstärker zieht für seine Automatikfunktionen einen Teil der Steuerinformationen heran, die im digitalen Audiosignal mitübertragen werden. Ein Großteil der Steuerinformationen wird von den sogenannten Channel Status Bits transportiert. Mit jedem Abtastwert des Audiosignals trifft ein

solches Bit ein, und die damit übertragene Information wiederholt sich alle 192 Abtastwerte. Dabei wird unter anderem ein sogenannter Kategoriecode übertragen, ein 7-Bit-Wert, der Auskunft über die Art des Gerätes gibt, das die Daten sendet. Der Kategoriecode gestattet es, alle vorhandenen Quellen im Klartext anzuzeigen, ohne daß die Anzeige abhängig ist von der physikalischen Verdrahtung der Quellen. In Tabelle 1 sehen Sie die Kategoriecodes für die bekanntesten digitalen Audiogeräte.

Doch innerhalb der Steuerdaten wird nicht nur der Kategoriecode übertragen. Weitere Channel Status Bits geben Aufschluß über Abtastfrequenz, Emphasis und Kopierschutz. Diese Informationen können ebenfalls im Klartext abgerufen werden. In einem speziellen Modus zeigt das Gerät die Steuerdaten auch undekodiert an, wodurch es zusätzlich als Diagnosegerät geeignet ist.

Bild 1 zeigt das Prinzipschaltbild. Die Eingangssignale durch-

laufen als erstes die Eingangsbaugruppen, wo sie im Falle der optischen Übertragung in TTL-kompatible Signale gewandelt werden, während im Falle der koaxialen Übertragung eine Potentialtrennung und Pegelumsetzung erforderlich ist. Die derart aufbereiteten Signale werden nun auf einen Multiplexer geführt, der in Form einer 7x3-Matrix organisiert ist, wobei nur die tatsächlich benötigten Kreuzungspunkte realisiert sind. Diesem Multiplexer wird außerdem ein Ein-/Ausgangspaar zugeführt, über das ein weiteres Digitalgerät in den Signalweg eingeschleift werden kann.

## Prinzipschaltbild

Der Multiplexer konzentriert die sechs Eingangssignale (plus Einschleifung) auf zwei Ausgangssignale (plus Einschleifung). Eine gegenseitige Beeinflussung der Signale ist ausgeschlossen. Die beiden Ausgangssignale gelangen zum ebenfalls zweikanaligen digitalen Pegelsteller. Schließlich können die Steuerdaten des er-

```

MODULE audimux1;
TITLE 'Eingangsmultiplexer fuer digitalen Vorverstaerker'
IC311 DEVICE 'P20V8';

DECLARATIONS;
  in0, in1, in2, in3, in4, in5  PIN 21, 20, 15, 14, 13, 11;
  amux0, amux1, amux2         PIN 5, 6, 7;
  bmux0, bmux1, bmux2         PIN 8, 9, 1;
  smux0, smux1, smux2        PIN 3, 4, 2;
  aout, bout, sout            PIN 18, 17, 22 ISTYPE 'COM';
  amux = [amux2 .. amux0];
  bmux = [bmux2 .. bmux0];
  smux = [smux2 .. smux0];

EQUATIONS;
  WHEN (amux == 0) THEN aout = in0;  "Eingangsmultiplexer A
  WHEN (amux == 1) THEN aout = in1;
  WHEN (amux == 2) THEN aout = in2;
  WHEN (amux == 3) THEN aout = in3;
  WHEN (amux == 4) THEN aout = in4;
  WHEN (amux == 5) THEN aout = in5;
  WHEN (bmux == 0) THEN bout = in0;  "Eingangsmultiplexer B
  WHEN (bmux == 1) THEN bout = in1;
  WHEN (bmux == 2) THEN bout = in2;
  WHEN (bmux == 3) THEN bout = in3;
  WHEN (bmux == 4) THEN bout = in4;
  WHEN (bmux == 5) THEN bout = in5;
  WHEN (smux == 0) THEN sout = in0;  "Multiplexer für Steuer-
  WHEN (smux == 1) THEN sout = in1;  "dateninterface
  WHEN (smux == 2) THEN sout = in2;
  WHEN (smux == 3) THEN sout = in3;
  WHEN (smux == 4) THEN sout = in4;
  WHEN (smux == 5) THEN sout = in5;
END audimux1;

```

Listing 1: GAL des Eingangsmultiplexers

```

MODULE audimux2;
TITLE 'Ausgangsmultiplexer fuer digitalen Vorverstaerker'
IC312 DEVICE 'P16V8';
DECLARATIONS;
  ain, bin, lin, xin, yin     PIN 9, 8, 11, 19, 17;
  out1, out2, lout, xout, yout PIN 13, 14, 12, 18, 16 ISTYPE 'COM';
  qmux0, qmux1, qmux2, qmux3 PIN 5, 2, 3, 1;

  qmux = [qmux3 .. qmux0];

EQUATIONS;
  " Ausgangsmultiplexer
  "
  when (qmux == 0) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [ain, bin, ain, ain, bin];
  when (qmux == 1) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [lin, bin, ain, ain, ain];
  when (qmux == 4) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [ain, lin, bin, bin, bin];
  when (qmux == 6) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [ain, xin, bin, bin, ain];
  when (qmux == 7) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [lin, xin, ain, ain, ain];
  when (qmux == 11) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [ain, lin, bin, bin, xin];
  when (qmux == 2) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [xin, bin, ain, ain, bin];
  when (qmux == 3) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [lin, bin, ain, ain, xin];
  when (qmux == 5) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [xin, lin, ain, ain, bin];
  when (qmux == 10) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [xin, yin, ain, bin, ain];
  when (qmux == 9) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [lin, yin, ain, bin, xin];
  when (qmux == 8) then
    [out1, out2, xout, yout, lout]
    = [xin, lin, ain, bin, yin];
END audimux2;

```

Listing 2: GAL des Ausgangsmultiplexers

sten der beiden Ausgänge wahlweise eine Antikopierschutzbehandlung durchlaufen, bevor sie von den Ausgangsbaugruppen wieder in normgerechte optische oder koaxiale Signale umgesetzt werden.

Abseits vom Signalweg befinden sich weitere Baugruppen, die zur Steuerung und Bedienung erforderlich sind. Zum einen ist dies das Steuerdaten-Interface, das es in Zusammenarbeit mit dem Multiplexer ge-

# Embedded Systems'97

19.-21. Februar  
in Stuttgart-Sindelfingen

für den  
**Entwickler**

von elektronischen  
Steuerungen und  
Regelungen mit  
integriertem Mikro-  
Prozessor/-Controller

für den  
**Konstrukteur**

der für seine Steuer-Aufgaben  
maßgeschneiderte Embedded-  
Control-Lösungen sucht

kostenlose  
Gastkarten  
bei den  
Ausstellern

## das große Messe- und Kongreß-Ereignis das wird gezeigt

Mikro-Prozessoren/-Controller, Single-Board-Computer, Entwicklungs-Kits und -Systeme, komplette Mikrocomputer-Steuerungen und -Regelungen, Emulatoren, Simulatoren, Logikanalysatoren, Programmiergeräte, Echtzeit-Betriebssysteme, Assembler, Compiler, Debugger, Fuzzy Tools, programmierbare Logik, ASICs, AD-/DA-Wandler, DSPs, Interface-Bausteine, Meßgeräte, EDA-Werkzeuge, Ein-/Ausgabe-Bausteine, OOP-Tools, LCDs, Hochsprachen, Funktions-Bibliotheken und andere Komponenten für Embedded Systems.

### Top-Aussteller

Reservierungen 8.96

AdvanTech · Altera · AMD · Applied Microelectronics · AppliWare · Ausson Microchip Technology · ARM Advanced RISC Machines · Achtung Mikrosysteme · AISEN · AIFachverlag · AWT Verlag · Beasoft · Berner & Mattner · C&U-UL · EC-UL · Delta · Centralp · Colour Control · Cosmic · Datasat Datentechnik · Digital Logic · dl · Dr. Krohn & Stiller · Dr. Rudolf Keil · GSPACE · EBV Elektronik · EKF Elektronik · eipotec · Electronic Tools · Eltec Elektronik · ENEA DSE Systems · Epson Europe Electronics · ETAS · Farnell · Force Computers · Franzis Verlag · FS Forth-Systeme · Fujitsu Mikroelektronik · GEMAC · Heinz Heise Verlag · Hewlett Packard · HighTec EDV-Systeme · HiFi Microcomputer · Hitachi Europe · Hitex Systementwicklung · Hiware · HSP · Hüthig Fachverlage · hyperstone electronics · IAR Systems · IBDS · IDT · IMS Institut für Mikroelektronik · Integrated Systems · iSystem · Kaneff, Dr. Ing.-Büro · Kleinhenz Elektronik · Kontron Elektronik · Lascar Electronics · Lauterbach Datentechnik · Lehmann Ing.-Büro · Lippert Automationstechnik · MagnaMedia Verlag · MAZet · MCT Paul & Scherer · Meilhaus Electronic · men mikro elektronik · MicroSys · Microtec Research · Motorola · MSC · M. Rueß electronic · National Semiconductor · nbn Systemkomponenten · Nohau Elektronik · OR Industrial Computers · OMC · Pentica Systems · PEP Modular Computers · Philips Semiconductors · Phytex · pls · RadiSys · Reichmann microcomputer · Rein Components · Roth Hard- + Software · RSC-Halbleiter · Rutronik · Scantec · Scientific Computers · SEI-Jermyn · SGS-Thomson Microelectronic · Siemens Automatisierungstechnik · Siemens Halbleiter · Softec · Sontheim Industrie Elektronik · Sorcus Computer · Steinhoff Systeme · Sun Microelectronics · Sunrise Systems · SW Datentechnik · Synatron · Sysgo · Syslogic · Systrix · Tasking Software · Tekelec Airtronic · Tektronix · Texas Instruments · Toshiba Electronics · Ultratronik · VSystems · Whyron · Willert Software Tools · Wind River Systems · Xilinx · Zilog Europe

## Infos:

Ludwig Drebing GmbH: 089/38 30 72 70, Fax 33 27 61

stattet, die Steuerdaten aller Eingänge zu erfassen. Zum zweiten zählt hierzu der zentrale Mikroprozessor, der alle anderen Baugruppen steuert. Diese Steuerung kommuniziert mit dem Benutzer über ein zweizeiliges, beleuchtetes LCD-Display, eine Tastatur, einen Encoder zur quasianalogen Einstellung von Quelle und Pegel sowie über einen Infrarot- (oder Kabel-) Fernsteuerungsempfänger.

### Prinzipieller Aufbau

Die besprochenen Baugruppen finden auf insgesamt drei Platinen Platz: einer Hauptplatine mit Ein- und Ausgangsbaugruppen, Multiplexer, Steuerung und Netzteil, einem huckepack montierten Audio-Board mit Pegelstellern und Antikopierschutz sowie einer hinter der Frontplatte angebrachten Tastaturplatine, die auch Encoder und Fernsteuerungsempfänger beherbergt.

### Ein- und Ausgangsbaugruppen

Den Schaltplan der Multiplexereinheit, die auch die Ein- und Ausgangsbaugruppen enthält, finden Sie in Bild 2. Die vier optischen Eingangssignale sowie das Eingangssignal der Einschleifung werden von Empfängermodulen IC301 bis IC304 und IC306 aus der Toslink-Serie von Toshiba aufgenommen. Es handelt sich um Module des Typs TORX176, die eine maximale Übertragungsdistanz von 10 Meter aufweisen und für Rückwandmontage geeignet sind. Die beiden koaxialen Eingangssignale werden zunächst mittels C305, C306 und Tr301 galvanisch getrennt. Bei dem Übertrager Tr301 handelt es sich genau genommen um einen Knotentrenner für Ethernet-Netzwerke. Seine Daten machen ihn aber auch für die vorliegen-



**Bild 4. Eigentlich gar nicht viel drin – das geöffnete Gerät.**

de Anwendung hervorragend geeignet, zumal er drei getrennte Übertrager in einem Gehäuse beherbergt. Man geht damit den Beschaffungsproblemen von Spezialübertragern aus dem Weg. Eigentlich müßten koaxial übertragene Signale gemäß Norm bereits auf Senderseite einer galvanischen Trennung unterworfen worden sein, doch unterbleibt dies in manchen Fällen aus Kostengründen. Durch eine Trennung auf Empfängerseite vermeidet man zuverlässig die unangenehmen Folgen etwaiger Masseschleifen.

Das getrennte Signal wird durch R301 und R302 wellenwiderstandsrichtig terminiert und anschließend auf TTL-Pegel angehoben. Hierbei hat sich der Einsatz von RS422-Leitungsempfängern bewährt, die dem Signalpegel von 0,2 bis 0,5V<sub>SS</sub> sehr gut angepaßt sind. Es wird der altgediente Typ AM26LS32 verwendet, dessen vier Empfänger allerdings nur zur Hälfte (G301 und G302) genutzt werden. Ausgangsseitig finden auf optischer Seite Sendemodule vom Typ TOTX 176 (IC307/308 sowie IC309 für die Einschleifung) Verwendung, während die koaxialen Signale zunächst von Leitungstreiber in Form des AM26LS31 (G303/304) gepuffert werden. Den Treibern nach-

geschaltet ist ein Bandpaß aus R306/R307/C310/C311 beziehungsweise R308/R309/C312/C313. Dieser übernimmt vier Aufgaben:

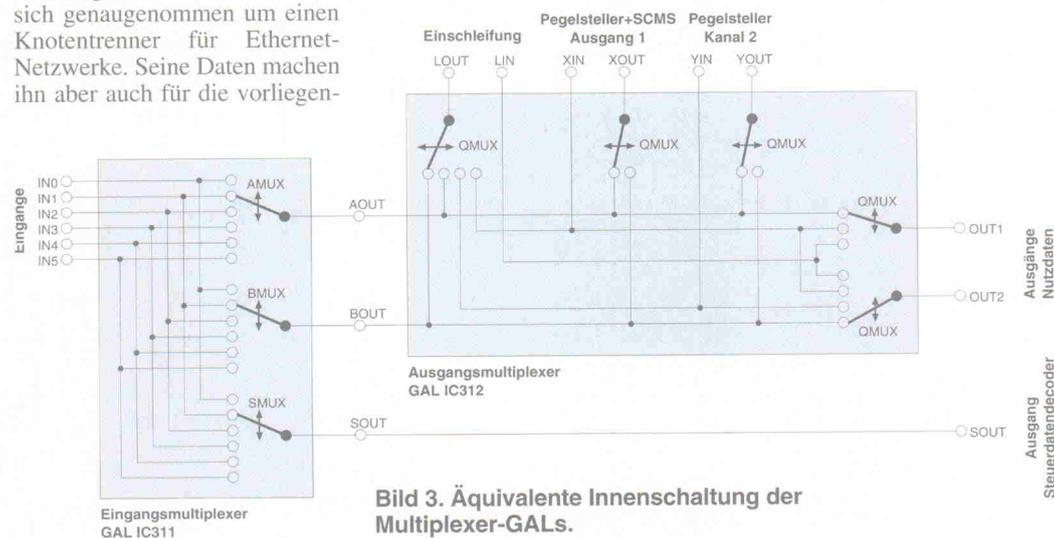
- Er trennt den Gleichspannungsoffset des Treibers ab, der den Übertragerkern in die Sättigung treiben würde.
- Er teilt den Signalpegel auf normgerechte Werte herunter,
- Er sorgt für eine an den Wellenwiderstand des Kabels angepaßte Quellimpedanz,
- Er formt zusammen mit der Induktivität des Übertragers die Impulsflanken des Signals. Dabei wird die HF-Bandbreite des Signals auf das zur Übertragung notwendige Maß reduziert. Auf den Bandpaß folgt ein Übertrager (Tr302) desselben Typs wie in den Eingangsbaugruppen.

Der Multiplexer bildet das Bindeglied zwischen den Ein- und Ausgängen. Er ist mit Hilfe zweier GALs (IC311, IC312) aufgebaut. Wie Sie aus deren äquivalenten Innenschaltungen in Bild 3 entnehmen können, ist IC311 für die Konzentration der sechs Eingänge auf zwei Zwischensignale AOUT und BOUT verantwortlich, aus denen wiederum IC312 die endgültigen Ausgangssignale erzeugt. Dabei

werden die beiden Pegelsteller und der Antikopierschutz über die Signalaare XIN/XOUT (Ausgang 1) sowie YIN/YOUT (Ausgang 2) in den Signalweg eingefügt. Die Einschleifung eines externen Geräts wird über die Signale LIN und LOUT vollzogen. Über den Ausgang SOUT von IC311 wird im Zusammenhang mit dem Steuerdaten-Interface noch zu sprechen sein. IC312 besitzt übrigens zusätzliche Schaltmöglichkeiten, die zukünftige Erweiterungen ermöglichen. Mehr hierzu im zweiten Teil dieses Projekts.

Die Steuerung der GALs erfolgt über die vier Busse AMUX, BMUX, SMUX und QMUX. Während AMUX, BMUX und SMUX auf die Schaltmatrix im Eingangsmultiplexer wirken, steuert QMUX den Ausgangsmultiplexer. Falls Sie in den ABEL-Listings der beiden GALs (IC311: Listing 1, IC312: Listing 2) die Zuordnung zwischen der Multiplexerstellung und dem zugehörigen Wert des Steuerbusses nachvollziehen, werden Sie auf eine etwas sonderbare QMUX-Zuordnung stoßen. Diese ist erforderlich, um das Produkttermlimit des GALs 16V8 von acht Termen pro Ausgangssignal nicht zu überschreiten.

Im nächsten Heft wird die Schaltungsbeschreibung fortgesetzt. Im weiteren Verlauf des Projekts erwarten Sie auch eine Beschreibung der Software, die über die ELRAD-Mailbox im Quelltext zur Verfügung gestellt wird. *roe*



**Bild 3. Äquivalente Innenschaltung der Multiplexer-GALs.**

### Wichtige Kategoriecodes

Code (LSB first)	Gerät
1000000	Compact Disc (CD)
1001000	Minidisc (MD)
1100000	Digital Audio Tape (DAT)
1100001	Digital Compact Cassette (DCC)
0011000	Digital Satellite Radio (DSR)
0110x00	A/D-Wandler

### Literatur

- [1] DIN EN 60958: Digitalton-Schnittstelle, Beuth Verlag, Berlin 1991.
- [2] DIN EN 60958/A1: Digitalton-Schnittstelle, Änderung 1. Beuth Verlag, Berlin 1994.
- [3] Steffen Schmid, Digitale Audio-Datenschnittstelle, Teil 1, ELRAD 9/92, S. 50ff.
- [4] Steffen Schmid, Zaubersteine: ICs für die digitale Audiotechnik, Teile 1..7, ELRAD 1/95...7/95

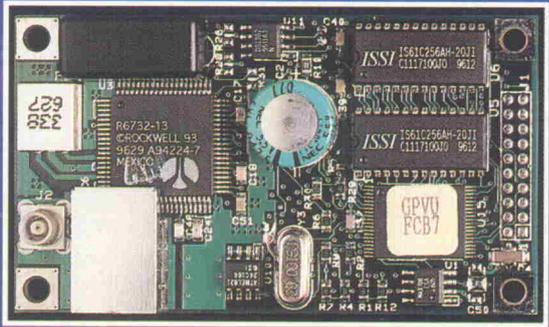
# systemelektronik



*Wir sind Ihr*

# NAVIGATOR zu den GPS-ANWENDUNGEN

Die Elektronik erweitert ständig die Möglichkeiten. **Global wird local.**  
**Fernes wird greifbar.** Daß dabei auch das Komplizierte einfach bleibt,  
 dafür sind wir der Lotse auf dem Highway – mit Know-how und dem  
 Zugriff auf die innovativen Instrumente: **ROCKWELL Jupiter™** – der 12-  
 Kanal-GPS-Receiver in Gallium-Arsenid-Tech-  
 nologie. 12 parallele Kanäle, Unterstützung für  
 passive und aktive Antennen, Flexibilität der  
 Kontrolle und extrem kleine Einbaumaße ermög-  
 lichen den universellen Einsatz dieses OEM-  
 Boards in einem weiten Feld von Applikationen.  
 Zur schnellen Evaluierung des **Jupiter™** Boards  
 für Ihren Anwendungsfall können wir tatkräftige Unterstützung leisten.  
 Antennen, Antennenadapter, Software und Demoboards zur Ausrüstung  
 des **Jupiter™** mit seriellen Anschlüssen zum direkten PC-Anschluß.  
 Unser Credo – Ihr Vorteil: **simply the best!**

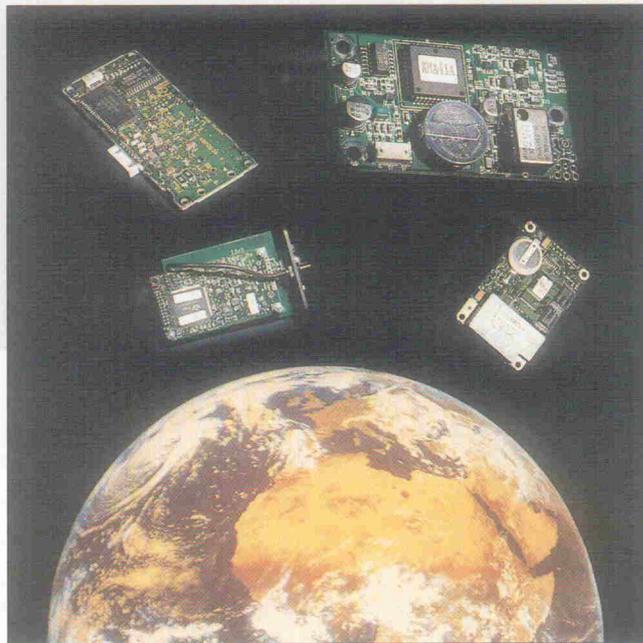


systemelektronik GmbH  
 Heesfeld 4  
 38112 Braunschweig  
 Telefon 05 31/31 40 95  
 Telefax 05 31/31 12 97

systemelektronik Partner für Visualisierung,  
 Navigation und Kommunikation

# Vom Himmel hoch ...

## Global Positioning System: Produkte, Software, Stand der Entwicklung



Peter Rübke-Doerr

**Der GPS-Markt ist in Bewegung geraten: BMW und Mercedes rüsten ihre Flaggschiffe mit Navigationshilfen aus, die Anbieter von OEM-Boards liefern sich Preiskämpfe, und fertige Handhelds rutschen unter die 500-DM-Grenze. Wer hier als Entwickler oder Anbieter einen Fuß in der Tür haben will, sollte jetzt in die Startlöcher gehen: Zeit auch für einen Rundblick in diesem Marktsegment.**

**D**as Global Positioning System (GPS) der Amerikaner ist ein Verbund von 24 Satelliten, die auf einer 12-Stunden-Bahn die Erde umkreisen. Jeder Satellit sendet auf der gemeinsamen Frequenz von 1575,42 MHz einen charakteristischen, nur für ihn selbst geltenden PRN-Code aus (Pseudo-Random-Code). Darin enthalten ist eine Zeitmarke (und die gültige Zeit in UTC natürlich auch) sowie Daten über die gegenwärtige Position des Satelliten und über seinen 'Gesundheitszustand'. Die Modulationsart des Satellitensenders nennt sich BPSK-Modulation (Bi-Phase-Shift-Keying); im Ausgangssignal ist dann der Träger unterdrückt, und die übertragenen Signale sind über eine gewisse Bandbreite gespreizt. Im Empfänger sind nun die PRN-Codes für jeden einzelnen Satelliten gespeichert, und ein Mehrkanal-Empfänger kann gleichzeitig mehrere Satelliten 'tracken'. Das Verfahren ist sehr stör-sicher, da die Nutzsignale im thermischen Rauschen untergehen und nur durch die PRN-Codes wieder sichtbar gemacht werden können; jemand, der

ohne diese Codes die Frequenz abhört, wird nur Rauschen feststellen.

Das wichtigste Bestandteil des Satellitensignals ist zweifellos die Zeitmarke. Mit ihr kann die Zeitdifferenz zwischen Sendezeitpunkt und Empfangszeitpunkt gemessen werden, und da die Lichtgeschwindigkeit eine Konstante ist, kann man so die Entfernung zwischen Sender und Empfänger bestimmen. Für eine dreidimensionale Ortsbestimmung auf der Erde oder im erdnahen Raum sind also mindestens vier gleichzeitig ausgewertete Satellitensignale notwendig [1], und das ist auch der Sinn des ganzen Systems: wetterunabhängige Navigation, gleichgültig wo, immer verfügbar und nicht an spezielle Kenntnisse gebunden.

### Daumen drauf

Das ganze System ist für eine Genauigkeit von etwa 30 m ausgelegt – und nun kommt der militärische Pferdefuß – leider haben zivile Nutzer nichts davon, weil das amerikanische Verteidigungsministerium die Genauigkeit künstlich auf

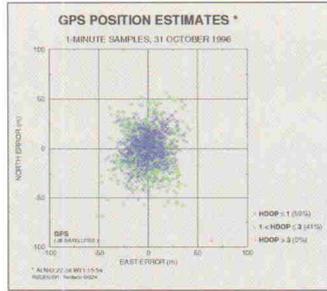
$\pm 100$  m verschlechtert. Das ganze Verfahren nennt sich S/A (selective availability), und es sorgte in der Vergangenheit dafür, daß sich die Begeisterung der Konsumenten für GPS in Grenzen hielt. Solange die Amerikaner quasi Alleinanbieter in Sachen elektronische Navigation waren, mußte die Welt wohl oder übel mit diesen Einschränkungen leben. Mit dem Ende des kalten Krieges und der damit verbundenen Verfügbarkeit des russischen Glonass-Systems, der deutschen Entwicklung des differentiellen GPS (DGPS) und der Drohung der Europäer, sich ein eigenes ziviles System einzurichten, kam aber Bewegung in die Szene: Im Frühjahr 96 verkündete der amerikanische Präsident Clinton das Ende der S/A-Ära, um die heimische Industrie zu unterstützen und neue Arbeitsplätze zu schaffen. Daraufhin brach in den USA (und im Rest der Welt) in allen irgendwie mit GPS befaßten Firmen eine richtige Euphorie aus. Man kündigte neue Gerätefamilien und neue Chipsätze an, und es sprudelten ständig neue Anwendungsvorschläge in die Entwicklungsabteilungen.

Dann aber kam die kalte Dusche: Im Prinzip ja, hieß es, die S/A werde abgeschaltet – allerdings nicht schon am 1. 5. 96, wie einige erwarteten –, sondern frühestens in vier Jahren und allerspätestens in zehn. Bis dahin hat das Militär weiterhin den Daumen drauf, in der Zwischenzeit sollen jedoch neue Methoden erforscht werden, wie die zivile Nutzung bei voller Genauigkeit mit einer Verhinderung des Mißbrauchs durch feindliche Staaten oder Terroristen kombiniert werden kann. Man darf gespannt sein.

### Hardware

Doch nicht nur auf der politischen, sondern auch auf der elektronischen Seite hat sich bei GPS einiges getan: Mit Rockwells Zodiac-Chipsatz – vor einiger Zeit schon angekündigt, jetzt auch in Stückzahlen zu bekommen – kann mit zwei Bausteinen ein 12-Kanal-GPS-Empfänger realisiert werden. Im Monopac steckt die komplette Hochfrequenzstufe bis zum A/D-Wandler; außen angeschlossen ist nur ein ZF-Filter und ein Quarz. Die eigentliche Signalverarbeitung geschieht im DSP, der auch die Speicher in Form von ROM, SRAM und

**Bild 1. 'Treffer'bild bei eingeschalteter S/A vom 31. 10. 96.**

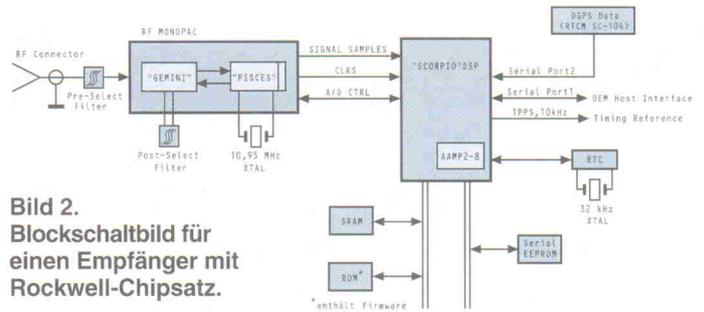


EEPROM bedient. Das Ausgangssignal an der RS232-Schnittstelle kann auf verschiedene Formate und Geschwindigkeiten eingestellt werden, unter anderem auch auf das Standardformat NMEA183-2.0 oder das eigene Rockwell-Binary-Format; selbstverständlich ist der Chipsatz DGPS-fähig. Im ROM steckt die als Firmware von Rockwell gelieferte Software, die unter dem Namen Citytracker einige erwähnenswerte Features enthält. Um in bebauten Umgebungen die Wirkung von Abschattungen und Reflexionen (also Laufzeitverlängerungen und Meßfehler) zu minimieren, hat Rockwell mehrere Betriebsmodi implementiert, die auf die jeweilige Fortbewegungsart zugeschnitten sind. Bei 'zero-speed' – Stillstand also – soll nach Herstellerangaben durch Mittelung der Daten sogar die Wirkung der S/A teilweise kompensiert werden; da man aber nie genau weiß, ob die S/A gerade abgeschaltet ist oder nicht, eine kaum nachprüfbar Behauptung – im praktischen Versuch gab es jedenfalls eine deutlich ruhigere Anzeige als bei früheren Rockwell-Empfängern. Außerdem gibt es Betriebsarten für schnelle Landstraßen und Autobahnen sowie für langsamen Stadtverkehr. Ohne genaue Informationen über die Tracking-Algorithmen

(und da ist man bei Rockwell traditionell eher zugeknöpft), bleibt man aber mehr auf Vermutungen angewiesen.

Das eigene Design eines Receivers lohnt sich allerdings nur, wenn Tausender-Stückzahlen geplant sind; darunter ist es sinnvoller, das von Rockwell angebotene fertige Jupiter-Board zu benutzen; der 1000er Preis liegt bei 260,- DM. Wie bei allen anderen Rockwell-GPS-Empfängern ist auch hier ein Evaluationskit erhältlich – allerdings für die eher als Abschreckung zu verstehende Summe von 1590,- DM.

Ein neu auf den Markt drängendes Unternehmen ist die kalifornische Firma Sirf, die gerade eben einen ähnlichen Chipsatz vorgestellt hat wie der von Rockwell angebotene. Auch er besteht aus zwei Bausteinen für einen 12-Kanal-Empfänger, der eine erledigt alle hochfrequenten Aufgaben (GRF1), der andere deckt die digitale Seite ab (GSP1). Auch hier wieder ZF-Filter und Quarz am Analogbaustein sowie SRAM und ROM am GSP. Koordiniert wird das Ganze über einen se-



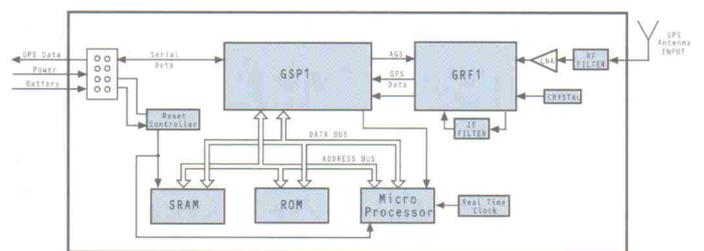
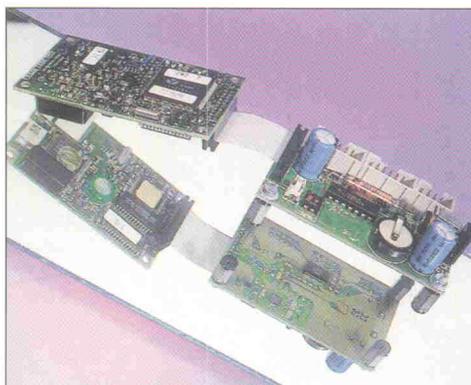
**Bild 2. Blockschaltbild für einen Empfänger mit Rockwell-Chipsatz.**

paraten Mikroprozessor. Als Ausgangssignale sind NMEA-Daten oder ein eigenes Sirf-Protokoll mit jeweils unterschiedlichen Geschwindigkeiten wählbar; DGPS-Funktionen sind benutzbar.

In der Gestaltung der Firmware sind die Sirf-Entwickler allerdings noch weiter gegangen als Rockwell und haben hier Features eingebaut, die aufhorchen lassen. Beispielsweise werden nach einer kurzen Abschattung des Signals schon nach 100 ms mit dem 'Snap-Lock' wieder alle vorher getrackten Satelliten erkannt und eine gültige Position ausgegeben. Oder: der Single-Sat-Mode läßt eine korrekte Ortung auch dann noch zu, wenn nur noch ein Satellit im Sichtfeld ist. Außerdem hat man den HF-Teil so optimiert, daß auch bei starker Dämpfung des Nutzsymbols auf fünf Prozent des Originalsignals – beispielsweise durch Bäume – gültige Daten ausgegeben werden. Von Sirf wird es eine fertige OEM-Platine und einen Demo-Kit geben, im Moment war allerdings nur der Preis für den Chipsatz in 10 000er Stückzahlen zu erfahren: 49,95 US-\$. Außer den OEM-Boards von Rockwell und (demnächst) von Sirf gibt es noch drei weitere

Anbieter hier in der Bundesrepublik: Garmin, Furuno und Kodan. (Trimble und Motorola natürlich auch, aber die wurden in [1] schon vorgestellt.) Garmin ist eine im Endverbrauchermarkt recht rege amerikanische Firma, deren wichtigste Produktgruppe zwar fertige GPS-Geräte im unteren Preissegment sind, die aber auch einen OEM-Empfänger im Programm haben. Diese Platine mit der Bezeichnung GPS25XL OEM ist scheckkartengroß und mit einem 12-Pin-Steckverbinder für Auswertung und Anzeige und dem obligatorischen Antennenstecker versehen. Es handelt sich um einen 12-Kanal-Empfänger mit zwei seriellen Schnittstellen und einem zusätzlichen NMEA-Ausgang. Außerdem ist ein Sekundenimpuls für Zeit-Applikationen, ein Eingang für den Anschluß einer Backup-Batterie und ein Reset-Eingang herausgeführt. Zum Betrieb des Empfängers ist lediglich eine halbwegs stabile 5-V-Spannung nötig; die seriellen Schnittstellen geben bereits normgerechte RS232-Signale aus und übertragen sowohl TTL- als auch RS232-Pegel. DGPS-Anwendungen werden voll unterstützt. Das Board von Furuno mit der Bezeichnung GN-74ENNC

**Bild 3. Jupiter-Platine von Rockwell (links) mit der EVA-Platine von System-Elektronik (rechts).**



**Bild 4. Blockschaltbild für einen Empfänger mit Sirf-Chipsatz.**

**10 JAHRE ULTI BOARD**

**JUBILÄUMSANGEBOT**

Gültig bis 31. Dezember 1996

ULTIMATE TECHNOLOGY

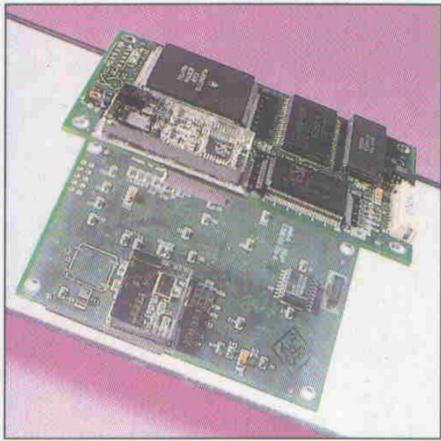
Europa- ULTimate Technology BV, Energiestraat 36, 1411 AT Naarden, NL  
zentrale: tel. 0031 - 35-6944444, fax 0031 - 35-6943345  
E-mail: sales @ ultiboard.com

**JETZT AUCH WINDOWS 95 & NT**

ULTiboard Entry Designer, bestehend aus ULTicap Schaltungsplanung, ULTiboard Leiterplattenlayout und dem bekannten Shape-based Autorouter Spectra SP4 (4-Signallagen + Power & Ground) mit einer Design-Kapazität von 1400 Pins für nur **DM 1975,00** ohne MwSt. zuzüglich Versandkosten (DM 2271,25 incl. MwSt.). Nutzen Sie den Vorteil dieses fast 40%igen Jubiläumsrabatts. Entwerfen Sie nur kleinere Designs oder einfache Leiterplatten? Dann wählen Sie unsere Internet-Homepage für den Super-Cyberdeal des Challenger-Lite Systems, das sich jeder leisten kann, beruflich oder privat. Dieses Angebot gilt nur im Internet.

**KOSTENLOS** 0130-829411 B  
0650-7457 A  
0800-559738 CH

Distributoren: Taube Electronic, tel. 030 - 895250, fax 030 - 6942338  
PDC CAD Systems, tel. 08924 - 31226, fax 08924 - 92350  
AKC GmbH, tel. 06108-90050, fax 06108-90053  
Easy Control GmbH, tel. 0721 - 45485, fax 0721 - 45487

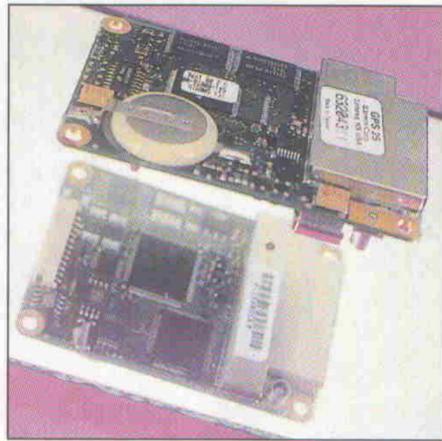


**Bild 5. Der Sirf-Empfänger.**

steckt in einem länglichen Blechgehäuse (90 × 40 × 15 mm) und wird über eine siebenpolige Steckverbindung und die Antennenbuchse mit der Außenwelt verbunden. Nach Anschluß der stabilisierten 5-V-Spannung liegen am Ausgang NMEA-Daten mit TTL-Pegel an; über einen Dateneingang lassen sich DGPS-Daten einspeisen. Das Board ist für den Betrieb an einer aktiven Antenne ausgelegt, die dazugehörige Spannungsversorgung ist über einen extra Steckerpin zugänglich. Außerdem ist ein Sekundenimpuls und ein Eingangspinhin für die Backup-Batterie vorhanden. Eine Variante des GN-74 ist speziell für Zeit-Applikationen vorgesehen (GT-74); leider ging aus den Datenblättern nicht so recht hervor, wo die Unterschiede liegen, eine abgespeckte preiswertere Version für Zeit-Anwendungen ist nach Angaben des Distributors in Vorbereitung.

Auch die Platine von Kodan ist etwa scheckkartengroß (75 × 43 mm), beidseitig SMD-bestückt, kann gleichzeitig elf Satelliten verfolgen und wird über einen fünfpoligen Stecker angeschlossen. Außer der Versorgung mit 5 V, dem Send-Ausgang, dem Receive-Eingang und dem GND-Pin kann nur noch eine Backup-Batterie angeschlossen werden – damit verlängert sich die Lebensdauer der schon auf der Platine angebrachten 3-V-Lithium-Knopfzelle. Eingang und Ausgang führen TTL-Pegel, so daß hier zum Anschluß an eine RS232-Schnittstelle noch etwas getan werden muß; das Datenformat ist NMEA183 mit invertierter Polarität. Der Empfänger ist zum Betrieb an einer aktiven Antenne vorgesehen und unterstützt DGPS-Anwendungen.

Allen OEM-Platinen gemeinsam ist die Tatsache, daß die Hersteller wahrscheinlich sehr viel Know-how in Steckverbinder und Antennenanschlüssen in-



**Bild 6. Garmins OEM-Platine.**

vestieren: So fanden sich beispielsweise bei fünf verschiedenen Boards vier unterschiedliche Antennenbuchsen und das gleiche Ergebnis bei den Verbindungssteckern. Handbücher und Anschlußunterlagen gibt es zu allen Empfängern ausreichend bis reichlich, und außer bei dem Kodan-Gerät findet man auch immer noch eine Evaluationssoftware – letzteres wäre sogar verzichtbar, da NMEA-Daten problemlos mit jeder Terminalsoftware lesbar sind.

### Was wird fertig angeboten?

Waren vor zwei Jahren noch tragbare GPS-Empfänger in spartanischer Ausstattung nicht unter 1000,- DM erhältlich, bekommt man beispielsweise heute das Garmin-Handy GPS38 bei Conrad für 445,- DM und das GPS45XL bei der GPS GmbH in München für 585,- DM. Es handelt sich dabei um 8-Kanal-Geräte mit einem kleinen LCD-Display für die Darstellung von Routen, Wegpunkten und Tracks. Die Möglichkeiten dieser kleinen Wunderkisten gehen weit über die simple Beantwortung der Frage 'Wo bin ich?' hinaus. Beispielsweise kann man sich vor dem Start Wegpunkte definieren (und speichern), die anschließend zu Routen zusammengebaut werden. Unterwegs kann dann anhand des kleinen Bildschirms ein Abweichen von dieser Route kontrolliert werden. Die tatsächlich genommene Strecke wird mit bis zu 750

Punkten gespeichert. Natürlich kann man sich auch eine Art elektronischen Kompaß auf das LCD holen und Geschwindigkeit, Höhe und Entfernung zum nächsten Wegpunkt überwachen. Das Ganze wäre nicht besonders aufregend, wenn es keine Schnittstelle zum PC gäbe: Hierdurch werden auch kleine Handies zum navigatorischen Hand-dampf. Zum einen können die Positionsdaten online an das Notebook geschickt und dort in einer Kartensoftware komfortabel dargestellt werden – die gefahrene Strecke und die gegenwärtige Position ist hierbei gut zu sehen.

Die andere Möglichkeit liegt in der Vor- und Nachbereitung von Strecken und Wegpunkten. Mit den am GPS-Empfänger vorhandenen Eingabewerkzeugen ist schon die Definition und Benennung eines Wegpunktes eine recht mühsame Angelegenheit. Mit den noch vorzustellenden Beispielen für Kartensoftware ist das Ganze am PC ein Kinderspiel: Ein Mausklick definiert den (hinterher noch verschiebbaren) Wegpunkt; in einem Eingabefenster wird er benannt. Nach Erstellen aller Punkte können Routen geplant werden, und anschließend wandert die ganze Datei über RS232 in den Empfänger. Das gleiche geht natürlich auch rückwärts, wenn gefahrene Strecken dokumentiert werden sollen.

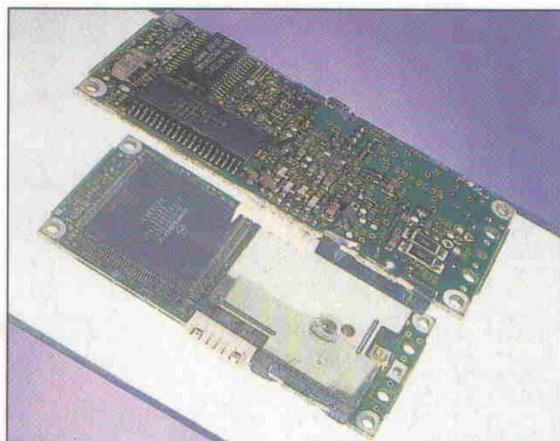
Mit solchen Anwendungen kommt man natürlich weit weg von der End-User-Positionsbestimmung, wie sie eigentlich bei fertigen Geräten normal wäre, und die Funktion des GPS-Empfängers reduziert sich auf die eines schlichten Sensors, und man ist nicht mehr weit von der professionellen Schiene.

Solch ein Gerät ist beispielsweise der GPS-Handheld-Empfänger von Esys in Berlin. Er wurde auf der Basis eines 12-Kanalempfängers entwickelt, mit dem Positionsdaten, Zeit und Statusinformationen auf

einem LC-Display angezeigt und bis zu 20 000 Positionen gespeichert werden können. Diese hohe Speicherkapazität und eine weitere Besonderheit – die Positionsdarstellung wahlweise im WGS84-Format oder nach den Gauß-Krüger-Koordinaten – unterscheidet das Esys-Handy von preiswerten Consumer-Geräten und deutet auf die angepeilte Zielgruppe: Geodäten und Umwelt-Fachleute, die große Mengen von Positionsdaten vor Ort speichern und dann später weiterverarbeiten müssen.

Über eine RS232-Schnittstelle können mit einem extra Modul DGPS-Daten eingelesen werden. Die Bedienung erfolgt über ein Menüsystem in deutscher Sprache. Das Ausgabe-Datenformat zur Weiterverarbeitung auf dem Rechner ist kompatibel zu Excel- und GIS-Programmen (Grafische Informationssysteme). Eine Windows-Software zum Konfigurieren des Empfängers und zum Auslesen der Daten gehört zum Lieferumfang.

Einen Schritt weiter geht eine Anwendung, die von der Firma AMC-Analytik und Meßtechnik in Chemnitz unter dem Namen Pordos entwickelt wurde. Das System besteht aus einem Handheld-PC mit Touchscreen als zentralen Datenverwalter, der über serielle Schnittstellen verschiedene Sensoren abfragt und diese Daten mit der Position verknüpft auf einer Karte darstellen kann. Als Sensoren können solche für Erdmagnetfelder, Radioaktivität, Sauerstoffgehalt, Gaskonzentrationen und andere angeschlossen werden. Um die für solche Anwendungen nicht mehr tolerierbare 'normale' GPS-Genauigkeit zu verbessern, gehört zum System eine DGPS-Referenzstation, die ihre Korrekturdaten im 430-MHz-Band zur mobilen Einheit überträgt. Auch hier also weitgehende Verwendung fertiger Module, das Wissen steckt in der sinnvollen Verknüpfung und Auswertung der Daten.



**Bild 7. OEM-Empfänger von Furuno.**



**Bild 8. OEM-Board von Kodan.**

Noch ein ähnliches Beispiel: Von Tecelec Airtronic wird ein IPS genanntes Modul angeboten, das eine Einsteckkarte für den PC/104-Standard darstellt. Außer dem GPS-Empfänger befinden sich vier Analog-Eingänge und sechs digitale I/Os mit einem Mikrocontroller auf der Platine; daran können Trägheitsnavigationsplattformen und Rad- oder Geschwindigkeitssensoren angeschlossen werden. Gedacht ist das Ganze für professionelle Navigation an Land, wenn auch eine nur kurzzeitige Unterbrechung der Navigationsdaten nicht hingenommen werden kann. Da die Sensoreingänge aber als universelle Meßeingänge ausgeführt sind, könnte man sich durchaus andere Anwendungen vorstellen.

### Jupiter-Eva-Board

Wie schon am Anfang des Artikels erwähnt, gibt es für das Jupiter-Board von Rockwell zwar ein Evaluationskit, allerdings zu einem abschreckenden Preis. Die Firma System-Elektronik in Braunschweig hat das Problem erkannt und bietet genau diese Zusatzplatine (mit oder ohne Jupiter-Karte) an. Darauf befinden sich eine Spannungsversorgung zum Anschluß an 12 V einschließlich einer Backup-Batterie, ein Umsetzer von TTL-Pegel auf korrekte RS232-Pegel für zwei Schnittstellen, ein Pulsverlängerer, um das Time-Mark-Signal sichtbar zu machen, ein paar Buchsen und Schalter sowie eine Sicherung für die Spannungsversorgung der aktiven Antenne. Beachtet werden sollte lediglich, daß an der Buchse für die Spannungsversorgung mit 12 V die Plus-Spannung am inneren Pol liegt – das ist nicht bei allen fertig konfektionierten Kabeln der Fall. Die Zusatzplatine ist so ausgelegt, daß sie direkt mit dem Jupiter-Board zu einem Sandwich verschraubt werden kann und hat nach einem kurzen Blick in das zugehörige Handbuch und nach Anschluß der entsprechenden Leitungen sofort funktioniert. Angenehm auffällig ist die im Sekunden-

takt blinkende Time-Mark-LED, die den richtigen Anschluß und ein funktionierendes Jupiter-Board signalisiert.

Ein technisch ähnliches Produkt – jedoch nicht als Eva-Board, sondern als fertige Lösung sogar mit CE-Zeichen – hat Teubner-Elektronik in Neustadt/Rbg. entwickelt (Vertrieb über Unitronic). Auch hier eine Zusatzplatine mit Spannungsversorgung (allerdings mit 5-V-Spannungsregler) und Schnittstellenwandler nebst einigen Mikroschaltern zum Wählen des gewünschten Protokolls. Die Platine ist so bemessen, daß sie als Träger für den Rockwell-Empfänger dient und beides zusammen in ein kleines Strangpreß-Gehäuse aus Alu eingeschoben wird. Zu- und Ableitungen sind dann nur über eine neunpolige Sub-D-Buchse und die Antennenbuchse möglich. Zur Festinstallation ist ein Befestigungswinkel erhältlich, der statt eines Deckels an die Stirnseite zu schrauben ist.

### Software und Karten

Die genaueste Positionsbestimmung taugt nichts, solange sie nur in Form von trockenen Längen- und Breitengraden vorliegt: Die optische Schnittstelle 'Auge' verlangt nach der Darstellung auf einer Karte und hier hat sich in der letzten Zeit einiges getan. Bislang gab und gibt es auch weiterhin nur eine ernstzunehmende Quelle für digitale Karten, nämlich Bosch/Blaupunkt (Hildesheim); nahezu alle Anbieter greifen auf dieses Datenmaterial zurück. Daraus entwickeln sie dann die verschiedenen Straßen- oder Autokarten, die vom Erscheinungsbild her wiederum als Pixel- oder Vektorkarte ausgeführt sein können. Gemeinsam ist allen jedoch, daß jede Straße und jedes Objekt in einer Datenbank verfügbar ist, daß sie also einen Namen haben und daß weitere Informationen daran gekoppelt sein können. Die Prozeduren zum Aufnehmen und Aktualisieren des Datenbestandes ist aufwendig und



Bild 9. Garmins Handheld GPS45XL.

teuer; daher kann diese Art von digitalen Karten für den Endanwender nicht gerade billig sein.

Als Beispiel für solch eine professionelle Karte der Bundesrepublik sei hier das Travelbook von CAS in Karlsruhe vorgestellt. Es handelt sich um eine Vektorkarte, der aber auch eine passende Pixelkarte unterlegt werden kann. Zur Installation der zehn Disketten benötigt man etwa 20 MByte Plattenplatz. Auf dem Schirm erscheint dann ein völlig Windows-untypisches Bild, das aber so für Laptop-Betrieb und zum Betrachten aus größerem Abstand optimiert wurde. Sobald das Programm gestartet wird, initialisiert sich auch der GPS-Empfänger. Dieser kann sowohl im PCMCIA-Slot stecken, als auch über die serielle Schnittstelle hereinkommen; es sind Empfänger verschiedener Hersteller verwendbar (Rockwell, Motorola, Trimble und alle Geräte mit NMEA-Ausgang). Sobald die Ortung gültige Daten ausgibt,



Bild 10. Der mobile Teil des Pordos-Systems; neben dem Rechner der Sensor für Radioaktivität und oben der DGPS-Empfänger und die GPS-Antenne.

stellt sich die eigene Position als roter Kreis mit rotem Mittelpunkt dar. Wenn man über den Zielwahl-Knopf ein Fahrtziel eingegeben hat, wird diese Strecke grün unterlegt, und auf der Zeile am oberen Bildrand erscheint etwa der Hinweis, daß man jetzt noch etwa 200 m auf der Göttinger Chaussee zu fahren habe und dann rechts in den Ricklinger Kreisel abzubiegen habe – und das wohl gemerkt ohne extra Stadtplan, sondern nur anhand der normalen Datenbasis. Ein noch eindrucksvolleres Beispiel: Auf einer Fahrt durch Gehrden – einem größeren Dorf in der Nähe von Hannover, das auf dem Bild-

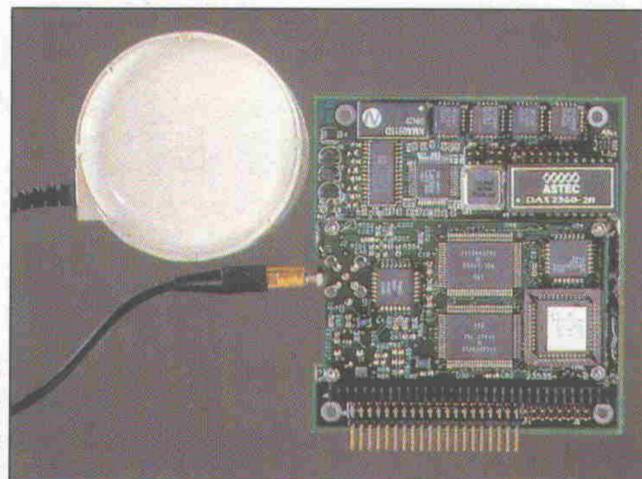


Bild 11. Die PC/104-Einsteckkarte von Tecelec.

**10 JAHRE**

**ULTIBOARD**

**JUBILÄUMSANGEBOT**

Gültig bis 31. Dezember 1996

**JETZT AUCH WINDOWS 95 & NT**

ULTIboard Version 5  
ULTIboard Library Browser  
Spectra v6.0

den Vorteil dieses fast 40%igen Jubiläumsrabatts. Entwerfen Sie nur kleinere Designs oder einfache Leiterplatten? Dann wählen Sie unsere Internet-Homepage für den Super-Cyberdeal des Challenger-Lite Systems, das sich jeder leisten kann, beruflich oder privat. Dieses Angebot gilt nur im Internet.

ULTIboard Entry Designer, bestehend aus ULTIcap Schaltplaneingabe, ULTIboard Leiterplattenlayout und dem bekannten Shape-based Autorouter Spectra SP4 (4-Signallagen + Power & Ground) mit einer Design-Kapazität von 1400 Pins für nur **DM 1975,00** ohne MwSt zuzüglich Versandkosten (DM 2271,25 incl. MwSt.). Nutzen Sie

Europa-zentrale: tel. 0031 - 35-6944444, fax 0031 - 35-6943345  
E-mail: sales@ultiboard.com  
Internet: http://www.ultiboard.com

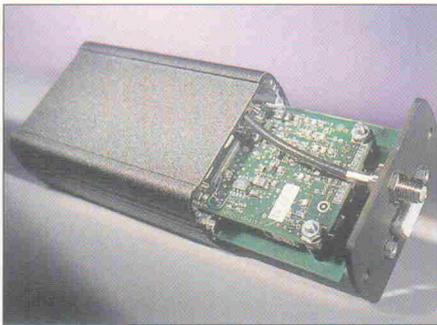
Distributoren: Taube Electronic, tel. 030 - 6959250, fax 030 - 6942338  
PDE CAD Systeme, tel. 08024 - 91226, fax 08024 - 92350  
AKC GmbH, tel. 06108-90050, fax 06108-900533  
Easy Control GmbH, tel. 0721 - 45485, fax 0721 - 45487

**KOSTENLOS**

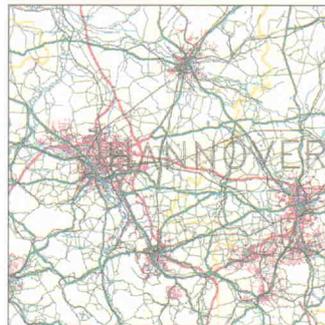
0130-829411 D

0660-7457 A

0800-559738 CH



**Bild 12.** Beim Teubner-Empfänger wird das Jupiter-Board auf die Versorgungsplatte geschraubt und in ein Gehäuse geschoben.



**Bild 13.** Ausschnitt aus einem Original-Plot sämtlicher elektronisch erfasster Straßen (Blaupunkt), der gesamte Plot für die Bundesrepublik ist etwa 1 x 1 Meter groß. Der violette Fleck in der Mitte ist Hannover.

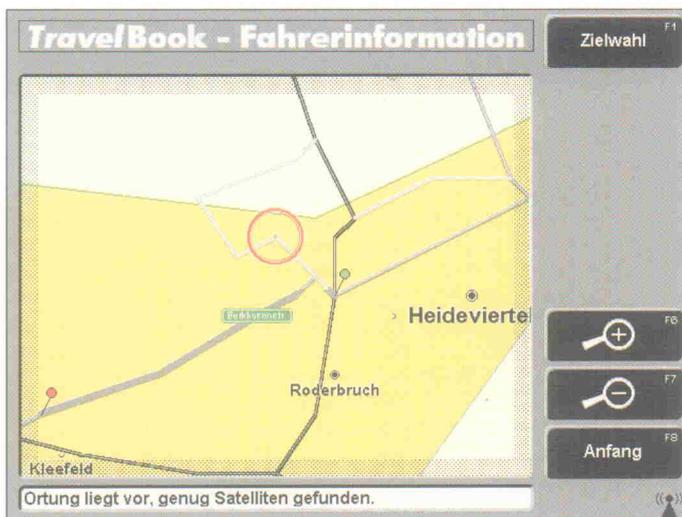
schirm nur als gelber Fleck dargestellt war – gab diese Informationszeile sogar Hinweise mit einzelnen Straßennamen, wie der Ort zu durchqueren sei.

Wer nicht ganz so großen Wert auf die erwähnte Datenbasis mit der Verfügbarkeit einzelner Straßennamen legt und wer sich eine gewisse Ungenauigkeit leisten kann, für den ist eine andere Art von Kartensoftware unter Umständen interessant: Eine

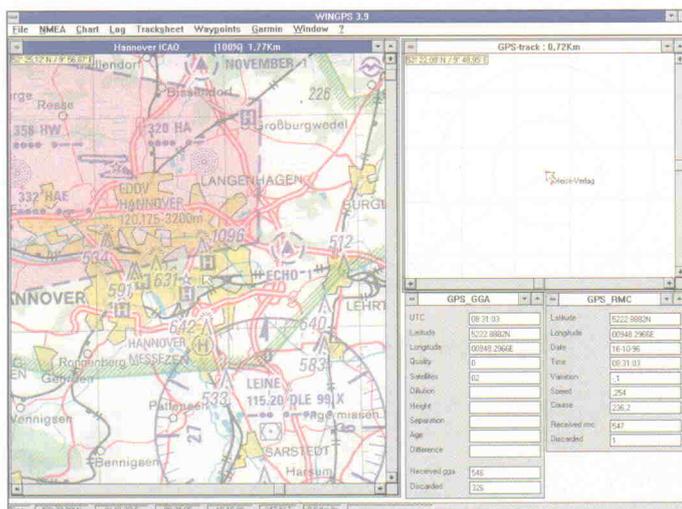
Papierkarte herkömmlicher Art wird gescannt und als Bitmap, GIF- oder PCX-File auf der Platte gespeichert. Beim Einlesen der Datei in die Kartensoftware verlangt diese nun nach zwei oder drei Referenzpunkten mit genauen Längen- und Breitengrad-Angaben; danach kennt das Programm alle übrigen 'Pixel' der Karte auch – und zwar jedes mit seiner genauen geographischen Position. Der Vorteil ist, daß man sich

seine Karten mit wenig Aufwand nach den eigenen Bedürfnissen gestalten und auch schnell wieder ändern kann und daß das Ganze ziemlich universell und preiswert ist. Nachteilig ist der ausschließliche Zugriff auf die Position und sonst nichts; keine Ortssuche, keine Suchquadrate, kein Zoomen in die Karte hinein. Weiterhin ist es problematisch, daß nicht auf jeder Papier-Karte das Gitternetz mit Längen- und Breitengraden oder wenigstens das UTM-Gitter zu sehen ist (umrechnen zwischen UTM und Länge/Breite: <http://www-ipf.bau-verm.uni-karlsruhe.de/lpf/bin/trafo.tcl>), und nicht alle Scanner liefern ein unverzerrtes Bild. Aber für normale Anwendungen funktioniert dieser Typ von Kartensoftware recht gut. Voraussetzung ist natürlich ein GPS-Empfänger mit NMEA-Ausgangssignal.

Im einzelnen wurden sechs verschiedene Softwarepakete erprobt, zwei davon sind soweit ausgereift, daß man mit ihnen vernünftig arbeiten kann. Das eine heißt 'WinGPS' und ist eher dazu gedacht, mit allen Standard-NMEA-Empfängern zusammen betrieben zu werden; wer mit einem Garmin-Handheld arbeiten will, ist mit 'Fugawi' gut bedient, da diese Software mehrere Garmin-Features direkt unterstützt. Eine Software aus deutschen Landen mit Namen Geopos 1 wurde zwar auf der Systems gezeigt, das Programm kann aber wohl ausschließlich mit Kartenmaterial der Vermessungsämter arbeiten, und da kommen bei größeren Gebieten wohl Dateien in CD-ROM-Quantität zusammen – mit anderen Worten: Ein Teil der geschilderten Vorteile fallen weg.



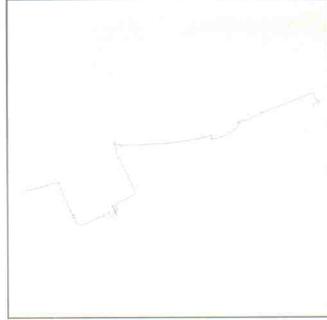
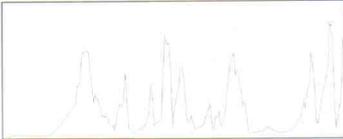
**Bild 14.** Travelbook mit Vektorkarten-Darstellung im Stadtgebiet von Hannover. Die farbig markierte Straße wurde mit der Maus angeklickt, um den Namen zu erfahren.



**Bild 15.** Benutzeroberfläche bei WinGPS.

Mit WinGPS kann man beispielsweise mit mehreren Fenstern gleichzeitig arbeiten; in dem einen die Karte mit der aktuellen Position darstellen, in einem anderen den zurückgelegten Weg ohne Kartenunterle-

gung verfolgen und in weiteren kleinen Fenstern die verschiedenen NMEA-Daten beobachten – was in der Entwicklungsphase eines Programms ein nicht zu verachtendes Feature ist. Etwas kryptisch und vom Ablauf her unverständlich ist das Erzeugen von Wegpunkten und Routen: Zuerst muß mit der Maus der Kreuzcursor auf den gewünschten Punkt gebracht werden, dann mit der rechten Maustaste ein nirgendwo (zumindest nirgendwo in der Demo-Version) erwähntes Pop-up-Fenster aufgemacht und schließlich mit dem Mark/GoTo-Eintrag ein weiteres Fenster mit der Mausposition und einem Texteintrag aufgemacht werden. Diese Position und der Texteintrag erscheinen dann in der Waypoint-Liste und können im Waypoint-Menü, Unterpunkt Routes, mit mehreren Wegpunkten zu einer Route verbunden werden. In der lizenzierten Vollversion sollen dann sowohl die kompletten Hilfetexte (in Englisch) als auch die nicht ganz befriedigenden Farbdarstellungen von Routen und Wegpunkten einstellbar sein. Im Ganzen: Ein stabiles Programm, das zwar nicht intuitiv bedienbar, aber mit einer Eingewöhnungszeit doch akzeptabel ist.



**Bild 16.**  
Der Fahrtenschreiber von Garlink. Im kleinen Fenster sieht man die Geschwindigkeit, im großen die gefahrene Strecke.

Bezugsdarstellung lokaler Karten schleichen sich hier mehr oder weniger große Fehler ein – als Norm-Datum ist hier WGS84 vorgegeben, auf die meisten anderen Daten gibt es aber Umrechnungen. Wichtiger für den praktischen Betrieb sind dagegen die verschiedenen Projektionsarten der Papierkarten, die eigentlich auf jeder Karte irgendwo angegeben sein müssten und die dann bei der Karteninitialisierung gewählt werden müssen.

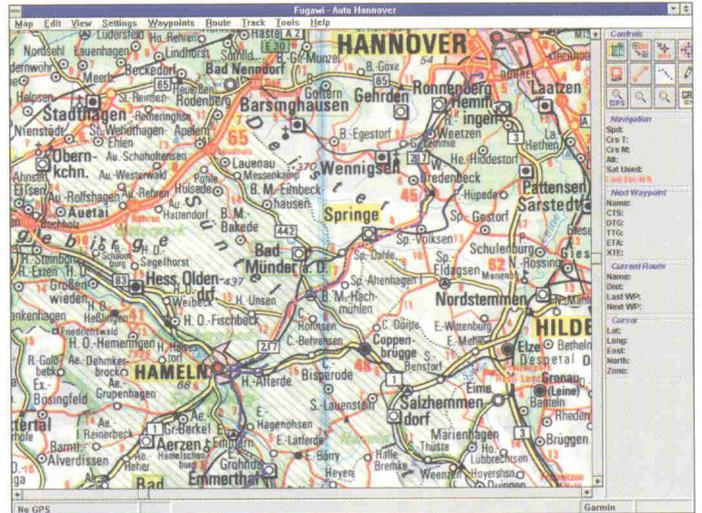
Fugawi verlangt beim ersten Einlesen einer Bitmap-Datei nach drei Referenzpunkten und versichert im Handbuch, daß geringe Verzerrungen vom Scanningvorgang durch das Programm herausgerechnet werden. Nach Einstellung der notwendigen Setup-Parameter ist das Handling logischer und einfacher als bei WinGPS. Die Eingabe von Wegpunkten geschieht mit einem Doppelklick der linken Maustaste; daraufhin erscheint sofort ein roter Punkt mit fortlaufender Nummer. In der Wegpunkt-Liste kann man diese Punkte editieren und im Routenmenü zu Strecken zusammenbauen. Am rechten Rand des Bildschirms sind kleine Fenster sichtbar, in denen Informationen über Kurs, Geschwindigkeit, Höhe und ähnliche Daten zu lesen sind. Für Garmin-Benutzer besonders vorteilhaft sind einige Funktionen zum Auslesen von Daten aus dem Handheld oder zum Einlesen von Wegpunkten oder Routen vom Programm zum Handheld. Normalerweise muß man zu diesem Zweck von Garmin ein Programm erwerben, das auf DOS-Ebene die Handy-Daten ins NMEA-Format übersetzt, und

diese Datei dann in eine Kartensoftware importieren – dies ist übrigens das Default-Verfahren bei WinGPS. Mit Fugawi kann man nun Trackdaten, Waypoints und Routen direkt in die Karte überspielen. Natürlich ist auch diese Software nicht umsonst (95 US-\$), aber man kann sie auch getrost Kunden in die Hand geben, die mit Computern nicht so vertraut sind.

Eine andere für Garmin-User nützliche Software heißt Garlink und gestattet das Hin- und Herspielen von Garmin-Daten zwischen Handheld und PC, allerdings ohne Anbindung an eine Karte. Man kann sich also Wegpunkte, Routen und Tracks auf den PC laden, bearbeiten und dann entweder abspeichern oder wieder zurückladen. Gegenüber der Prozedur direkt auf dem Handheld oder der Garmin-DOS-Software eine enorme Erleichterung. Die Darstellung von Tracks erfolgt in einer grafischen Darstellung, in der man sehr fein Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen ablesen kann – wenn man so will, ein Fahrtenschreiber mit GPS. Die nächste Folge beschäftigt sich mit Antennen und Differential-Verfahren. *roe*

#### Literatur

- [1] Peter Röhke-Doerr, 24 fixe Sterne, Teil 1...5, ELRAD 4/94...8/94
- [2] Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, Collins, GPS Theory and Practice, Second edition, Springer-Verlag Wien New York 1992, 1993
- [3] Matjaž Vidmar, Selbstbau eines Empfängers für GPS- und Glonass-Satelliten, UKW-Berichte, Jahrgang 93 und 94



**Bild 17.** Benutzeroberfläche bei Fugawi: hier ist in eine Autokarte der Track einer Autofahrt (blau) direkt aus dem Garmin-Handheld überspielt.

## Hersteller und Distributoren

Rockwell Deutschland  
Paul-Gerhardt-Allee 50A  
81246 München  
☎ 0 89/8 29 13 20

Rockwell-Distributoren  
System Elektronik GmbH  
Heesfeld 4  
8112 Braunschweig  
☎ 05 31/31 40 95

Unitronic GmbH  
Mündelheimer Weg 9  
40472 Düsseldorf  
☎ 02 11/9 51 10

Garmin  
GPS GmbH Barer Straße 48  
80799 München  
☎ 0 89/2 80 24 56

Furuno  
Frings Industrievertretungen  
Wedauerstraße 84  
5481 Mülheim-Ruhr  
☎ 02 08/48 02 48

Koden  
Melatronik  
Robert-Bosch-Straße 18  
85716 Unterschleißheim  
☎ 0 89/32 10 76

Sirf Deutschland  
Birgit Günther  
Pasteurstraße 9B  
82152 Planegg  
☎ 0 89/8 95 29 50

Sirf USA  
Sirf Technology  
107 San Zeno Way  
Sunnyvale, CA 94086, USA

Esys GmbH  
Schwedter Straße 34A  
10435 Berlin  
☎ 0 30/4 43 29 40  
http://www.esys.de

AMC Analytik & Meßtechnik Chemnitz  
Stollberger Straße 4A  
09119 Chemnitz  
☎ 03 71/30 01 14

Tecelec Airtronic  
Kapuzinerstraße 9  
80337 München  
☎ 0 89/5 16 40

System Elektronik GmbH  
Heesfeld 4  
38112 Braunschweig  
☎ 05 31/31 40 95

Teubner GmbH  
Justus-von-Liebig-Straße 3-6  
31535 Neustadt am Rübenberge  
☎ 0 50 32/6 60 22

CAS Software GmbH  
Wilhelm-Schickard-Straße 10  
76131 Karlsruhe  
☎ 07 21/9 63 80  
http://www.cas-software.de

#### Internet-Adressen:

Fugawi  
http://www.fugawi.com/

IFAG  
http://www.potsdam.ifag.de/  
Welcome.html

GPS allgemein, sowie Patch-Antenne, Kreuzdipol, Garlink, WinGPS und Garmin-Software:  
ftp://ftp-i2.informatik.rwth-aachen.de/pub/and/GPS/peter/  
GPS-Newsgroup: sci.geo.satellite-nav

# JUBILÄUMSANGEBOT

Gültig bis 31. Dezember 1996

## JETZT AUCH WINDOWS 95 & NT

ULTIboard Entry Designer, bestehend aus ULTIcap Schaltungseingabe, ULTIboard Leiterplattenlayout und dem bekannten Shape-based Autorouter Spectra SP4 (4-Signallagen + Power & Ground) mit einer Design-Kapazität von 1400 Pins für nur **DM 1975,00** ohne MwSt zuzüglich Versandkosten (DM 2271,25 incl. MwSt.). Nutzen Sie den Vorteil dieses fast 40%igen Jubiläumsrabatts. Entwerfen Sie nur kleinere Designs oder einfache Leiterplatten? Dann wählen Sie unsere Internet-Homepage für den Super-Cyberdeal des Challenger-Life Systems, das sich jeder leisten kann, beruflich oder privat. Dieses Angebot gilt nur im Internet.

Distributoren: Taube Elatronic, tel. 030 - 6959250, fax 030 - 6942338  
PDE CAD Systeme, tel. 08024 - 91226, fax 08024 - 92350  
AKC GmbH, tel. 06108-90050, fax 06108-900533  
Easy Control GmbH, tel. 0721 - 45488, fax 0721 - 45487

0130-829411 0  
0690-7457 A  
0800-559738 CH

Europa- ULTimate Technology BV, Energiestraat 36, 1411 AT Naarden, NL  
 zentrale: tel. 0031 - 35-6944444, fax 0031 - 35-6943345  
 E-mail: sales@ultiboard.com Internet: http://www.ultiboard.com

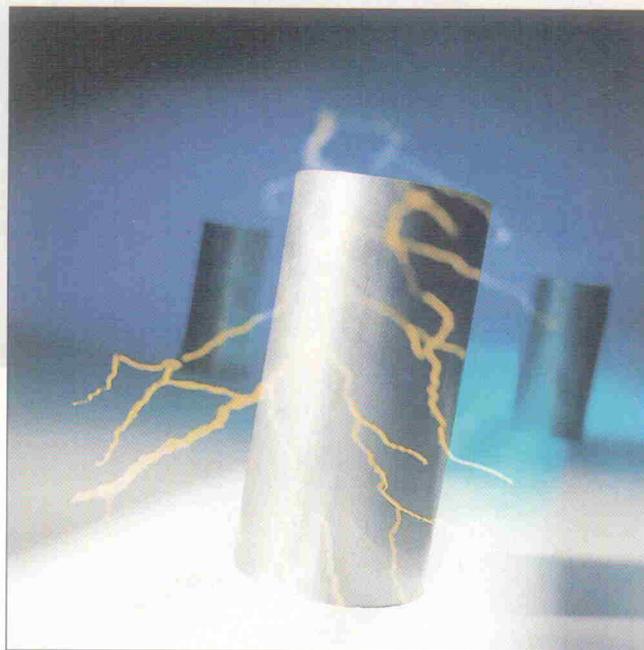
# Kraftpakete

## Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Grundlagen

**Carsten Fabich,  
Eckart Steffens**

**Gegenwärtig bieten Handies und Camcorder mit Lithium-Ionen-Akkus unschlagbare Stand-by- und Betriebszeiten und sichern den Geräteherstellern damit einen großen Marktvorteil. Doch die Stromspeicher lassen sich nicht einfach gegen bestehende Systeme wie Nickel-Cadmium oder Nickel-Metallhydrid austauschen. Will man die hochempfindlichen Zellen in eigene Geräte implementieren, sollte man ihr Naturell genau kennen. Damit der 'Dauerbrenner' nicht in Flammen aufgeht, sind penible Vorsichtsmaßnahmen unerlässlich.**



**H**alb so schwer wie Wasser ist Lithium ( $0,53 \text{ g/cm}^3$ ) das leichteste Metall überhaupt. In der elektrochemischen Reihe steht es ganz außen – es hat das niedrigste Redox-Potential. In diesem Energiereichtum liegt sein Reiz für Batteriehersteller. Aber Lithium ist auch ein Sensibelchen, wenn es um die chemische Beständigkeit geht. Mit Wasser verträgt sich Lithium gar nicht: Unter heftiger Bildung von Wasserstoff entsteht sofort Lauge. Daher kommt ein wässriger Elektrolyt für den Akku nicht in Frage.

Lithium-Primärbatterien (nicht aufladbar) sind bereits seit mehr als 20 Jahren in der Anwendung. Versucht man eine solche Zelle aufzuladen, scheidet sich das Lithium nicht wieder in kompakter Form ab, sondern als schwammige und poröse Masse. Das Wachstum von Dendriten kann zu gefährlichen inneren Kurzschlüssen führen. Erst Kohlenstoff-Einlagerungselektroden aus Koks oder Graphit, in denen das Lithium sogenannte Interkalationsverbindungen bildet, brachten die Lösung dieser Probleme. Wenn man bei der Ladung bestimmte Spannungsgrenzen berücksichtigt,

existiert das Lithium dort nicht als Metall sondern ungefährlicher als eingelagertes Atom, das sich ohne großen Energieverlust zwischen den Elektroden hin- und herschieben lässt.

### Hochspannung

Mit einer Gegenelektrode wie Lithiumkobaltoxyd lässt sich eine Zellspannung von 4 V erreichen. Als Elektrolyt für den Ionen-transport dient ein (nicht-wässriges) organisches Lösungsmittel wie beispielsweise Kohlensäureester, in dem ein Lithiumsalz ( $\text{LiPF}_4$ ) gelöst ist. Ein Separator, bestehend aus dünnem mikroporösen Polyäthylenfilm verhindert den direkten elektrischen Kontakt der Elektroden.

Mit einer Energiedichte von zirka  $120 \text{ Wh/kg}$  oder fast  $300 \text{ Wh/l}$  schlägt das Li-Ion-System den Bestseller Nickel-Cadmium um den Faktor drei. Eine Li-Ion-Zelle, die nur ein wenig größer ist als ein NiCd-Mignon-Akku, bietet beispielsweise  $700 \text{ mAh}$  – aber eben mit der dreifachen Nennspannung von  $3,6 \text{ V}$ . Der maximale Entladestrom liegt typisch bei  $2C$ . Eine  $700\text{-mAh}$ -Zelle lässt sich dem-

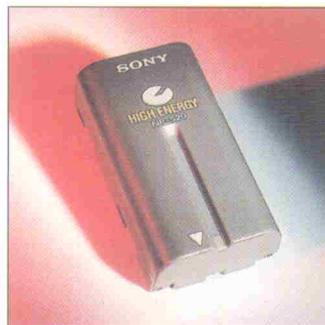
nach mit maximal  $1,4 \text{ A}$  Dauerstrom entladen. Der nutzbare Spannungsbereich des Systems Lithium-Ion liegt in der Praxis zwischen  $3,7 \text{ V}$  und  $2,5 \text{ V}$ . Eine Tiefentladung zerstört die Zelle.

### Kein Gedächtnis

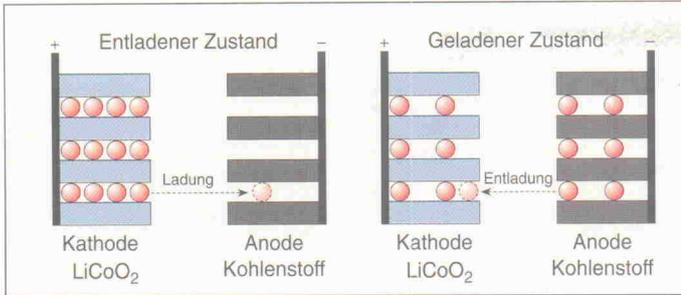
Einen Memory-Effekt kennt das System übrigens nicht, was allerdings selbst renommierte Notebook-Hersteller noch verinnerlichen müssen. So ist in einem Handbuch zu Toshibas Satellite-Pro-Serie noch ein Hinweis aus NiCd-Zeiten zu finden: 'Wenn Sie einen nur teilweise entladenen Akku regelmäßig aufladen, wird dieser unter Umständen nicht voll aufgeladen'. Allerdings wurde der Memory-Effekt auch bei NiCd-Systemen stets überschätzt. Er dient immer noch als Ausrede für dürftige Ladetechnik, die Akkus durch Über- oder Tiefentladung frühzeitig schädigt. Ein echter Memory-Effekt lässt sich meist durch ein paar vollständige Lade-/Entladezyklen beseitigen.

Am Markt hat sich zunächst die Rundzelle mit  $18 \times 65 \text{ mm}^2$  etabliert. Dieses Format wird von den Herstellern mit Kapazitäten von  $1200 \dots 1350 \text{ mAh}$  spezifiziert. Außerhalb der zugelassenen Betriebsart bieten die Zellen große Reserven. Im ELRAD-Testlabor konnten diese Akkus unter Sicherheitsmaßnahmen ohne außergewöhnliche Erwärmung mit bis zu  $1700 \text{ mAh}$  betankt werden. Allerdings liegt dieser Betrieb deutlich außerhalb jeder Herstellerspezifikation, und man kann aus Sicherheitsgründen nur deutlich davon abraten. Auch die Zyklusfestigkeit dürfte dadurch leiden. Der Versuch zeigt aber, welche Reserven das System bietet.

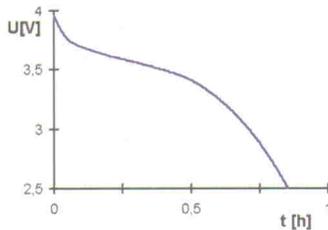
Weil Unfälle der Lithium-Ionen-Technologie immer wie-



**Bild 1. Schutz gegen Narrenhände und Mißgeschick: Fertige Li-Ion-Packs beherrschen elektronische Schutzschaltungen.**



**Bild 2. Die Li-Ion-Zelle wird auch Rocking-Chair genannt: Ionen schaukeln zwischen den Elektroden hin und her.**



**Bild 3. Reale Entladecharakteristik einer 3,6V Li-Ion-Zelle mit einem Entladestrom von 1C, hier 1350 mA.**

der herbe Rückschläge versetzen, haben die Hersteller mehrfache Vorsichtsmaßnahmen getroffen. Sie verlangen in der Regel von ihren Kunden vor Auslieferung der Zellen eine Aussage über den Einsatz und die geplante Ladetechnik. Einzelne Zellen sind im freien Handel nicht erhältlich, höchstens vorkonfektionierte Packs mit Über- und Unterspannungsschutz. Zusätzlich besitzen die Zellen selbst eine Reihe von Sicherheitsmechanismen. Ein Polyswitch unterbricht reversibel den Stromfluß bei Überstrom ( $>3C$ ). Nicht reversibel kann der Überstrom/Übertemperaturschutz im Separator auslösen. Erwärmt sich die Zelle zu stark, schmelzen die Poren im Separator zusammen und begrenzen so den Ionenfluß. Helfen alle Maßnahmen nicht und der Druck im Innern der Zelle wird zu hoch, tritt ein Sicherheitsventil oder eine Sollbruchstelle in Kraft.

Li-Ionen-Akkus sind recht hochohmige Stromspeicher. Die typische Entladekurve (Bild 3) zeigt einen zunehmenden Spannungsabfall gegen Entladeende. Den weiten Spannungsbereich muß der Verbraucher entsprechend ausregeln. Für portable Geräte ist ein verschwenderischer Lilinearregler daher nicht akzeptabel. Der Effektivität wegen sollte eine getaktete Versorgung zum Einsatz kommen. Diese findet im Verbraucher meist eine rela-

tiv konstante Last vor. Liefert die Zelle eine geringere Eingangsspannung, zieht der Schaltregler einen höheren Eingangsstrom, woraufhin die Akkuspannung noch stärker einbricht.

Man muß im Betrieb mit einer beständig nachgebenden Akkuspannung rechnen, aus der sich aber gut auf den Ladezustand der Li-Ion-Batterie schließen läßt. Die übliche Abschaltung über eine Schwellspannung führt dazu, daß die Kapazität der Zelle bei hoher Stromentnahme nicht ausgeschöpft werden kann, da die Abschaltspannung zu früh erreicht wird (Bild 3). Daher eignen sich Lithium-Ion-Zellen für stromhungrige Verbraucher wie Power-Tools nur bei entsprechender Auslegung.

### Abfüllung

Dasselbe gilt für das Laden. Allein mit hohen Ladeströmen ist eine hundertprozentige Füllung der Li-Ion-Zelle nicht möglich. Daher kommt ein dynamisches Ladeverfahren zur Anwendung. Die Ladeschlußspannung beträgt je nach Anodenmaterial 4,1 V (Graphit/Hardcarbon) oder 4,2 V (Koks/Softcarbon) pro Zelle. Diese Spannung ist mit einer Genauigkeit von  $\pm 1\%$  einzuhalten, was den Einsatz von Präzisionsbauteilen verlangt. Ein nur geringfügig zu hochohmig aufgebauter Spannungsteiler der Ladeschaltung kann durch Offset- oder Eingangsströme der angeschlossenen Regelverstärker so weit außerhalb dieser Toleranzbreite geraten, daß die Ladeschaltung die Anforderungen nicht mehr erfüllt. Ab einer Zellenspannung von 4,5 V finden in der Zelle Zersetzungsprozesse statt, die zu Sicherheitsproblemen führen können.

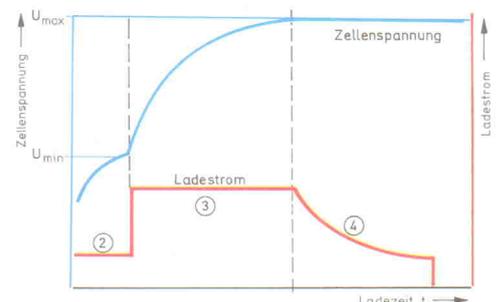
Generell kommen zwei Konzepte in Frage, nach denen man Li-Ion-Zellen laden kann: Zum

einen eine spannungsorientierte Ladung mit konstantem Strom bis zur Zellenendspannung, anschließend eine Restladung mit konstanter Spannung. Zum anderen eine bilanzorientierte Ladung mit Ermittlung der entnommenen Ladung und entsprechender Nachladung. Das zweite Verfahren ist möglich, weil Li-Ion-Zellen einen Lade/Entladewirkungsgrad von nahezu 100% aufweisen. Die hereingesteckte Leistung kann auch wieder entnommen werden.

Die Standardlademethode für Li-Ion besteht aus einem mehrstufigen Verfahren, das aber in der Praxis leichter zu realisieren ist als für herkömmliche Systeme wie NiCd oder NiMH. Für diese gestaltet sich die exakte Erkennung des Ladeendes immer noch sehr schwierig beziehungsweise aufwendig. Li-Ion stellt lediglich hohe Anforderungen an die Einhaltung der Spannungsgrenzen. Üblicherweise werden die Zellen zwischen 2,5 V und 4,1 V/4,2 V betrieben. Für ein möglichst umfassendes Ladeverfahren sind vier Parameter zu überwachen: Die Zellenspannung, der Ladestrom (maximal 2C), die Ladetemperatur ( $0...40^{\circ}C$ ) und die Ladezeit. Letztere ist unkritisch, aber zur Vermeidung der Überladung defekter Zellen ist es sinnvoll, die Ladezeit zu begrenzen. Der optimale Ladeablauf (Bild 4) kann folgendermaßen beschrieben werden:

- Erkennung der Batterie (1). Der Lader sollte ein nicht-angeschlossenes Pack erkennen und dies signalisieren.
- Vorbereitung der Akkus (2). Bei Anschluß der Akkus ist zunächst zu prüfen, ob sich die Zellenspannung außerhalb der zulässigen Grenzwerte befindet. Für diesen Fall kann entweder eine Fehlermeldung ausgegeben und die Ladung unterbunden werden, oder der Lader versucht, die Zelle durch einen geringen Ladestrom in den zulässigen Ar-

**Bild 4. Das Standardladeverfahren I/U: erst Konstantstrom, dann Konstantspannung.**



Lithium-Ion-Zellen	
Nominalspannung:	3,6...3,7 V
min. Entladespannung:	2,5 V
max. Ladespannung:	4,1...4,2 V
Entladetemperatur:	-20...+60°C
Ladetemperatur:	0...+40°C
Kathodenmaterial:	Lithium-Kobalt (III)-Oxid (LiCoO <sub>2</sub> )
Anodenmaterial:	Graphit/Hardcarbon (4,1 V) oder Koks/Softcarbon (4,2 V)
Anbieter:	A & TB, Energizer (in Vorb.), Hitachi, Maxell, Moli, Panasonic, Saft, Sanyo, Sony, Toshiba, Wing Sing

beitsbereich zu bringen. Gelingt ihm das nicht innerhalb einer gegebenen Zeit, beendet er den Versuch und gibt eine entsprechende Fehlermeldung aus. Im Normalfall sollte sich die Zelle innerhalb der Grenzwerte befinden, und der Lader geht sofort zum nächsten Schritt über.

- Die Schnellladung (3) erfolgt mit Konstantstrom unter Beobachtung der Zellenspannung. Bei Erreichen der Ladeendspannung wird die Konstantstromladung beendet. Zu diesem Zeitpunkt sind bereits bis zu 70 % der Kapazität eingeladen.
- Es schließt sich die Konstantspannungsladung (4) an, die bei abfallendem Ladestrom den Akku vollständig auflädt. Als Abschaltkriterien dienen Ladestrom (Unterschreiten eines bestimmten Wertes) oder Ladezeit (Überschreiten einer vorgegebenen Zeit).

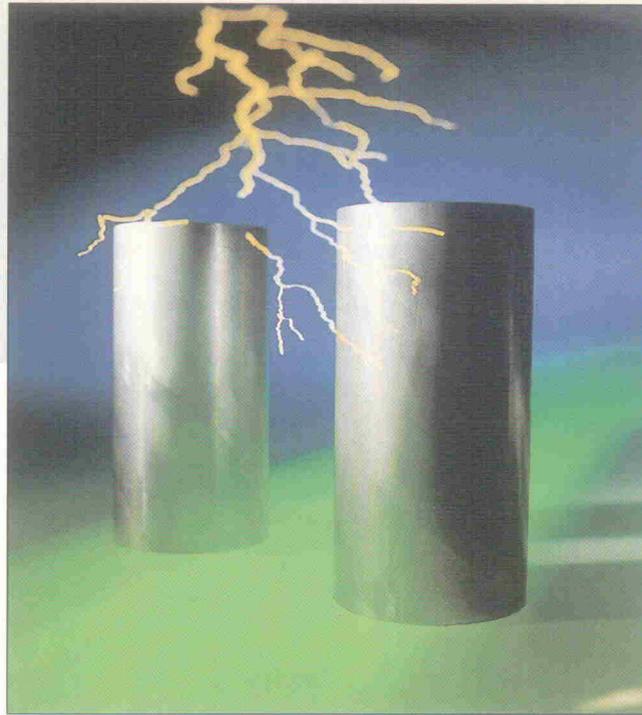
Unter Beachtung der Sicherheitsmaßnahmen und mit einer exakten Überwachung überstehen die Li-Ion-Zellen nach Herstellerangaben so mindestens 500 Lade/Entladezyklen. cf

### Literatur

- [1] Wiederaufladbare Lithium-Batterien: Li-Ion-Technologie, Dr. M. G. Hake, Varta Spezialreport, Oktober 1996

# Volltanken, bitte!

## Ladecontroller für Lithium-Ionen-Akkumulatoren



Eckart Steffens

In der Theorie gestaltet sich die Standard-Vorschrift zum Laden eines Lithium-Ionen-Akkus simpel und eindeutig. In der Praxis bieten renommierte Halbleiterhersteller – getrieben von aussichtsreichen Zukunftsmärkten – eine Reihe von praktischen Implementationen. Mit dem Durchbruch der neuen Akkutechnologie ist daher eine Bestandsaufnahme im ELRAD-Labor fällig.

Lithium-Ionen-Akkus sind heikle Bauelemente. Für die Implementierung einer Lade-/Entladeschaltung ist die maximal zulässige Zellenspannung exakt einzuhalten. Während eine Überspannung zu Brand oder Explosion führen kann, verschenkt ein zu frühes Abschalten des Ladestroms erheblich Leistung. Schon eine Unterspannung von 100 mV kann etwa 7 % Kapazitätsverlust bedeuten.

Um den Li-Ion-Akku nicht unter seine Schmerzgrenze von 2,5 V quälen zu können, rüsten die Batterie-Pack-Hersteller aus Sicherheitsgründen jedes Pack mit einer Schutzschaltung aus. Diese verhindert zumindest eine Tiefentladung und begrenzt die Ladespannung auf 4,1 V beziehungsweise 4,2 V. Gegen Beschädigung durch Überstrom schützt häufig eine Polymer-Sicherung, und den Ladungsausgleich zwischen mehreren Zellen in einem Pack besorgt ein elektronischer Teiler. Eine Batterieschutzbeschaltung ist also stets in das Ladekonzept einzu beziehen.

Um vergleichbare Aussagen über die Lade-ICs zu erhalten, wurden die Rahmenbedingungen für deren Einsatz weitgehend vereinheitlicht. Etwas hinderlich war die Tatsache, daß einige Applikationen für eine Zelle, andere jedoch für zwei oder mehr Zellen ausgelegt sind. Die Versuche wurden mit Sony-Zellen US18650S durchgeführt, die die momentan verbreitetste Bauform darstellen (Rundzelle 18 × 65 mm<sup>2</sup>; 3,6 V; Nennkapazität 1350 mAh). Da die Zellen aus Akku-Packs stammen, wurde die Batterieschutzschaltung entfernt, also mit der 'nackten' Li-Ion-Zelle getestet. Nach Herstellervorschrift mit dem AkkuLab von Bettschen (siehe Kasten 'Zellenspezialist', S. 46) als Referenz geladen und anschließend gemessen, boten alle Zellen reproduzierbar eine Kapazität von knapp 1250 mAh an, die als Referenz für diesen Test gilt.

### Tests

Das genaue Gegenstück zum Bettschen AkkuLab ist der AkkuSim aus dem Hause Mack,

Reutlingen. Hier wird nicht der Lader, sondern der Akku selbst simuliert. Ein PC-gesteuerter Simulator bildet die Stromspannungscharakteristik eines Akkus per Polynomapproximation nach. Zur Laderentwicklung eine stark zeitverkürzende Sache, da man 'Packs' per Mausclick laden oder entladen kann. Leider befindet sich das Modell für Li-Ion nach Herstellerangaben noch in Arbeit. Daher beschränkt sich der Test auf reale Zellen.

Die zum Test gestellten Demo-boards mußten die definiert entladenen Zellen wieder aufladen. ABB-Multimeter mit serieller Schnittstelle erfaßten dabei Strom, Spannung und Temperatur. Die Entladung auf Standardniveau erfolgte mit Hilfe des Bettschen AkkuLab durch Entladung mit 1 C (1350 mA) bis auf 2,5 V und nachfolgende Entladung ebenfalls bis auf 2,5 V, jedoch mit 0,1 C (136 mA). Die typische Entladekurve einer Li-Ion-Zelle unter diesen Bedingungen zeigt das Diagramm im Kasten 'Zellenspezialist'.

### National Semiconductor

Mit dem LM3420 (Bild 1) bietet National Semiconductor einen einfachen und preiswerten Ladecontroller speziell für Lithium-Ionen-Akkus. Der Chip ist in drei Ausführungen mit festeingestellten Spannungen für 4,2 V, 8,4 V, 12,6 V und 16,8 V erhältlich – also für ein bis vier Zellen. Die Schaltspannung ist für kommerzielle Typen auf ±1 %, für Präzisionstypen auf ±0,5 % lasergetrimmt und wird über eine interne, temperaturkompensierte Band-Gap-Referenz erzeugt. Für den Aufbau eines funktionsfähigen Laders benötigt man reichlich zusätzliche Beschaltung. Da der LM3420 lediglich der Spannungsbegren-

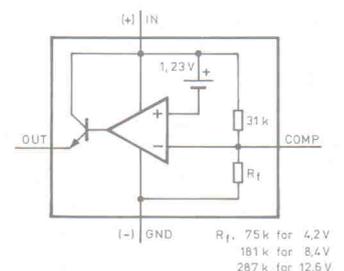
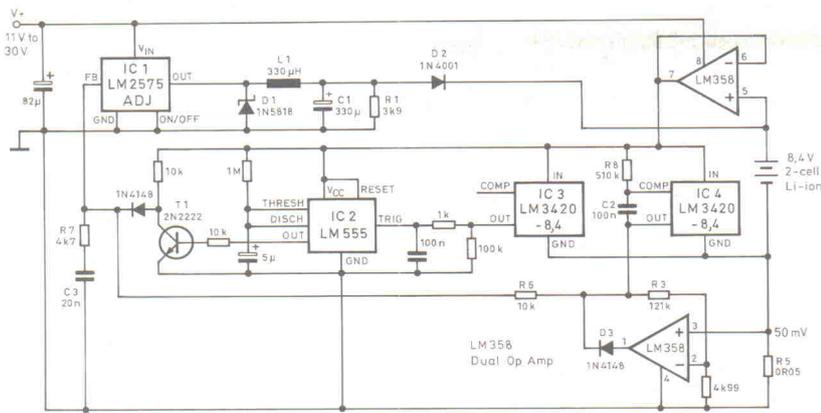


Bild 1. Ein Präzisionskomparator optimiert für Lithium-Ion: Der LM3420 von National Semiconductor.



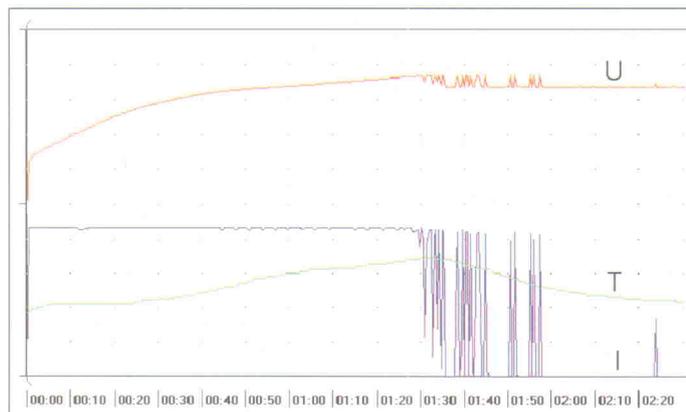
zung dient, ist zumindest eine steuerbare Ladestromquelle erforderlich. Ob linear oder getaktet, bleibt dem Schaltungsentwickler überlassen.

Befindet sich die Anschlußspannung des LM3420 zwischen den Anschlüssen IN und GND unterhalb der spezifizierten Bauteilspannung, dann verhält sich der LM3420 neutral. Übersteigt die Spannung den spezifizierten Wert, schaltet der Komparator durch und liefert an seinem Open-Emitter-Ausgang bis zu 15 mA Strom. Damit kann er die Ladestromquelle beeinflussen. Bei Erreichen der Ladendspannung setzt die Spannungsbegrenzung ein, es wird auf Konstantspannungsladung umgeschaltet. Mit der Konstantstromladung sind bereits über 70 % der Energie in den Akku eingeladen, den Rest übernimmt der Konstantspannungsmodus. Einige Batteriehersteller empfehlen, den Konstantspannungsbetrieb zeitlich zu begrenzen oder – nach Unterschreiten eines Mindestladestromes – abzuschalten, was der LM3420 nur mit Hilfe einer externen Schaltung vermag.

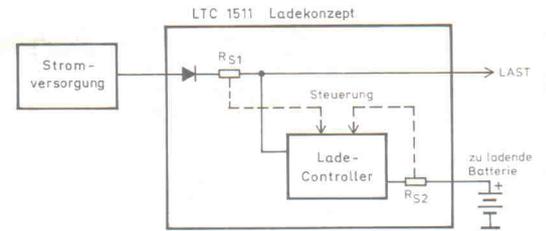
Das Evaluation-Board 'Lithium Battery Fast Charger' (Bild 2) implementiert einen Schnelllader, der mit einem Schaltregler eine gepulste Stromquelle bereitstellt. Die Schaltung lädt die Li-Ion-Akkus mit einem gemessenen Strom von zirka 0,86 A. Dabei werden drei Phasen durchlaufen:

- Ladung bis 8,4 V. Beide LM3420 sind nichtleitend, die Stromquelle lädt kontinuierlich mit vollem Ladestrom.
- Über 8,4 V wird die Stromquelle per Timer (IC2) gesteuert und für Intervalle mit variablem Tastverhältnis eingeschaltet (IC3).
- Über 8,8 V schaltet IC4 die Stromquelle ab.

Zusätzlich begrenzt der Komparator LM358 (IC5a) den Ladestrom. Er regelt bei Überstrom ebenfalls die Stromquelle herunter. Den maximalen Ladestrom stellt man über R5 ein. Das Demoboard beaufschlagt eine einzelne Zelle mit bis zu 4,4 V – außerhalb jeder Herstellerspezifikation. Einen Betrieb dieser Schaltung mit konfektionierten Akku-Packs würde deren interne Schutzschaltung verhindern. Dafür ist der LM3420 ein sehr



**Bild 3. LM3420: Erst voller Strom, dann gepulste Ladung. Akkuspannung (rot, 0...10 V), Ladestrom (blau, 0...2 A) und Zelltemperatur (grün, 20...40°C) üben die Ladedauer.**



**Bild 4. Durch Leistungsaufteilung zwischen Last und Ladung schützt der LT1511 das Netzteil.**

**Bild 2. Doppelte Wache: Im LM3420-Demoboard kontrollieren zwei Bausteine die Ladegrenzwerte.**

einfacher Grundbaustein, der sich durch externe Beschaltung leicht an andere Spannungen anpassen läßt. Da er lediglich eine Spannungsbegrenzung bietet, sind alle anderen Bestandteile eines Laders zusätzlich aufzubauen.

## Linear Technology

Linear Technology hat ihr Ladekonzept für Lithium-Ionen-Zellen im LT1511 realisiert. Dieser Chip vereint alle aktiven Funktionen und benötigt weitestgehend nur passive Beschaltung. Auch der LT1511 basiert auf einer getakteten Stromquelle. Die Strombegrenzung findet hier jedoch auf zwei Ebenen statt:

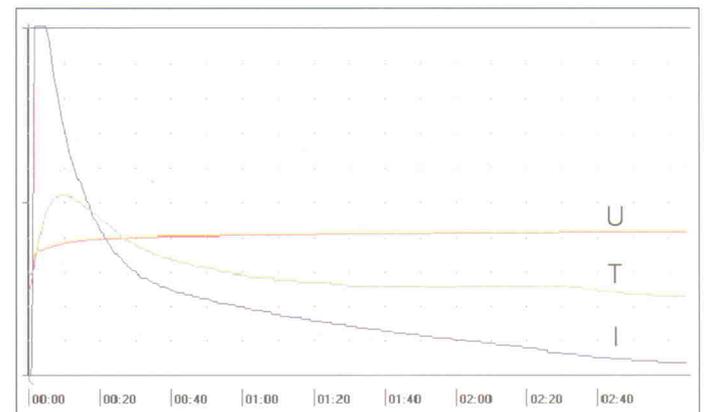
- Eingangsstrombegrenzung: Um eine Überlastung des speisenden Netzteils zu unterbinden, wird die Gesamtstromaufnahme des Systems überwacht. Parallel zur Akkuladeschaltung kann man die Stromversorgung der Anwendungsschaltung anklemmen, so daß kein eigenes Netzteil erforderlich wird. Der Lader kann aus dem ohnehin vorhandenen Systemnetzteil gespeist werden und achtet darauf, daß eine vorgegebene Ma-

ximalbelastung nicht überschritten wird.

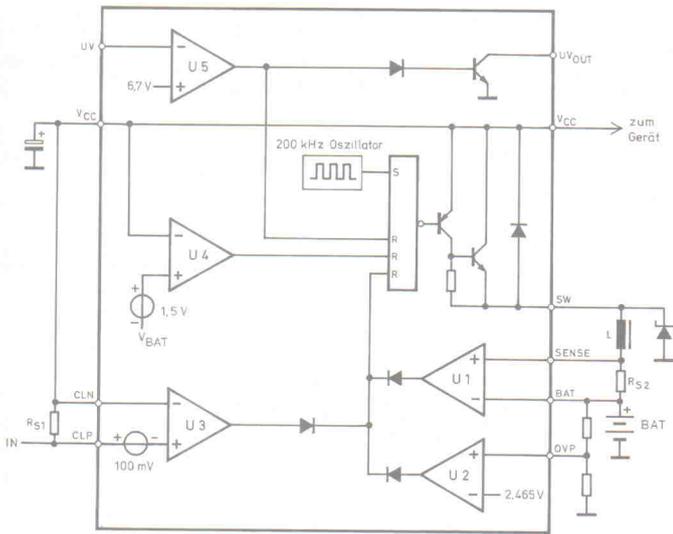
- Ladestrombegrenzung: Mittels Referenzwiderstand wird der Akkuladestrom ermittelt und die Ladestromquelle entsprechend nachgeregelt.

Der von der Anwendung nicht benötigte und somit für das Laden verfügbare Strom wird dem Ladecontroller zur Verfügung gestellt. Er enthält eine getaktete Stromquelle, die die angeschlossenen Li-Ion-Akkus zunächst im Konstantstrombetrieb lädt. Nach Erreichen der Abschlußspannung geht die Schaltung in den Konstantspannungsmodus über. Der Baustein verfügt über eine Ladestrombegrenzung sowie einen Unterspannungsdetektoreingang. Die Unterspannungserkennung steht an einem Signalausgang zur Verfügung.

Herz des LT1511 (Bild 6) ist der Leistungsschalter, getrieben von einem 200-kHz-Oszillator. Über ein vorgeschaltetes RS-Flipflop erfolgt die Pulsbreitenmodulation beziehungsweise die Verriegelung des Schaltreglers, der lediglich mit einer externen Induktivität und einer



**Bild 5. Ein hoher Anfangsladestrom und damit verbunden ein rascher Temperaturanstieg der Zelle kennzeichnen die 3-A-Schnellladerapplikation um den LT1511.**



**Bild 6. Vereinfachte Innenschaltung des LT1511: Alle Regelgrößen wirken auf den PWM-Schaltregler.**

Schottky-Diode zu ergänzen ist. Diese Stromquelle lädt direkt die Batterie, wobei der Ladestrom durch den Differenzverstärker U1 erfaßt wird. U2 dient als Komparator mit einer festeingestellten Referenzspannung als Überspannungsschutz; U2 bestimmt das Ladeende (Übergang in den CV-Modus). OVP ist daher über einen externen Spannungsteiler direkt an die Batterie angeschlossen und überwacht die Batteriespannung. Im Eva-Board ist hier ein jumpbarer Spannungsteiler vorgesehen, der für die gängigen Zellenkombinationen (1 bis 3 Zellen) bereits passend dimensioniert ist. Dieser Teiler belastet die Batterie ständig und ist daher genügend hochohmig ausulegen.

Die Unterspannungserkennung UV (U5) arbeitet ebenfalls gegen eine feste Referenz. Sie ist zur Kontrolle der Eingangsspannung (Laderbetriebsspannung) vorgesehen und hat – außer der Deaktivierung der Ladeschaltung – keine weitere Funktion. Das UV-Signal steht zur externen Weiterverarbeitung an einem Open-Collector-Ausgang zur Verfügung. Auch U4 dient der Versorgungsspannungsüberwachung, sie muß mindestens 1,5 V über der Batteriespannung liegen. Ist durch eine geringere Differenz die ordnungsgemäße Funktion des Schaltkreises nicht mehr gewährleistet, erfolgt auch hier eine Abschaltung.

U3 regelt die Leistungsverteilung. Die beiden Sense-Eingänge CLP und CLN werden auf eine Spannungsdifferenz von

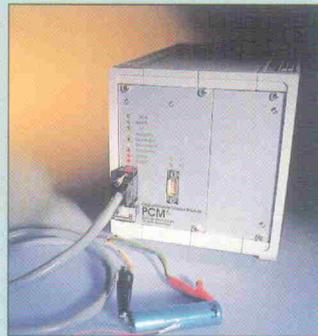
100 mV hin geprüft, und U3 deaktiviert bei Überschreitung ebenfalls den Lader. Dabei legt Rs2 den Batterieladestrom fest, und Rs1 bestimmt den zulässigen Gesamtstrom für Lader und Gerät.

Im Testbetrieb macht der LT1511 in der Anordnung auf dem Evaluation-Board einen problemlosen Eindruck. Der Wirkungsgrad der Schaltung liegt mit >80 % im guten Bereich, und durch eine hohe Stromabgabe ist die Schaltung schnellladefähig. Leider ist keine Vorrichtung zur Temperaturerfassung vorhanden, die aber für dieses Konzept empfehlenswert wäre. Da der LTC-Lader einen hohen Anfangsladestrom von zirka 3 A in die Zelle schickt, reagiert diese mit einem kräftigen Temperaturanstieg, der bei erhöhter Umgebungstemperatur den Grenzwert überschreiten könnte. Die Empfehlungen für die Begrenzung des Ladestroms werden von der Ladeschaltung massiv mißachtet. Für die Reduktion des Stromes sorgt die Zelle selbst; der Konstantstrommodus bleibt auf dem Papier. Es ist dem Demoboard nicht anzulasten, denn die Applikation ist immerhin als 3-Amperelader ausgewiesen. Allein

der Hinweis fehlt, daß der Strombegrenzungswiderstand anzupassen wäre. Immerhin: so kann man schnelladen. Die Entladung zeigt: nach Ladung mit dem LT1511-Lader steht eine Batteriekapazität von insgesamt 1272 mAh zur Verfügung.

Die automatische Einstellung auf Batterieparameter erlaubt eine intelligente Ladeschaltung. Diese bedingt das Hinzufügen eines Mikrocontrollers, und auch dafür gibt es ein um den LT1511 aufgebautes Eva-Board. Ein PIC16C73 übernimmt die Steuerungsdienste und bedient den oben skizzierten Lader für Strom- und Spannungseinstellung sowie Abschaltung. Die Kommunikation erfolgt über den seriellen SMBus mit dem im Batterie-Pack enthaltenen Mikrocontroller. Separat ist hier auch eine Temperaturerfassung über die T-Leitung möglich, die den Widerstandswert des Pack-internen Thermistors ermittelt.

## Zellenspezialist

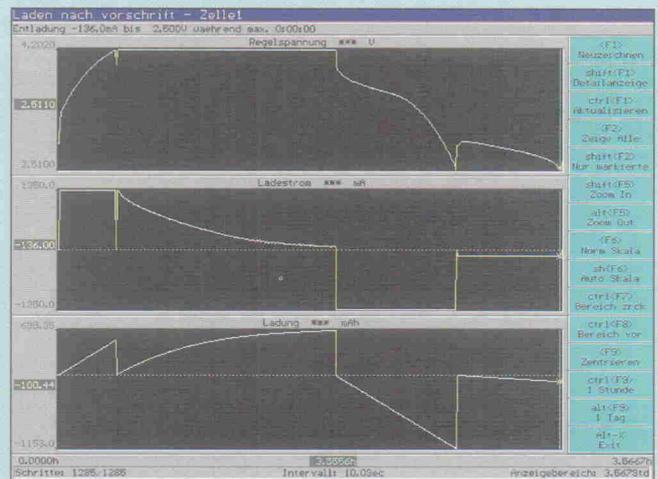


Wer häufig mit Akkus oder Primärzellen umgeht, weiß einen tatsächlich universellen Lader/Entlader zu schätzen. Universell bezieht sich hierbei nicht darauf, daß man einen Batterietyp, Ladezeit oder -strom vorgeben kann, sondern daß man alle Parameter und zeitlichen Abläufe tatsächlich frei programmieren kann.

Genau das leistet das AkkuLab des Schweizer Herstellers Bettchen Elektronik AG. Ein PC kontrolliert über die serielle Schnittstelle bis zu 32 intelligente Lade-/Entladeköpfe namens 'PCM', die selbständig einen programmierten Algorithmus ausführen können. Jedes PCM-Modul verfügt über eine in sechs Dekaden

le/senke sowie Meßmöglichkeiten für Strom und Spannung. Darüber hinaus können externe Kontakte abgefragt und Kommandos per Schaltkontakt ausgegeben werden (z. B. trenne Akku ab). Mehrere Anweisungen lassen sich zu einem Programm zusammenfassen und die Programme automatisch abfahren. Da alle Parameter aufgezeichnet werden, stehen Ergebnisse sowohl tabellarisch als auch grafisch zur Weiterverarbeitung zur

Verfügung. Im vorliegenden Test wurde das Bettchen AkkuLab vorrangig dazu verwendet, um die Testzellen definiert zu entladen und die Entladekurven mitzuschreiben. Dadurch war es gleichzeitig möglich, das Verhalten der Zellen zu kontrollieren und mögliche Veränderungen zu erfassen. Durch die Programmierbarkeit eignet sich das Bettchen AkkuLab auch für Langzeituntersuchungen an Akkumulatoren.



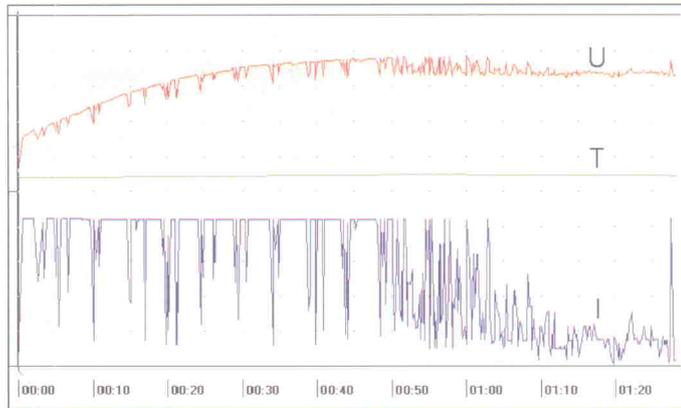
**Auf einen Blick: Akkuspannung, Strom und Ladungs-  
zuwachs für einen vollständigen Lade-/Entladezyklus.**

## SGS-Thomson

SGS-Thomson kombiniert ebenfalls eine getaktete Stromquelle IC4 (max. 2,5 A) mit einem Mikrocontroller der ST62-Familie. Der Hersteller versteht die zur Verfügung gestellte Schaltung jedoch ausdrücklich als Konzeptstudie, die von den Batterieherstellern noch nicht homologiert sei. Der zur Verfügung gestellte Aufbau besteht aus der Abwandler einer NiCd/NiMH-Ladeschaltung. Die ursprüngliche Anforderung kann der ST62 durch Errechnen der Ableitung der Batteriespannung leicht erfüllen. Für Li-Ion-Lader ist dagegen lediglich das Kriterium Ladeendspannung wichtig.

Auch diese Applikation setzt eine Pulsbreitensteuerung ein. Ein UC3843 kontrolliert den Ladestrom und gibt die Information über den Comp-Eingang auf die Stromquelle IC4 sowie über PA0 an den Controller ST62. Die Akkuspannung wertet der Mikrocontroller über PB7 direkt aus, ebenso die Pack-Temperatur, die über den Batterie-Pack-Thermistor und PB3 erfaßt wird. Pfiffig gelöst ist die Spannungsversorgung des ST62, der sich aus der Referenzspannung des UC3843 (5 V, max. 50 mA) bedient.

Der Ladecontroller lädt das Akku-Pack zunächst mit einem Konstantstrom von zirka 1,25 A in Intervallen von je 22 s, bis eine Akkuspannung von 8,8 V erreicht ist. Dann wird das



**Bild 7. Der ST6210 setzt die Ladung etwa alle 20 s aus und prüft, wie weit die Zellenspannung zurückfällt.**

Puls/Pause-Verhältnis verkürzt, und der Lader prüft nach jedem Ladeimpuls den Rückfall der Zellenspannung. Die Ladung endet, sobald 4,2 V pro Zelle erreicht sind. Der SGS-Lader bringt in sehr kurzer Zeit ohne thermische Belastung eine hohe Ladung ein. Nach einer Ladezeit von 1,5 h boten die Zellen anschließend durchschnittlich 1195 mAh an.

Für eine Studie liefert die SGS-Applikation gute Werte. Um eine Einsetzbarkeit in realen Applikationen zu ermöglichen, ist das Ladeschlußverfahren zu überarbeiten und eine Spannungsbegrenzung hinzuzufügen. Für alle Ladekonzepte, die bewußt die maximal zulässige Spannung pro Zelle überschreiten, müßte eine Langzeitstudie Lebensdauer und Kapazitätsentwicklung der Zellen untersu-

chen. SGS-Thomson gibt nach 500 Ladezyklen noch eine Kapazität von 67 % an.

## Philips

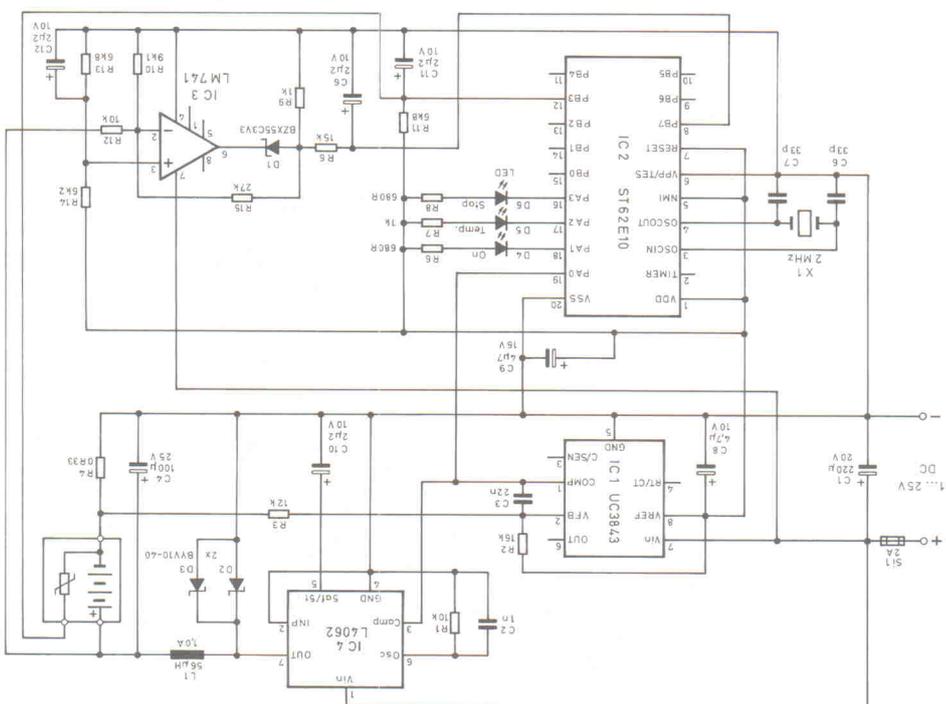
Mit dem TEA1102 bietet Philips einen universellen Ladecontroller für Blei-, NiCd-, NiMH- und Li-Ion-Akkus. Je nach gewähltem Batterietyp werden unterschiedliche Spannungs-Grenzwerte gesetzt und das Ladeverfahren entsprechend angepaßt (siehe Tabelle 'TEA1102', S. 48). Da die interne Spannungsreferenz auf ein Drittel der Ladeendspannung festgesetzt ist, muß der Abgriff der Batteriespannung also über einen entsprechenden 2:1-Teiler erfolgen. Der Batterietyp wird dem Lader über den FCT-Anschluß mitgeteilt, der spannungspegelabhängig die ge-

wünschten Einstellungen vornimmt. Ein Pack könnte also über einen Indexpin oder Kontakt dem Ladecontroller seine 'Chemie' mitteilen.

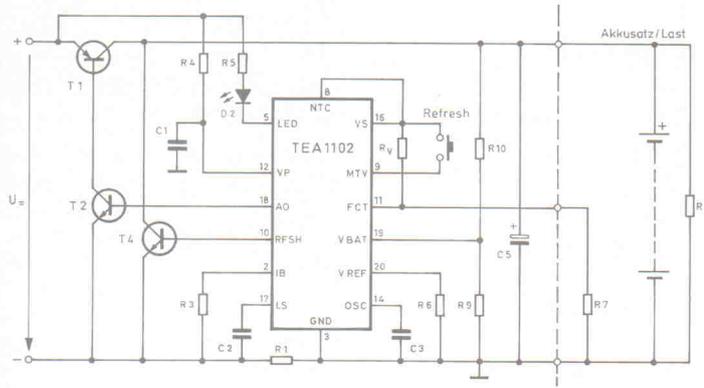
Der TEA1102 verfügt über zwei Ausgänge, einen Analogausgang AO, und, davon abgeleitet, einen pulsbreitenmodulierten Digitalausgang PWM zur Ansteuerung eines Switchers. Das TEA1102 Application Board verwendet den Analogausgang und bedient damit einen BD231 als Längstransistor. Der Ladestrom wird über einen Längswiderstand  $R_s$  erfaßt. Zur weiteren Überwachung von Batterieparametern bietet der TEA1102 einen NTC-Sensoreingang. Ist der Eingang nicht mit einem entsprechenden Fühlerwiderstand beschaltet, wird auf die Abwesenheit eines Temperatursensors geschlossen und die Temperaturbegrenzung außer Betrieb gesetzt. Im Falle eines Fühlerbruchs könnte sich das nachteilig auswirken.

Für NiCd- und NiMH-Zellen erfolgt eine Schnellladung mit anschließender Top-Off- und nachfolgender Trickle-Ladung. Bei Li-Ion- und Bleibatterien erfolgt im Anschluß an die Schnellladung ein Übergang auf Restladung im Konstantspannungsmodus, der dann zeitgesteuert beendet wird. Es ist anzumerken, daß die Ladeschlußspannung für Li-Ion-Zellen durch die interne Referenz auf 4,1 V festgelegt ist. Die Spannungsüberwachung des TEA1102 erfolgt mit einer Genauigkeit von 0,25 % und ist damit für Li-Ion-Zellen prädestiniert.

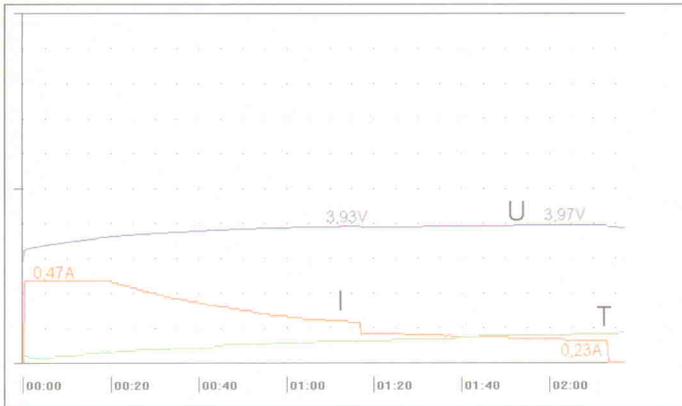
Drei weitere Pins sind Logikeingänge für programmierbare Teiler (Sample-/Abtastrate, Oszillator, Timeout-Teiler). Diese Pins bestimmen unter anderem die Abtastrate für die integrierten 14-Bit-A/D- und -D/A-Wandler. Die jeweils aktuelle Batteriespannung wird durch den A/D-Wandler erfaßt und in einem Register zwischengespeichert. Bei der nächsten Wandlung wird der Registerwert durch den D/A-Konverter zurückgewandelt, um durch Vergleich des aktuellen mit dem jeweils vorherigen Wert



**Bild 8. Konzeptstudie von SGS-Thomson. Ein Mikrocontroller steuert den vollständigen Ladeablauf.**



**Bild 9. Wenig Peripherie, viel Funktion. Philips' TEA1102 kann Blei-, NiCd-, NiMH- und Li-Ion-Akkus laden.**



**Bild 10. Der begrenzte Ladestrom des TEA1102-Demoboards verhinderte eine Vollladung innerhalb der verfügbaren Ladezeit.**

die Tendenz des Spannungsverlaufes zu erkennen. Das ist jedoch nur für das Laden von NiCd/NiMH-Zellen erforderlich; für das Laden von Li-Ion-Batterien genügt die einfache Erkennung der absoluten Batteriespannung.

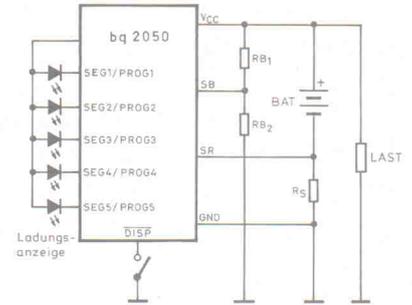
Bei 4,2-V-Systemen bedarf es einer Korrektur: für deren Ladenspannung ist der Widerstandsteiler R9/R10 anzupassen (100k/200k auf 130k/268,5k oder 3M3 parallel zu R9). Vorsicht mit den Unterlagen aus Applikationsschriften oder Datenblättern (auch die aktuellen Seiten im Web sind falsch): Das Schaltbild für den Testboardlader weist Anschlussfehler auf, denn die 'Chemie'-Einstellung erfolgt über den Pin FCT (und nicht über MTV). Die Platine und die dem Demoboard beige-

gegebenen Unterlagen sind hingegen richtig.

Erstaunlich ist das frühe Abschalten des Laders. Wie man aus dem Meßschrieb erkennt, liegen die Schaltpunkte weit unterhalb der zu erwartenden Spannung. So schafft es die TEA1102-Applikation nur, im Schnitt etwa 632 mAh einzuladen. Das Demoboard ist mit einem Linearregler bestückt, der bei hohen Eingangsspannungen sehr heiß wird. Erheblich effektiver arbeitet die Schaltung mit einem Schaltregler und unter Verwendung des PWM-Ausganges, was Philips auch ausdrücklich empfiehlt. Zur Einarbeitung in die Arbeitsweise des Chips ist die kleine Karte aber allemal gut geeignet. Vorsicht bei hohen Eingangsspannungen: darauf reagiert der

**TEA1102**

System	Zellenzahl	Zellen-spannung	Ladeend-spannung	Referenz-spannung
NiCd	3	1,2	3,98	1,325 V
Blei	2	4,2	4,9	1,63 V
Li-Ion	1	3,6	4,1	1,365 V



**Bild 11. Buchhalter: Der bq2050 von Benchmarq bilanziert das Ladungskonto.**

TEA1102 als CMOS-Baustein sensibel.

**Benchmarq**

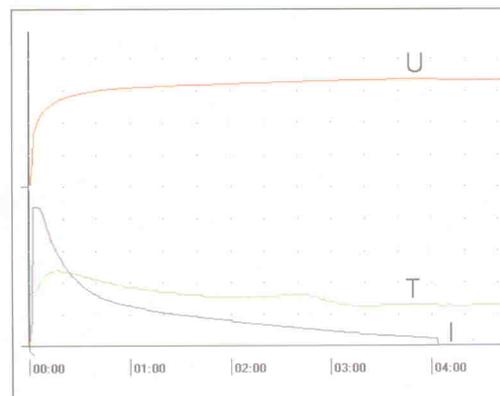
Benchmarq hat momentan zwei Konzepte zur Ladung von Li-Ion-Akkus auf dem Markt. Der Kern des einen Laders ist der bq2050, ein universeller Baustein zur Batteriekapazitätsüberwachung. Er mißt die der Batterie entnommenen oder zugeführten Ströme, die Batteriespannung, überwacht die Batteriemindestspannung und trifft eine Abschätzung für Selbstentladung und unterschiedliche Lade/Entlade-Verhältnisse.

Aus den bei Ladung und Entladung geflossenen Strömen und der jeweiligen Batteriespannung läßt sich eine Bilanz, sowohl in Ah als auch in Wh, erstellen und verwalten. Mittels Ladungsbilanzierung kann das System jederzeit Auskunft über den aktuellen Batteriestatus und damit über die Restbetriebszeit des Gerätes geben. Nachteilig an diesem Konzept ist, daß die Ladungsbilanzierung zwangsweise an eine bestimmte Batterie gekoppelt ist – ein Wechsel des Akku-Packs führt in einen undefinierten Zustand. Dazu wirken Selbstentladung, Temperatur und Verlust der Batteriekapazität verfälschend auf die ausge-

gebenen Werte. Durch eine definierte Entladung kann die Ladungsbilanz genullt werden; mit einem Volladevorgang läßt sich das Skalende bestimmen.

Zunächst liefert Teiler RB1/RB2 dem Pin SB die Akkuspannung auf Zellennormal. Der Sense-Widerstand Rs wandelt den in oder aus der Batterie fließenden Strom in eine proportionale Spannung um. Damit liegt an Pin SR eine positive Spannung bei Ladung und eine negative bei Entladung. Die Temperaturerfassung erfolgt in Schritten von 10 K und läuft von -35...+85°C. Sechzehn 8-Bit-Register, die man über die Programmiergänge PROG1...PROG5 erreicht, stehen als Kommando- und Statusregister zur Verfügung. Falls kein externer Mikrocontroller den BQ2050 bedient, kann er auch stand-alone arbeiten. Die Programmierpins dienen dann als Ausgangstreiber für fünf LEDs, die als Kette den Batterie-ladestatus wiedergeben. Um Strom zu sparen, läßt sich die Anzeige per Taste kurzzeitig aktivieren.

Die Ladung selbst führt das Schnelllade-IC bq2004 durch, indem es eine externe Stromquelle für Konstant- oder Maximalstromladung steuert. Zusätzlich ist ein Entlademodus ver-

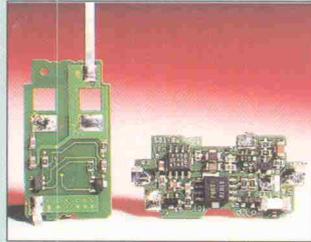


**Bild 12. Der bq2054 startet mit einer Vorbereitung des Akkus, geht kurz in den Konstantstrommodus über und lädt anschließend mit fallendem Strom weiter.**

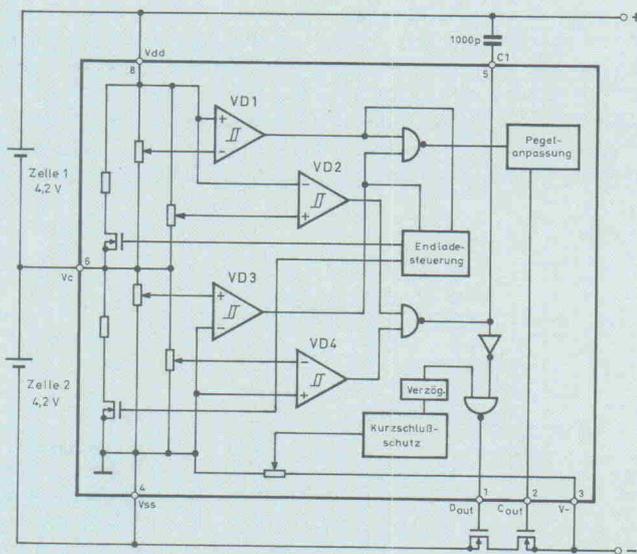
## Li-Ion-Protektoren

Zum Schutz der Lithium-Ionen-Zelle ist es erforderlich, sie gegen Tiefentladung und gegen Überladung zu schützen. Dazu wird die Zellenspannung von zwei Komparatoren überwacht, die über jeweils einen FET die Zelle abklemmen, wenn die Grenzwerte überschritten werden. Da die Stromrichtung beim Laden entgegengesetzt der Stromrichtung beim Entladen ist, sind zwei FETs erforderlich. Der Ausgang Cout ist für die Verriegelung beim Laden (Charge), der Ausgang Dout für die Verriegelung beim Entladen (Discharge) verantwortlich.

Überwacht eine Protectorschaltung mehrere Zellen, dann wird sie meist zusätzlich so ausgelegt, daß sie auch



einen Ladungsausgleich zwischen den Zellen herbeiführen kann, wenn diese ihre Zellenspannung zu unterschiedlicher Zeit erreichen. Dazu wird die Zelle, die ihre Endspannung zuerst erreicht, mit Hilfe einer FET/Widerstandskombination überbrückt. Die zweite Zelle kann so weiter aufgeladen werden, während die erste Zelle auf der maximalen Zellenspannung gehalten wird.



Innenschema des Ricoh-Protectors Rx5VG2 für zwei Li-Ion-Zellen mit typischer Beschaltung.

füßbar, der den Ausgangszustand für die Ladungsbilanzierung herbeiführt. Während der Schnellladung werden Temperaturanstieg, Spannung und Ladezeit überwacht. Fällt einer der Parameter aus den vorgegebenen Grenzwerten heraus, stoppt die Ladung. Nach erfolgreicher Schnellladung könnte der bq2004 bei Bedarf für NiCd-Akkus eine gepulste Top-off- und dann eine gepulste Trickle-Ladung anschließen.

Dritter Baustein auf der Platine ist der bq2053, eine Batterieüberwachungsschaltung für bis zu vier Zellen. Der Chip greift

die Plus- und Minuspole aller Zellen ab und kontrolliert so die Einzelzellenspannung. Dabei setzt der bq2053 die Mindest-Zellenspannung auf 2,3 V und die Zellenmaximalspannung auf 4,25 V fest. Über vier Fensterkomparatoren wird der gültige Arbeitsbereich erkannt und das Akku-Pack über die Schutz-FETs Q1 und Q2 freigeschaltet.

Zur Steuerung des Benchmark-Testboards dient ein Steuerprogramm, das als lauffähige Version für DOS-Rechner dem Entwicklungskit beiliegt und mit der Karte über die serielle

Schnittstelle kommuniziert. Der einzige registerorientierte Baustein, der der Kommunikation bedarf, ist der bq2050. Er kann über das EV2050-Programm parametrisiert und ausgelesen werden. Für Entwickler steht darüber hinaus ein Debugger-Programm zur Verfügung, um den Baustein auf Registerebene zu bedienen.

Das Benchmark-Board belad die Zellen zunächst mit nur maximal 753 mAh – gut die Hälfte der zu erwartenden Menge, Tendenz abnehmend. Der Grund liegt zum einen in einer zu niedrigen Ladeschlussspannung (pro Zelle 100 mV unter dem Grenzwert) und zum anderen in einer höheren Entladeschlussspannung. Des weiteren blockierte der Zellenüberwacher bq2053 die Ladung. Nach Außerkraftsetzen der Schutzschaltung verhielt sich der Lader wie erwartet.

Die Zellenkapazität ist dem bq2050 zu Beginn über die Programmierpins als NAC (Nominal Available Capacity) mitzuteilen. Eine nachfolgende Ladung lädt den angeschlossenen Akku maximal bis NAC auf. Wird bis zum erkannten Ladeende nur eine geringere Ladung eingebracht, gilt die bis dahin eingeladene Strommenge als neuer NAC-Wert. Dieses Verfahren schützt möglicherweise vor Überladung, fährt aber die Zellenkapazität beständig herunter.

Zur üppig bestückten Benchmark-Entwicklungsplatine gehört ein Manual, das die Funktion und die Inbetriebnahme detailliert erläutert. Lesen und Nachvollziehen ist Pflicht, weil nahezu 20 Jumper auf dem Board passend gesetzt werden wollen. Um es noch spannender zu machen, entsprach die bei Auslieferung vorhandene Grundeinstellung keineswegs den beschriebenen Default-Einstellungen. Ständige Verweise auf die mitgelieferten Datenblätter der Einzelbausteine machen das Durcharbeiten der Unterlagen zu einem Unterfangen, das einem Adventure-Spiel ebenbürtig ist. Das Demoprogramm kann einige Fehlerbedingungen nicht abfangen und stürzt gelegentlich ab, auch mit Fehlermeldungen für fehlende Codezeilen (nie geschrieben?). Wenn die Software längere Zeit die Akkukapazität als 'full' ausliest, während die Hardware unbeirrt

# DSO's mit SUPER-SPEED ARCHITEKTUR

# YOKOGAWA

### Die Highlights der DL1500 Serie:

- High-Speed Multiprozessorarchitektur
- Konstant hohe Anzeigerate
- Real-Time Zoom
- Abtastrate bis zu 200 MS/s
- Im ETS-Betrieb bis zu 20 GS/s
- Hochauflösender Bildschirm
- FFT / Mathematik
- Floppylaufwerk
- Automatische Meßfunktionen
- Rollmode mit tiefem Speicher
- Umfangreiche Triggerfunktionen
- IEEE-488.2, RS-232C und Centronics
- Eingebauter Drucker als Option



**DL1540L**  
4 Kanäle  
4 x 1 MWorte



**DL1540**  
4 Kanäle  
4 x 56 kWorte



**DL1520**  
2 Kanäle  
2 x 20 kWorte

YOKOGAWA  
nbn

YOKOGAWA - nbn GmbH

Gewerbestraße 13

82211 Herrsching

Tel.: 0 81 52 / 93 10-0

Fax: 0 81 52 / 93 10 60



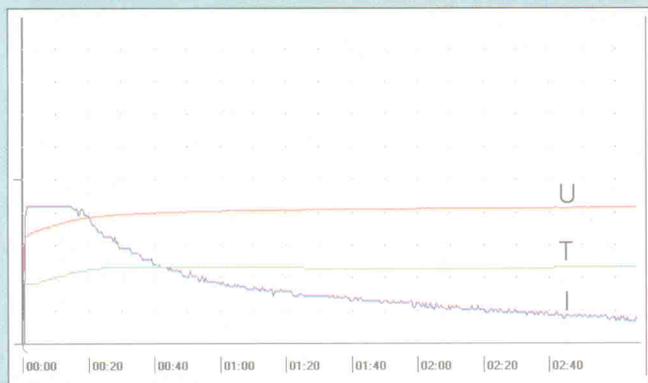
## Akkulader Speedy M4

Zahlreiche Akkulader finden sich in Regalen und Katalogen, aber nur ein Gerät erreichte uns, das auch die Ladung von Li-Ion-Zellen verspricht. Das kompakte Speedy M4 von AD-Elektronik verfügt über eine mikroprozessorgesteuerte Ladeelektronik, die sich komfortabel über eine zweizeilige LCD-Anzeige konfigurieren läßt. Dabei gibt man für jeden der vier Kanäle Batterietyp, Zellenzahl, Kapazität und das gewünschte Verfahren (Messen, Konditionieren, Laden) ein, schließt den Akku an, und das Gerät startet selbsttätig.

Geladen werden Blei- (1...7 Zellen), NiCd/NiMH- (1...12 Zellen) und Li-Ion-Akkus (1...4 Zellen). Zur Untersuchung wurde eine einzelne Li-Ion-Zelle angeschlossen. Interessant ist der Ladestart, der



den Ladestrom langsam bis auf den Maximalwert hochfährt und so die Zelle auf die folgende Ladung vorbereitet. Danach passiert nichts Spektakuläres mehr: Mit zunehmender Akkuspannung wird der Ladestrom heruntergefahren. Die Ladung wurde nach drei Stunden abgebrochen, da keine weiteren Veränderungen erkennbar waren. In dieser Zeit hat der Speedy M4 die Zelle soweit aufgeladen, daß insgesamt 1187 mAh entnommen werden konnten.



**Speedy M4 steigert den Ladestrom langsam, um die Zelle auf die Ladung vorzubereiten. Danach folgt die Konstantstrom-, dann die Konstantspannungsphase mit sinkendem Strom.**

mit fast 1 A lädt, oder das Programm während der Ladung 'Status: Discharge' ausgibt, dann bleiben die logischen Schlüsse, die man aus einem Entwicklungsboard gewinnen sollte, vorübergehend auf der Strecke. Wer allerdings das Puzzle gelöst hat, versteht sicher auch die Benchmarq-Bausteine.

## Benchmarq, zweiter Akt

Während der bq2004 sich als Universallader eignet, ist die aktuelle Weiterentwicklung namens bq2054 ein speziell für Lithium-Ionen-Zellen ausgelegter Schnellladecontroller. Zu den Eigenschaften, die

dieser Controller unterstützt, zählen:

- Erkennung nicht vorhandener Batterie,
- Qualifikation und Vorbereitung einer eingelegten Batterie,
- Schnellladung mit Konstantstrom,
- Restladung mit Konstantspannung,
- Temperatur-, Ladezeit- und Ladestromüberwachung,
- Signalisierung durch mehrere LED-Ausgänge.

Herz des bq2054 ist ein pulsbreitenmodulierter Oszillator, der über den Ausgang MOD einen Schaltregler bedient. Als

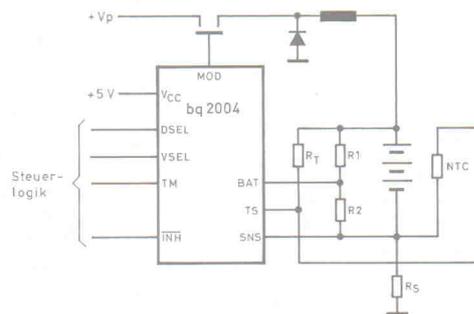
Eingangsdaten werden die Batteriespannung über den Teiler R1/R2 und der Batteriestrom über einen Fühlerwiderstand  $R_s$  erfaßt. Die Schaltschwellen für die Batterie-Mindestspannung sowie den Mindestladestrom sind intern festgelegt; es läßt sich also nur die absolute Skalierung verändern. Die Bestimmung des Mindestladestroms erfolgt als  $I_{max}/10$ ,  $I_{max}/20$  oder  $I_{max}/30$  durch den Tri-State-Eingang ITERM. Zusätzlich zur Strom- und Spannungsüberwachung kann eine Temperaturüberwachung über den Anschluß TS erfolgen. Die Anpassung an den verwendeten NTC erfolgt dabei über den Teiler R3/R4.

Die Ladung endet, wenn die maximale Zellentemperatur überschritten oder der eingestellte Mindestladestrom unterschritten wird. Eine zusätzliche Ladezeitbegrenzung kann als weitere Sicherheitsmaßnahme implementiert werden. Dazu wird eine Zeitkonstante über  $R_T/C_T$  vorgegeben, die über den Eingang TM eine zeitgesteuerte Abschaltung des Ladevorganges bewirkt. Die an einem 2-Zellen-Akku-Pack aufgenommene Ladekurve zeigt

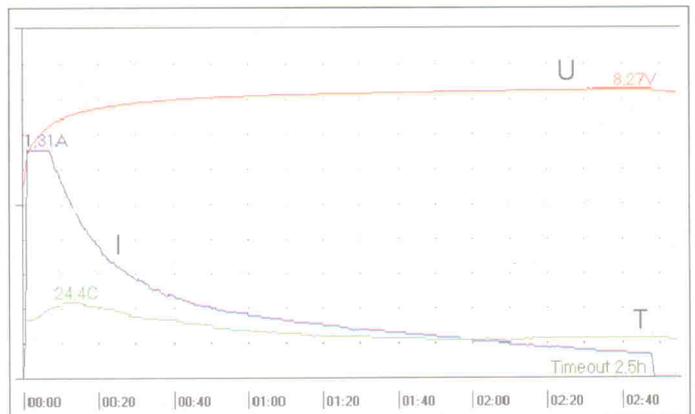
recht eindeutig die verschiedenen Ladeabschnitte des bq2054.

Der bq2054 hat gegenüber der ursprünglichen Version 2004 erhebliche Erweiterungen erfahren. Das Entwicklungsboard DV2054 enthält alle notwendigen Schaltungserweiterungen und läßt sich über eine Anzahl Jumper bequem auf die wichtigsten Parameter (Zellenanzahl, Ladestrom, Ladezeit etc.) einstellen. Alle externen Anschlüsse sind über eine Schraubpfostenleiste herausgeführt, und zur Temperaturüberwachung liegt der Platine auch ein geeigneter NTC-Widerstand bei. Die Beschreibung ist kurz und knapp, aber zielgerichtet aufgebaut. Sie enthält eine Beschreibung der unterstützten Eigenschaften und ermöglicht eine rasche Inbetriebnahme des Laders.

Einige Parameter, wie die Einstellung auf exakte Zellenendspannung (4,1 V/4,2 V) oder den maximalen Ladestrom, legt man über Dimensionierungen fest. Die entnimmt man den Gleichungen im Datenblatt oder läßt sich vom Programm EV2054.EXE, das dem Lader-



**Bild 13. Der aktuelle Ladecontroller von Benchmarq bq2054 vereint alle Steuerfunktionen auf einem Chip.**



**Bild 14. Der bq2054 startet mit einer Vorbereitung des Akkus, geht dann in den Konstantstrommodus über und lädt anschließend mit sinkendem Strom weiter. Die Abschaltung erfolgte durch Time-Out der eingestellten Ladezeit.**

Für Windows 3.x  
und Windows 95

# Die weltweit umfangreichste Elektronik-Referenz berechnet jetzt Formeln und Schaltungen für Sie!

Das neue „Große Werkbuch Elektronik“ auf CD-ROM: Jetzt noch umfangreicher und voll interaktiv. Mit Schnellsuchsystem, Hyperlinks und Formel-Rechner.



## Das große Werkbuch Elektronik

Die dreibändige Gesamtausgabe des großen Werkbuchs Elektronik wurde jetzt für Sie auf CD gepackt und zum interaktiven Elektronik-Tool erweitert.

### Bisher:

- Drei vollgepackte Bände mit
- über 3.300 Seiten
- über 6.600 Stichworten
- über 3.600 Abbildungen
- über 450 Tabellen
- Suchwortregistern
- Stichwortverzeichnissen

ÖS 2394,-/SFr 288,-  
~~DM 328,-~~

### Jetzt:

- Die neue, interaktive CD mit
- über 10.000 Bildschirmseiten
- über 9.000 Stichworten und Querweisen
- über 1.000 volldimensionierten Schaltungen und Berechnungsbeispielen
- über 10.000 Praxis-Tips & Profi-Tricks
- über 4.000 Abbildungen, Grafiken und Tabellen

## Das große Werkbuch Elektronik auf CD-ROM

ISBN 3-7723-9823-5  
Subskriptionspreis bis zum 31.01.97:  
ÖS 1598,-/SFr 175,-/ ~~DM 198,-~~  
Späterer Ladenpreis: DM 248,-

### Zusätzlich neu auf der CD:

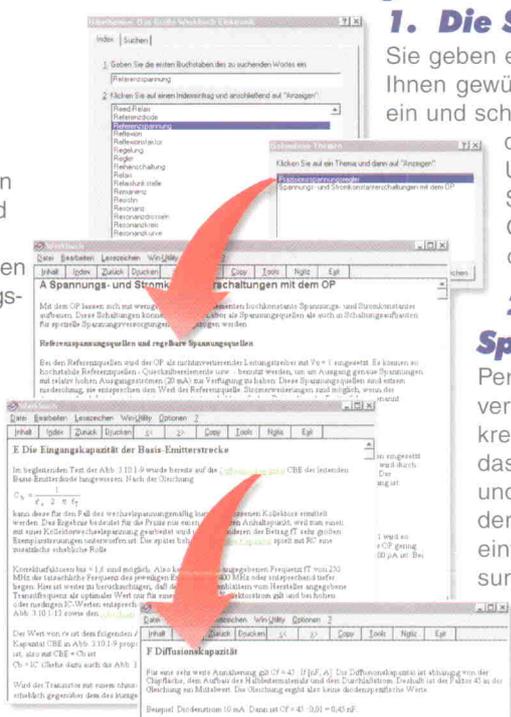
- Programme, mit denen Sie Formeln und Schaltungen voll interaktiv am Bildschirm berechnen! Beispielsweise:
  - Vierpol-Parameter inkl. Stabilitätsfaktor, max. Leistungsverstärkung, etc.
  - Anpaßschaltungen mit LC-Kreisen, Leitungen, Widerständen, Trafos usw.
  - Transistor-Schaltungen inkl. Einstellung von Arbeitspunkt, Spannungsverstärkung, Ein- und Ausgangsimpedanzen
  - OPamp-Schaltungen
  - Miller- und Bootstrap-Effekte von Verstärkern
  - Reflexionsfaktor und SWR für verschiedenste Leitungstypen
  - HF-Zuleitungen mit ohmschem Widerstand sowie Skineffekt
  - Timer mit IC 555
  - Rauschzahl, Signal-Rauschabstand
  - Spektren von Dreieck-, Rechteck-, Sägezahn-, Trapez-Signalen usw.
  - Serien- und Parallel-Schaltung von Widerständen mit Farbring-Schnelldkodierung
  - Umrechnung von Impedanzen in Admittanzen mit Sofortausgabe der Kapazitäten und Induktivitäten
  - Widerstände und Leitwerte inkl. Normreihen-Schnellwahl
  - Spannungsteiler-Dimensionierung
  - Pegel in Dezibel
  - RC-Filter und LC-Schwingkreis-Berechnungen
  - Spulen-Design
  - und, und, und ...

## Die neue CD: Schneller! Besser! Einfacher! Und trotzdem günstiger!

Sie haben direkten Zugriff auf diese Beschleuniger-Funktionen:

### 1. Die Schnellsuche

Sie geben einfach den von Ihnen gewünschten Begriff ein und schon sind Sie an der richtigen Stelle! Unkompliziert. Sekundenschnell. Ohne langes Blättern oder Suchen.

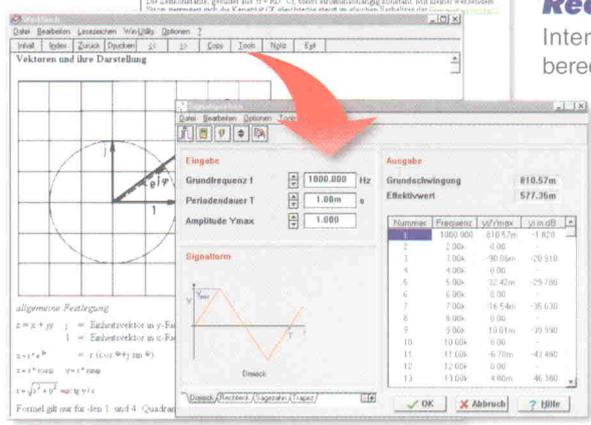


### 2. Die Sprungfunktion

Per Hyperlink und Querverweis springen Sie kreuz und quer durch das ganze Werkbuch und landen immer an der richtigen Stelle. So einfach wie im Internet surfen. Nur viel, viel schneller!

### 3. Der Formel-Rechner

Interaktive Sofortberechnungen vieler wichtiger Formeln und Schaltungen. Werte eingeben, und schon wissen Sie, wie sich die Schaltung verhält und welche Bauteile Sie benötigen!



**Sichern Sie sich jetzt Ihren Subskriptionsrabatt!  
Einfach Antwortkarte  
auf der Rückseite ausfüllen!**

# Das neue Sparpaket der Schaltungstechnik



4 Bände • 3.700 Seiten • 5.500 Abbildungen, Diagramme und Tabellen • über 3.000 perfekte Schaltungen • inkl. Schnellsuchverzeichnis

Jetzt auch als kostengünstiges Paperback: 4 prallgefüllte Bände professioneller Schaltungstechnik. Ein Know-how-Paket, mit dem Sie jede Menge Zeit, Geld und Arbeit bei der Entwicklung Ihrer eigenen Schaltungen sparen! Alle Applikationen sind industriell erprobt, von erfahrenen Spezialisten optimiert und absolut nachbarsicher.

## Band 1

Ungebremste Entwicklungs-Power mit über 1.000 zuverlässigen Industrie-Schaltungen aus nahezu allen Bereichen, z.B.: • Impuls- und Zeitgeberschaltungen • Digitale - und videoteknische Schaltungen • Infrarotübertragungssysteme • Ladegeräte und Stromversorgungen • Thyristor- und Triac-zündschaltungen • Blitzgeräte und Signalgeber • Sensoren • HF- und NF-Schaltungen • Temperatur- und Flüssigkeitssteuerungen • u.v.a.m.

## Band 2

Eine echte Fundgrube für alle anspruchsvollen und kostenbewußten Entwickler: • 400 Schaltungen für HiFi, Audio • 300 HF-Schaltungen von 10 KHz bis 1GHz • 270 Stromversorgungs-schaltungen • Telefon-Applikationen • u.v.a.m.

## Band 3

900 zusätzliche Spezial-Applikationen von großer Anwendungsbandbreite. Das sind u.a.: • Meß-, Prüf- und Sensorschaltungen • Steuer- und Regelschaltungen • analoge Stromversorgungen mit OP-Amps • Oszillatoren, Generatoren • Rechenschaltungen • Filter

## Band 4

Die topaktuellen Schaltungs-Ideen, z.B. zu • Optoelektronik • Relais-Ansteuerungen • Sicherheitstechnik • Fernsteuerungen • Überwachungssystemen • Lichteffekt-technik • Haus-, Solar- und Kfz-Elektronik

## Professionelle Schaltungstechnik Bd. 1-4

Nährmann, Schreiber, Hahn, Sabrowsky, Klasche  
ISBN 3-7723-4042-3; 1996  
ÖS 1446,-/SFr 175,-/DM 198,-

# Neu: Elektroinstallation mit Ihrem PC!

Die neuen Programmsammlungen für Elektrotechnik, Elektronik, Elektromaschinen und Leitungsberechnung

Neue Programme, mit denen Sie jetzt alle wichtigen Aufgaben aus der Elektrik schnell und sicher nach VDE berechnen:

- Leitungsquerschnitt • Sicherungen • Kurzschlußstrom • Abschaltzeit • max. Länge • Kompensation • Ringleitungen • Solaranlagen • Notstrom • Beleuchtung • Erder • inkl. aller wichtigen Grundlagen-Berechnungen aus Elektrotechnik und Elektronik, vom Ohmschen Gesetz über Stern/Dreieck-Umwandlung bis zur mechanischen Leistung von Motoren.

## ElektroPlaner

Vollversion; 1996  
ISBN 3-7723-7723-8  
ÖS 778,-/SFr 86,-/DM 98,-



Über 450 Original-Programme bereits in der Vollversion • für Windows 3.x und Windows 95 • Schnelle und praxisgerechte Berechnungen • nach DIN und VDE

Die Plus-Version für anspruchsvolle Profis! Kompromißlos, mit Spezial-Programmen für den Einsatz im Betrieb.

Zusätzlich enthalten sind z.B.: • Gesamt- und Einzelberechnungen für Verbraucher-Zuleitungen unter Berücksichtigung von Querschnitt, Umgebungstemperatur und anderer Kabel auf derselben Trasse, inkl. Ausdruck als Nachweis für Ihre Kunden • Schnellberechnung von Ringleitungen • Erweiterte Programme für Solaranlagen, Strombelastbarkeit und Erder, z.B. für Erdausbreitungswiderstand nach VDE 141 für Band- und Staberder • Professionelle Notstrom-Berechnung inkl. Akku-Kapazität und Vorhaltezeit • In EVUs verwendetes Planungsprogramm für umfangreiche Leitungsnetze, inkl. Trafostation, mit Einzel- und Schleifenimpedanzen des Trafos, Leitungsstrecken, Streckenabsicherung, Einzelspannungs- und Gesamtverlusten, Kurzschlußströme, Selektivität • sowie viele weitere Profi-Tools

## ElektroPlaner Plus

Profiversion; 1996  
ISBN 3-7723-8072-7  
ÖS 2368,-/SFr 255,-/DM 298,-

## Antwortkarte

Ja, ich möchte selbst von diesem neuen Elektronik-Know-how profitieren. Senden Sie mir deshalb:

- Das Große Werkbuch Elektronik auf CD-ROM  
ISBN 3-7723-9823-5 ÖS 1598,-/SFr 175,-/DM 198,-  
(Subskriptionspreis nur gültig bis 31.01.97)  
Späterer Ladenpreis: DM 248,-
- Professionelle Schaltungstechnik Bd. 1-4  
ISBN 3-7723-4042-3 ÖS 1446,-/SFr 175,-/DM 198,-
- ElektroPlaner  
ISBN 3-7723-7723-8 ÖS 778,-/SFr 86,-/DM 98,-
- ElektroPlaner Plus  
ISBN 3-7723-8072-7 ÖS 2368,-/SFr 255,-/DM 298,-

Name .....

Straße/Nr. ....

PLZ/Ort .....

Datum .....  Unterschrift

Bitte ausreichend frankieren

Antwort

## Franzis-Verlag

Bestellannahme Subskription  
Frau Kain  
Postfach 1149

D-85618 Feldkirchen

**Füllen Sie am besten Ihre Antwortkarte jetzt gleich aus!**



## Wichtig!

Beachten Sie bitte, daß das Subskriptions-Angebot für das „Große Werkbuch Elektronik auf CD-ROM“ zeitlich befristet ist.

## Franzis'

Postfach 1149  
D-85618 Feldkirchen

Tel. 089 / 99 11 5 - 444  
Fax 089 / 99 11 5 - 103

## Lade-ICs für Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Name des Lade-ICs	ST62T10 <sup>1)</sup>	TEA1102	LM3420-8.4 (-4.2, -12.6, -16.8)	LT1511	bq2004/BQ2050	bq2054
Hersteller	SGS-Thomson	Philips Semiconductors	National Semiconductor	Linear Technology	Benchmarq Microelectronics	Benchmarq Microelectronics
Distributor	Eurodis	Avnet, Eurodis, Kluxen, Sasco, Spoerle	EBV	Avnet, Eurodis, Metronik, Setron	Tekelek Airtronic	Tekelek Airtronic
Gehäusetyp	DIP20, SO-20	DIP20, SO-20	SO-5	SO 24	DIP16, SO 16	DIP16, SO 16
Unterstützte Akkutechnologie	Li-Ion	Li-Ion, NiCd, NiMH, Pb	Li-Ion	Li-Ion, NiCd, NiMH, Pb	Li-Ion, NiCd, NiMH, Pb	Li-Ion
Bevorzugter Li-Ion-Typ	4,2 V	4,1 V	4,2 V	4,2 V	4,1 / 4,2 V	4,2 V
Anzahl der anschließbaren Li-Ion-Zellen	2	1	2	1...3	2...4	2...4
Demoboard	Prototyp	TEA1102 Test Board	LM3420 Li Ion Fast Charger	Demo CKT103A	EV205x	DV2054 S1
Ladeschlussspannung, gemessen	8,84 V	3,97 V (1 Zelle)	8,4/8,8 V	4,2/8,41/12,11 V	8,36 V	8,33 V
Ladestromquelle	getaktet	linear	gepulst	getaktet	getaktet	getaktet
Signalisierung, Schnittstellen	4 LED	1 LED	-	-	5 LED	3 LED
Temperaturüberwachung der Zelle	ja	ja	nein	nein	nein <sup>2)</sup>	ja
Stromversorgung des angeschl. Gerätes	nein	nein	nein	(ja)	nein	nein
Ladezeit T, gemessen [hrs:min]	1:30	2:15	2:00...2:30	>3:00 (max. 5:45)	4:00	2:50/3:50 <sup>3)</sup>
In dieser Zeit geladene Kapazität	1195 mAh	632 mAh	1316 mAh	1272 mAh	1136 mAh	1167 mAh
Erwärmung ΔT	0,9 K	0 K	1,9 K	5,2 K	2,3 K	2,2 K
Wirkungsgrad des Demoboards	64 %	42 %	>78 %	>82 %	72 %	73 %
Leckstrom <sup>4)</sup>	0,47 mA	1,19 mA	0,022 mA	0,083 mA	0,0 mA	0,09 mA
Eingangsspannungsbereich des Demoboards	12...30 V	7...11,5 V	11...30 V	11,5...28 V	12...24 V	12...24 V

<sup>1)</sup> SGS nur Konzeptstudie

<sup>2)</sup> Temperaturüberwachung im Chip integriert

<sup>3)</sup> einstellbar

<sup>4)</sup> Entladestrom bei abgeklemmter Versorgungsspannung

kit beiliegt, helfen. Im Dialog fragt das Programm die gewünschten Eckdaten wie Zellenzahl, Ladestrom, Zellenspannung, NTC-Werte ab und berechnet daraus die Bauteilwerte für die erforderlichen Teiler oder Zeitkonstanten.

Auf der Strecke bleibt die Einzelzellenüberwachung. Sie läßt sich jedoch, analog zur Lösung des bq2050-Eval-Boards, durch Hinzufügen eines Supervisorbausteins bq2053 ergänzen und kann insofern auch unberücksichtigt bleiben, als die Schutzbeschaltung in assemblierten Li-Ion-Packs ohnehin enthalten ist. Damit bietet dieses Benchmarq-

Ladekonzept für Li-Ion-Zellen eine einfache Implementation aller wichtigen Parameter.

### Fazit

Prinzipiell lassen sich zwei Typen von Ladecontrollern unterscheiden: Die einen können mit unterschiedlicher Akkuchemie umgehen, die anderen sind Spezialisten für Li-Ion. Diese Akkus gehören derzeit eher noch zu den Exoten, Lieferengpässe und -beschränkungen sind allgegenwärtig. Unter diesen Gesichtspunkten ist eine Geräteausstattung mit einem Wechsel-Pack, das dann auch verschiedene Batterietechnologien enthalten kann, durchaus denkbar. Warum soll ein Camcorder heute nicht mit NiCd, morgen mit NiMH und übermorgen mit Li-Ion laufen? Die Ausstattung des Batterie-Packs könnte man dem Controller über einen Indexpin mitteilen und den Controller passend umschalten. Für solche Konzepte bieten sich mehrnormenfähige Ladecontroller à la Philips oder SGS an.

Dagegen stehen die reinen Li-Ion-Lader. Hier wurde die Ladeschaltung ausschließlich auf die Charakteristika und die besonderen Anforderungen der Zelle optimiert. Entsprechende Anwendungen für Handies, Camcorder oder portable DAT-Recorder sind zwar noch in bescheidenem Umfang, aber immerhin bereits käuflich in den Regalen verfügbar. Auf Applikationen wie diese zielen die Lösungen von National Semiconductor, die sich explizit als Low-Cost-Variante anbietet, oder von Benchmarq, jedenfalls zumindest

bezogen auf den bq2054. Der Lader von Linear Technology ist zwar ebenfalls ein Konstantstrom-/Konstantspannungslader, kann aber für NiCd/NiMH-Verfahren angepaßt werden.

Eine Ladungsinhaltsanzeige – und damit eine Anzeige für die verfügbare Restkapazität – bietet lediglich Benchmarq. Philips

empfiehlt die einfache Methode: Ergänzung der Applikation durch einen Vierfachkomparator, der die Zellenspannung überwacht und daraus eine Prozentanzeige ableitet. Da die Spannung der Li-Ion-Zellen mit zunehmender Entladung deutlich einbricht, ist dies Verfahren als Low-Cost-Lösung durchaus anwendbar. *cf*

### Adressen

AD-Elektronik GmbH  
Sudetenstraße 7-9  
35583 Wetzlar  
☎ 0 64 41/92 58-0  
☎ 0 64 41/92 58-19

Philips Semiconductors  
Hammerbrookstraße 69  
20097 Hamburg  
☎ 0 40/2 35 36-0  
☎ 0 40/2 35 36-314

Linear Technology Corporation  
Oskar-Messter-Straße 24  
85737 Ismaning  
☎ 0 89/96 24 55-0  
☎ 0 89/96 31 47

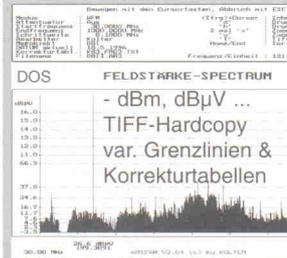
National Semiconductor  
Livry-Gargan-Straße 10  
82256 Fürstenfeldbruck  
☎ 0 81 41/3 50  
☎ 0 81 41/35 15 06

SGS-Thomson GmbH  
Bretonischer Ring 4  
85630 Grasbrunn  
☎ 09 11/9 59 84-0  
☎ 09 11/9 59 84-99

Tekelec Airtronic GmbH  
Kapuzinerstraße 9  
80337 München  
☎ 0 89/51 64-0  
☎ 0 89/5 16 41 10

## EMV - Precheck mit ARSCAN

ARSCAN EMV Software mit AR-3000A Scanner und Breitbandantenne. Ein low-cost Meßsystem zur Aufnahme des Störspektrum im Bereich 0,1...1000 MHz. Die Empfindlichkeit ist besser als -107 dBm / 1µV.



**EMV Set:**  
**3626,- DM**

INFO's GRATIS

### Spectrum Analyzer



**SA1800 2,0 GHz: 6889,- DM**

Darstellung 80 dB on screen  
Messbereich -100 dBm ... + 10 dBm  
Bandbreiten 300 kHz und 10 kHz  
6 Digit LCD-Display für Frequenz

WIR SIND EXCLUSIV-DISTRIBUTOR  
FÜR ADVANTAGE-INSTRUMENTS.

### EMV Zubehör

50 Ω // 50µH, 8 µF Netznachbildung lt. CISPR 16-1. Frequenzbereich von 0,1...30 MHz. ~ 230 VAC, bis 10A.

**NNB10A**  
inkl. Netzkabel,  
BNC-Meßkabel,  
komplett 1320,- DM

**VV 30**  
Vorverstärker  
50 kHz - 33 MHz  
17,5 dB Gain

**BBE-1000**  
EMV-Meßsonde  
E-Feld, 30-1000 MHz

**KOLTER ELECTRONIC** IMPORT / EXPORT  
Steinstrasse 22 - 50374 Erftstadt Tel. (0 22 35) 767 07 Fax. 720 48

# Der Neuner

## Halbe Eurokarte mit ST9040 und BASIC-Interpreter

Projekt

Uwe und Jens Altenburg

**Die Zahl der am Markt erhältlichen  $\mu\text{C}$  ist Legion, einer ist besser als der andere. RISC oder CISC? 4, 8, 16 oder 32 Bit? Wesentlicher als die Merkmale der Hardware sind eher die der Entwicklungsumgebung: Sie muß überschaubar und leicht erlernbar sein, den Prozessor optimal ausnutzen, schnelle Ergebnisse bringen und soll natürlich wenig kosten.**

*Dipl.-Ing. Uwe Altenburg studierte Gerätetechnik an der TU Ilmenau. Anschließend wechselte er zu einem Ingenieurbüro, in dem er vorzugsweise Software-Projekte durchführt. Dipl.-Ing. Jens Altenburg studierte ebenfalls an der TU Ilmenau. Danach war er als Entwicklungsingenieur bei Robotron beschäftigt. Seit Auflösung des Unternehmens ist er als Entwicklungsingenieur in einem mittelständischen Unternehmen der Drucktechnik tätig.*



**F**ür beinahe jeden Anwendungsbereich gibt es einen speziell optimierten Schaltkreis. Doch der  $\mu\text{C}$  hat als Generalist seinen Siegeszug in der Elektronik angetreten. Moderne Controller strotzen geradezu vor Ressourcen: EPROM, EEPROM, Timer, Register, komplexe Interruptstrukturen und so weiter. Dem industriellen Anwender sind diese Baugruppen hochwillkommen. Ausgefeilte Programmierertools ermöglichen die effektive Verwendung auch der ausgefallensten MCUs. Immer mehr Geräte nutzen (und erfordern) die Leistungen programmierbarer Logik. Der allgegenwärtige Einsatz läßt obendrein die Preise in den Keller fallen. Die Leistung eines IBM-XT-PCs ist heute auf einem Controller für weniger als 30 Mark zu haben.

Damit werden  $\mu\text{C}$  auch für kleinere Stückzahlen mit speziellen Applikationen oder auch für den Gelegenheitsanwender interessant. Doch ein Pferdefuß bleibt: die Softwareentwicklung. Je komplexer ein Controller wird, um so aufwendiger wird die Einarbeitung in die notwendigen Tools. Viele Firmen bieten zwar

einfache Assembler oder Evaluation-Boards preiswert an, doch die Programmierung des Bausteines bleibt einem immer noch selbst überlassen.

Als Anwendungsbeispiel und Entwicklungsplattform für SGS-Thomsons ST9040 wurde ein halb eurokartengroßes Board entworfen. Die Komplexität des ST9040 (mehr zur ST9-Familie im Kasten 'Neuner-Anatomie' auf Seite 56) macht die ersten Schritte zu seiner Programmierung nicht so ganz einfach. Der Baustein enthält knapp 80 Register, die die Systemfunktionen und Peripheriebaugruppen des  $\mu\text{C}$ s kontrollieren (vgl. Bild 1). Die größte Hürde für den Einsteiger ist die korrekte Programmierung der verwendeten Register.

Leichter wäre der Einstieg mit einer Startprozedur, die die größten Schwierigkeiten umschiffet, die wichtigsten Systemregister einstellt und das Laden von Programmen zuläßt. Genau an dieser Stelle greift das ST9-BASIC ein. Zwar werden die meisten Controller immer noch direkt in Assembler programmiert, aber für zeitunkritische

Programme stellt ein BASIC-Programm oft die schneller realisierbare Lösung dar.

Der Programmwurf – und im weiteren Sinne auch der Test – erfolgt auf dem PC. Der Entwickler bearbeitet den Quelltext mittels eines Editors und prüft ihn mit Hilfe des Compilers auf logische (Return ohne Gosub, Bereichsüberschreitung) und syntaktische Richtigkeit. Somit werden vorzeitig Fehlerquellen entdeckt und ausgeschaltet. Der Programmtext läßt sich strukturieren und mit symbolischen Marken versehen. Eine Zeilennumerierung ist nicht notwendig.

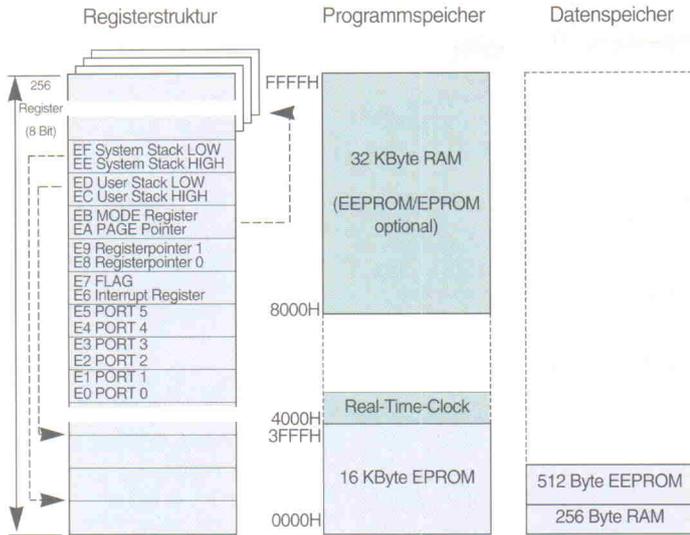
Der eigentliche BASIC-Interpreter residiert als Run-Time-Modul im Mikrocontroller. Nach der Übersetzung lädt man das auszuführende Programm auf das Board herunter und startet es dort. Eine Kommunikation mit der Applikation ist über das in die Programmieroberfläche integrierte Terminal möglich.

### Angewandt

Da auf dem Chip fast alles vorhanden ist, birgt die Platine (Bild 2) neben dem ST9040 lediglich noch ein 32-KByte-SRAM (alternativ ist ein EPROM einsetzbar), eine Echtzeituhr und das RS-232-Interface (Bild 3).

Der Adreß- und Datenbus des ST9 wurde bewußt nicht an die Messerleiste ST1 geführt. Die MCU ist recht großzügig mit I/O-Leitungen ausgestattet, so daß auf das Ausdekodieren weiterer Ports aus dem Daten- und Adreßbus verzichtet wurde. Kleine und mittlere Applikationen lassen sich mit den vorhandenen Leitungen steuern. Alle Peripheriefunktionen, Analogeingänge, SPI, Timer- und Interruptkanäle sind verfügbar.

Als nützliche Besonderheit bietet das Modul neben der RS-232-Schnittstelle (P1) einen weiteren Steckverbinder (ST2). Die Leiterplatte kann damit innerhalb von Geräten frei platziert werden, die Zuführung der Signalleitungen erfolgt dann über ein flexibles Flachbandkabel. Die Interfacebuchse samt Pegelwandler bringt man an einer geeigneten Stelle an der Frontplatte unter. Die Verbindung zwischen Host-PC und dem Neuner erfolgt über ein serielles Kabel, das mit zwei neunpoligen Sub-D-Kupplungen versehen ist. Bei dieser



**Bild 1.** Zusätzlich zum On-Chip-RAM enthält der ST9040 256 8-Bit-Allzweck-Register. Davon sind die obersten zwei 16er-Blöcke der Peripherie vorbehalten.

Verbindung sind RxD (Pin 2) mit TxD (Pin 3) sowie DTR (Pin 4) mit DSR (Pin 6) zu kreuzen, Masse (Pin 5) verbindet man durch.

Der 'Geiz' in den externen Ausstattungsmerkmalen hat einen Grund: Die Universalität des Bausteines soll erhalten bleiben. Keine Baugruppe läßt sich für alle Anwendungen anpaßbar gestalten. Was einerseits unverzichtbar ist, bleibt in einem anderen Fall Ballast. Und der kostet. Das Konzept des Neuners zielt darauf, Programme mit Hilfe des Moduls zu testen und am Ende ein lauffähiges

BASIC-Programm in das PROM des ST9 zu brennen. Das Run-Time-Modul des Interpreters belegt etwa 6 KByte im internen Programmspeicher des µCs. Damit bleiben für eigene BASIC-Programme inklusive Assemblerrountinen rund 10 KByte frei.

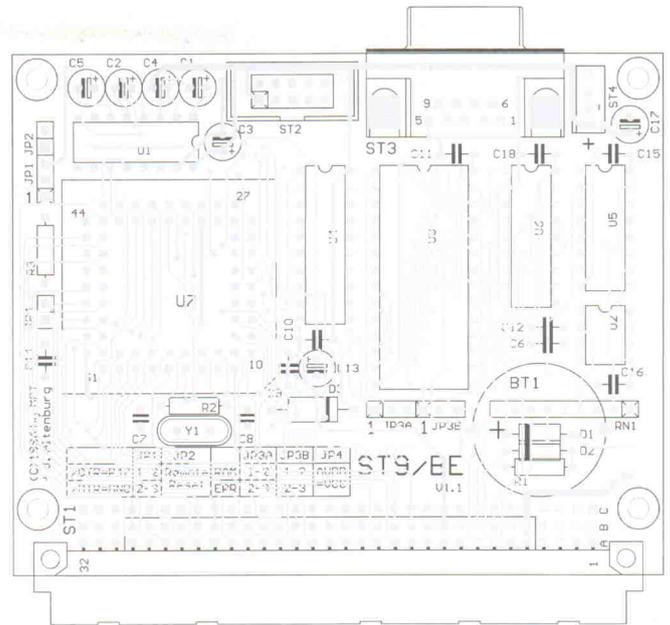
### Neuner-Sprache

Bei der Projektierung des Sprachumfangs waren einige Randbedingungen zu beachten. Eine wesentliche ist die Platzierung des Run-Time-Moduls im Speicher des Controllers. Dieses Modul soll so kompakt wie

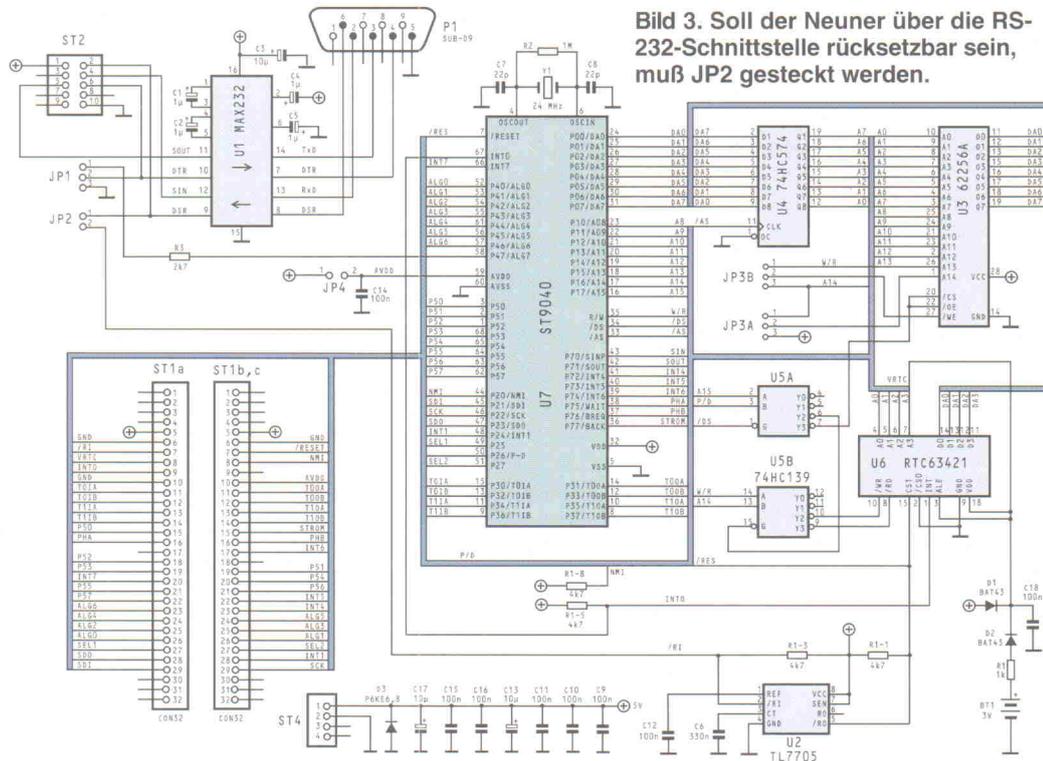
möglich sein, damit kleine und mittlere Applikationsprogramme keinen externen Speicher benötigen.

Da reine BASIC-Programme für manche Anwendungen zu langsam sind, sollen Maschinenprogramme leicht implementierbar sein. Dabei erfolgt der Aufruf aus dem BASIC heraus, wobei auch eine einfache Parameterübergabe via Register zwischen BASIC und Assembleroutine möglich ist.

Um die Rechenbefehle des ST9-Kerns möglichst gut auszunutzen, ist der Interpreter mit



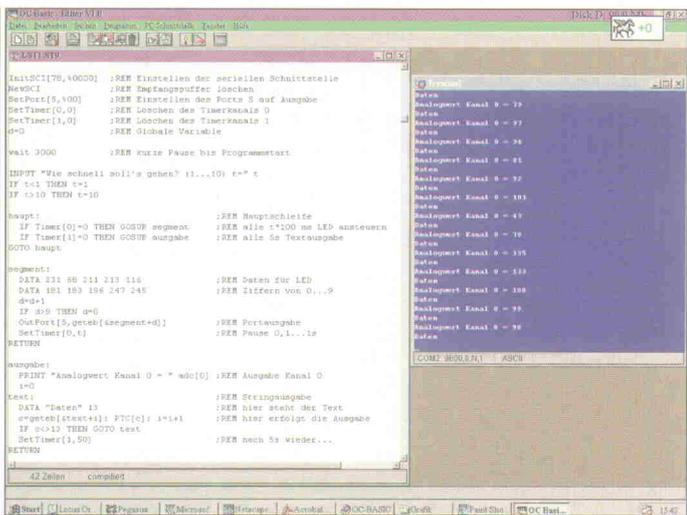
**Bild 2.** Anstelle des RAM-Bausteins U3 läßt sich auch ein EPROM einsetzen, die nötigen Signale rangiert das Jumperpaar JP3.



**Bild 3.** Soll der Neuner über die RS-232-Schnittstelle rücksetzbar sein, muß JP2 gesteckt werden.

### Stückliste

Widerstände	
RN1	8 x 4k7, SIL9
R1	1k
R2	1M
R3	2k7
Kondensatoren	
C1,2,4,5	1µ, 25V, RM2,5
C3,13,17	10µ, 16V, RM2,5
C6	330n, RM5
C7,8	22p, RM2,5
C9...12,14...16,18	100n, RM5
Halbleiter	
D1,2	BAT43
D3	P6KE6,8 (Suppressor-Diode)
U1	MAX232
U2	TL7705
U3	62256-70, SRAM 32Kx8
U4	74HC574
U5	74HC139
U6	RTC63421A (Seiko-Epson)
U7	ST90T40ZC6 (OTP, PLCC68)
Sonstiges	
BT1	LiMn-Zelle 3V 2-Pin, z. B. Maxell CR2032
JP1, 2, 3, 4	Stiftleiste 1 x 2, 1 x 5, 1 x 6 gerade
ST2	Wannenstiftleiste 2 x 5 kodiert
ST3	Sub-D9-Buchse, männlich, gewinkelt
ST4	Stromversorgungsstecker stehend, wie für 3,5"-Floppylaufwerk
Y1	Quarz 24 MHz, HC49U/4 Sockel für U1...7



**Bild 4. BASIC-Komfort:**  
Der Editor/Compiler unter Windows ermöglicht dank des eingebauten Terminals Funktionstest und Programmänderung 'on the fly'.

controllertypischer Aufgaben: Datenermittlung, Bewertung und Kommunikation über Interfaceleitungen.

Die Textausgabe erfolgt einerseits mit der PRINT-Anweisung und zum anderen über Zeiger direkt aus den Konstanten. Die Deklaration variabler Felder ist mit Hilfe eines Kniffs leicht durchführbar, solange das BASIC-Programm im RAM liegt: Das Feld vereinbart man in der gewünschten Größe als Konstante und überschreibt es zur Programmlaufzeit mit den gewonnenen Daten. Eine Prüfung der Feldgrenzen erfolgt dabei nicht. Deshalb sollten solche Dimensionierungen sicherheitshalber entsprechend großzügig ausfallen.

Neben den BASIC-Anweisungen kommen eine Reihe von Prozeduren zur Anwendung. Die Prozedur *adc[]* (Listing 2) zeigt beispielhaft den Einbau eigener Maschinenprogramme. Bei Prozeduren erfolgt die Übergabe der Parameter über den Stack beziehungsweise über die Arbeitsregister *rr4* und *rr2*, wenn nur ein Parameter (z. B. bei Funktionen) ausgetauscht wird.

Der Operator *&* liefert einen Zeiger auf eine Marke. Damit kann man konstante Datenfelder mit einem Namen versehen in den Quelltext eintragen. Diese Felder lassen sich dann über den *&*-Operator zur Programmlaufzeit einem Register zuordnen:

```
DATEN:
1 200 12 3 4
...
A=geteb[&DATEN] ;REM A=1
A=geteb[&DATEN+1];REM A=200
```

Als Daten innerhalb der Feldgrenzen sind alle darstellbaren Zeichen erlaubt. Der Program-

einer 16-Bit-Integer-Arithmetik (alle Grundrechenarten und Boolesche Operationen) ausgestattet. Dabei beschränkt sich der Interpreter auf 26 Integer-Variablen (A...Z), die im Registerfile des Controllers untergebracht sind. Das Beispiel in Listing 1 zeigt einige der Möglichkeiten des ST9-BASIC.

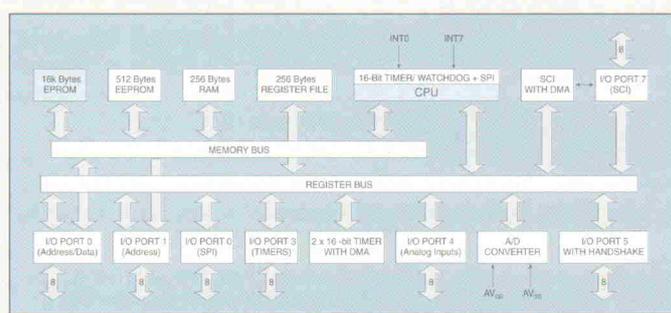
Das Programm liest timergesteuert einen Kanal des A/D-Wandlers aus und sendet den erhaltenen Wert mit einem Kommentar versehen an das Terminal. In einer quasiparallel laufenden Routine steuert es eine an Port 5 angeschlossene 7-Segment-Anzeige an. Dieses Beispiel enthält eine Vielzahl

## Neuner-Anatomie

SGS-Thomsons ST9 stellt eine 8/16-Bit-MCU dar. Der Controller arbeitet zwar vorwiegend mit 8-Bit-Daten, kann aber auch 16-Bit-Operationen ausführen. Der Baustein verfügt über eine hohe Zahl programmierbarer I/O-Leitungen (Bild 5) sowie On-Chip-Peripherie. Alternativ lassen sich zwei Ports als gemultiplexer Adreß- und Datenbus für externen Speicher verwenden.

Die verhältnismäßig hohe maximale Taktfrequenz von 24 MHz garantiert schnelle Befehlsabarbeitungszeiten. Als minimale Zykluszeit gibt der Hersteller 500 ns an. Die MCU steht in unterschiedlichsten Gehäuse- und Ausstattungsvarianten zur Verfügung. Allen Typen gemeinsam ist der Controllerkern. Von der Architektur her ähnelt er Zilogs Super-Z8. Der Core basiert auf einer registerorientierten Harvard-Architektur (getrennter Programm- und Datenspeicher).

Neben sehr effizienten Lade-, Logik- und Vergleichsbefehlen umfaßt der Befehlsvorrat des ST9 leistungsfähige Arithmetik- sowie vielfältige Pro-



**Bild 5. Beim Neuner fungieren die I/O-Ports 0 und 1 des ST9040 als gemultiplexer Adreß- und Datenbus für den externen Programmspeicher.**

grammsteuerbefehle. Die genaue Befehlsbeschreibung ist in [1] und [2] zu finden.

Im Gegensatz zu akkuorientierten Controllern kann der ST9 logische und arithmetische Operationen direkt zwischen Registern ohne Umweg über einen Akkumulator ausführen. Die MCU enthält einen Satz von 256 8-Bit-Registern. Diese Register lassen sich für Arithmetik paarweise zu 16 Bit, bei der Division auch vierweise zu 32 Bit zusammenschalten. Jeweils 16 Register bilden eine Arbeitsregistergruppe, bezeichnet mit 0 bis F. Innerhalb einer solchen Gruppe sind besonders effiziente

Befehle mit verkürztem Opcode möglich.

Die beiden oberen Arbeitsregistergruppen (E und F) besitzen spezielle Funktionen. Die Gruppe E beinhaltet die System- und Portregister (Stackpointer, Flags, Pagepointer sowie das Interrupt-Steuerregister). Der Pagepointer blendet eine von mehreren Seiten von Sonderregistern zur Peripherieprogrammierung in der Gruppe F ein (vgl. Bild 1).

Neben den umfangreichen internen Ressourcen kann der Controller über zwei Ports auch bis zu 128 KByte externen Speicher adressieren.

Dabei ist der Speicher in zwei 64-KByte-Segmente unterteilt (Programm und Daten). Der Datenaustausch zwischen diesen beiden Bereichen erfolgt über spezielle Ladebefehle.

Die MCU verfügt zudem über eine leistungsfähige Interrupt-Struktur (priorisierbare Vektor-Interrupts mit fein einstellbarer Freigabe). Neben der üppigen Ausstattung des ST9 mit interner Peripherie ist die bitweise Programmierung der I/O-Ports hervorzuheben. Dieses Feature gestaltet den Anschluß eigener Applikationen besonders einfach.

Beim ST9040 sind um den Controllerkern herum SCI, SPI, A/D-Wandler, zwei MFT (Multifunktions-timer) sowie sieben I/O-Ports gruppiert. Der Programmspeicher von 16 KB ist als ROM (ST9040), One-Time-Programmable (ST90T40) oder als EPROM (ST90E40) verfügbar. Eine Variante ohne Programmspeicher ist als ST90R40 (ROM-less) erhältlich. Die Gehäuseausführungen umfassen PSDIP56, PLCC68 und PQFP80. Die EPROM-Typen stehen in keramischen, gefensterten Gehäusen bereit.

mierer muß selbst auf die richtige Zuweisung der Werte achten.

## Umgesetzt

Die Programmieroberfläche läuft unter Windows (Bild 4). Zur Quelltextbearbeitung stehen die üblichen Funktionen (Ausschneiden, Kopieren, Einfügen) einer Textverarbeitung zur Verfügung. Die Eingabe des Sourcecodes erfolgt ohne Zeilennummern. Zur besseren Übersicht kann man den Quelltext mittels Leerzeilen und Tabulatoren optisch strukturieren. Alle Leerzeilen und nicht benötigten Leerzeichen ignoriert der Compiler beim Übersetzen.

Neben solch einfachen Formatierungshilfen bietet der Compiler auch eine Reihe von Prüf- und Hilfsfunktionen (Syntax- und Logikcheck). Der Aufruf von Unterprogrammen respektive die Programmverzweigung geschieht mit symbolischen Marken. Jede Marke steht einzeln auf einer Zeile und wird mit einem Doppelpunkt abgeschlossen. Eine Sprungmarke ohne Zuweisung, zum Beispiel ein *GOSUB name*, ohne daß eine Marke *name* existiert, erzeugt eine Fehlermeldung.

Nach Erstellen des kompletten Programmes erfolgt die Übersetzung des Sourcecodes. Fehlerhafte Zeilen markiert das Programm. Das Ergebnis des Compilerlaufes läßt sich direkt

```

; Aufruf: A = ADC[n] ; 0 <= n <= 6
; Hinweis: der Kanal 7 ist beim ST9 Modul belegt

ad_input:
    pushu    PPR          ; Pagepointer sichern
    spp     #AD0_PG      ; A/D-Page auswählen
    cp      r5,#06h      ; Kanal > 6?

    jrgt    10$          ; wenn ja, dann exit
    ld     r3,0F0h(r5)    ; Wert nach r3, Indexed Addressing Mode
    clr    r2            ; High-Byte löschen
10$: popu    PPR          ; Pagepointer holen

    ret     ; zurück ins BASIC
; * Ende ADC

```

Listing 2. Assembleroutine zur Abfrage der Analogeingänge.

in den Arbeitsspeicher des Neuners laden und über das Terminalfenster auch debuggen. Schrittweise kann man das Programm auf seine Funktion untersuchen.

Eine nützliche Option bietet der Compiler mit der direkten ROM-Codeerzeugung. Dabei wird der Quelltext in eine Intel-Hex-Datei umgewandelt und kann mit einem Programmiergerät direkt in das PROM des Controllers gebrannt werden. Dazu muß der Übersetzer die Startadresse des Zielprogramms (Defaultwert: 8000H) kennen.

Mit Hilfe eines Assemblers (z. B. dem im ST9-Starterkit enthaltenen) ist die Einbindung externer Prozeduren in das Zielprogramm möglich. Der Compiler erzeugt dazu eine Prozedurtafel. Diese Tafel nutzt der Assembler, um die absoluten Startadressen für die

einzelnen Prozeduren zu ermitteln. Das zu einer Intel-Hex-Datei assemblierte Programm bindet der Compiler dann zum BASIC-Programm dazu.

## Zusammengefaßt

Mit dem hier beschriebenen Entwicklungssystem läßt sich nach kurzer Einarbeitungszeit Software für die Mikrocontroller-Familie ST9 schreiben. Reine BASIC-Programme erfordern nur wenig Lernaufwand und Kenntnis über die innere Struktur des Controllers. Dank der effektiven Einbindung von Prozeduren innerhalb der

BASIC-Programme steht auch der Weg zu leistungsfähigen Assembleroutinen offen. Die Entwicklungsumgebung samt Programmbeispielen steht zur Ansicht in der *ELRAD-Mailbox* (05 11/53 52-4 01, Dateiname *OCBASIC.LZH*) sowie auf dem ftp-Server (<ftp.heise.de/pub/elrad/010/ocbasic.lzh>) bereit. *ea*

## Literatur

- [1] *ST9 Family 8/16 Bit MCU, Programming Manual*, SGS-Thomson 1992
  - [2] *ST9 Instruction Set Reference Guide*
  - [3] *Data Sheet ST9040, 16K ROM HCMOS MCU with EEPROM, RAM and A/D Converter*
  - [4] *Data Sheet ST9020, ST9027, ST9028, 12/16K ROM HCMOS MCUs (enthält Beschreibung des ST9-Cores)*
  - [5] *Oliver Thamm, Hip Hop HC11, Das Praxisbuch zur 68HC11-Mikrocontrollerfamilie*, Electronic-Media, 1996
- [2...4] sind erhältlich in der *ELRAD-Mailbox* (05 11/53 52-4 01), auf <http://www.st.com/> oder der CD Data on Disc von SGS-Thomson

```

REM *      Beispielprogramm mit ST9-BASIC          *
REM *      geschrieben: 18.04.96, U. Altenburg    *
REM *      modifiziert: 05.11.96, ea             *
InitSCI[78,%0000] ;REM Einstellen der seriellen Schnittstelle
NewSCI           ;REM Empfangspuffer löschen
SetPort[5,%00]  ;REM Einstellen des Ports 5 auf Ausgabe
SetTimer[0,0]   ;REM Löschen des Timerkanals 0
SetTimer[1,0]   ;REM Löschen des Timerkanals 1
d=0             ;REM Globale Variable
wait 3000       ;REM kurze Pause bis Programmstart
INPUT "Wie schnell soll's gehen? (1...10) t=" t
IF t<1 THEN t=1
IF t>10 THEN t=10

haupt:
    IF Timer[0]=0 THEN GOSUB segment ;REM Hauptschleife
    IF Timer[1]=0 THEN GOSUB ausgabe ;REM alle t*100 ms LED ansteuern
GOTO haupt ;REM alle 5s Textausgabe

segment:
    DATA 231 68 211 213 116 ;REM Daten für LED
    DATA 181 183 196 247 245 ;REM Ziffern von 0...9
    d=d+1
    IF d>9 THEN d=0
    OutPort[5,geteb[&segment+d]] ;REM Portausgabe
    SetTimer[0,t] ;REM Pause 0,1...1s
RETURN

ausgabe:
    PRINT "Analogwert Kanal 0 = " adc[0] ;REM Ausgabe Kanal 0
    i=0
text:
    DATA "Daten" 13 ;REM Stringausgabe
    c=geteb[&text+i] ;REM hier steht der Text
    IF c<>13 THEN GOTO text ;REM hier erfolgt die Ausgabe
    SetTimer[1,50] ;REM nach 5s wieder...
RETURN

```

Listing 1. Einfache Parallelverarbeitung mit dem ST9-BASIC-Interpreter.

**THE BRAINS BEHIND THE BATTERY +**

# Schnellade-IC

## bq2004E

für NiCd/NiMH/Li-Ion

**2004**

- Abbruch bei  $\Delta T/\Delta T$ ,  $-\Delta V$ , PVD,  $T_{max}$ ,  $t_{max}$ ,  $V_{max}$
- PWM-Regler
- Ladungserhaltung
- LED-Ausgänge
- 16-pin DIP oder SOIC
- Evaluation Boards

**TEKELEC**  
AIRTRONIC

### Lösungen mit System

Tekelec Airtronic GmbH  
Kapuzinerstraße 9 • 80337 München  
Telefon (0 89) 51 64-0 • Fax (0 89) 51 64-110  
Internet: [sales@tekelec.de](mailto:sales@tekelec.de)

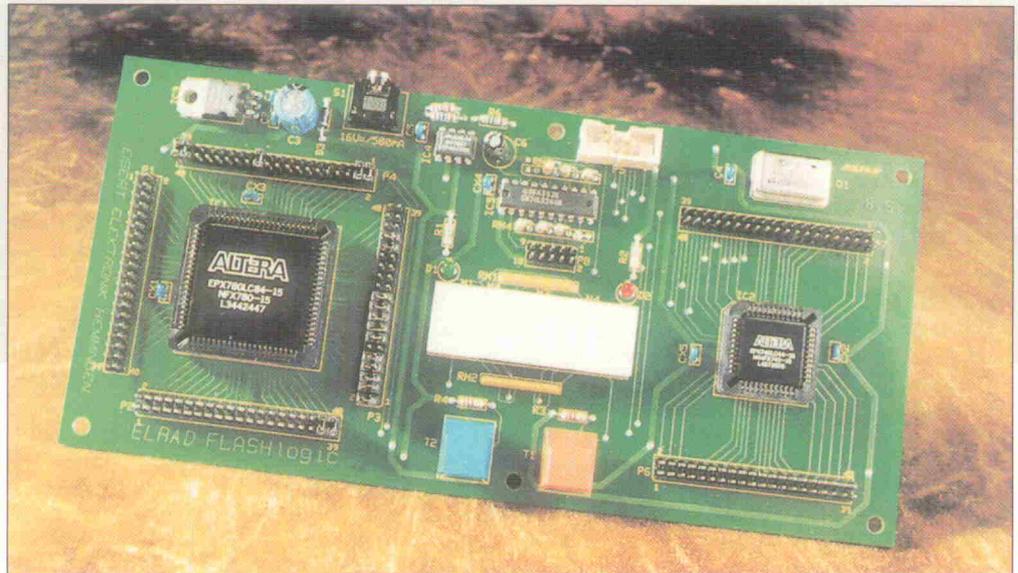
# Test the FLASH

## Teil 2: Tongenerator im FLASHlogic-Evaluationboard

Projekt

Gerhard Stock

Nachdem die Programmierung des 780-Nachfolgers – des Flash-basierten EPX880 – in die PLDshell integriert ist, geht das Evaluationboard für Alteras FLASHlogic-Bausteine nun in die zweite Runde. Denn damit ist die Nutzung des Kits auch für zukünftige Anwendungen sichergestellt.



**A**uf dem Evaluationboard stehen der EPX780 beziehungsweise 880 und der EPX740 aus der FLASHlogic-Familie von Altera zum Austesten bereit [1]. Die beiden Erstgenannten unterscheiden sich vor allem durch ihre Basistechnologie und damit in ihren Programmialgorithmen: der EPX880 basiert auf dem Flash-EPROM-Prinzip, kann also im System elektrisch programmiert (isp) und gelöscht werden. Der EPROM-Baustein EPX780 ist zwar isp konfigurierbar, kann jedoch nicht elektrisch gelöscht werden. Die EPROM-Versionen EPX740 und 780 sind im 'Normalfall' also nur einmal programmierbar, das Flash-EPROM-IC EPX880 bis zu 100 mal. Aber Achtung: Natürlich sind alle EPXler während einer Prototypenphase isp wiederbeschreibbar, solange ihre Konfiguration 'vorläufig' im internen SRAM abgelegt, als noch nicht 'endgültig' in das EPROM programmiert wurde! Da die EPX880 und 780 pinkompatibel sind, ist beim Wechsel von einem ICs zum anderen ein Platinen-Redesign nicht notwendig.

### Hörtest

Erst der konkrete Einsatz verdeutlicht die Möglichkeiten, die in Alteras EPXlern stecken –

weshalb an dieser Stelle ein Beispieldesign her muß. Für diesen Beitrag kommt eine akustische Anwendung – ein programmierbarer Tongenerator – zum Einsatz. Seine Funktion ist schnell beschrieben: Ein Oszillator kann über zwei Taster in Schritten von 500 Hz zwischen den Randwerten 0,5 kHz und 15 kHz eingestellt werden. Ein Druck auf die Taste UP erhöht die Frequenz um 500 Hz, Taster DOWN erniedrigt sie um denselben Wert. Die eingestellte Frequenz ist über einen angeschlossenen Lautsprecher zu hören – soweit das technostrapierte Ohr noch Frequenzen ab 12 kHz wahrnimmt. Wahlweise kann man den akustisch ausgegebenen Wert auch über die vierstellige LED-Anzeige auf der Prototypenplatine ablesen.

Der Tongenerator erlaubt es, die Funktionalität folgender digitaler Grundfunktionen in Theorie und Praxis nachzuvollziehen und deren optimale Umsetzung mit der PLDshell-Beschreibungssyntax durchzuführen:

- 7-Segment-Decoder für die LED-Anzeigen
- Multiplexer
- Synchroner Zähler
- Zustandsmaschine
- Komparator
- Tasten-Entprellung

Bild 1 zeigt das Blockschaltbild des Tongenerators. Im Block *FREQ\_SEL* wird ein 5-Bit-Zähler über die beiden Eingänge *UP* und *DOWN* entweder inkrementiert oder dekrementiert und der Zählerzustand als Variable *ADR4...0* nach außen gegeben. Das Signal *Entprelltakt* ist für das Entprellen der beiden Eingangssignale *UP* und *DOWN* zuständig, die von Tastern auf dem Board erzeugt werden. Der in *FREQ\_SEL* ausgegebene 5-Bit-Wert wird zusammen mit den zwei im Steuerblock *CONTROL* erzeugten Bits *CNTR1* und *CNTR0* als Adresse an ein im CPLD erzeugtes ROM angelegt.

Das interne ROM ist zu 128 Worten  $\times$  10 Bit organisiert und enthält den Teilfaktor des Tonoszillator, durch den der angelegte 4 MHz-Systemtakt geteilt wird, um den gewünschten Ton zu erzeugen. Zusätzlich sind dort auch die auf dem Display darzustellenden Frequenzwerte abgelegt. Der 12-Bit-Teilfaktor ist auf zwei Werte à 10 Bit und 2 Bit in der ROM-Tabelle aufgeteilt (unterer Teilfaktor: *W0...W9* und oberer Faktor: *W10...W11*). Der Wert für das vierstellige Display ist in zwei aufeinanderfolgenden Bytes abgelegt, wobei die oberen und unteren vier Bit jeweils eine Dis-

playstelle repräsentieren (3.3..3.0 steuert also die Displaystelle links, 2.3..2.0 die Displaystelle mitte links und so weiter).

## Aufgeteilt

Die Tabelle 'ROMulator' zeigt die im ROM abgelegten Werte und ihre Position im Speicher. Dabei gelten folgende Definitionen: 'W' steht für Teilfaktorwort, die nachfolgende Zahl zeigt an, welches Bit des Wortes an der aktuellen Position definiert ist. Der Displaywert wird durch zwei durch einen Punkt voneinander getrennte Zahlen dargestellt: Die erste Zahl gibt die Displaystelle an, die zweite Zahl das jeweilige Bit. Teilfaktoren liegen im Speicher an den Adressen 0 bis 63 und Displaywerte ab der Adresse 64 bis 127. Die Aufteilung der im ROM abgelegten Teilfaktoren und der zugehörigen Displaywerte auf jeweils zwei Werte ist notwendig, da die maximale Wortbreite einer als ROM konfigurierten Makrozelle nur maximal 10 Bit zuläßt.

Die in Bild 1 gezeigten Register DISPLAY\_VALUE\_HIGH und DISPLAY\_VALUE\_LOW speichern den auf dem Display darzustellenden Wert der eingestellten Tonfrequenz zwischen. Der Block DISPLAY dekodiert den anliegenden Displaywert und gibt ihn als lesbare Zahl auf der vierstelligen 7-Segmentanzeige des Evaluationsboards aus.

Das 2 Bit breite Register MAX\_VALUE\_HIGH speichert die oberen zwei Bit des Teilfaktors (W11, W10). Als unterer Wert des Teilfaktors (W9...W0) wird der aktuell ausgegebene ROM-Wert (D9...D0) verwendet. Welcher Wert des ROMs bei einer Frequenzänderung mit

ROMulator												
									W.11	W.10	0	Teilfaktor 0
W.9	W.8	W.7	W.6	W.5	W.4	W.3	W.2	W.1	W.0	1		
									W.11	W.10	2	Teilfaktor 1
W.9	W.8	W.7	W.6	W.5	W.4	W.3	W.2	W.1	W.0	3		
									⋮	⋮	⋮	⋮
									W.11	W.10	62	Teilfaktor 31
W.9	W.8	W.7	W.6	W.5	W.4	W.3	W.2	W.1	W.0	63		
		3.3	3.2	3.1	3.0	2.3	2.2	2.1	2.0	64	Display Wert 0	
		1.3	1.2	1.1	1.0	0.3	0.2	0.1	0.0	65		
		3.3	3.2	3.1	3.0	2.3	2.2	2.1	2.0	66	Display Wert 1	
		1.3	1.2	1.1	1.0	0.3	0.2	0.1	0.0	67		
									⋮	⋮	⋮	⋮
		3.3	3.2	3.1	3.0	2.3	2.2	2.1	2.0	126	Display Wert 31	
		1.3	1.2	1.1	1.0	0.3	0.2	0.1	0.0	127		

der nächsten aktiven Taktflanke in welches Register geschrieben wird, entscheiden die beiden Controlsignale 'CNTR1' und 'CNTR0'. Die Liste der möglichen Kombinationen zeigt der Kasten 'Kontrolliert'.

Der in MAX\_VALUE\_HIGH gespeicherte Teilfaktor ergibt zusammen mit dem aktuell aus dem ROM ausgelesenen Wert ein 12-Bit-Wort, das im Modul COMPARATOR kontinuierlich mit dem aktuellen Wert des 12 Bit breiten synchronen Teiler-Zählers verglichen wird. Dieser Zähler erhöht mit jeder aktiven Taktflanke seinen Wert um eins. Bei Übereinstimmung des Zählerstands mit dem vorgegebenen Wert setzt die Ablaufsteuerung CONTROL die Leitungen 'CNTR1' und 'CNTR0' auf logisch 0. Mit der nächsten steigenden Flanke des Taktes wird der Teiler-Zähler auf Null zurückgesetzt. Die gleiche Signalkombination invertiert bei aktiver Taktflanke den aktuellen Ausgangszustand des Toggle-Flipflop TFF, wodurch an dessen Ausgang ein symmetrisches

Rechtecksignal mit der eingestellten Frequenz und einem 1-zu-1-Tastverhältnis entsteht.

## Frequenzänderung

Das Einstellen einer neuen Ausgangsfrequenz erfolgt über die Ablaufsteuerung CONTROL und das Selektierungsmodul FREQ\_SEL. In diesem Modul ist ein 5 Bit breiter Zähler realisiert, der über die Tasten UP und DOWN inkrementiert beziehungsweise dekrementiert wird. Die Zählerbits bilden zusammen mit den Signalen 'CNTR0' und 'CNTR1' die Adresse für die ROM-Tabelle, in der die Teiler- und zugehörigen Displaywerte abgelegt sind. Sobald das Signal 'EQ' des Komparators aktiv wird, adressiert CONTROL nacheinander über 'CNTR0' und 'CNTR1' zusammen mit der in FREQ\_SEL eingestellten Hauptadresse den eingestellten Teilfaktor beziehungsweise die Dis-

playwerte und speichert die adressierten Werte in den entsprechenden Registern ab. Ist kein neuer Ton in FREQ\_SEL eingestellt worden, werden automatisch die alten Werte übernommen. Der genaue Ablauf der Tonerzeugung inklusive Timing- und Ablaufdiagramm wird im weiteren Verlauf dieser Artikelserie erläutert.

Da die zur Verfügung stehende Software PLDshell eine hierarchische Designeingabe unterstützt, teilt man den Tongenerator am besten in mehrere Module auf und generiert diese jeweils einzeln. Am Beispiel des Display-Moduls soll die Vorgehensweise genauer demonstriert werden.

## Trägerisch

Der Block DISPLAY verwaltet die Darstellung der Tonwerte auf einer Siebensegmentanzeige-

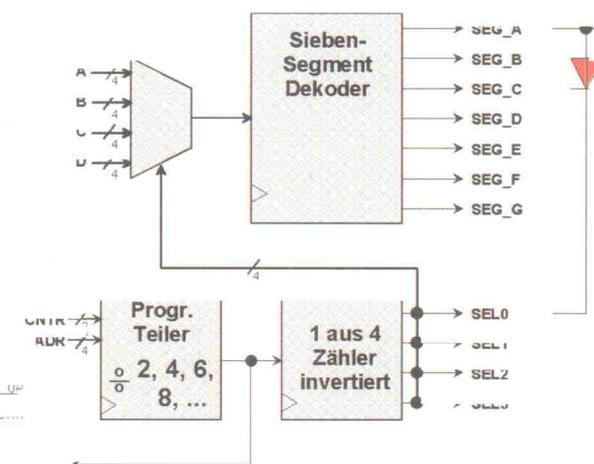
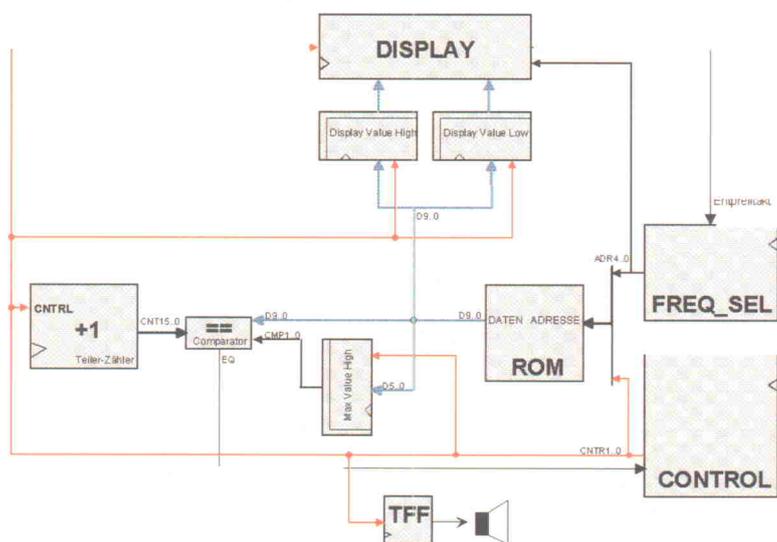
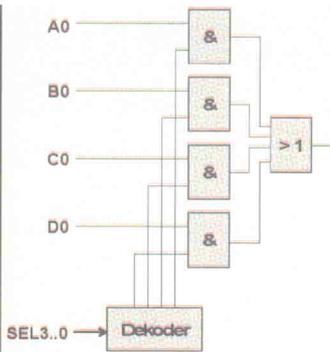


Bild 2. Das Display-Modul besteht im wesentlichen aus einem Multiplexer und einem 7-Segment-Dekoder.

Bild 1. Die Funktionseinheiten des Tongenerators.



**Bild 3. Die Selectsignale SEL3..0 des Decoders schalten immer genau eines der vier Signale zum 7-Segment-Decoder.**

```

Equations
OUT0 = A0 * /SEL0 +
      B0 * /SEL1 +
      C0 * /SEL2 +
      D0 * /SEL3;
OUT1 = A1 * /SEL0 +
      B1 * /SEL1 +
      C1 * /SEL2 +
      D1 * /SEL3;
OUT2 = A2 * /SEL0 +
      B2 * /SEL1 +
      C2 * /SEL2 +
      D2 * /SEL3;
OUT3 = A3 * /SEL0 +
      B3 * /SEL1 +
      C3 * /SEL2 +
      D3 * /SEL3;
    
```

**Listing 1: Beschreibung des 4:1-Multiplexers mit booleschen Gleichungen für die PLDshell.**

ge. Dank seiner gemultiplexten Struktur benötigt man nur einen Decoder für alle vier Displaystellen und damit deutlich weniger Pins als bei einer statischen Darstellung. Das Prinzip der gemultiplexten Darstellung beruht auf der Trägheit des menschlichen Auges: Werden mit hoher Frequenz (200 bis 400 Hz) alle Displays nacheinander aktiviert, kann das Auge diesem zeitlichen Vorgang nicht folgen – alle Segmente scheinen ihre Werte gleichzeitig anzunehmen.

Bei einem 100 Hz Fernsehgerät stellt die Bildröhre 100 mal pro Sekunde den gesamten Bildinhalt dar, um dem menschlichen Auge ein flackerfreies Fernsehbild vorzugaukeln. Analog zur Fernsehtechnik muß bei der Displayeinheit der vierstellige Displaywert mindestens 100 mal pro Sekunde vollständig dargestellt werden. Da der Tongenerator Frequenzen von 500 bis 15 500 Hz in 500-Hz-Schritten erzeugt, ist in der Hardware ein gerader Teil von 500 Hz relativ einfach zu realisieren. Die gewählte Wiederholfrequenz des gesamten Displays von 125 Hz (500 Hz / 4 Stellen) entspricht

einer Zykluszeit von 8 ms. Innerhalb dieser Zeit wird nacheinander jede Stelle des Displays für jeweils 2 ms aktiviert.

Bild 2 erklärt das eingesetzte Verfahren am Beispiel des Segmentes A. Die skizzierten vier Dioden sind die LEDs der Segmente A aller vier Displaystellen. Über die Ausgänge 'SEL3...0' wird die Kathode einer der vier LEDs auf GND gelegt. Damit ist die Displaystelle ausgewählt, alle anderen Zählerausgänge (LED-Kathoden) liegen an 5 V. Außerdem steuern die SEL-Signale einen Vierfach-Multiplexer an, der den 4-Bit-Wert der entsprechenden Stelle auf einen 7-Segment-Decoder gibt. Dieser entscheidet, welches Segment der ausgewählten Displaystelle leuchtet und welches dunkel bleibt: Bei Segmenten, die leuchten sollen, wird die Anode auf 5 V gelegt – der Strom kann fließen. Bei dunklen Segmenten ist die Anode mit GND verbunden.

Um kontinuierlich eine Frequenz von 500 Hz zu erhalten, muß die Display-Wiederholfrequenz von dem auszugebenden Tonsignal abgeleitet werden. Dazu wird bei jedem Zurücksetzen des Teiler-Zählers (mit dem entsprechenden Bitmuster auf den beiden Kontroll-Leitungen CNTR1 und CNTR0) der in Bild 2 gezeigte Vorteiler inkrementiert. Diese Programmierbarkeit des Vorteilers garantiert eine konstante Wiederholfrequenz von 500 Hz unabhängig vom eingestellten Teilverhältnis des Teiler-Zählers. Wird zum Beispiel vom Benutzer eine Tonfrequenz von 500 Hz eingestellt, erzeugt der Komparator Überläufe mit einer Frequenz von 1000 Hz. Das T-Flipflop teilt diese Frequenz durch den Faktor 2. In diesem Fall muß der programmierbare Vorteiler die Komparatorüberläufe durch zwei teilen, um an seinem Ausgang 500-Hz-Enable-Impulse zu erzeugen. Bei 1000 Hz Ausgabefrequenz muß er durch vier, bei 1500 Hz durch sechs und so weiter dividieren. Die fünf Adrebleitungen (ADR4..0) aus dem Modul `FREQ_SEL` legen den benutzten Teilerfaktor fest.

### Multiplexer

Das Multiplexer-Modul schaltet jeweils einen 4-Bit-Wert von vier zur Auswahl stehenden Werten auf seinen Ausgang durch. Das Modul selbst besteht

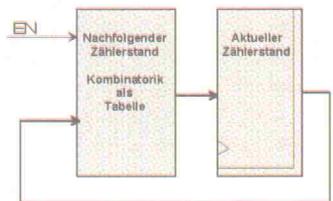
Kontrolliert			
CNTR1	CNTR0	adressiert	speichert mit Taktflanke in
0	0	W.11 ... W.10	MAX_VALUE_HIGH
0	1	W.9 ... W.0	kein Register
1	0	3.3 ... 3.0 2.3 ... 2.0	DISPLAY_VALUE_HIGH
1	1	1.3 ... 1.0 0.3 ... 0.0	DISPLAY_VALUE_LOW

aus vier einzelnen 4-zu-1-Multiplexern, wobei jeder für einen der anliegenden 4-Bit-Werte zuständig ist. Jeder auf den Ausgang zu schaltende Eingang liegt an einem UND-Gatter. Ist der Steuereingang des Gatters logisch 1, wird das zugehörige Datenbit (zum Beispiel A0) durchgeschaltet. Alle vier Ausgänge der UND-Gatter sind durch eine ODER-Funktion miteinander verknüpft.

Da die Steuereingänge der UND-Gatter den vier Ausgängen des invertierten 1-aus-4-Zählers entsprechen, führt immer nur ein Signal logisch 0. Der Block Decoder invertiert diese Signale, wodurch immer genau ein Eingang der UND-Gatter auf den Ausgang des Multiplexers durchgeschaltet wird. Bild 3 zeigt die Struktur eines 4-zu-1-Multiplexers zuständig für eine Bit-Stelle, Listing 1 die Beschreibung des kompletten Multiplexers. Die Stellen A3...A0, B3...B0 usw. entsprechen den zugehörigen Displaywerten 0.3...0.0, 1.3...1.0 usw. der ROM-Tabelle.

### 1-aus-4-Zähler

Ein 1-aus-n-Zähler sorgt ähnlich einem Lauflicht immer dafür, daß nur ein Bit an seinen Ausgängen High-Pegel führt. Für die Ansteuerung der LEDs wird ein invertierter 1-aus-n-Code benötigt, da immer nur eine Kathode auf GND liegen soll und alle anderen an 5 V. Der Zähler ist am schnellsten mit einer Funktionstabelle eingegeben, die den Zustandsübergang des Zählers mit der nächsten Taktflanke in Abhängigkeit vom aktuellen Zustand und dem Eingang 'EN' (Enable) beschreibt. Bild 4 zeigt seine Struktur beste-



**Bild 4. Struktur des 1-aus-4-Zählers in Form eines Medvedev-Zustandsautomaten.**

hend aus Registern und der Übertragskombinatorik.

Das vier Bit breite Register auf der rechten Seite enthält den aktuellen Zählerstand. Dieser Wert wird auf einen kombinatorischen Block zurückgekoppelt, der abhängig vom aktuellen Zählerzustand und vom Steuerungssignal 'EN' den nachfolgenden Zählerstand ermittelt. Ist 'EN' auf logisch 0, wird der aktuelle Zählerstand einfach unverändert durchgeschleift. Bei 'EN' auf logisch 1 wird der nächste Zählerstand des invertierten 1-aus-4-Codes erzeugt. Mit jeder steigenden Flanke des Takts speichern die Zählerregister den Ausgabewert der Kombinatorik als neuen Zählerstand.

### So geht's weiter

Am Beispiel des Display-Moduls wird bereits deutlich, wie unterschiedliche Arten von digitalen Funktionen wie Zähler, Decoder oder Multiplexer beschrieben und in einen FLASHlogic-Baustein implementiert werden können.

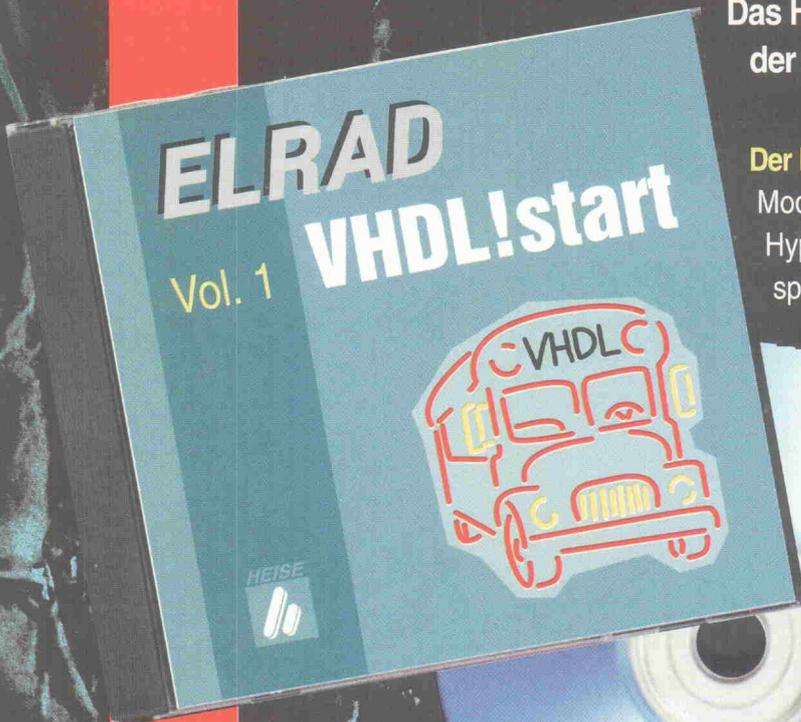
Der dritte Teil der Artikelserie behandelt die noch fehlenden Module und erklärt deren optimale Umsetzung in der PLDshell-Syntax. Er enthält die komplette Schaltungsbeschreibung, in der die einzelnen Module zur Gesamtfunktion 'programmierbarer Tongenerator' zusammengesetzt werden.

Mit Hilfe der Simulation wird das Design anschließend verifiziert, die Funktion in einen FLASHlogic-Baustein programmiert und in seiner realen Schaltungsumgebung getestet. Außerdem gibt es noch Anregungen für weitere Schaltungs-ideen, die jeder selbständig mit der PLDshell umsetzen und so den Umgang mit Hardware und Software der FLASHlogic-Familie vertiefen kann. *uk*

### Literatur

[1] Gerhard Stock: *Test the FLASH, Evaluationboard für FLASHlogic-CPLDs von Altera, Teil 1, ELRAD 2/96, Seite 94*

# Neu: VHDL!start.



Das HTML-basierte Lernsystem zum Selbststudium der Hardwarebeschreibungssprache VHDL.

**Der Kern:** Ein multimedialer Kurs über Sprachkonstrukte, Modellierungsarten und Simulation in VHDL. Das Hypermedia-System zum Einstieg in die Beschreibungssprache und zum Update vorhandener Kenntnisse.

**Der Kick:** Ein interaktiver Übungsteil mit vielen Beispielaufgaben und Lösungsmodellen. VHDL-Compiler und -Simulator der Universität Rostock sowie eine Evaluationversion des Green Mountain Compiler von Green Mountain Computing Systems zur praktischen Umsetzung.

**98,- DM**

Vorzugspreis für Schüler und Studenten: **68,- DM** (gegen Nachweis)

## Bestellcoupon

Anschrift: eMedia, Bissendorfer Straße 8, 30625 Hannover Tel.: 0511/53 72 95  
Fax: 0511/5352 147 EMail: elrad@emedia.de Internet: http://www.heise.de



Ich bestelle  **ELRAD-VHDL!start-CD-ROM** zum Preis von 98,- DM  zum Vorzugspreis von 68,- DM  
(Nachweis liegt bei) Preise zzgl. 6,- DM für Porto und Verpackung

Bestellungen nur gegen Vorkasse

Den Betrag buchen Sie bitte von meinem Konto ab

Konto-Nr.

BLZ

Bank

Verrechnungsscheck liegt bei.

Eurocard  Visa  American Express

Card-Nr.

Gültigkeitszeitraum von / bis /  
Monat/Jahr Monat/Jahr

Name/Vorname

Firma

Straße/Postfach

PLZ/Ort

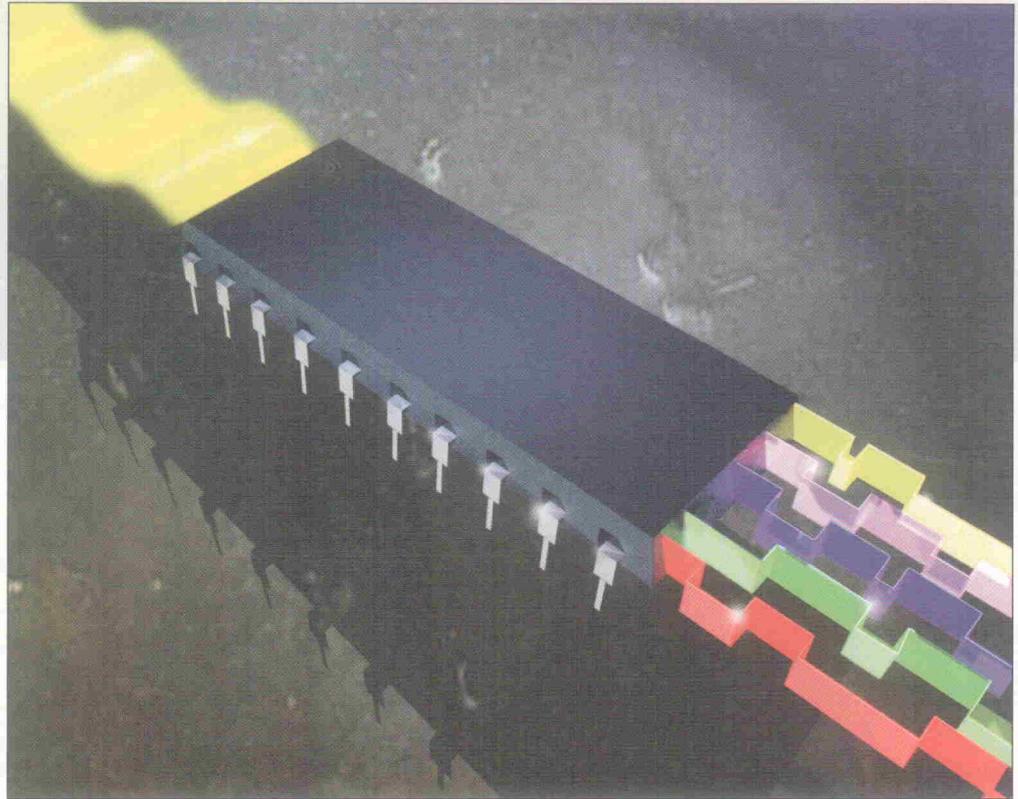
Datum  Unterschrift (unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

# Mehr gläserne Wandler

Modellierung eines physikalischen A/D-Umsetzer-Bausteins mit SPICE, Teil 1

**Stephan Bechtold,  
Mario Anton,  
Dr. Martin Heine**

Die Simulationstechnik stellt ein leistungsfähiges Werkzeug zur Entwicklung, Analyse und Verifikation komplexer Systeme dar. Auch beim Entwurf analoger Schaltungen wird zunehmend die Simulation eingesetzt. Zuverlässige und genaue Simulationsmodelle ermöglichen konkrete Aussagen über das Verhalten eines zu erstellenden Systems. Selbst umfangreich gemischt analog-digitale Schaltungen können, wie der folgende Beitrag zeigt, mit Hilfe der Simulation untersucht werden.



**W**ährend bei der Entwicklung von gedruckten analogen Schaltungen der Bretttaufbau (Prototypen) von vielen Entwicklern bevorzugt wird, ist die Erstellung von integrierten Schaltkreisen ohne Simulation nicht möglich. Bewährt hat sich der Simulator SPICE, der heute in der Version SPICE3f4 auch als Public-Domain-Software unter Windows vorliegt (siehe *ELRAD*-Mailbox, Tel.: 05 11/53 52 401). Besonders die hierin implementierten gesteuerten Quellen (B-Quellen, Behavioural) unterstützen den Entwickler bei der Realisierung einfacher Makromodelle durch Verhaltensbeschreibungen.

Makromodelle sind Ersatzbeschreibungen, mit denen das Verhalten eines Systems unter allen relevanten Betriebsbedingungen nachgebildet wird. Für standardisierte Systemkomponenten werden Makromodelle von verschiedenen Simulator-

herstellern angeboten. Auch Halbleiterhersteller bieten zu vielen ihrer Produkte Simulationsmodelle an. Die Modelle in diesen Bibliotheken sind jedoch oft mangelhaft dokumentiert. Außerdem fehlen hier häufig komplexe Komponenten, wie A/D-Umsetzer, Sensoren oder Aktoren.

In der Zeit von 1990 bis 1995 lief das vom BMBF geförderte Verbundvorhaben 'Modellbibliothek für komplexe analoge Bauelemente' (BIBLIO). Aus dem Projekt, an dem 20 Partner aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen zusammen gearbeitet haben, ist eine umfangreiche Sammlung mit Modellen analoger, digitaler und gemischt analog/digitaler Bauelemente hervorgegangen. Weitere Informationen über die Modellbibliothek sind unter der EMail-Adresse [biblio@item.uni-bremen.de](mailto:biblio@item.uni-bremen.de) oder im Internet unter <http://www.cadlab.de/~mst-bib/> zu bekommen. Das in

diesem Beitrag näher beschriebene Makromodell eines 8-Bit A/D-Umsetzers des Typs ADC0803 von Texas Instruments ist ebenfalls im Rahmen dieses Verbundprojekts entstanden.

## Makromodellierung

Zur Makromodellierung stehen keine standardisierten Verfahren zur Verfügung, vieles beruht auf Erfahrung und auf der Kenntnis des Simulators. Aber es gibt verschiedene Ansätze zur Modellierung, von denen dieser Beitrag einige aufzeigt.

Alle Simulatoren die aus dem Ur-SPICE hervorgegangen sind, arbeiten mit der modifizierten Knotenanalyse. Das bedeutet, daß der Simulator aus dem zu simulierenden Netzwerk eine Berechnungsmatrix aufstellt, die um so größer wird, je mehr Knoten das Netzwerk besitzt. Die Rechenzeiten eines Simulators hängen entscheidend von

*Stephan Bechtold, Mario Anton und Dr. Martin Heine waren als Mitarbeiter der Universität Bremen im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes BIBLIO mit der Modellierung und Simulation von komplexen analogen Bauelementen beschäftigt.*

der Matrixgröße ab. Vorrangiges Ziel der Makromodellierung ist es also, die Knotenanzahl zu minimieren. Trotzdem sollen die Modelle möglichst alle für eine Simulation notwendigen Effekte beschreiben. Es gilt also, einen Kompromiß zwischen Genauigkeit und Komplexität zu finden.

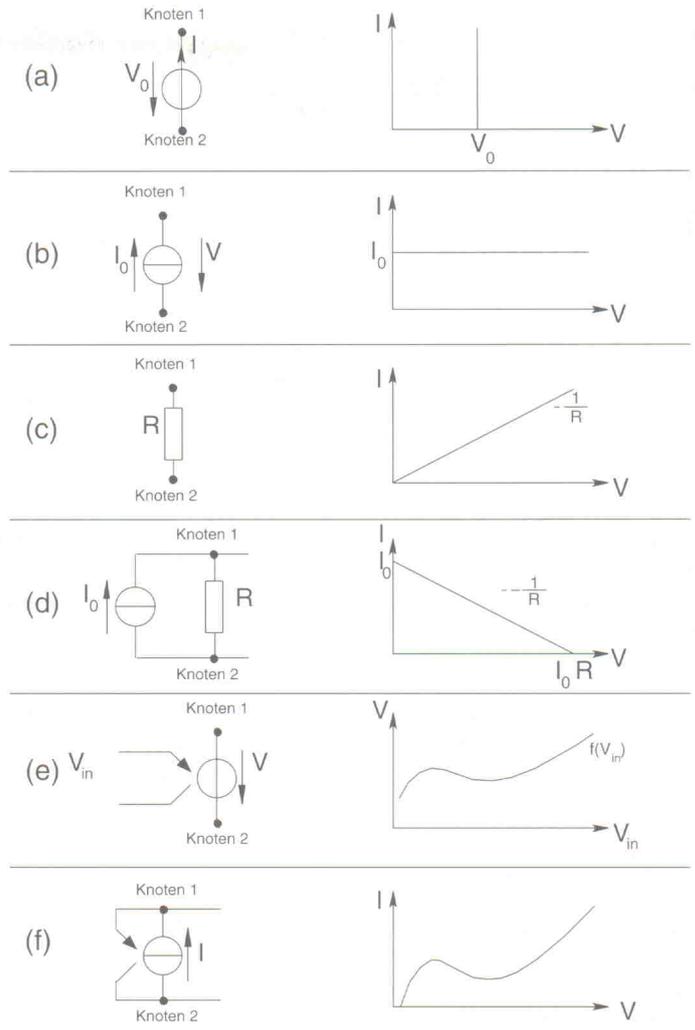
Die einfachsten Komponenten eines Schaltungssimulators sind die Spannungs- und Stromquellen. Sie beschreiben unabhängig von ihrer Last eine konstante Spannung zwischen den Knoten beziehungsweise einen konstanten Strom vom Knoten 2 zum Knoten 1 (Bild 1a und 1b). Durch einen Widerstand läßt sich der Spannungsabfall zwischen den Knoten variieren (Bild 1c, 1d).

Komplexe Zusammenhänge lassen sich durch die Verwendung von gesteuerten Quellen realisieren. Mit ihnen läßt sich in Abhängigkeit einer Eingangsgröße (Spannung oder Strom) das Ausgangsverhalten der Spannungsbeziehungsweise Stromquelle beschreiben (Bild 1e). Koppelt man den Spannungsabfall an einer Stromquelle zurück, so erhält man einen steuerbaren Widerstand (Ohmsches Gesetz:  $i \sim U$ ). Diese Konstruktion bietet gegenüber dem einfachen Ohmschen Widerstand R die Möglichkeit, auch nichtlineare Widerstände zu beschreiben (Bild 1f).

Digitale Komponenten können in der Modellierung durch die Nachbildung der Schaltungsstrukturen auf Transistorebene realisiert werden. Komplexe Transistorschaltungen benötigen jedoch lange Simulationszeiten. Eine weitere Möglichkeit zur Simulation digitaler Schaltungselemente ist die Verwendung normierter Signale. Die Signale 'HIGH' und 'LOW' werden auf die Spannungspegel 1 V und 0 V normiert. Logische Operationen können dann auf einfache Weise mit gesteuerten Quellen nachgebildet werden. In der Tabelle 'Logische Funktionen und ihre Darstellung' sind einige boolesche Funktionen und die entsprechenden mathematischen Formulierungen dargestellt.

Bei sequentiellen Schaltungen muß im Gegensatz zu den kombinatorischen Funktionen mehr Aufwand getrieben werden, wie das Makromodell eines RS-Flipflops zeigt (Bild 4). Durch

**Bild 1. Einfache Elemente der Makromodellierung Flankendetektor.**



Anlegen eines High-Pegels an Eingang S schließt sich Schalter  $S_1$ , und der Kondensator lädt sich auf 1 V auf. Diese Spannung wird über die gesteuerte Quelle  $B_Q$ , die den Kondensator vor der Entladung durch nachfolgende Schaltungsteile schützen soll, an den Ausgang Q gegeben. Das Rücksetzen des Flipflops geschieht durch Schließen des Schalters  $S_2$  über den Eingang R. Der Kondensator wird dann auf 0 V entladen (siehe auch Kasten 'Flankendetektor').

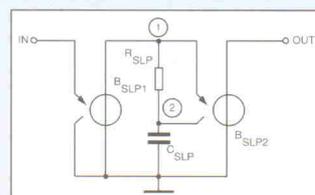
Ein komplettes Modell erhält man schließlich durch geeignete Verschaltung der beschriebenen analogen und digitalen Teilmodelle. Diese werden so zusammengesetzt und dimensioniert, daß das Klemmenverhalten mit dem realen Verhalten möglichst gut übereinstimmt. Ist die interne Struktur des zu modellierenden Systems bekannt, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Eingangsbeschaltung entsprechend der physikalischen Realisierung aufzubauen und die Parameter der verwendeten Elemente so

einzustellen, daß das Klemmenverhalten mit dem realen Verhalten gut übereinstimmt. Solche Modelle beschreiben

eine Reihe von parasitären Effekten, die sich sonst nur durch eine aufwendige Modellierung erfassen lassen.

## Flankendetektor

Um die steigende oder die fallende Flanke eines digitalen Signals zu erkennen, wird ein Makromodell verwendet, das aus einer RC-Verzögerung be-

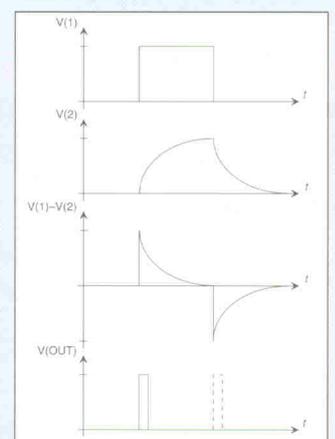


```
.subckt slope in out gnd
Bslp1 1 gnd
+ vsu(v(in,gnd)*1e3-100)
Rslp 1 2 10k
Cslp 2 gnd 20p
Bslp2 out gnd
+ vsu(v(1,2)*1e3-100)
.ends slope
```

**Bild 2. Schaltbild und Netzliste des Flankendetektors.**

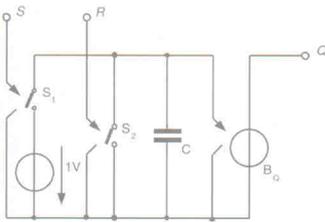
steht (Bild 2). Dabei bereitet die spannungsgesteuerte Quelle  $B_{SLP1}$  das Eingangssignal IN zu einem Rechtecksignal ( $V(1)$ ) auf (Bild 3).  $V(1)$  gelangt weiter auf den Tiefpaß  $R_{SLP}, C_{SLP}$ .

Die Spannung  $V(2)$  am Kondensator hat den typischen Verlauf eines Lade-/Entladevorgangs entsprechend einer fallenden e-Funktion. Die gesteuerte Quelle  $B_{SLP2}$  bildet schließlich die Differenz der beiden Spannungen  $V(1)$  und  $V(2)$ . Außerdem schneidet sie den negativen Teil dieser Differenz ab und begrenzt die Ausgangsspannung  $V(OUT)$  auf 1 V. Durch den Faktor  $1e3$  bekommt auch das Ausgangssignal OUT einen rechteckigen Verlauf.



**Bild 3. Timingdiagramm der Flankenerkennung.**

Soll die fallende Flanke detektiert werden, reicht es, die negative Differenz von  $V(1)$  und  $V(2)$  zu bilden.



**Bild 4. Makromodell eines RS-Flipflops.**

Ideale A/D-Umsetzer, wie sie im Beitrag 'Gläserne Wandler' in *ELRAD 7/96* behandelt wurden, beschreiben lediglich die Umsetzung eines analogen Eingangssignals in einen digitalen Ausgangscode [1]. Charakteristische Eigenschaften wie Wandlungsfehler, Eingangs- und Ausgangsverhalten oder Timing fehlen ihnen gänzlich. Erst wenn man einem idealen A/D-Umsetzer weitere Modellkomponenten hinzugefügt hat, gelangt man zu einer Beschreibung, die auch das physikalische Verhalten berücksichtigt. Bild 5 zeigt die allgemeine Struktur eines A/D-Umsetzermodells mit physikalischen Eigenschaften.

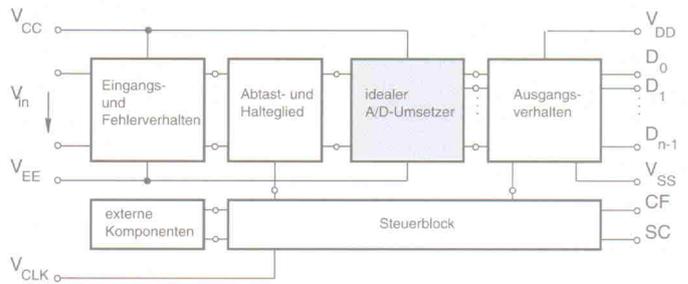
### Modellierung von A/D-Umsetzern

Den Kern bildet der ideale Umsetzer, der in einem Zeitschritt die Umsetzung durchführt. Vorgesaltet ist ein Teilmodell zur Beschreibung des korrekten Eingangsverhaltens und des Fehlerverhaltens. Das Timing wird im Steuerblock nachgebildet. Einige A/D-Umsetzertypen wie zum Beispiel integrierende Wandler benötigen zusätzlich externe Komponenten. Solche

Bauteile nehmen Einfluß auf das Timing und werden daher im Steuerblock mitberücksichtigt. Das Abtast- und Halteglied (S & H) bildet zusammen mit dem Umsetzern das Speicherregister für das digitale Wort. Im Ausgangsblock wird schließlich das Ausgangsverhalten des digitalen Codes beschrieben. Bei einem derart aufgebauten realen A/D-Umsetzer treten eine Reihe von Umsetzungsfehlern auf, die es bei der Modellierung zu berücksichtigen gilt (Bild 6).

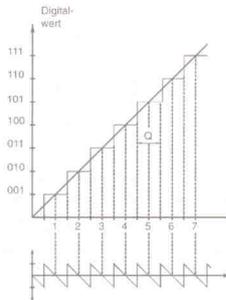
Ein systematischer Fehler in jedem A/D-Umsetzer ist der *Quantisierungsfehler*. Er entsteht durch eine endliche Quantisierung des Analogsignals, das heißt, mehrere benachbarte Analogwerte resultieren im gleichen digitalen Ausgangswert. In Bild 6a ist der typische sägezahnförmige Verlauf des Quantisierungsfehlers dargestellt. Er hat den maximalen Wert (1/2 U<sub>LSB</sub>) und ergibt sich systembedingt im Modell.

Der *Offsetfehler* hat eine Verschiebung der idealen Übertragungskennlinie auf der x-Achse zur Folge. Er entsteht durch interne Offsetspannungen und -ströme von Verstärkern, Impedanzwandlern und Integratoren. Der Offsetfehler läßt sich durch elektronische (z. B. beim Dual-Slope-Verfahren) oder mathematische Verfahren (z. B. beim Hex-Slope-Verfahren) kompensieren. Wird keine Korrektur des Offsetfehlers vorgenommen, tritt ein konstanter Genauigkeitsfehler für jeden Punkt der Übertragungsfunktion auf. Der Offsetfehler wird in LSB angegeben und im Modell

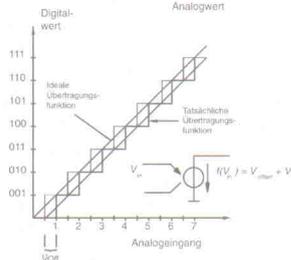


**Bild 5. Grundgerüst zur Modellierung von A/D-Umsetzern.**

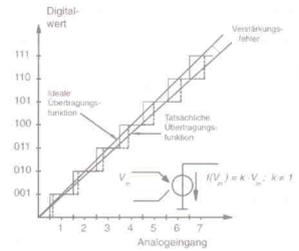
#### a. Quantisierungsfehler



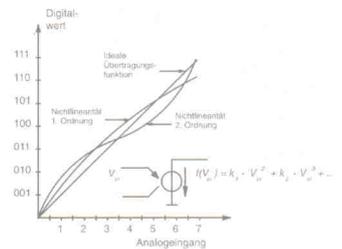
#### b. Offsetfehler



#### c. Verstärkungsfehler



#### d. Linearitätsfehler



**Bild 6. Die in einem realen A/D-Umsetzer auftretenden Umsetzungsfehler und mögliche Formen der Modellierung.**

durch die Addition eines Offset mit einer gesteuerten Quelle beschrieben (Bild 6b).

Der *Verstärkungsfehler* kennzeichnet die Abweichung der Steigung in der Übertragungskennlinie vom Idealverlauf. Dieser Fehler, der sich ebenfalls durch schaltungstechnische Maßnahmen abgleichen läßt, wird meistens als die prozentuale Abweichung bezogen auf den vollen Eingangsspannungsbereich (%FSR, Full Scale Range) angegeben und kann im Modell durch eine gesteuerte Quelle mit konstantem Verstärkungsfaktor beschrieben werden (Bild 6c).

Die Nichtlinearität der realen Übertragungsfunktion wird durch den *Linearitätsfehler* beschrieben. In den Wandler spezifikationen findet man diesen Fehler, der nicht abgleichbar ist, entweder als differentielle Nichtlinearität (= Abweichung von der idealen Codebreite) oder als integrale Nichtlinearität (= Abweichung vom idealen

Code-Übergang) angegeben. Bild 6d zeigt ein Beispiel einer nichtlinearen Übertragungsfunktion in einem A/D-Umsetzer. Der Fehler läßt sich im Modell durch ein Polynom beschreiben.

Zur Modellierung von Offset-, Verstärkungs- und Linearitätsfehler reicht eine einzige gesteuerte Quelle mit der kombinierten Übertragungsfunktion

$$f(V_{in}) = V_{offset} + k \cdot V_{in} + k_1 \cdot V_{in}^2 + k_2 \cdot V_{in}^3$$

Der nächste Teil zeigt die Umsetzung der hier vorgestellten Grundüberlegungen. pen

#### Literatur

- [1] Martin Heine, Gläserne Wandler, Modellierung hochauflösender A/D-Umsetzer mit SPICE, *ELRAD 7/96*, S.74ff.
- [2] Texas Instruments, Data Book Vol. 2, Linear Circuits, Data Conversion, DSP Analog Interface and Video Interface, 1989

Logische Funktion	Mathematische Darstellung der logischen Funktion
	$V_{out} = V_H \left( 1 - \frac{V_{in}}{V_H} \right)$
	$V_{out} = V_H \left( \frac{V_{in1}}{V_H} \cdot \frac{V_{in2}}{V_H} \right)$
	$V_{out} = V_H \left( \frac{V_{in1}}{V_H} + \frac{V_{in2}}{V_H} - \frac{V_{in1}}{V_H} \cdot \frac{V_{in2}}{V_H} \right)$
	$V_{out} = V_H \left( 1 - \frac{V_{in1}}{V_H} \cdot \frac{V_{in2}}{V_H} \right)$
	$V_{out} = V_H \left( 1 - \frac{V_{in1}}{V_H} + \frac{V_{in2}}{V_H} - \frac{V_{in1}}{V_H} \cdot \frac{V_{in2}}{V_H} \right)$

# Der ADC0803

Der ADC0803 ist ein 8-Bit Sukzessive-Approximation Analog/Digital-Umsetzer in CMOS-Technologie, den es in dieser Form heute nicht mehr bei TI, dafür aber bei anderen Halbleiterherstellern wie zum Beispiel National Semiconductor gibt. Sein interner Aufbau ist in Bild 7 dargestellt [2]. Das Bauelement mit seinen Tristate-Ausgängen ist mikroprozessor-geeignet und läßt sich direkt am Prozessorbustreiben. Eine Umsetzung wird durch die low-aktiven Signale /CS (Chip-Select) und /WR (Write) gestartet. Das Signal /INTR (Interrupt) zeigt das Ende einer Umsetzung an.

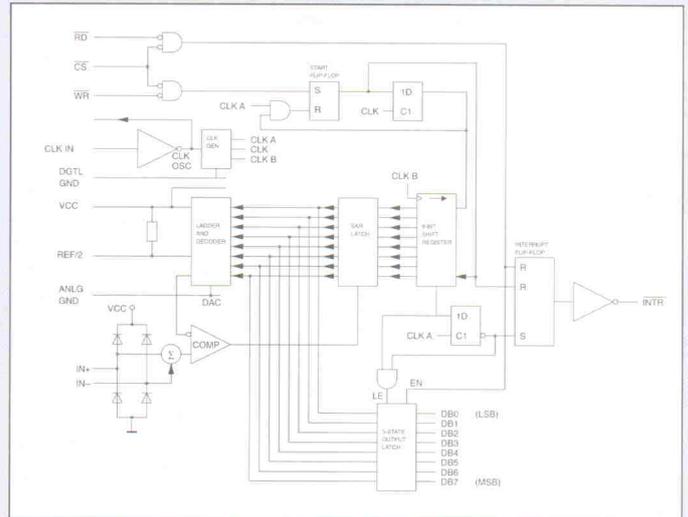
Die Referenzspannung, die der A/D-Wandler für die Umsetzung benötigt, kann durch die Beschaltung des Pins REF2 spezifiziert werden oder entspricht der Hälfte der Betriebsspannung, wenn REF2 nicht beschaltet ist.

Der Umsetzungstakt kann extern eingespeist oder mit einem

**Bild 7. Funktionsschaltbild des A/D-Umsetzers ADC0803.**

Kondensator und einem Widerstand vom integrierten Schmitttrigger erzeugt werden. Mit einer typischen Taktfrequenz von 640 kHz und 65 benötigten Taktimpulsen pro Umsetzung ergibt sich eine durchschnittliche Umsetzzeit von 100 µs.

Für einen Umsetzungszyklus wird das Sukzessive-Approximation-Register (SAR) gelöscht. Beginnend mit dem höchstwertigen Bit setzt die interne Logik nacheinander jedes Bit. Der Komparator prüft, ob das Ausgangssignal des internen D/A-Wandlers, der mit dem SAR verbunden ist, größer oder kleiner als das Differenz-Eingangssignal ist. Entsprechend wird das Bit im SAR wieder gelöscht, oder es bleibt gesetzt. Nachdem alle Bits abgearbeitet sind, steht im



SAR der digitale Ausgangscode, den das Ausgangslatch zwischenspeichert.

Die Tabelle 'Eckdaten des ADC0803' spiegelt einen Auszug aus dem Datenblatt wider, wie es bei der Entwicklung des ADC0803-Modells entstanden

ist. Bei der Modellerstellung wurde vorrangig das Timing-Verhalten berücksichtigt. Durch Erweitern des Modells lassen sich auch bisher nicht modellierte Effekte (z. B. exakte Anpassung der Ausgangspegel, Stromaufnahme ...) in der Simulation erfassen.

## Eckdaten des ADC0803

Größe	Kurzzeichen	Bedingungen	Datenblatt			modelliert	Einheit	Bemerkungen
			min	typ	max			
<b>Elektrische Größen</b>								
Ausgangsspannung HIGH	V <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = 4,75 V, I <sub>OH</sub> = 360 µA	2,4			n. m. <sup>4)</sup>	V	alle Ausgänge
Ausgangsspannung LOW	V <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = 4,75 V, I <sub>OH</sub> = -10 µA	4,5			n. m.	V	DB und /INTR
		V <sub>CC</sub> = 4,75 V, I <sub>OL</sub> = 1,6 mA			0,4	n. m.	V	Daten Ausgänge
		V <sub>CC</sub> = 4,75 V, I <sub>OL</sub> = -1 mA			0,4	n. m.	V	/INTR Ausgang
		V <sub>CC</sub> = 4,75 V, I <sub>OL</sub> = 360 µA			0,4	n. m.	V	CLK Ausgang
Schwellenspannung Takt ansteigende Flanke	VT+		2,7	3,1	3,5	3,1	V	
Schwellenspannung Takt abfallende Flanke	VT-		1,5	1,8	2,1	1,8	V	
Takteingangshysterese			0,6	1,3	2	1,3	V	
Eingangsstrom HIGH	I <sub>IH</sub>			0,005	1	n. m.	µA	
Eingangsstrom LOW	I <sub>IL</sub>			-0,005	1	n. m.	µA	
Ausgangsstrom Z	I <sub>OZ</sub>				-3	n. m.	µA	V <sub>0</sub> = 0 V
					3	n. m.	µA	V <sub>0</sub> = 5 V
Ausgangs-kurzschlußstrom	I <sub>OHS</sub> I <sub>IOLS</sub>	V <sub>0</sub> = 0 V V <sub>0</sub> = 5 V	-4,5 9	-6 16		n. m. n. m.	mA mA	Ausgang Low Ausgang Low
Versorgungs- u. Referenzstrom	I <sub>CC</sub>	V <sub>REF/2</sub> = open, /CS = 5 V		1,1	1,8	1,1	mA	
Eingangswiderstand Referenznetzwerk	R <sub>REF/2</sub>		2,5	8		8	kΩ	1)
Eingangskapazität	C <sub>i</sub>			5	7,5	5	pF	Control
Ausgangskapazität	C <sub>o</sub>			5	7,5	5	pF	DB
<b>Dynamische Größen</b>								
Versorgungsspannungsfehler Gleichtaktfehler		V <sub>CC</sub> = 4,5 V...5,5 V		±1/16 ±1/16	±1/8 ±1/8	n. m. n. m.	U <sub>LSB</sub> U <sub>LSB</sub>	2) 2) u. 3)
Anstiegszeit	t <sub>en</sub>	C <sub>L</sub> = 100 pF		135	200	135	ns	Ausgang
Abfallzeit	t <sub>dis</sub>	C <sub>L</sub> = 10 pF, R <sub>L</sub> = 10 kΩ		125	200	135	ns	Ausgang
Verzögerungszeit für Reset von /INTR	t <sub>d(INTR)</sub>			300	450	350	ns	
Taktzyklen pro Umsetzung	t <sub>conv</sub>	f <sub>clk</sub> = 100 kHz...1,46 MHz		65	73	72		Taktsignale
Umsetzrate freilaufend	CR	/INTR verbunden mit /WR, /CS = 0 V		8770	9708	8770		Umsetz./s

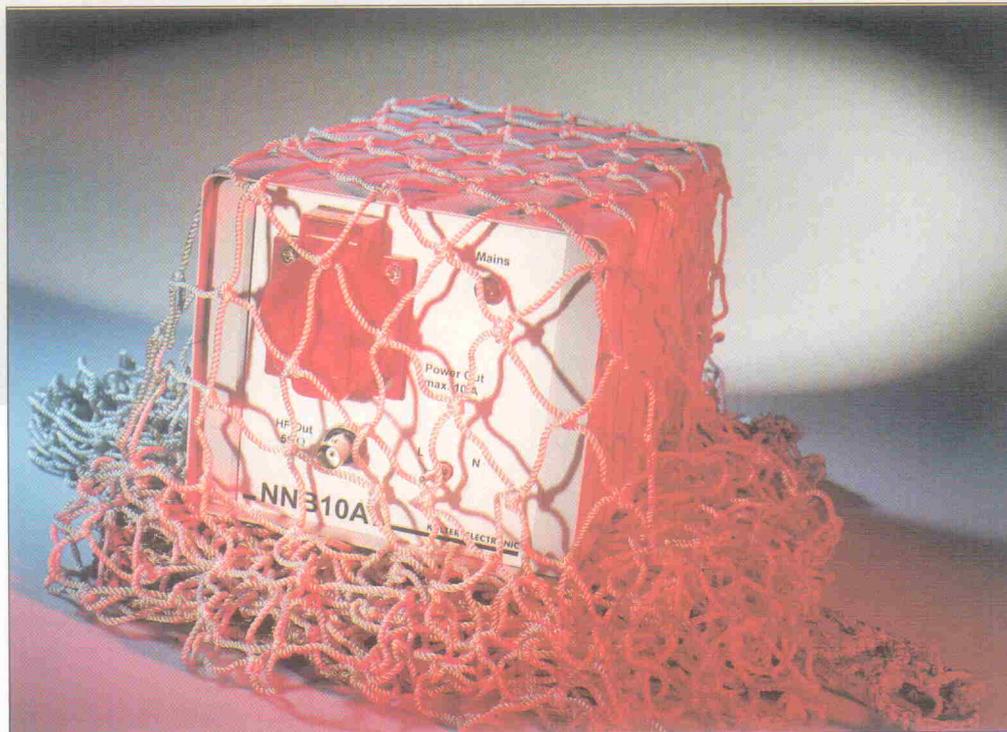
Bemerkungen  
 1) Der Widerstand wird aus dem Strom bei einer Spannung von 5V an den Pins 8 und 9 berechnet.  
 2) Alle Angaben beziehen sich auf den maximalen analogen Eingangsspannungsbereich.  
 3) Alle Fehlerangaben werden auf eine Linie durch die Endpunkte der analog-digitalen Übertragungscharakteristik bezogen.  
 4) n.m. = nicht modelliert

# Normnetz

## Die Netznachbildung in der EMV-Meßtechnik

Eckart Steffens

Die EMV-Meßtechnik zwingt zur Erweiterung des Meßgeräteparks. Eine der meßtechnischen Blackboxen ist die Netznachbildung, die zur normgerechten Messung leitungsgebundener Emissionen auf Netzleitungen dient. Mit diesem Zubehör gelingt die EMV-Messung reproduzierbar – unabhängig vom Netzzinnenwiderstand oder Störpegel des jeweiligen Prüflabors.



Die Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen ist für elektrische Geräte mit zahlreichen EMV-Tests verbunden. Alle Messungen leitungsgeführter Störungen – gleich ob auf Versorgungs- oder Signalleitungen – benötigen einen Abschluß in Form einer Netznachbildung. Verschiedene Topologien sind verfügbar:

- Ein V-Netzwerk dient zur Kopplung unsymmetrischer Spannungen. Mit dieser Variante kann man die Störspannungen auf einer Netzleitung bezogen auf die Bezugsmasse (Erde) erfassen. Jeder Leiter erhält sternförmig zum Bezugsleiter eine Nachbildungsimpedanz – bei zwei Leitungen also V-förmig.
- Ein Delta-Netzwerk koppelt symmetrische und unsymmetrische Komponenten separat. Es dient zur Messung zwischen den Versorgungsleitungen eines Netzes (symmetrische Komponenten) und zwischen den Versorgungsleitungen und Bezugsmasse (asymmetrische Komponenten). Die Nachbildwiderstände für die unsymmetrischen

Störspannungen und die Nachbildwiderstände für das Gegentaktsignal sind im Dreieck geschaltet.

- Eine T-Nachbildung erstellt einen künstlichen Mittelpunkt und erfaßt ausschließlich asymmetrische Störspannungen symmetrisch betriebener Fernmelde-, Signal- und Steuerleitungen.

Außer für Emissionsmessungen wird eine Netznachbildung auch für Störfestigkeitsprüfungen benötigt. Hier müssen Störsignale auf die Netzzadern eingekoppelt werden. Dafür sind verschiedene Koppelnetzwerke erforderlich.

Zum Umfang der Konformitätsprüfung für netzbetriebene Prüflinge gehört die Erfassung leitungsgeführter Störungen auf der Netzversorgung. Dabei steht nicht der netzseitige Störpegel im Mittelpunkt, sondern das Störspektrum, das der Prüfling selbst erzeugt und an das Netz weitergibt. Zur Erfassung dieses Spektrums eignet sich ein Spektrumanalysator oder ein Meßempfänger, der an eine Netznachbildung angeschlossen ist.

Neben den großen Herstellern etablieren sich vermehrt mittelständische Unternehmen in der EMV-Meßtechnik. Die Firma Kolter aus Erfstadt hat mit der NNB10A eine relativ preiswerte (1148 DM inkl. MwSt) Netznachbildung auf den Markt gebracht, die mit einer Stromentnahme von bis zu 10 A (2300 VA) belastbar ist. Damit eignet sie sich zur Prüfung nahezu aller an einer Schuko-Steckdose betreibbaren Verbraucher, da nur wenige Geräte mehr als 10 A (bis zu 16 A) aufnehmen.

Die englische Bezeichnung 'Line Impedance Stabilisation Network', kurz LISN, erhält den Sinn der Netznachbildung: Es handelt sich um eine Schaltung, die eine definierte Netzimpedanz bereitstellt. Dabei läßt sich der Meßabgriff wahlweise an den Nulleiter (N/Neutral) oder an Phase (L/Live) anschalten, um die Störspektren auf beiden Adern zu erfassen.

Der Aufbau einer V-Netznachbildung (siehe Kasten) ist prinzipiell einfach: es handelt sich um eine 50  $\Omega$ /50  $\mu$ H-Netznachbildung entsprechend den For-

derungen der Grundnorm DIN EN55011. Für die Messung leitungsgeführter Störungen wird ein Meßbereich von 150 kHz...30 MHz vorgeschrieben. Innerhalb dieses Bereichs muß die Netznachbildung einen definierten Impedanzverlauf einhalten. Die Impedanz bei einer bestimmten Meßfrequenz darf sich weder durch äußere Einflüsse noch durch solche, die in der Messung selbst begründet sind, verändern. Für die NNB10A gibt der Hersteller einen nutzbaren Meßbereich von 90 kHz...80 MHz an (Bild 1).

Im Gegensatz zu einer Standard-Netznachbildung verfügt die NNB10A zusätzlich über ein eingebautes, symmetrisches Netzfilter, das auf dem Netz befindliche Störungen vom Meßaufbau fernhält. Das Meßsignal selbst wird durch eine RC-Kombination von der jeweiligen Ader abgenommen und steht an einem BNC-Ausgang mit einer Normimpedanz von 50 Ω zur Verfügung. Ein Problem stellen hier stets Spikes dar, die durch das Netz eingestreut, aber auch durch Schaltvorgänge innerhalb des angeschlossenen Prüflings erzeugt werden können. Sind sie energiereich genug, können sie

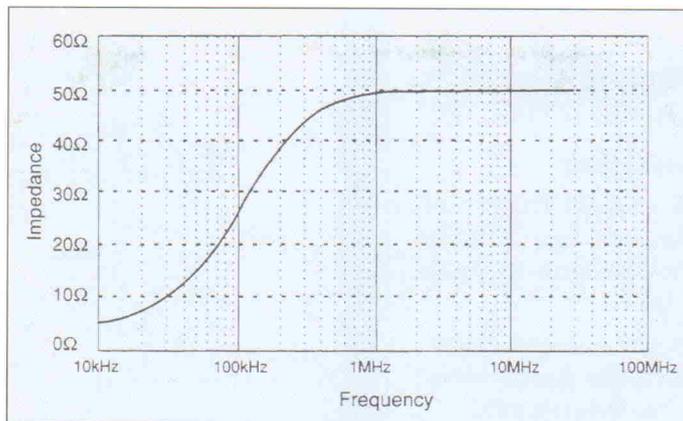


Bild 1. Impedanzverlauf der Netznachbildung NNB10A.

der angeschlossenen Meßelektronik – zum Beispiel dem Spektrumanalyser-Eingang – erheblichen Schaden zufügen. Auch für ELRAD-EMV-Tests wurden schon etliche Eingangssicherungen verdampft. Es ist daher stets anzuraten, empfindliches Meßequipment über einen Spitzenspannungsbegrenzer oder Transientenschutz anzuschließen. Die NNB10A enthält einen Transientenschutz.

### Meßaufbau

Die Messungen können wahlweise in einer Schirmkabine erfolgen oder auf einem Meß-

platz, der den Anforderungen gemäß Bild 2 genügt. Die Anordnung besteht aus einem  $1,5 \times 1 \text{ m}^2$  großen nichtleitenden Prüftisch, der vor einer leitfähigen Wand und auf einem leitfähigen Boden aufgestellt wird. Geeignet ist zum Beispiel ein Holztisch (am günstigsten nicht geschraubt, sondern nur geleimt und verzapft), der auf und vor einem verzinkten Blech steht. Die Abmessungen der leitenden Flächen sollen die Tischmaße in jeder Richtung um mindestens 50 cm überschreiten. Auf dem Tisch werden der Prüfling und – falls erforderlich – weitere Geräte platziert. Dabei gilt zu beachten:

Verbindungskabel, die auf bis auf weniger als 40 cm Abstand bis zum Boden durchhängen, sollte man durch Hin- und Herfalten (nicht aufrollen) zu einem 30...40 cm langen Bündel zusammenfassen, das etwa auf halber Höhe hängt (1).

An ein Peripheriegerät angeschlossene Ein- und Ausgangskabel werden in der Mitte gebündelt und an den Enden mit der korrekten Impedanz abgeschlossen. Länge nicht über 1 m (2).

Das zu prüfende Gerät schließt man an eine Netznachbildung an, alle anderen Geräte an eine weitere. Falls hier mehrere Geräte anzuschließen sind, kann das über einen Mehrfachstecker geschehen. Die Netznachbildungen werden auf dem leitfähigen Boden, in einem Mindestabstand von 80 cm zum Prüfling, aufgestellt. Nichtbenutzte Meßausgänge sind mit korrekter Impedanz abzuschließen (3).

Kabel von Eingabegeräten wie Tastaturen oder Computer-Mäuse sollte man so dicht wie möglich an den Geräten verlegen, an denen sie angeschlossen sind (4).

Die Rückseiten aller Geräte (Prüfling und nicht geprüfte

## Messen nach Norm

Für die Messung hochfrequenter Störungen erfüllt eine Netznachbildung gleichzeitig drei Anforderungen:

- Sie stellt für die Messung am Prüfling eine definierte Impedanz zum Netz hin dar,
- sie unterdrückt unerwünschte Störsignale, die aus dem Versorgungsnetz kommen, und
- sie ermöglicht den Abgriff der zu messenden Störspannungen für den Meßempfänger oder den Spektrumanalysator.

Entscheidendes Kriterium für die Verwendbarkeit einer Netznachbildung ist die Impedanz im betrachteten Frequenzbereich. Diese ist für verschiedene Meßfrequenzbänder unterschiedlich festgelegt. Es ist daher nicht möglich, in jedem Falle ein und dieselbe Netznachbildung zu verwenden. Für Störspannungsmessungen unterscheidet CISPR 16 vier Frequenzbän-

der und gibt dafür folgende Netznachbildungsimpedanzen vor:

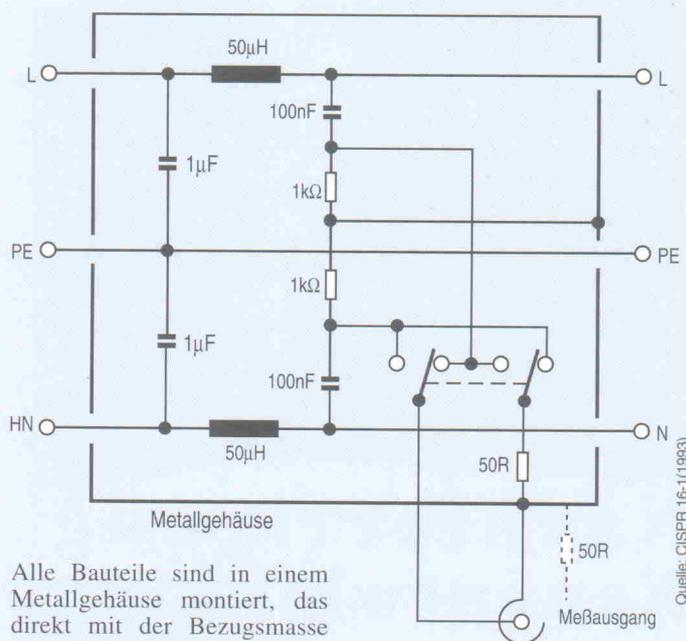
Band A, 10...150 kHz, V-Netzwerk mit  $50 \Omega/50 \mu\text{H} + 5 \Omega$ ,

Band B, 150 kHz...30 MHz, V-Netzwerk mit  $50 \Omega/50 \mu\text{H}$ ,

Band C, 30...300 MHz, V-Netzwerk mit  $50 \Omega/5 \mu\text{H} + 1 \Omega$ ,

Band D, 300 MHz...1 GHz.

Leitungsgeführte Störspannungsmessungen werden nur im Bereich bis 30 MHz durchgeführt. Bei Messungen im Band C gelten die Anforderungen an die Netznachbildung bis 100 MHz. Beim Betrieb einer Netznachbildung ist stets sicherzustellen, daß der Meßausgang mit einer Impedanz von  $50 \Omega$  (der Eingangsimpedanz des Meßempfängers) abgeschlossen wird. Benutzt man den Meßausgang nicht, ist er mit einer passenden Terminierung zu belegen. Die folgende Skizze zeigt ein Beispiel für eine  $50 \Omega/50 \mu\text{H}$  Netznachbildung:



Alle Bauteile sind in einem Metallgehäuse montiert, das direkt mit der Bezugsmasse des Meßempfängers verbunden ist. Durch geeignete Bauteilwahl ist sicherzustellen, daß die Netznachbildung mit der vollen Leistungsaufnahme des Prüflings betrieben werden kann, ohne daß dadurch die

Impedanz der Nachbildung verändert wird. Zwischen den Netz-Eingangsklemmen und Ausgangsklemmen ist ein Spannungsabfall von maximal 5 V zulässig.

**LPKF**

## ProtoMat 91s

### Prototypplatten durchkontaktiert



Der ProtoMat LPKF 91s mit AutoContac sorgt für flexible Prototypfertigung im eigenen Labor.

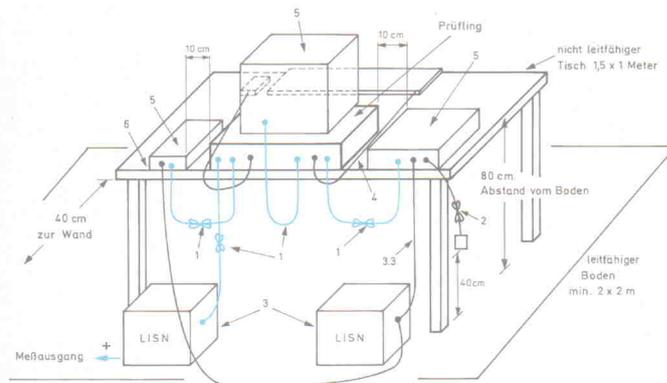
Präzises Gravieren, Bohren, Durchkontaktieren mit Dispenser - fertig ist die Leiterplatte. Die Software CircuitCam Basis mit BoardMaster ist die 100%-ige Schnittstelle zu jedem CAD-System.

LPKF Fräsbohrplotter sind **einfach zu bedienen, umweltfreundlich** und passen auf jeden Labortisch. Die stabile Maschinenkonstruktion läßt Präzisionsfertigung von Feinleiterschaltungen zu.

### Sie wollen mehr wissen?

**Kopieren Sie diese Anzeige und faxen sie an: 05131/7095-90** (Tel.: 05131/7095-0)

LPKF CAD/CAM Systeme GmbH • Osteriede 7 • 30827 Garbsen



**Bild 2. Typischer Meßaufbau zur Erfassung leitungsgeführter Emissionen.**

Entwicklung

Einheiten) sollen an der rückwärtigen Tischkante ausgerichtet werden (5).

Die rückwärtige Tischkante soll sich in 40 cm Abstand von der leitfähigen, ebenen und mit dem Boden verbundenen Wand befinden (6).

Zur Prüfung wird jeweils der Frequenzbereich durchfahren, während die möglichen Betriebsarten des Prüflings durchgespielt und die Kabelanordnung variiert wird. Unterhalb 15 MHz hat die Kabelanordnung zumeist keinen Einfluß. Man sollte darauf achten, das Stromversorgungskabel zum Prüfling nicht zu verändern – eine überschüssige Länge zur Netznachbildung ist wie oben beschrieben zu bündeln.

Um einen möglichst vollständigen Überblick über das Verhalten des Prüflings zu gewinnen, sollten alle Signale innerhalb eines 20-dB-Toleranzfeldes unterhalb der Grenzwerte aufgezeichnet werden. Zumindest sind die höchsten, für jeden Leiter ermittelten Signalwerte zu dokumentieren.

Die hohe Eingangskapazität der Netznachbildung entnimmt dem

Netz auch dann einen Strom (Blindleistung), wenn kein Prüfling angeschlossen ist. Wer dem Energieversorger einen kleinen Gefallen tun möchte, sollte die Netznachbildung bei Nichtgebrauch stromlos schalten. Ein weiterer Punkt: Durch die Ableitung gegen PE kann ein Schutzmechanismus – beispielsweise ein empfindlicher Fehlerstromschutzschalter – ansprechen. Falls möglich, sollte man dann einen FI-Schalter mit höherem Abschaltstrom wählen. cf

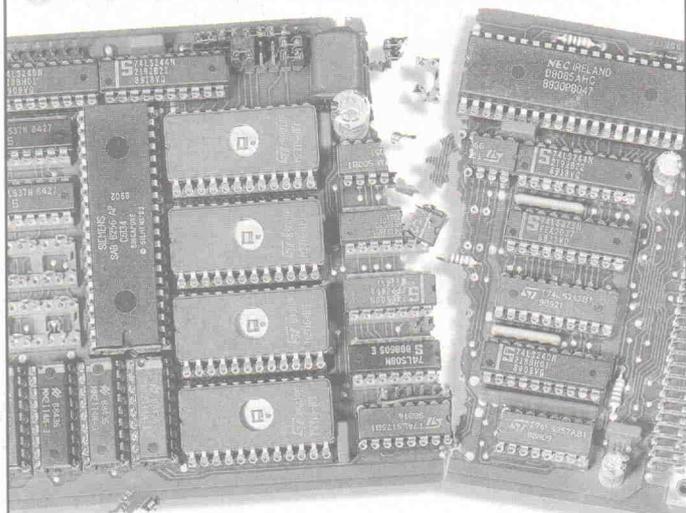
### Literatur

- [1] *Elektromagnetische Verträglichkeit*, Adolf J. Schwab, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1996
- [2] *EMV in der Praxis*, Alfred Weber, Hüthig Verlag, Heidelberg 1994

### Bezugsquelle

Kolter Electronic  
Steinstraße 22  
50374 Erftstadt  
☎ 0 22 35/7 67 07  
☎ 0 22 35/7 20 48

## Jede ist zu ersetzen!



## Nachfertigung Neuentwicklung von nicht mehr lieferbaren Elektronikbaugruppen

DIE ENTWICKLER

**Vereinigte Elektronik Werkstätten** GMBH

Edisonstraße 19 · 28357 Bremen · Tel. 0421/ 27 15 30 · Fax 0421/ 27 36 08

### Netznachbildung Kolter NNB10A

Meßmethode	DIN EN50065-1, gemäß VDE 0808 unsymmetrische V-Netznachbildung zur Messung leitungsgebundener Funkstörungen im Bereich 150 kHz...30 MHz.
Grundnorm	CISPR 16-1, DIN EN55011
Betriebsspannung	DC, 90...250 VAC, 45...66 Hz
Frequenzbereich	89 kHz...80 MHz
Einfügungsdämpfung	0,1...30 MHz typ. <2 dB, Welligkeit ±1 dB 30...80 MHz typ. -3 dB, Welligkeit ±1 dB 20...100 kHz typ. -4 dB, Welligkeit ±1 dB
Meßausgang	BNC, 50 Ω
Phasenwahl	L oder N mittels Umschalter
Übersprechdämpfung L/N	ab 700 kHz größer 20 dB
Wartungsintervall	30 000 h (Kondensator 8 µF)
Gehäusemaße B x H x T	145 x 130 x 220 mm <sup>3</sup>

## ELRAD Direkt-Kontakt

Der **ELRAD**-Service für Direkt-Informationen vom Hersteller:

- gezielte Abfrage
- ohne Umwege über den Verlag
- Gewünschtes ankreuzen bzw. ausfüllen, Firmenanschrift und Absender eintragen, Karte frankieren ... und zur Post.
- Bitte denken Sie daran, daß die Karten nur für Direkt-Anfragen beim Hersteller konzipiert sind. Senden sie deshalb Ihre Anfragen nicht an den Verlag.

**Ausnahme:** Wenn Sie Fragen an die Redaktion haben, können Sie die Karten ebenfalls verwenden.



Fordern Sie Ihre kostenlose VXI Integrator CD-ROM an, unter Tel.: (089) 741 31 30



National Instruments Germany GmbH  
Konrad-Celtis-Str. 79  
81369 München

Tel.: 089/741 31 30  
Fax: 089/714 60 35

E-mail: [nig.cs@natinst.com](mailto:nig.cs@natinst.com)  
WWW: <http://www.natinst.com/german>  
Wir stellen aus: MESSTECHNIK in Berlin  
4. u. 5.12.96, Stand 59-61

## ELRAD-

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

## Direkt-Kontakt

Der **ELRAD**-Service für Direkt-Informationen vom Hersteller

In der Zeitschrift **ELRAD, Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen**, Ausgabe \_\_\_\_\_, Seite \_\_\_\_\_, fand ich Ihre

Anzeige

Beilage über

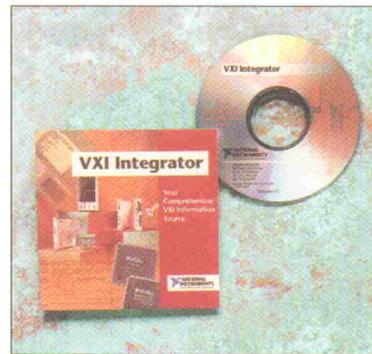
Ich bitte um:  Zusendung ausführlicher Unterlagen  
 Telefonische Kontaktaufnahme  
 Besuch Ihres Kundenberaters

Bitte Zutreffendes ankreuzen bzw. ausfüllen.

Absender nicht vergessen!

## Alles über VXI – gratis

VXI Integrator ist eine kostenlose CD-ROM als Referenz für VXI-Systeme. Sie hilft mehr über die VXI Technologie zu erfahren



und unterstützt beim Zusammenstellen der Komponenten unterschiedlicher Hersteller.

VXI Integrator, eine Windows-basierte Multimedia Software stellt eine umfassende Informationsquelle für VXI- und VME-Material dar; dazu gehören Datenblätter, Applikations-Berichte, Tutorien, Spezifikationen, Demo-Software und eine Geräte-Datenbank mit über 350 Geräten von mehr als 20 verschiedenen Herstellern.

Ob Sie bereits langjährige Erfahrung im VXI-Sektor haben oder soeben Ihr erstes System planen, VXI Integrator ist ein Tool von unschätzbarem Wert.



1 Eurokarte\*

+ Einrichtung

+ Photoplot

+ MwSt.

=

DM 99.-

\*doppelseitig, durchkontaktiert

# Pay more ?



INFO:

FAX-ABRUF: 06120 - 907015  
INTERNET: <http://www.pcb-pool.com>

# NO !



**ELRAD Direkt-Kontakt**

Anschrift der Firma, zu der Sie Kontakt aufnehmen wollen. 

**Absender**  
(Bitte deutlich schreiben)

Vorname/Name \_\_\_\_\_  
 Abt./Position \_\_\_\_\_  
 Firma \_\_\_\_\_  
 Straße/Nr. \_\_\_\_\_  
 PLZ Ort \_\_\_\_\_  
 Telefon Vorwahl/Rufnummer \_\_\_\_\_

**Postkarte**

Bitte mit der jeweils gültigen Postkartengebühr freimachen

Firma \_\_\_\_\_  
 Straße/Postfach \_\_\_\_\_  
 PLZ Ort \_\_\_\_\_

**ELRAD Direkt-Kontakt**

Abgesandt am \_\_\_\_\_ 199\_\_

an Firma \_\_\_\_\_

**Angefordert**

- Ausführliche Unterlagen
- Telefonische Kontaktaufnahme
- Besuch des Kundenberaters

Name \_\_\_\_\_  
 Vorname \_\_\_\_\_  
 Firma \_\_\_\_\_  
 Abteilung \_\_\_\_\_  
 Straße/Postfach \_\_\_\_\_  
 PLZ/Ort \_\_\_\_\_  
 Telefon \_\_\_\_\_  
 Fax \_\_\_\_\_

© Copyright 1996 National Instruments Corporation. Alle Rechte vorbehalten. Produkt- und Firmennamen sind eingetragene Warenzeichen ihrer Hersteller.

elr 12/96



National Instruments Germany GmbH  
 Konrad-Celtis-Str. 79  
 81369 München



Fordern Sie Ihre kostenlose VXI Integrator CD-ROM an, unter Tel.: (089) 741 31 30



National Instruments Germany GmbH  
 Konrad-Celtis-Str. 79  
 81369 München  
 Tel.: 089/741 31 30  
 Fax: 089/714 60 35

E-mail: [nig.cs@natinst.com](mailto:nig.cs@natinst.com)  
 WWW: <http://www.natinst.com/german>

Meine Adresse / Fax-Nummer:

\_\_\_\_\_

Mach mich frei!

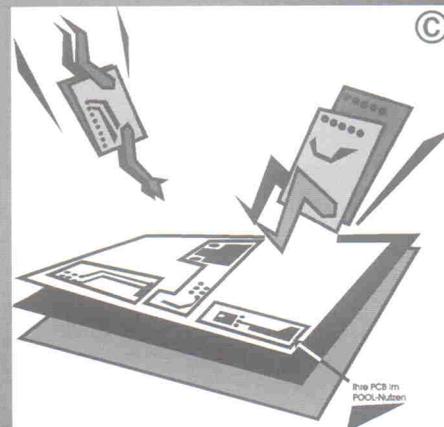
Senden/Faxen Sie mir die PCB-POOL Teilnahmebedingungen!

Bitte senden Sie mir die PREVUE-DISC kostenlos zu!

Die PREVUE Software kann ich aus der BETA MAILBOX downloaden!



GmbH  
 Feldstraße 2  
 65326 Aarbergen



**PCB-POOL®**

Telefon ++49 (0)6120 90701.0  
 Telefax 90701.4  
 Fax-Info-Abruf 90701.5  
 BBS analog 90701.6  
 BBS isdn 90701.8  
[beta-layout@pcb-pool.com](mailto:beta-layout@pcb-pool.com)  
<http://www.pcb-pool.com>

**Leser werben Leser**

- Sie erhalten als Dankeschön für Ihre Vermittlung **ein Buch „Motorola“** nach Wahl. (Bitte umseitig ankreuzen).
- Der neue Abonnent bekommt ELRAD jeden Monat pünktlich ins Haus, das heißt, die Zustellung ist bereits im günstigen Preis enthalten. Das Abonnement gilt zunächst für 1 Jahr, danach ist die Kündigung **jederzeit zur übernächsten Ausgabe** möglich.
- **Vertrauensgarantie (gilt ab Vertragsabschluss): Diese Bestellung kann innerhalb von 8 Tagen beim Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Helstorfer Str. 7, 30625 Hannover, widerrufen werden.**
- Der neue ELRAD-Abonnent und der Prämienempfänger dürfen nicht identisch sein. Das Angebot gilt nicht für Geschenkabonnements und nicht für Abonnements zum Studentenpreis. Die Zusendung der Prämie erfolgt nach Zahlungseingang. (Lieferzeit danach ca. 2 Wochen).
- Um einen neuen Abonnenten zu werben, brauche ich selbst kein Abonnent zu sein.

**ELRAD-Kleinanzeige**

**Auftragskarte**

Nutzen Sie diese Karte, wenn Sie etwas suchen oder anzubieten haben!

Abgesandt am:

199

Bemerkungen

Abbuchungserlaubnis erteilt am:

**eMedia Bestellkarte**

Mit dieser Service-Karte können Sie

- Platinen und Software zu **ELRAD-Projekten** bestellen

Bestellungen nur gegen Vorauszahlung

Schicken Sie bitte ELRAD, von der nächsterreichbaren Ausgabe für mindestens 1 Jahr zum Preis von  Inland DM 79,20  Ausland DM 86,40 an:

Vorname/Zuname \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

PLZ/Wohnort \_\_\_\_\_

Ich wünsche folgende Zahlungsweise:  
 Bargeldlos und bequem durch Bankeinzug Bankleitzahl: \_\_\_\_\_

Konto-Nr. \_\_\_\_\_ Geldinstitut: \_\_\_\_\_

Gegen Rechnung. Bitte keine Vorauszahlung leisten. Rechnung abwarten.

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift des neuen Abonnenten (unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

**Vertrauensgarantie (gilt ab Vertragsabschluss): Mir ist bekannt, daß ich diese Bestellung innerhalb von 8 Tagen beim Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Helstorfer Str. 7, 30625 Hannover, widerrufen kann und bestätige dies durch meine Unterschrift. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung.**

Datum \_\_\_\_\_ 2. Unterschrift des neuen Abonnenten (unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte) 1852  
 Bitte beachten Sie, daß diese Bestellung nur dann bearbeitet werden kann, wenn beide Unterschriften eingetragen sind.  
 Schicken Sie die Prämie an diese Adresse, sobald der neue Abonnent bezahlt hat:

Vorname/Zuname \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

PLZ/Wohnort \_\_\_\_\_

Der neue ELRAD-Abonnent und der Prämienempfänger dürfen nicht identisch sein. Das Angebot gilt nicht für Geschenk-Abonnements und nicht für Abonnements zum Studentenpreis. Die Zusendung der Prämie erfolgt nach Zahlungseingang. (Lieferzeit danach ca. 2 Wochen).

**ELRAD-Kleinanzeigen**

**Auftragskarte**

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe folgenden Text im Fließsatz als

- private Kleinanzeige  gewerbliche Kleinanzeige\* (mit ☒ gekennzeichnet)

DM	
4,30 (7,20)	_____
8,60 (14,40)	_____
12,90 (21,60)	_____
17,20 (28,80)	_____
21,50 (36,00)	_____
25,80 (43,20)	_____
30,10 (50,40)	_____
34,40 (57,60)	_____

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben **einschl. Satzzeichen und Wortzwischenräume**. Wörter, die **fettgedruckt** erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen.

\*) Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer laufen, so erhöht sich der Endpreis um DM 6,10 Chiffre-Gebühr. **Bitte umstehenden Absender nicht vergessen!**



**Bestellung**

7948

Ich gebe die nachfolgende Bestellung **gegen Vorauszahlung** auf

- Den Betrag buchen Sie bitte von meinem Konto ab
- Konto-Nr. \_\_\_\_\_ BLZ \_\_\_\_\_
- Bank \_\_\_\_\_
- Eurocard
- Visa
- American Express

Scheck liegt bei.

Card-Nr. \_\_\_\_\_

Gültigkeitszeitraum von \_\_\_\_/\_\_\_\_ bis \_\_\_\_/\_\_\_\_  
 Monat/Jahr Monat/Jahr

Menge	Produkt/Bestellnummer	à DM	gesamt DM
1x	Porto und Verpackung (Inland)	6,-	6,-

**Absender nicht vergessen!**

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift (unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

**ELRAD-**  
**Leser werben Leser**

**2** Bücher „Motorola“  
 stehen zur Auswahl!  
 Eins für Sie...  
 (bitte ankreuzen)



①



②

**Absender:**

Name/Vorname

Beruf

Straße/Postfach

PLZ/Ort

**Veröffentlichungen nur gegen Vorkasse.**

Bitte veröffentlichen Sie umstehenden Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von **ELRAD**.

Den Betrag buchen Sie bitte von meinem Konto ab.

Konto-Nr. BLZ

**Bank**

- Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.  
 Kreissparkasse Hannover, BLZ 250 502 99, Kto.-Nr.000-019 968  
 Post giro Hannover, BLZ 250 520 99, Kto. Nr. 9305-308
- Scheck liegt bei.

**X**

Datum Unterschrift  
 (unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

**Absender**

(Bitte deutlich schreiben)

Name/Vorname

Beruf

Straße/Nr.

PLZ/Ort

Telefon

Bitte freimachen,  
 falls Marke  
 zur Hand.

Antwortkarte

Verlag Heinz Heise  
 Zeitschriften-Vertrieb  
 Helstorfer Straße 7

30625 Hannover

Bitte  
 ausreichend  
 frankieren.

Antwortkarte

Verlag Heinz Heise  
 Anzeigenabteilung  
 Helstorfer Straße 7

30625 Hannover

Bitte  
 ausreichend  
 frankieren.

Antwortkarte

**eMedia GmbH**  
 Postfach 61 01 06

30601 Hannover

**ELRAD**  
**Leser werben Leser**

Abgesandt am

199

zur Lieferung ab

Heft

199

**ELRAD-Kleinanzeige**  
**Auftragskarte**

**ELRAD**-Leser haben die Möglichkeit,  
 zu einem Sonderpreis Kleinanzeigen  
 aufzugeben.

Private Kleinanzeigen  
 je Druckzeile 4,30 DM

Gewerbliche Kleinanzeigen  
 je Druckzeile 7,20 DM

Chiffregebühr 6,10 DM

**eMedia Bestellkarte**

Abgesandt am

Bestellt/angefordert

Abbuchungserlaubnis erteilt am:

# Schöne Bescherung!

Und das jeden Monat –  
1 Jahr lang.



Karte weg?  
Macht nichts.  
Einfach anrufen und  
Bestellkarte anfordern:  
05 11/53 52-1 57

Bereiten Sie Ihren Freunden,  
Bekannten und Kollegen eine  
Freude: Verschenken Sie ein  
Jahresabo der Zeitschrift  
**ct**, **ix**, **GATEWAY** oder **ELRAD**

Achtung! Die Ausgabe 1/97 der  
Zeitschriften c't und ix erscheint  
bereits vor Weihnachten. Bitte be-  
stellen Sie das Abo gegebenenfalls  
ab 2/97, damit Ihr Geschenk eine  
Weihnachtsüberraschung bleibt!



Verlag Heinz Heise, Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Tel. 05 11/53 52-157  
Fax: 05 11/53 52-289  
E-Mail: abo@heise.de



ELEKTRONIKRING 1  
2 6 4 5 2 SANDE  
TEL: 0 44 22 / 9 55 - 0  
FAX: 0 44 22 / 9 55 - 111  
ANRUFBESWORTER:  
0 44 22 / 9 55 - 222

**KATALOG KOSTENLOS!**

Versand ab DM 10,- / Ausland ab DM 100,-  
Versandkostenpauschale: NN 7,-  
aufser per Nachnahme oder Bankinzug  
Bankinzug: DM 5,80  
(aufer Behrden, Schulen usw.) UFS: DM 9,00

Stand: 1. November 1996

**Transistoren**

BC	BD	BDW	BFR	BUW	
107A	0.31	238 0.60	93B 1.40	3B 1.40	11A 2.05
107B	0.31	239C 1.05	93C 1.50	90 0.83	12A 6.20
108B	0.31	240C 0.87	94B 1.40	91 0.87	13A 5.45
108C	0.31	241B 0.92	94C 1.35	96 0.97	41B 1.70

**Halbleiterangebot**

BU 208A	2,15
BU 208D	2,40
BU 508A	1,85
BU 508AF	1,85
BU 508D	2,30
BU 508DF	2,30
BU 2508AF	2,50
BUT 11A	1,10
BUT 11AF	1,20
BUT 12A	1,60
BUZ 11	1,85
BUZ 11A	1,80

uA 7805	-55
uA 7812	-55
uA 7815	-55
uA 7905	-53
uA 7912	-53
uA 7915	-53

LM 317-220	-73
LM 324 DIL	-36
LM 339 DIL	-36
LM 358 DIP	-36
NE 555 DIP	-39
NE 556 DIL	-49
NE 552 DIP	0,98
NE 5532A DIP	1,05
NE 5534 DIP	0,98
NE 5534A DIP	1,00

TL 071 DIP	-67
TL 072 DIP	-69
TL 074 DIP	-83
TL 081 DIP	-57
TL 082 DIP	-63
TL 084 DIL	-77

BD	
135	0.41
136	0.33
137	0.35
138	0.41
139	0.52
140	0.41
175	0.48
179	0.53
180	0.54
189	0.93
190	0.59
234	0.60
235	0.60
236	0.60
237	0.67

**Integrierte Schaltungen**

uA (TSL)	LM	NE	OP	TDA	TDA	MOS	MOS	LS									
7805	0.55	336-22,5	1.25	521DIL	3.25	01CP	9.45	2002	1.35	2593	1.50	4000	0.29	4075	0.34	00	0.33
7806	0.56	337T03	1.65	529DIL	2.50	02CP	9.15	2003	1.10	2594	5.05	4001	0.34	4076	0.64	01	0.35
7807	0.94	337-220	4.30	532DIP	0.49	04CY	17.00	2004	2.35	2595	3.20	4002	0.29	4081	0.38	02	0.30
7808	0.56	338T03	9.65	538DIP	6.00	05CP	15.35	2005	2.25	2611A	1.75	4006	0.59	4082	0.38	03	0.31
7809	0.56	339DIL	0.36	542DIP	2.20	06GZ	7.95	2005S	2.30	2653A	4.30	4007	0.29	4536	1.95	04	0.36
7810	0.63															05	0.36
7812	0.55															06	0.64
7815	0.55															07	0.67
7818	0.56															08	0.36
7820	0.96															09	0.34
7824	0.56															10	0.34

voll isoliert:  
uA (Tosh.)  
7803-TA 0.45  
7806-TA 0.45  
7808-TA 0.45  
7810-TA 0.45  
7812-TA 0.45  
7815-TA 0.45  
7820-TA 0.45  
7824-TA 0.45

uA ..  
78L05 0.49  
78L06 0.49  
78L09 0.49  
78L09 0.49  
78L10 0.49  
78L12 0.49  
78L15 0.49  
78S05 0.98  
78S12 0.98  
78S15 0.98  
78S18 0.98  
78S24 0.98  
7905 0.51  
7908 0.51  
7909 0.70  
7910 0.81  
7912 0.53  
7915 0.53  
7918 0.53  
7920 0.53  
7924 0.53  
79L05 0.48  
79L06 0.48  
79L09 0.52  
79L10 0.56  
79L12 0.48  
79L15 0.48  
79L24 0.56

uA  
709 DIL 0.54  
709 DIP 0.77  
723 DIL 0.68  
723 TO 1.00  
733 DIL 0.88  
741 DIL 0.77  
741 DIP 0.38  
741 TO 4.20  
747 DIL 1.00  
748 DIP 0.60  
776 0.87

ICL  
7106 3.60  
7109 3.75  
7109 8.60  
7117 4.75  
7135 6.80  
7650 4.75  
7660 4.70  
8038 6.10  
8069 2.25  
8211 3.05

ICM  
7207A 15.75  
7216D 55.00  
7217JIT 27.30  
7228A 13.40  
7228A 22.80  
7228A 86.80  
7555 0.77  
7556 1.35

ICSD  
1016 AP 24.50  
2560 P 32.80

LF  
347DIL 1.35  
351DIP 0.77  
352DIP 0.70  
355DIP 1.35  
356DIP 1.35  
357DIP 1.40  
398DIP 2.80

LM  
39CZ 9.60  
239DIL 0.98  
258DIP 0.68  
30LDIP 0.67  
308DIP 0.98  
309T03 3.25  
313DIP 0.43  
317-220 0.75  
318DIP 1.35  
319DIL 1.15  
323T03 3.25  
324DIL 0.36  
334T092 1.35  
335T092 1.25



**METEX® Fortschritt in richtungsweisender DMM-Messtechnik mit DUAL-Display**

- Memory für 10 Messungen sowie Vergleichsmessungen
- True RMS measurement
- Überlast- und Überspannungsschutz
- Auto-Polaritätsanzeige, Low-Bat
- Auto/Min/Max/Daten-Aufzeichnung
- Computer-Schnittstelle sowie Software
- Kapazitätsmessung:  
2/2/200nF 2/20/200µF
- Frequenzmessung:  
2/20/200kHz, 1MHz
- db-Messung:  
200mVac / 20Vac
- Temperaturmessung:  
-40°C ~ 1200°C
- Standardbereiche:  
0,2/2/20/200V DCAC  
750V AC / 1000V DC  
2/200mA / 20A DCAC  
200Ω / 2/20/200k / 2/20M

**Metex M-3640D  
DM 133,00**

inkl. Metex-Software, Kabel, Tasche und Temperaturmessfühler

**Die WINDOWS-LABOR-SOFTWARE**

wurde für den Einsatz mit den Multimetern M3610D, M3640D, M3650D, M3830, M3850, 4650CR, MS9150 und Protek506 entwickelt und erlaubt den Anschluß von vier Meßgeräten an den PC und unterstützt außerdem den Einsatz einer 8-Kanal-Relaiskarte. Sie enthält eine Vielzahl von Geräten, mit denen sich spielend leicht Projekte aus den Bereichen der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik realisieren lassen: Zeigerinstrument/ Digitalanzeige / y(t)-Schreiber / Bargraph-Anzeige / Meßwertrecorder / Tabelle / Zähler / Minimum-Maximum-Speicher / Schwellwertschalter / Schaltuhr / Stoppuhr / Takt-Zeitgeber / Remote-Funktion: alle Geräte können untereinander kommunizieren. So lassen sich automatische Meßplätze aufbauen. Formelverwendung: Die Meßwerte mehrerer Multimeter können miteinander verknüpft, umskaliert und neu formuliert werden.



Bestellnummer:  
**Labor-Software 69,-**

382DIL	6.35	570DIL	5.80	27GP	3.70	2030AV1	95	TL		4046	0.61	4553	2.10	00	0.63
385DIP	1.25	571DIL	3.75	37GP	3.70	2030H	2.10			4047	0.78	4555	0.51	01	0.63
386DIP	0.60	572DIL	4.25			2040	1.70			4049	0.46	4556	0.63	04	0.63
387DIP	2.50	582DIL	0.79			2054M	2.35			4050	0.40	4557	2.60	08	0.72
393DIP	0.37	592DIP	0.99			2270	4.20			4041DIL	0.83	4051	0.64	20	0.83
356DIP	0.70	612DIP	2.45			2320	0.93			4081DIP	0.57	4052	0.64	42	1.11
188DIP	8.10	614DIL	5.70			2532	1.15			4082DIP	0.63	4053	0.68	44	0.73
1894	3.55	645DIL	4.95			1042P11	85			4083DIL	1.55	4056	0.78	48	0.54
2290DIL	0.47	646BDIL	1.70			2541	3.10			4084DIL	0.77	4060	0.68	27	0.50
2902DIL	0.49	658DIP	0.83			2345	3.65			321DIP	1.89	4063	0.65	40	0.98
520SDIP	5.00	1124	4.75			2556V	4.40			4066	0.36	40103	1.25	74	0.78
531DIL	2.25	1150	4.75			2576A13	10			431-T0	0.55	4067	2.90	04	1.65
532ADIP	0.98	1251	10.50			2577A	6.55			494DIL	1.20	4068	0.29	40107	0.55
533ADIP	0.58	1293	23.25			2578A	5.85			496DIL	3.90	4069	0.36	40109	0.99
534ADIP	0.98	5030	7.30			2579A	5.55			497ADL2	6.00	4070	0.35	40161	0.94
534ADIP	0.98	5246P20	0.00			2581	5.50			783CRC	4.95	4071	0.35	40162	1.05
535ADIP	1.40	5246A17	0.80			2591	1.40			770SDIP1	1.15	4073	0.36	40174	0.69

**74ALS**

00	0.64
01	1.30
02	0.64
03	2.35
04	0.66
05	1.30
09	1.40
10	0.70
14	1.05
17	1.60
19	1.55
24	1.40
245	1.40
37	1.60
374	1.55
541	2.75
573	1.90
688	7.95

### EAD-Dosen

EAD AP	22,90
EAD UP	22,90

### EAD-Kabel

EAD 2m	13,30
EAD 3m	14,90
EAD 5m	19,50

### TAE-Dosen

TAE 6F-AP	2,85
TAE 6F-UP	3,85
TAE 3x6NFF-AP	3,75
TAE 3x6NFF-UP	4,85
TAE 3x6NFN-AP	3,45
TAE 3x6NFN-UP	4,45
TAE 6F-S Stecker	0,87
TAE 6N-S Stecker	0,87

### SUB-D-Stecker/Buchse

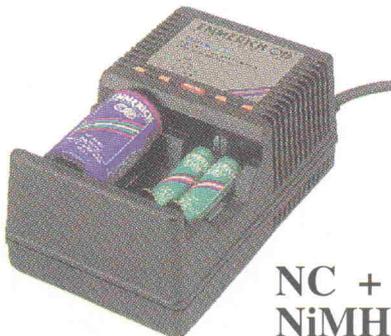
Mind-Stift 09	0,22
Mind-Stift 15	0,30
Mind-Stift 25	0,30
Mind-Buchse 09	0,24
Mind-Buchse 15	0,30
Mind-Buchse 25	0,30

### BNC-Crimp-Stecker/Ku

UG 88U-C58 Stecker	0,68
UG 88U-C59 Stecker	0,82
UG 89U-C58 Kuppl.	1,25
UG 88U/50 Abschluß	1,00
BNCT-58 Tülle	0,18
Crimpzange	29,50

### Microprozessorgesteuertes Ultra-Schnell-Ladegerät für NC + NiMH

ΔU



NC +  
NiMH

mit ΔU Abschaltautomatik und Temperaturüberwachung.  
Zum Laden und Entladen von Ni-Cd und Ni-MH Akkus

#### Weitere Ausstattung

- Entladefunktion, - beugt dem Memory-Effekt vor
- automatische Ladestromanpassung für die verschiedenen Akkugrößen
- leistungsstarke Impuls-Erhaltungsladung
- exakte Ladestatus-Anzeige durch LED
- mechanischer Verpolschutz, Kurzschlußüberwachung

Lade-/ Entlademöglichkeit für

Akku-Typ		Kapazität	Ladezeit
1-4 Micro	NiCd/NiMH	180- 360 mAh	0,45-1,5 h
1-4 Mignon	NiCd/NiMH	500-1200 mAh	1-2 h
1-2 Baby	NiCd/NiMH	1200-3200 mAh	1-3 h
1-2 Mono	NiCd/NiMH	1200-6000 mAh	1-6 h
1-2 prismatisch		600-1200 mAh	1-2 h

Bestellnummer:

Ultra Box

86.00

!!!! Tagespreise !!!!

### Simm-Module

Simm 1Mx9-70	17, <sup>95</sup>
Simm 4Mx9-70	49, <sup>95</sup>

### PS/2-Module

ohne Parity, 60nS

PS/2 4MB OP-60 (1x32)	34, <sup>50</sup>
PS/2 8MB OP-60 (2x32)	62, <sup>90</sup>
PS/2 16MB OP-60 (4x32)	149,-

mit Parity, 70nS

PS/2 4MB MP (1Mx36)	57, <sup>90</sup>
PS/2 8MB MP (2Mx36)	99, <sup>90</sup>
PS/2 16MB MP (4Mx36)	219, <sup>90</sup>

### EDO-Module, 60nS

PS/2 4MB EDO60 (1M32)	36,-
PS/2 8MB EDO60 (2M32)	63,-
PS/2 16MBEDO60 (4M32)	199,-

### CD-ROM

RUESS  
electronic only



Über 230 der besten PD-/ Shareware-/ Demo-Programme. (DOS/Windows) für Elektronik und Mikrokontroller inkl. Windows-Menüprogramm. Zusammengestellt von einem Elektronik-Ingenieur. Die derzeit mit Abstand beste CD dieser Art.

CD-RUESS 39.80

Bitte beachten Sie unsere neue Anschrift sowie unsere neuen Telefon- und FAX - Nummern.

**Katalog (11/96)**  
**kostenlos**

### Pfostenstecker

mit Verriegelungshebel

PSL 10	10pol	0.69
PSL 14	14pol	0.89
PSL 16	16pol	0.90
PSL 20	20pol	0.93
PSL 26	26pol	1.10
PSL 34	34pol	1.30
PSL 40	40pol	1.55
PSL 50	50pol	1.85

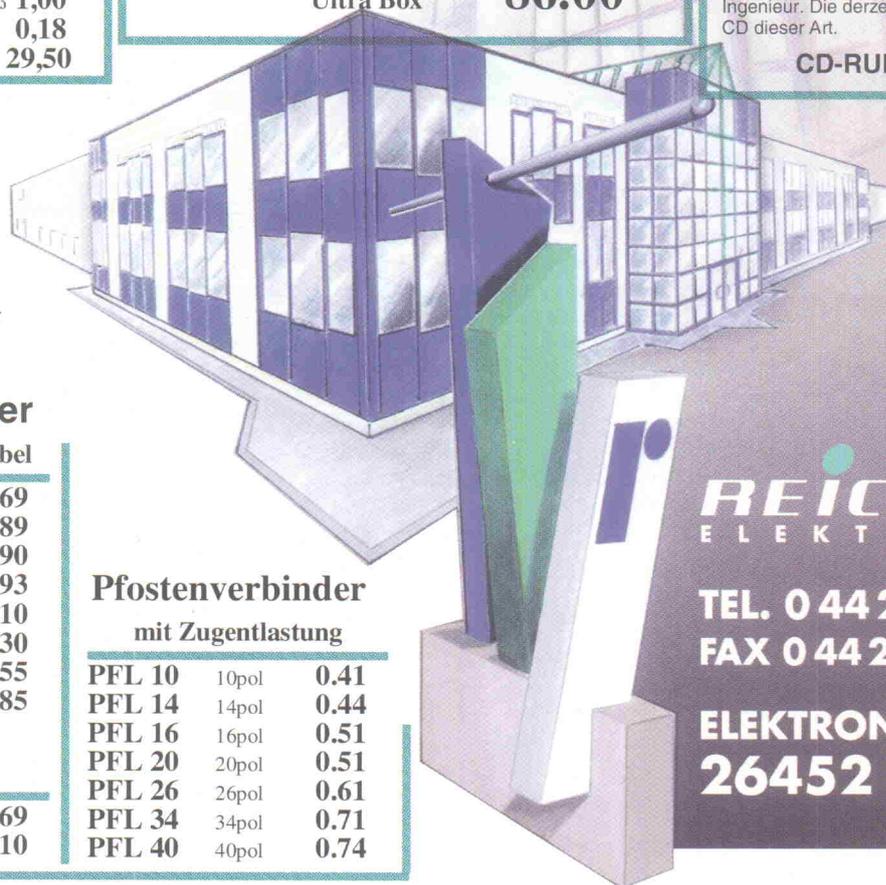
gewinkelt:

PSL 10W	10pol	0.69
PSL 26W	26pol	1.10

### Pfostenverbinder

mit Zugentlastung

PFL 10	10pol	0.41
PFL 14	14pol	0.44
PFL 16	16pol	0.51
PFL 20	20pol	0.51
PFL 26	26pol	0.61
PFL 34	34pol	0.71
PFL 40	40pol	0.74



**REICHELT**  
ELEKTRONIK

TEL. 0 44 22-955-0  
FAX 0 44 22-955-111

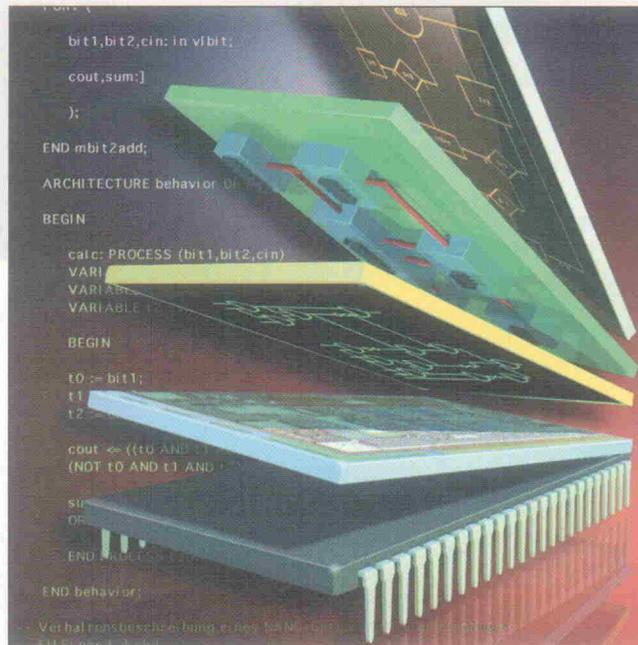
**ELEKTRONIKRING 1**  
**26452 SANDE**

# Schaltungsentwicklung mit VHDL

## Teil 2: Verhaltensbeschreibung

Hans Dicken,  
Michael Koch

VHDL ermöglicht die Darstellung von Schaltungen auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen. Eine Möglichkeit ist die algorithmische Beschreibung eines Bausteins beziehungsweise einer Komponente – die sogenannte VHDL-Verhaltensbeschreibung.



Der erste Artikel dieser Reihe gab einen kleinen Einblick in die Möglichkeiten der Hardwarebeschreibungssprache VHDL. Am Beispiel des NAND-Gatters wurden die einzelnen Schritte von der Erstellung einer VHDL-Beschreibung bis zur Simulation aufgezeigt. Für die folgenden Ausführungen soll zunächst ein grober Überblick über einige Möglichkeiten der Schaltungsmodellierung gegeben werden. Anschließend dreht sich alles um die Sprach-elemente einer VHDL-Verhaltensbeschreibung.

### Kunstvoll

Der eigentlich kreative Vorgang bei der Entwicklung von Schaltungen mit VHDL ist nicht die Erstellung der Hardwarebeschreibungen, sondern die Formulierung der Spezifikation (der Designidee) und die Umsetzung dieser Spezifikation in eine maschinenlesbare, simulier- und synthetisierbare Form. VHDL ist dabei – wie jede Programmiersprache – lediglich ein

Werkzeug, das Entwickler bei der Arbeit unterstützen soll. Dabei darf das Ziel – die Umsetzung der Designidee in Hardware – nicht außer acht gelassen werden. Beispielsweise treten folgende Fragestellungen auf: Wie beschreibe ich eine Schaltung in VHDL so, daß sie später wirklich in Hardware umgesetzt werden kann? (Das ist keineswegs selbstverständlich!) Wie abstrakt beschreibe ich meine Schaltung in VHDL? Welche Schritte benutze ich, um systematisch zu einem guten Ergebnis zu kommen? Beschreibe ich das Verhalten meiner Schaltung in algorithmischer Form, oder beschreibe ich ihre Struktur (bestehend aus einzelnen Komponenten)? Die Behandlung dieser und weiterer Fragen sind so wichtig, daß sie im Rahmen mehrerer Artikel ausführlich behandelt werden sollen.

### Beschreibungsarten

VHDL ermöglicht die Beschreibung von Hardwarekomponenten auf sehr unterschiedlichen

Abstraktionsebenen. Eine Strukturbeschreibung weist bereits auf mögliche Realisierungsformen in Hardware hin, während die Verhaltensbeschreibung eine Schaltung sehr abstrakt auf rein funktionaler Ebene definiert. Um die Unterschiede zwischen Verhaltens- und Strukturbeschreibungen in VHDL zu verdeutlichen, seien nachfolgend beide Formen einander gegenübergestellt und ihr Zusammenwirken aufgezeigt.

Ein XOR-Gatter läßt sich beispielsweise algorithmisch definieren, indem man den folgenden Prozeß innerhalb eines Architekturrumpfes schreibt:

```
process (a, b)
begin
  if (a = b) then
    y <= '0' after 3 ns;
  else
    y <= '1' after 3 ns;
  end if;
end process;
```

Ein ähnliches VHDL-Modell befand sich schon im letzten Beitrag beim Beispiel des NAND-Gatters. Es wird darin nichts über die interne Struktur der Schaltung ausgesagt, sondern lediglich ihr Verhalten beschrieben ('Benutze die Exklusiv-Oder-Funktion'). Man bezeichnet ein derartiges Vorgehen deshalb als die *Verhaltensbeschreibung* einer Hardwarekomponente. Demgegenüber könnte man das XOR-Gatter auch aus anderen Gattern als Komponenten zusammensetzen (Bild 6):

$$y = (\bar{a} \wedge b) \vee (a \wedge \bar{b})$$

Aus der Gleichung geht hervor, daß man ein XOR-Gatter auch aus zwei Invertern, zwei AND-Gattern und einem OR-Gatter konstruieren könnte. Es liegt ein struktureller Aufbau der Schaltung vor – man bezeichnet dieses als *Strukturbeschreibung*. Sie sähe im Architekturrumpf des XOR-Gatters etwa so aus:

```
architecture structure of xor_2 is
-- Deklaration der benötigten
-- Komponenten
  component inverter
    port (a: in bit; y: out bit);
  end component;
  component and_2
    port (a, b: in bit; y: out bit);
  end component;
  component or_2
    port (a, b: in bit; y: out bit);
  end component;
-- Deklaration der benötigten internen
-- Signale
  signal interm1, interm2, interm3, interm4: Bit;
-- Instantiierung der benötigten
-- Komponenten und Definition deren
-- Zusammenwirkens
```

```

Inverter1: inverter port map (a, intern1);
Inverter2: inverter port map (b, intern2);
AND1 : and_2 port map (intern1, b,
                      intern3);
AND2 : and_2 port map (intern2, a,
                      intern4);
OR2 : or_2 port map (intern3, intern4, y);

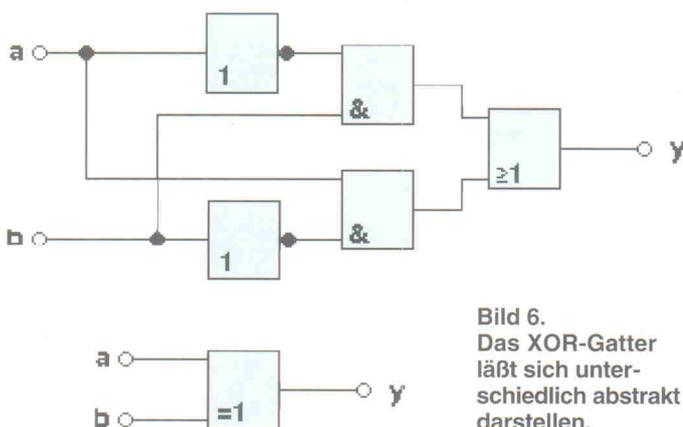
```

Ausgehend von einer solchen VHDL-Strukturbeschreibung für das XOR-Gatter bleibt jedoch die Frage, wo die Komponenten dieser Struktur, nämlich die beteiligten Inverter, AND- und OR-Gatter beschrieben sind (irgendwo müssen ja auch die definiert sein). Angenommen, es erwiese sich als sinnvoll, die Komponenten einer Strukturbeschreibung wieder über eine Strukturbeschreibung zu definieren und deren Komponenten wiederum und so weiter. Da jede Verfeinerung ab einem bestimmten Punkt nicht mehr sinnvoll ist, muß man die 'untersten' Komponenten einer VHDL-Strukturbeschreibung immer über ihr Verhalten definieren. Die Verhaltensbeschreibungen sind also bei VHDL immer mit im Spiel.

### Dreigestirn

Dieser kurze Exkurs in das Gebiet der VHDL-Strukturbeschreibungen verdeutlicht auch, was sich hinter dem Begriff 'Abstraktionsebenen' verbirgt. Die obige Verhaltensbeschreibung des XOR-Gatters ist offensichtlich abstrakter – läßt also weniger Rückschlüsse auf die spätere Realisierung zu – als die angedeutete Beschreibung der Struktur.

Vielfach wird neben der Verhaltens- und der Strukturbeschreibung die *Datenflußbeschreibung* als drittes zentrales Konzept genannt. In einer solchen ist der Datenfluß der Schaltung über ihre logische Funktion definiert. Im Beispiel des XOR-Gatters sieht das dann so aus:



**Bild 6.**  
Das XOR-Gatter läßt sich unterschiedlich abstrakt darstellen.

```

process (a, b)
begin
y <= (a and not b) or (not a and b)
after 3 ns;
end process;

```

oder

```

process (a, b)
begin
y <= a xor b after 3 ns;
end process;

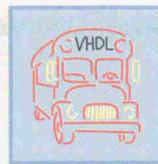
```

Aus syntaktischer Sicht ist die Datenflußbeschreibung eine spezielle Variante der Verhaltensbeschreibung.

### Datentypen

Anhand eines Beispiels sollen nachfolgend einige zentrale Konzepte einer VHDL-Verhaltensbeschreibung besprochen werden. Zunächst stehen einige wichtige VHDL-Daten- und Kontrollstrukturen im Mittelpunkt, bevor Unterprogramme und abschließend Prozesse zur Sprache kommen. Angesichts der immensen sprachlichen Möglichkeiten können im Rahmen des Artikels nicht sämtliche Aspekte einer VHDL-Verhaltensbeschreibung erläutert werden. Im weiteren Verlauf der Serie tauchen in Beispielen jedoch noch viele andere Elemente dieser Beschreibungsvariante auf. Eine ausführliche Erläuterung der Syntax und Semantik von VHDL'87 befindet sich auf der CD-ROM VHDL!start, ergänzende Details enthält das IEEE-Referenzhandbuch.

Die VHDL-Werkstatt (vgl. Kasten) dieses Artikels befaßt sich mit der Verhaltensbeschreibung eines 8-Bit-Addierers. *Bit* ist ein vordefinierter Datentyp in VHDL, der die Werte 0 oder 1 annehmen kann; *Bit\_vector* ist ein ebenfalls vordefiniertes Array mit Komponenten vom Typ *Bit*. Die vordefinierten Datentypen sind im Package *Standard* definiert, das für alle Ent-



## VHDL-Werkstatt

Die Funktionalität eines 8-Bit-Addierers läßt sich schnell beschreiben: Innerhalb einer Schleife werden die Bits der Reihe nach abgearbeitet (vom LSB zum MSB) und jeweils paarweise unter Berücksichtigung von Überträgen addiert. Die paarweise Addition geschieht innerhalb einer Funktion, die als Parameter einen *Bit\_vector* mit drei Komponenten (Bit des ersten Summanden, Bit des zweiten Summanden, Übertrag) mit auf den Weg bekommt und ihre Ergebnisse in Form eines zweiten *Bit\_vectors* mit zwei Komponenten (Bit der Summe, entstandener neuer Übertrag) zurückliefert.

Besitzer der CD-ROM VHDL!start sollten für diese Beschreibung den Green Mountain Compiler benutzen.

```

-- Verhaltensbeschreibung eines 8-Bit-Addierers mit
-- Uebertragsein- und ausgang

```

```
entity adder_8 is
```

```
port (in0, in1 : in Bit_vector (7 downto 0);
      uebertr_ein : in Bit;
      summe : out Bit_vector (7 downto 0);
      uebertr_aus : out Bit);
```

```
end adder_8;
```

```
architecture add_behaviour of adder_8 is
```

```
begin
```

```
process
```

```
-- Prozessdeklarationen
```

```
-- Zunächst eine Funktion zur Addition zweier Bits
```

```
-- mit Uebertrag
```

```
-- Die Summanden nebst Uebertrag sind zu einem Vektor
```

```
-- zusammengefasst,
```

```
-- die Summe nebst Uebertrag ebenfalls.
```

```
function add_two_Bit (ein: Bit_vector (1 to 3)) return Bit_vector is
```

```
begin
```

```
case ein is
```

```
when "000" => return "00";
```

```
when "001" => return "10";
```

```
when "010" => return "10";
```

```
when "011" => return "01";
```

```
when "100" => return "10";
```

```
when "101" => return "01";
```

```
when "110" => return "01";
```

```
when "111" => return "11";
```

```
end case;
```

```
end add_two_Bit;
```

```
-- Die folgende Variablendeklaration fuer die Laufvariable
```

```
-- der Schleife ist optional...
```

```
variable lauf: Integer;
```

```
-- ...die folgenden dagegen nicht
```

```
variable summanden : Bit_vector(1 to 3);
```

```
variable summen : Bit_vector(1 to 2);
```

```
variable uebertr : Bit;
```

```
-- Prozessrumpf
```

```
begin
```

```
uebertr := uebertr_ein;
```

```
Schleife1:
```

```
for lauf in 0 to 7 loop
```

```
summanden(1) := in0(lauf);
```

```
summanden(2) := in1(lauf);
```

```
summanden(3) := uebertr;
```

```
-- Hier wird die Funktion aufgerufen
```

```
summen := add_two_Bit(summanden);
```

```
summe(lauf) <= summen (1);
```

```
uebertr := summen (2);
```

```
end loop Schleife1;
```

```
uebertr_aus <= uebertr;
```

```
wait on in0, in1, uebertr_ein;
```

```
end process;
```

```
end add_behaviour;
```

## Prozeduren und Funktionen

Funktionsaufrufe werden in VHDL wie Ausdrücke behandelt, Prozeduraufrufe wie Anweisungen. So ist beispielsweise `c := summe(a,b)` ein Ausdruck für die Addition der beiden Zahlen `a` und `b` zu `c`; `summe(a,b,c)` dagegen die Anweisung, aus `a` und `b` die Summe `c` zu bilden – beides unter der Voraussetzung, daß eine entsprechende Funktion 'summe' und eine Prozedur 'summe' definiert ist.

Allgemeiner syntaktischer Aufbau von VHDL-Unterprogrammen. Zunächst eine Funktion:

```
function Funktionsname (Parameterliste)
return Typname is -- legt den Typ des Ausgabewertes fest
-- Variablendeklarationen (optional)
-- Konstantendeklarationen (optional)
-- Typendeklarationen (optional)
-- use-Klausel (optional)
begin
-- Es folgen sequentielle Anweisungen, die mindestens ein
-- Rueckgabe_Statement in folgender Form beinhalten
return Ausdruck;
-- legt fest, was als Ausgabewert zurueckgeliefert wird
end Funktionsname;
```

Es folgt die allgemeine Form einer Prozedur.

Für die Parameterübergabe (die Einträge in der Parameterliste) gibt es drei mögliche Modi:

**in:** Der Parameter darf innerhalb der Prozedur nur gelesen werden.

**out:** Innerhalb der Prozedur darf nur zuweisend (schreibend) auf den Parameter zugegriffen werden.

**inout:** Schreibender und lesender Zugriff auf den Parameter sind erlaubt.

Ein Prozedur-Beispiel:

```
procedure Summe (summand1: in Bit;
                 summand2: in Bit;
                 summe : out Bit;
                 carry : inout Bit) is
```

Ende des Beispiels

```
procedure Prozedurname (Parameterliste) is
-- Variablendeklarationen (optional)
-- Konstantendeklarationen (optional)
-- Typendeklarationen (optional)
-- use-Klausel (optional)
begin
-- Es folgen sequentielle Anweisungen.
end Prozedurname;
```

wurfseinheiten sichtbar ist. Einige komplexe Datentypen sind in den Packages `std_logic_1164` [1] und `textio` vordefiniert.

Neben `Bit` und `Bit_vector` kennt VHDL die üblichen Datentypen 'Character', 'Boolean', 'Integer', 'Real' und 'String' (siehe Kasten: Typisch). Ein spezieller vordefinierter Aufzählungstyp ist der 'Severity\_Level', der Fehlerklassen beinhaltet (note, warning, error, failure). Ebenfalls im Package `Standard` ist der physikalische Datentyp 'Time' definiert, ein Aufzählungstyp mit den Komponenten `fs`, `ps`, `ns`, `us`, `ms`, `sec`, `min` und `hr` (siehe Kasten: 'Zeitsprün-

ge'). Da diese Typen in VHDL als Standard festgelegt sind, kann man die Maßeinheit 'ns' für die Einbeziehung von Verzögerungszeiten benutzen, ohne sie vorher zu definieren oder explizit zu importieren.

Selbstverständlich lassen sich auch komplexere Datenstrukturen (*zusammengesetzte Datentypen*) definieren. Die dafür notwendigen Konstruktoren `array` und `record` werden beispielsweise folgendermaßen eingesetzt:

```
type Bit_vector is array (Natural
                          range <>) of Bit;
type Bit_und_Zahl is
record
```

```
Bit_Komponente : Bit;
Zahl_Komponente : Integer;
end record;
```

VHDL bietet daneben viele Möglichkeiten der Definition und des Zugriffs auf Datenstrukturen (Unterbereichstypen, Attribute, Aliase, ...). Diese werden im Laufe der Artikelserie jeweils erläutert, wenn sie in Beispielen auftreten.

## Deklaration und Anweisung

Die grundlegende Zusammensetzung aus Bausteindeklaration und Architekturrumpf wurde bereits im ersten Artikel dieser Reihe vorgestellt. Der Code im Architekturrumpf ist im hier vorgestellten Beispiel des 8-Bit-Addierers schon wesentlich komplexer. Sämtliche Deklarationen und Anweisungen befinden sich wieder innerhalb eines Prozesses. Die einzelnen Befehle innerhalb des Prozesses erinnern sehr an eine Programmiersprache, und dieser Eindruck trägt keineswegs: Im Gegensatz zu Strukturbeschreibungen, die sich vom groben Aufbau her immer ziemlich ähneln, enthält eine Verhaltensbeschreibung ein wesentlich größeres Ensemble an sprachlichen Möglichkeiten von VHDL.

Auch innerhalb eines Prozesses gibt es einen Deklarations- und einen Anweisungsteil. Letzterer sei im Beispiel 'Prozeßrumpf' genannt, weil es so gut in das Umfeld der Deklarationen und Rümpfe paßt. Im Prozeßdeklarationsteil werden Funktionen, Prozeduren, Typen, Konstanten oder Variablen deklariert (aber keine Signale; diese werden außerhalb eines Prozesses deklariert). Beim 8-Bit-Addierer wird die Funktion mit Namen 'add\_two\_Bit' ausgewiesen, die man dann unten im Prozeßrumpf aufruft. Ferner werden einige Variablen deklariert, die man ebenfalls im Prozeßrumpf benötigt. Variablen und Signale lassen sich in VHDL bereits bei der Deklaration initialisieren, also etwa:

```
variable laufvariable : Integer := 0;
signal Chip_Select : Bit := '1';
```

In ähnlicher Form werden Konstanten deklariert:

```
constant PI : Real := 3,14;
```

VHDL unterscheidet zwischen *Variablen* und *Signalen* beziehungsweise zwischen *Variablen-*

*zuweisungen* und *Signalzuweisungen*. Variablen stellen lokale Variablen innerhalb eines Prozesses dar, die zur Speicherung von Zwischenergebnissen genutzt werden können (zum Beispiel 'summanden' und 'uebertr' beim 8-Bit-Addierer). Demgegenüber stellen Signale Verbindungen zwischen den Ports unterschiedlicher Komponenten her, wie Leitungen zwischen Bauteilen einer Leiterplatte (zum Beispiel 'in0' und 'summe' beim 8-Bit-Addierer).

An Kontrollstrukturen bietet VHDL die *if*- und die *case*-Anweisung, für Programmschleifen die *loop*-, die *for* und die *while*-Anweisung. Die *if*-Anweisung wurde schon beim XOR-Gatters benutzt, die *case*-Anweisung und eine *for*-Schleife beim Addierer. Schleifen haben im allgemeinen einen Namen (eine sogenannte *Schleifenmarke*, im Beispiel 'Schleife1'), der zu Beginn einer Schleife angegeben wird. Sie enden mit der Anweisung *end loop* <Schleifenmarke>. Man hätte im Beispiel auch eine *while*- oder eine *loop*-Schleife benutzen können:

## Zeitsprünge

In der Deklaration physikalischer Typen, die aus einem ganzzahligen Wert und einer Einheit bestehen (zum Beispiel 5 ns), wird zunächst eine Basiseinheit vorgegeben. Von dieser Basis können dann weitere Einheiten mit Hilfe eines ganzzahligen Multiplikators abgeleitet werden. Im 'Standard Package' von VHDL ist die Basiseinheit Femtosekunden (fs) die Bezugsgröße für Zeitangaben in Pikosekunden (ps), Nanosekunden (ns), Mikrosekunden (µs) usw. bis Stunden (hr) (beispielsweise 1 ns = 1 000 000 fs).

Die Definition sieht dort so aus:

```
type Time is range ...
-- systemabhaengiger Bereich
units
fs; ps = 1000 fs;
n = 1000 ps;
µs = 1000 ns;
ms = 1000 µs;
sec = 1000 ms;
min = 60 sec;
hr = 60 min;
end units;
```

```

variable lauf : Integer := 0;
Schleife1:
while lauf < 8 loop
-- Anweisungen wie im Beispiel
lauf := lauf + 1;
end loop Schleife1;

```

beziehungsweise

```

variable lauf : Integer := 0;
Schleife1:
loop
-- Anweisungen wie im Beispiel
lauf := lauf + 1;
exit when lauf = 8;
end loop Schleife1;

```

## Unterprogramme

Die wesentlichen Hilfsmittel zur Strukturierung eines Programms bilden in jeder Programmiersprache die Unterprogramme. Man unterscheidet dabei *Funktionen* und *Prozeduren*. Während Funktionen aus vorgegebenen Parametern immer genau einen Rückgabewert erzeugen, können Prozeduren einen, mehrere oder auch überhaupt keinen Rückgabewert liefern. Im Beispiel des 8-Bit-Addierers wird eine Funktion verwendet. Sie bildet einen Volladdierer nach, der aus den beiden Summanden und einem Übertrag die Summe und den Übertrag in die nächste Stufe berechnet.

Der Aufbau von Prozeduren und Funktionen ist vergleichbar. Sofern Prozeduren Ergebnisse liefern, benötigen sie jedoch immer Ausgabeparameter innerhalb der Parameterliste (im unteren Beispiel sind dies 'summe' und 'uebertr\_aus'). Bei Funktionen muß man nur den Typ der Parameter und des Rückgabewertes innerhalb der Deklaration angeben (nicht deren Namen). Zudem sind Prozedurparameter gerichtete Größen ('in', 'out' oder 'inout').

Im folgenden Listing ist die Realisierung des Volladdierers als Prozedur dargestellt:

```

-- Prozedurdeklaration
procedure
add_two_Bit (variable summand1: in Bit;
variable summand2: in Bit;
variable uebertr_ein: in Bit;
variable summe: out Bit;
variable uebertr_aus: out Bit) is
-- Deklarationen und Anweisungen...

```

Der Unterschied bei der Angabe der *formalen Parameter* in Prozeduren gegenüber der in Funktionen ist deutlich zu erkennen. Der Prozeduraufruf geschieht dann zum Beispiel so:

```

add_two_Bit (bit_1, bit_2, carry_in,
ausgabe_bit, carry_out);

```

## Typisch

Im VHDL-Standard-Package sind die folgenden Datentypen festgelegt:

Typ	standardmäßig vordefiniert
Aufzählungstypen	Character, Boolean, Bit, Severity_Level
Integer-Typen	Integer
Physikalische Typen	Time
Fließkommantypen	Real
Feldtypen	String, Bit_Vector
Strukturtypen	-
Zeigertypen	-
Dateitypen	-

bit\_1, bit\_2, carry\_in, ausgabe\_bit und carry\_out sind sogenannte *aktuelle Parameter*, die die formalen Parameter (summand1, summand2, uebertr\_ein, summe und uebertr\_aus) zum Zeitpunkt des Prozeduraufufes ersetzen (ähnlich wie bei der Funktion des 8-Bit-Addierers). Die allgemeine syntaktische Form von VHDL-Unterprogrammen ist im Kasten 'Prozeduren und Funktionen' dargestellt.

VHDL hält auch *Overloading*-Mechanismen für Funktionen und Prozeduren bereit. Durch Overloading kann man Unterprogramme gleichen Namens

mit unterschiedlichen Typen oder einer unterschiedlichen Anzahl von Parametern mehrfach definieren. Beim Aufruf einer Funktion oder Prozedur wird dann anhand der Parametertypen und -zahl das 'richtige' Unterprogramm automatisch ausgewählt. Damit könnte man zum Beispiel eine Funktion zur Summenbildung aus zwei Zahlen für unterschiedliche Typen (im folgenden Beispiel 'real' und 'integer') definieren und dann typunabhängig benutzen:

```

function summe (summand1,
summand2: integer) return integer is
begin
...
end;

```

**CRYSTAL**  
A Cirrus Logic Company

**CIRRUS LOGIC**  
<http://www.cirrus.com>

**VGA/Modem/Sound Chipsets**

Partners and logos shown: Open, PROLINK, BEST UNION, ASKEY, ASKEY COMPUTER CORP, CHAINTECH, JOYTECH, CIRRUS LOGIC.

<b>PROLINK</b> FAX NO.: 886-2-2187268 E-mail: joytech@tpist1.seed.net.tw <a href="http://www.prolink.com.tw">http://www.prolink.com.tw</a>
<b>JOYTECH</b> FAX NO.: 886-2-2187268 E-mail: joytech@tpist1.seed.net.tw
<b>CHAINTECH</b> FAX NO.: 49-40-69694848 <a href="http://www.chaintech.com.tw">http://www.chaintech.com.tw</a>
<b>BEST UNION</b> FAX NO.: 2304-7727 <a href="http://www.bestunion.com.hk">http://www.bestunion.com.hk</a>
<b>ASKEY</b> FAX NO.: 886-2-2187255 <a href="http://www.askey.com.tw">http://www.askey.com.tw</a>
<b>AOPEN</b> FAX NO.: 886-2-7197385 <a href="http://www.aopen.com.tw">http://www.aopen.com.tw</a>
<b>CIRRUS LOGIC</b> FAX NO.: 886-2-7184526 <a href="http://www.cirrus.com">http://www.cirrus.com</a>

# VHDL-Glossar

**Aktueller Parameter (actual parameter):** Die aktuellen Parameter ersetzen die formalen Parameter beim Aufruf eines Unterprogrammes.

**Baustein (entity):** Das grundlegende Element jeder VHDL-Beschreibung. Jede Schaltung, die in VHDL beschrieben werden soll, erhält eine nach außen sichtbare Bausteindeklaration (entity declaration) und einen nach außen unsichtbaren Architekturrumpf (architecture body).

**Bit:** Vordefinierter Datentyp in VHDL, der die Werte 0 und 1 beinhaltet.

**Bit\_vector:** In VHDL vordefiniertes Array mit Komponenten vom Typ Bit.

**Datenflußbeschreibung (data flow description):** Eine spezielle Form der Verhaltensbeschreibung, bei welcher der Datenfluß innerhalb einer Schaltung über logische Funktionen definiert wird.

**Formaler Parameter (formal parameter):** 'Platzhalter' in der Definition eines Unterprogrammes. Die formalen Parameter werden beim Unterprogrammaufruf durch die aktuellen Parameter ersetzt.

**Konkurrente Anweisungen (concurrent statements):** Anweisungen, die parallel abgear-

beitet werden (zum Beispiel Prozesse).

**Kontrollstrukturen (control structures):** Als Kontrollstrukturen definiert man in Programmiersprachen diejenigen Sprachkonstrukte, mit denen der Kontrollfluß (der Programmablauf) festgelegt wird.

**Modellierung (modelling):** Die Umsetzung der Designidee in ein Schaltungsmodell.

**Overloading:** Definition von Unterprogrammen gleichen Namens für unterschiedliche Typen oder einer unterschiedlichen Anzahl von Parametern.

**Physikalische Datentypen (physical data types):** VHDL erlaubt auch die Definition physikalischer Datentypen (Beispiele wären die Zeit, die Spannung oder die Entfernung). Vordefiniert ist der Typ 'Time'.

**Port-Beschreibung (port declaration):** In der Port-Beschreibung werden die Ein- und Ausgänge eines Bausteins festgelegt. Die Port-Beschreibung steht in der Bausteindeklaration. Die port declaration beinhaltet daher diejenigen Signale, die von anderen Bausteinen aus nutzbar sind.

**Prozeß:** Ein Rahmen für eine Folge sequentiell abzuarbeiten-

der Anweisungen. Prozesse selber werden parallel verarbeitet.

**sensitivity list:** Eine Liste von Signalen, die in der Prozeßdeklaration definiert werden. Ändert sich ein Signal in der sensitivity list, dann wird der betreffende Prozeß aktiviert.

**Sequentielle Anweisungen (sequential statements):** Eine Folge von Anweisungen, die nacheinander abgearbeitet werden (z. B. der Ablauf von Anweisungen innerhalb eines Prozesses). Zu den sequentiellen Anweisungen zählen zum Beispiel die Schleifen, Variablenzuweisungen sowie die if- und case-Konstrukte.

**Severity\_Level:** Ein in VHDL vordefinierter Aufzählungstyp, der Fehlerklassen beinhaltet.

**Signal:** VHDL unterscheidet zwischen Signalen und Variablen. Während eine Variable einer lokalen Variablen in anderen Programmiersprachen entspricht, modelliert ein Signal eine Leitung der beschriebenen Schaltung.

**Standard Package:** Ein VHDL-Modul, in dem die Standarddatentypen definiert sind. Dieses Package ist für alle Entwurfseinheiten sichtbar.

**Strukturbeschreibung:** Eine Strukturbeschreibung in VHDL

beschreibt die Zusammensetzung eines Bausteins aus anderen Komponenten und deren Zusammenwirken (über Signale).

**Synthese:** Als Synthese bezeichnet man die Überführung einer abstrakten Beschreibung (zum Beispiel auf Systemebene) in eine detaillierte, strukturelle Beschreibung (zum Beispiel auf Gatterebene).

**Verhaltensbeschreibung:** In einer VHDL-Verhaltensbeschreibung wird die Funktionalität eines Bausteins in algorithmischer Form beschrieben.

**Verzögerungszeit:** Die Verzögerungszeit modelliert das Zeitverhalten eines VHDL-Modells, also beispielsweise wann eine Signaländerung einem Ausgangssignal zuge-wiesen wird.

**VHDL:** VHSIC Hardware Description Language

**VHSIC:** Very High Speed Integrated Circuits

**wait-Statement:** Anweisung zur Suspendierung eines VHDL-Prozesses. Neben der einfachen wait-Anweisung ohne Bedingung kennt VHDL drei unterschiedliche wait-Bedingungen, nämlich timeout, condition und signal sensitivity.

```
function summe (summand1,
                summand2: real) return real is
begin
...
end;
```

## Prozesse

Prozesse beinhalten eine Folge von Anweisungen, die nacheinander abgearbeitet werden (sogenannte *sequentielle Anweisungen*). Alle bisher behandelten VHDL-Daten- und Kontrollstrukturen fallen unter den Begriff sequentielle Anweisungen, da die einzelnen Anweisungen nacheinander abgearbeitet werden. Prozesse selbst sind dagegen sogenannte *nebenläufige Anweisungen* oder *konkurrente Anweisungen*. Es können beliebig viele Prozesse gleichzeitig aktiv sein. Die Reihenfolge der Prozesse im Quelltext spielt dabei keine Rolle. Ein Prozeß kann *aktiv* oder

*wartend* sein. Wie bereits im ersten Artikel dieser Reihe angedeutet, gibt es zwei grundlegende Arten, einen Prozeß zu aktivieren beziehungsweise zu stoppen: Über eine *sensitivity list* oder mit Hilfe des *wait*-Statements.

Eine sensitivity list ist eine Liste von Signalen, die im Prozeßkopf angegeben wird. Im Beispiel des XOR-Gatters war dies:

```
process (a, b)
```

Der Prozeß wird beim Starten der Simulation zur Initialisierung einmal komplett durchlaufen. Anschließend startet der Prozeß immer genau dann, wenn sich an den Signalwerten in der sensitivity list (hier a und b) etwas ändert.

Befindet sich dagegen ein *wait*-Statement innerhalb eines Pro-

zesses (wie am Ende der Beschreibung des 8-Bit-Addierers), wird der Prozeß beim Starten der Simulation zur Initialisierung einmal bis zum ersten *wait*-Statement durchlaufen und erst dann wieder aktiviert, wenn die Bedingung in der *wait*-Anweisung wahr ist. Das *wait*-Statement *suspendiert* also den Prozeß (*suspend*).

Es gibt drei unterschiedliche *wait*-Bedingungen:

```
timeout: wait for Zeit
condition: wait until Bedingung
signal sensitivity: wait on Signal-Liste.
```

Im Falle der signal sensitivity wird der Prozeß (analog zur sensitivity list) neu gestartet, wenn sich der Wert eines Signals in der Signal-Liste ändert. Außerdem kann man durch die Angabe eines *wait*-Statements

ohne Bedingung einen Prozeß für den Rest der Simulation suspendieren.

## Weiter geht's

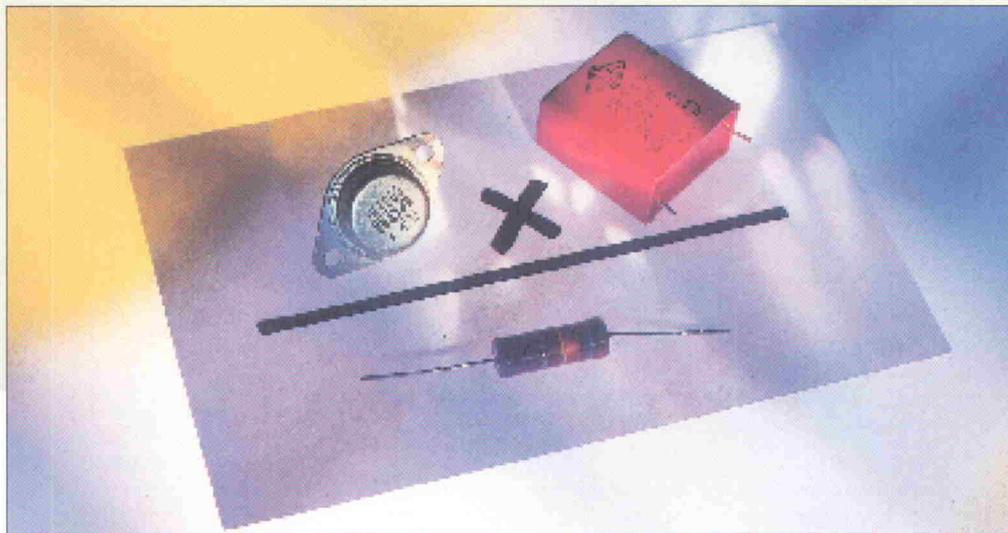
Ein grundlegend anderer Ansatz der Beschreibung von Hardwarekomponenten wird den Schwerpunkt des folgenden Artikels bilden: die VHDL-Strukturbeschreibung. In ihr wird der hierarchische Aufbau einer Komponente aus Unterkomponenten und deren Zusammenwirken dargestellt. Strukturbeschreibungen sind damit im wesentlichen Netzlisten aus einzelnen Elementen. *uk*

## Literatur

[1] W. Billowitch, IEEE 1164: helping designers share VHDL models, in IEEE Spectrum 6/93

# Symbolisch Rechnen

## Teil 5: Symbolische Analyse des $\mu A741$



**Dr. Ralf Sommer,  
Eckhard Hennig**

**Um das Potential einer rechnergestützten symbolischen Analyse mit dem Softwareduo Analog Insydes und dem Computeralgebraprogramm Macsyma zu demonstrieren, hier nun die Berechnungen eines kompletten Operationsverstärkers vom Typ  $\mu A741$ .**

**W**ährend bisher nur relativ kleine Schaltungsbeispiele vorgestellt wurden, geht es in diesem Beitrag um die Betrachtung eines kompletten  $\mu A741$ . Die gestellte Aufgabe besteht darin, den Frequenzgang des nicht gegengekoppelten Verstärkers zu ermitteln, um durch eine symbolische Näherungsformel Einblicke in die Wirkungsweise der die Differenz-Spannungsverstärkung bestimmenden Bauelemente zu erlangen.

Ausgangspunkt ist eine Kleinsignalanalyse, also die Betrachtung des Schaltungsverhaltens für hinreichend kleine Signalamplituden. Die nichtlinearen Kennlinien der Halbleiter-Bauelemente lassen sich somit im Aussteuerungsintervall linear approximieren. Wenn man sich ausschließlich für das Verstärkungsverhalten eines Operationsverstärkers im Arbeitsbereich (also ohne daß der Verstärker zu clippen beginnt) interessiert, ist ein solcher Ansatz sicherlich gerechtfertigt.

Aufgrund der Leserresonanz, die immer wieder das Thema Modellierung berührt, soll nochmals betont werden, daß der Ausgangspunkt zu allen Betrachtungen und Analysen die Wahl eines angepaßten Modells ist. Es ist entscheidend für die spätere Brauchbarkeit der Ergebnisse, daß das gewählte Modell die zu analysierende Schaltung in den interessierenden Ei-

genschaften ausreichend genau beschreibt.

Nun im einzelnen zu der Vorgehensweise, wie Wissen über Schaltungsverhalten mittels symbolischer Analyse abgeleitet werden kann. Der erste Schritt ist stets eine numerische Simulation mit PSpice. Sie dient zunächst dazu, den zu betrachtenden Effekt einzuordnen und damit eine Festlegung des anzusetzenden Schaltungsmodells zu ermöglichen. Die Zielrichtung ist dabei immer, durch geeignete Ersetzungen ein möglichst einfaches Netzwerk herauszuarbeiten. Beispielsweise könnte ein Schaltungsteil zur Spannungsstabilisierung durch eine einzige unabhängige Spannungsquelle modelliert werden, wenn dieser Schaltungsteil nicht selbst untersucht werden soll. Je einfacher die zu analysierende Ausgangsschaltungsstruktur ist, desto aussagekräftiger sind die Ergebnisse einer späteren symbolischen Analyse.

Sind alle Vereinfachungen gemacht und liegt damit die zu untersuchende Schaltungstopologie fest, so wird eine Simulation durchgeführt, um eine Referenz für die symbolischen Berechnungen zu erhalten. Neben ihrer Aufgabe als Referenz können dieser Simulation die Kleinsignalparameter der Transistoren wie auch die interessierenden Frequenzbereiche als Design-

punkt-Werte für die anschließend durchzuführende symbolische Approximation entnommen werden. Als nächstes gilt es, eine Analog-Insydes-Netzliste (mit symbolischen Elementwerten) und eine Designpunktliste mit den numerischen Referenzwerten der Symbole in der Netzliste zu erzeugen. Dieser Schritt ist zur Zeit noch nicht vollautomatisiert, die benötigten Daten werden z. T. mit externen C-Routinen sowohl aus der PSpice-Netzliste wie auch dem Simulationsoutput erzeugt (Listing 1). Die Arbeitspunktdateien einschließlich der Kleinsignalparameterwerte sind aus dem \*.out-File extrahiert und direkt bei den jeweiligen Transistoren in der AI-Netzliste eingetragen.

Um die passenden Transistormodelle auszuwählen, wird die AI-Netzliste mit verschiedenen Transistor-Ersatzschaltungen (Listing 2) expandiert und jeweils eine Analyse mit rein numerischen Elementwerten durchgeführt. Für die weiteren Schritte wird die einfachste Ersatzschaltung gewählt, für die die mit Analog Insydes berechneten numerischen Ergebnisse mit der PSpice-Referenzsimulation übereinstimmen. Im Falle des  $\mu A741$  reicht ein vereinfachtes SPICE-Kleinsignalmodell (obere Modelldefinition im Listing 2) völlig aus. Auch ohne Bahnwiderstände und mit

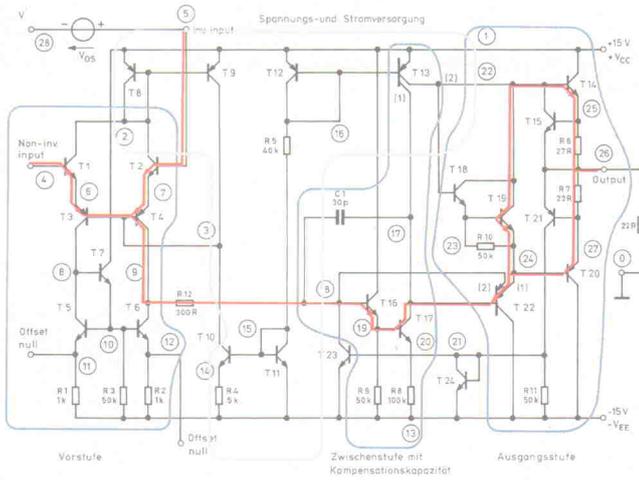


Bild 1. Die Funktionsblöcke des  $\mu A741$  und der Signalweg.

nur drei der vier parasitären Kapazitäten ist praktisch kein Unterschied zum vollständigen SPICE-Modell (Listing 2 unten) festzustellen.

Die mit rein numerischen Werten errechnete ungenäherte Übertragungsfunktion gibt schon einige Hinweise über die Komplexität der Schaltung (Gleichung 1). So ist der Zähler ein Polynom vom Grad 22 und der Nenner eins vom Grad 23. Aufgrund der Transistorkapazitäten ergeben sich damit 45

Pole und Nullstellen, die den Verlauf des Frequenzgangs bestimmen. Allerdings sind nicht alle für das hier zu betrachtende Schaltungsverhalten relevant.

Jetzt kann mit der Ableitung symbolischer Näherungsformeln begonnen werden. Die mit der AI-Netzliste und der Designpunktliste aufgerufene interaktive Prozedur 'Analyze\_Circuit' gestattet, sich Schritt für Schritt an die interessierenden Ergebnisse heranzuarbeiten. Dazu ruft man als erste Option eine vor-

sichtige Abschätzung der zu erwartenden Termanzahl einer vollsymbolischen Lösung ohne Approximation auf. Der in Bild 2 gezeigte Teil des Dialogs verrät, daß allein der Nenner der symbolischen Übertragungsfunktion rund  $6 \cdot 10^{20}$  Terme enthalten dürfte! Würde ein Laserdrucker eine Seite pro Sekunde drucken (kleiner Font, circa 200 Terme pro Seite), so wäre er ungefähr  $10^{11}$  Jahre beschäftigt.

Man ist also gut beraten, nach der Aufstellung des Analysegleichungssystems die gleichungsbasierte Näherung aufzurufen. Das Arbeiten mit den Näherungsroutinen erfordert in der gegenwärtigen Programmkonfiguration von Analog Insydes (AI) einiges an Fingerspitzengefühl, da die Computeralgebraprogramme bei den für diese Aufgabenstellung typischen Anforderungen hinsichtlich der Größe der Gleichungssysteme und effizienter Numerik an oder sogar über die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit geraten. Für das Gleichungssystem der Modifizierten Knotenanalyse (MNA) des  $\mu A741$  mit einer Matrixgröße von  $33 \times 33$  und 597 Einträgen lassen sich bei einem vorgeschriebenen maximalen Betragsfehler von 15% im Designpunkt bei 5 Hz aus der Matrix über 530 Einträge entfernen.

Die Näherung des MNA-Gleichungssystems kann wegen der Struktur der Gleichungen und abhängig von der Reihenfolge und Anzahl der entfernten Terme zu unterschiedlich guten Ergebnissen führen, so daß mehrere Durchläufe in einer Aufeinanderfolge gleichungs- und lösungsbasierter Approximationen mit unterschiedlichen Fehlerschranken durchgeführt werden sollten. In der Praxis erweist sich eine Approximation auf Basis des Sparse-Tableau-Gleichungssystems oftmals als günstiger, unter anderem, weil die Näherungen selektiver vorgenommen werden können. Allerdings besitzt das Sparse-Tableau in diesem Fall eine Größe von  $402 \times 402$ , so daß es sich mit derzeit verfügbaren Computeralgebrasystemen nicht verarbeiten läßt. Aus der vereinfachten MNA ergibt sich folgende symbolische Übertragungsfunktion mit nur 25 Termen und einem tatsächlichen Betragsfehler von 11% im Designpunkt (Gleichung 2).

In der Regel enthalten auch die Lösungen genäherter Gleichungssysteme noch unbedeutende Terme. Sinnvoll ist aus diesem Grund die Nachschaltung einer lösungsbasierten Approximation, aus der sich das Ergebnis auf elf Terme reduzieren läßt (Gleichung 3).

$$\frac{1.12e+8s^{22} + 1.37d+19s^{21} + 6.54d+29s^{20} + 1.62d+40s^{19} + 2.29d-50s^{18} + 1.94d+60s^{17} + 1.01d+70s^{16} + 3.30d+79s^{15} + 6.75d+88s^{14} + 8.68d+97s^{13} + 6.92d+106s^{12} + 3.27d+115s^{11} + 7.53d+123s^{10} - 4.53d+131s^9 - 9.03d+140s^8 - 2.97d+149s^7 - 4.14d+157s^6 + 1.95d+165s^5 + 1.70d+174s^4 + 2.68d+182s^3 + 2.01d+190s^2 + 7.23d+197s + 3.92d+204}{s^{23} + 1.32d+11s^{22} + 7.12d+21s^{21} + 2.04d+32s^{20} + 3.49d+42s^{19} + 3.75d+52s^{18} + 2.61d+62s^{17} + 1.20d+72s^{16} + 3.77d+81s^{15} + 8.15d+90s^{14} + 1.24d+100s^{13} + 1.32d+109s^{12} + 1.01d+118s^{11} + 5.46d+126s^{10} + 2.11d+135s^9 + 5.87d+143s^8 + 1.18d+152s^7 + 1.71d+160s^6 + 1.78d+168s^5 + 1.30d+176s^4 + 6.29d+183s^3 + 1.71d+191s^2 + 8.77d+197s + 1.71d+199} \quad (1)$$

$$\frac{GM1 GM16 GM17}{* (GM3 GM4 GM6 + GM2 GM3 GM6 - GM2 GM4 GM5)} * R9 RO131 RO4 RPI16 RPI17 VID \quad (2)$$

$$\frac{GM3 (GM4 + GM2) GM5}{* (C1 GM16 GM17 R9 RO131 RO4 RPI16 RPI17 S + C1 GM16 GM17 R12 R9 * RO131 RPI16 RPI17 S + GM16 GM17 R8 R9 RPI16 RPI17 + GM16 R9 * RPI16 RPI17 + GM17 R8 RPI16 RPI17 + RPI16 RPI17 + GM17 R8 RO4 * RPI17 + RO4 RPI17 + GM17 R12 R8 RPI17 + R12 RPI17 + R9 RPI16 + R9 * RO4 + R12 R9)} \quad (2)$$

$$\frac{GM1 GM16 GM17}{* (GM3 GM4 GM6 + GM2 GM3 GM6 - GM2 GM4 GM5)} * R9 RO131 RO4 RPI16 RPI17 VID \quad (3)$$

$$\frac{GM3 (GM4 + GM2) GM5}{* (C1 GM16 GM17 R9 RO131 RO4 RPI16 RPI17 S + GM16 * GM17 R8 R9 RPI16 RPI17 + GM17 R8 RO4 RPI17 + R9 RO4)} \quad (3)$$

$$\frac{GM16 GM17 GM1_2 GM3_4 R9 RO131 RO4 RPI16 RPI17 VID}{(GM3_4 + GM1_2)} * (GM16 GM17 R8 R9 RPI16 RPI17 + GM17 R8 RO4 RPI17 + R9 RO4) \quad (4)$$

$$s = - \frac{gm17 R8 (gm16 R9 RPI16 + RO4) RPI17 + R9 RO4}{C1 gm16 gm17 R9 RO131 RO4 RPI16 RPI17} \quad (5)$$

```
OP741_1 := [
[V_VCC, [ 1, 0], VCC],
[VEE, [ 0, 13], VEE],
[VID, [ 4, 28], VID],
[VOS, [ 5, 28], VOS],
[VIC, [ 5, 0], VIC],
[R1, [11, 13], R1],
[R2, [12, 13], R2],
... Zeilen ausgelassen ...
[R11, [21, 13], R11],
[R13, [26, 0], R13],
[C1, [17, 18], C1],
[Q1, [2 = C, 4 = B, 6 = E, 0 = S], MODEL = M1, SELECTOR = VIEW,
IB = 3.42001e-8, IC = 7.5e-6, VBE = 0.568, VBC = -14.5, VCE =
15.0,
BETADC = 219.0, GM = 2.9e-4, RPI = 756000.0, RX = 200.0,
RO = 2.18999e+7, CBE = 1.47001e-12, CBC = 3.70001e-13, CBX = 0,
CJS = 0, BETAAC = 219.0, FT = 2.51e+7],
[Q2, [2 = C, 5 = B, 7 = E, 0 = S], MODEL = M1, SELECTOR = VIEW,
IB = 3.44e-8, IC = 7.54002e-6, VBE = 0.568, VBC = -14.5, VCE =
15.0,
BETADC = 219.0, GM = 2.91e-4, RPI = 753000.0, RX = 200.0,
RO = 2.17999e+7, CBE = 1.47001e-12, CBC = 3.70001e-13, CBX = 0,
CJS = 0, BETAAC = 219.0, FT = 2.51999e+7],
... Zeilen ausgelassen ...
[Q24, [21 = C, 21 = B, 13 = E, 0 = S], MODEL = M1, SELECTOR = VIEW,
IB = 6.81009e-21, IC = 1.36002e-18, VBE = 1.26e-6, VBC = 0,
VCE = 1.26e-6, BETADC = 136.0, GM = 3.77005e-18, RPI = 1.86e+14,
RX = 200.0, RO = 9.28001e+11, CBE = 1.0e-12, CBC = 1.0e-12, CBX =
0,
CJS = 0, BETAAC = 7.00001e-4, FT = 3.0e-7]
];
OP741dp_1 := [
VCC = 0, VEE = 0, VID = 1, VOS = 0, VIC = 0, R1 = 1000.0, R2 =
1000.0,
R3 = 50000.0, R4 = 5000.0, R5 = 40000.0, R12 = 300.0, R6 = 27.0,
R7 = 22.0, R8 = 100.0, R9 = 50000.0, R10 = 50000.0, R11 = 50000.0,
R13 = 1000.0, C1 = 3.00001e-11];
```

Listing 1. Aus der PSpice-Simulation erzeugte AI-Netzliste (OP741\_1, oben) und Designpunkt-Liste (OP741dp\_1, unten)

```
(COM1) Analyze_Circuit( OP741, DP_OP741 )
Printing netlist:
[V_VCC, [1, 0], VALUE=V_VCC]
[V_EE, [0, 13], VALUE=VEE]
[VID, [4, 28], VALUE=VID]
[VOS, [5, 28], VALUE=VOS]
.....Ausgabezeilen ausgelassen.....
Do you wish to modify the netlist? (y/n)
n
Select an analysis method: (n) MNA, (l) MLA, (s) STA, (e) Estimate number of terms
e
Estimated number of terms: 62588583558829963264
Select an analysis method: (n) MNA, (l) MLA, (s) STA, (e) Estimate number of terms
n
```

**Bild 2. Teil des AI-Dialogs der interaktiven Prozedur 'Analyze\_Circuit'.**

Es ist schon beeindruckend, daß eine Übertragungsfunktion, die trotz eines schon vereinfachten Transistormodells noch mehr als  $6 \cdot 10^{20}$  Terme umfaßt, auf nur elf relevante Terme zusammenschumpft. Dabei liegt der effektive numerische Fehler des Betrags der genäherten Funktion im Designpunkt bei etwa 15%. Es sei aber darauf hingewiesen, daß die Gültigkeit der Formeln nur in der Nähe des Designpunkts sichergestellt ist. Die Formeln bleiben daher nicht für beliebige Variationsbereiche der Parameter um den Designpunkt gültig.

### Richtig interpretiert

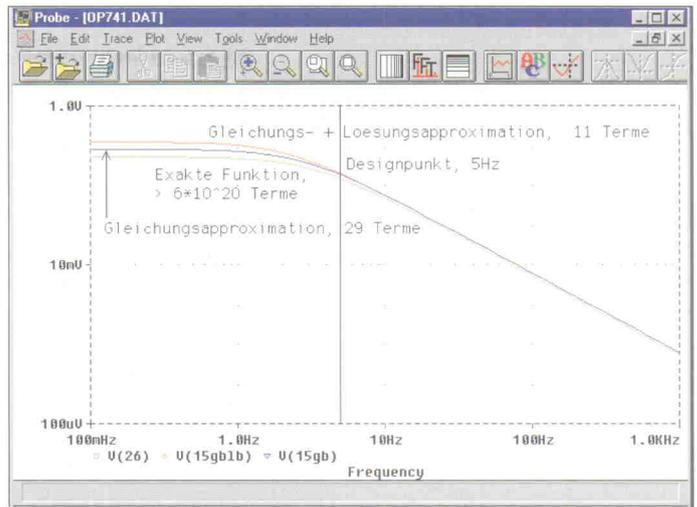
Sinn der symbolischen Analyse ist aber die Vermittlung von Einsichten in die Wirkungsweise einzelner Schaltungsteile. Auf hohe Genauigkeit kommt es im Gegensatz zur numerischen Schaltungssimulation mit SPICE gar nicht an – im Gegenteil, man nimmt gerne einige Prozent Fehler mehr in Kauf, wenn sich dadurch das Ergebnis besser interpretieren läßt. So verhält es sich auch im vorliegenden Beispiel: Aus der vereinfachten Übertragungsfunktion (Gleichung 3) lassen sich leicht die Parameter des Operationsverstärkers bestimmen, die die Spannungsverstärkung maßgeblich beeinflussen. Es sind dies die Transistoren T1...T6, T13, T16, T17, die Kompensationskapazität C1 sowie die beiden Widerstände R8 und R9. Hierbei handelt es sich, eigentlich gar nicht überraschenderweise, um die Elemente der Eingangsstufe und der Zwischenstufe, die vom Schaltungsdesign her für die Spannungsverstärkung verantwortlich sein sollen. Die Bauelemente der Ausgangsstufe treten dagegen in der

Spannungsübertragungsfunktion nicht auf. Die Ausgangsstufe ist in der Tat nur als Impedanzwandler ausgelegt und hat mit ihrer Verstärkung von nahezu Eins keinen signifikanten Einfluß auf das Resultat. Ebensovwenig erscheinen die in Bild 1 farblich markierten Schaltungsteile, die als Gleichstromquellen beziehungsweise zur Arbeitspunkteinstellung dienen.

Werden für den Gleichstromfall ( $s = 0$ ) zusätzlich Informationen wie 'transistor matching' (z. B.  $gm1 = gm2 \rightarrow gm1\_2$ ) berücksichtigt, so hebt sich auch der Beitrag der von T5 und T6 gebildeten aktiven Last weg (Gleichung 4).

Aus der nun sehr kompakten Form sind unter anderem folgende Erkenntnisse zu ziehen, und zwar auch ohne daß die Schaltungsfunktion vorher bis ins Detail bekannt sein muß:

- Der Verstärkung der gesamten Eingangsstufe hängt hauptsächlich von den Transferleitwerten der Transistoren T1...T4 gemäß der Formel  $\frac{gm1\_2 \cdot gm3\_4}{gm1\_2 + gm3\_4}$  ab.
- Veränderungen der Transferleitwerte  $gm16$  und  $gm17$  der Zwischenstufe beeinflussen die Spannungsverstärkung nur wenig, da sowohl im Zähler als auch im Nenner das Produkt  $gm16 \cdot gm17$  auftritt. (In der Tat arbeitet T16 in Kollektorschaltung und T17 in einer gegengekoppelten Emitterschaltung.)
- R8 ist dagegen nur im Nenner und RO131 (der Ausgangswiderstand von T13) nur im



**Bild 3. Die SPICE-Analyse im Vergleich zur Originalfunktion und den verschiedenen Näherungen.**

Zähler vorhanden. Ihr Verhältnis beeinflusst die Verstärkung der Zwischenstufe.

Zum Schluß noch ein weiteres 'Abfallprodukt' der Näherung (Gleichung 3): eine symbolische Formel für den dominanten Pol des OPs, der im wesentlichen von der Kompensationskapazität C1 bestimmt wird. Sein Wert entspricht der Grenzfrequenz  $\omega_g = 2\pi f_g$  des nicht gegengekoppelten Verstärkers (Gleichung 5).

### Schlußfolgerungen

Symbolische Analyse soll und kann numerische Schaltungssimulationen nicht ersetzen. Aber die Kombination beider Techni-

ken kann in vielen Fällen wertvolle generelle Einsichten in Schaltungsverhalten vermitteln, die alleine durch Simulation nicht zu gewinnen sind. Besonders interessant ist bei der Anwendung der symbolischen Analyse meist, die berechneten Formeln mit dem eigenen Schaltungswissen 'abzugleichen'. Oft ergeben sich dadurch auch bei altbekannten Schaltungen neue Sichtweisen zu ihrer Erklärung. *pen*

### Literatur

[1] S. G. Burns, P. R. Bond, *Principles of Electronic Circuits, Second Edition*, PWS Publishing Company, (Vorabversion), erscheint 1997

```
[
[
COMMAND=MODEL, NAME=M1, SELECTOR=AC,
PORTS=[B, C, E, S], PARAMS=[RBB, RPI, RO, RU, RCC, REE, GM, CBC,
CBE, CJS],
SCOPE=GLOBAL,
NETLIST= [
[ RPI, [B, E], RPI ],
[ RO, [C, E], RO ],
[ CBC, [B, C], VALUE=CBC, ELTYPE=C ],
[ CBE, [B, E], VALUE=CBE, ELTYPE=C ],
[ CJS, [C, S], VALUE=CJS, ELTYPE=C ],
[ VC, [B, E, C, E], GM ]
],
],
[
COMMAND=MODEL,
NAME=M1, SELECTOR=ACSPICE,
PORTS=[B,C,E,S],
PARAMS=[GM, RPI, RX, RO, CBE, CBC, CBX, CJS, BETAAC, RE, RC],
SCOPE=GLOBAL,
NETLIST=[
[ RBB, [B, BS], RX ],
[ GPI, [BS, ES], 1/RPI ],
[ GO, [CS, ES], 1/RO ],
[ GU, [BS, CS], (-BETAAC+GM*RPI)/RPI/(BETAAC+1) ],
[ RC, [CS, C], 15 ],
[ RE, [ES, E], 5 ],
[ CU, [BS, CS], CBC ],
[ CPI, [BS, ES], CBE ],
[ CCS, [CS, S], ELTYPE=C, VALUE=CJS ],
[ CBX, [B, CS], CBX ],
[ VC, [BS, ES, CS, ES], GM ]
]
]
];
```

**Listing 2. Verschiedene Kleinsignalmodelle für die Transistoren des Typs M1.**

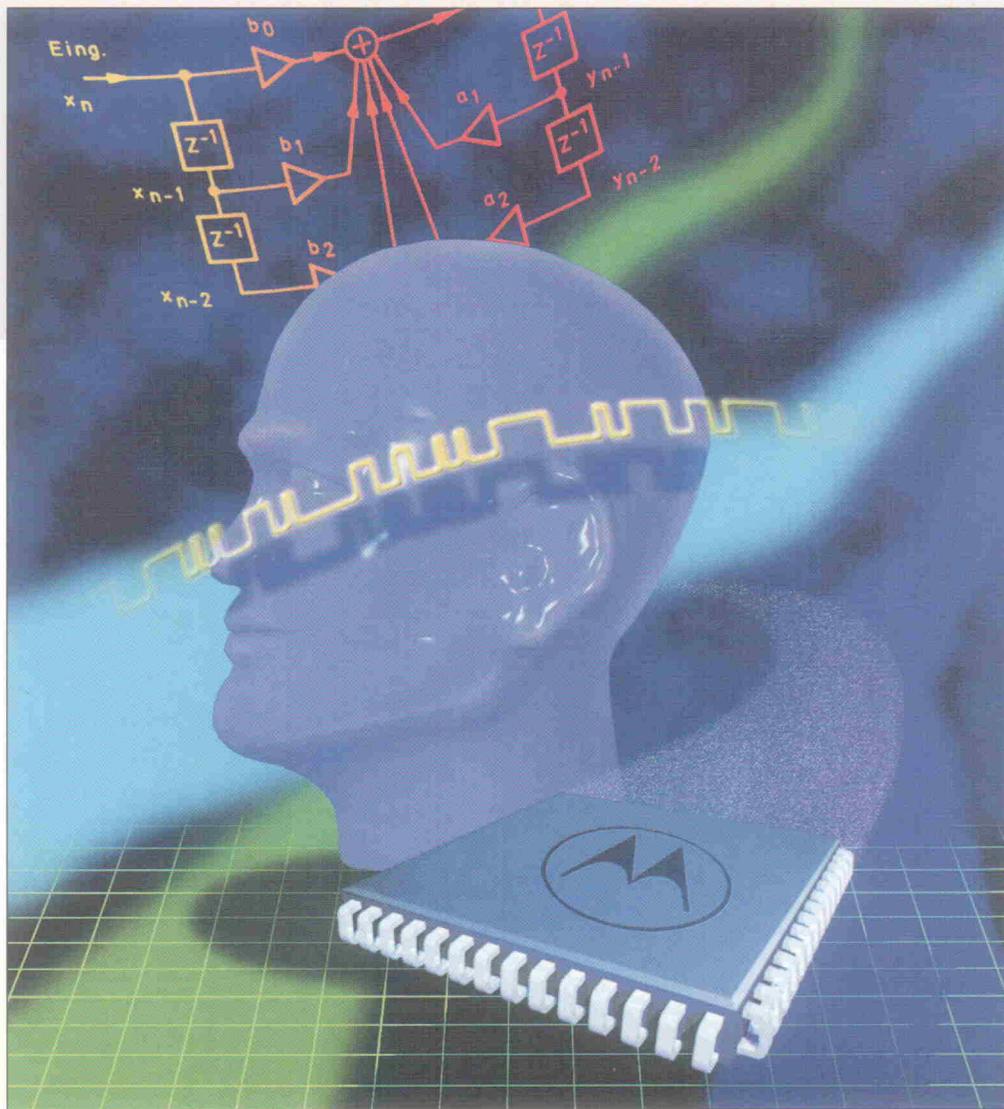
# Signal Processing

## Digitale Signalverarbeitung, Teil 13: Surround-Decoder, adaptive Filter

Grundlagen

Dipl.-Ing. Holger Strauss

Mit den bislang vorgestellten Mitteln läßt sich ein einfacher Surround-Sound-Decoder programmieren, der zwar nicht den 'amtlichen' Dolby-Segen erhalten würde, dafür aber durchaus Alternativen wie dem NEC  $\mu$ PC1892 das Wasser reichen kann. Weiter beschäftigt sich diese Folge mit adaptiven Filtern, deren Koeffizienten sich automatisch an die aktuellen Gegebenheiten anpassen. Ein Beispielprogramm zeigt, wie man auf einfache Weise ein stark verrauschtes Sinussignal ent-rauschen kann.



**B**ild 1 zeigt, wie vier Audiokanäle (Links, Rechts, Mitte, Umgebung) bei einem Dolby-Surround-Encoder in zwei Kanälen kodiert werden. Das Mittensignal wird phasengleich auf den linken und den rechten Kanal addiert. Die 3-dB-Absenkung sorgt dafür, daß hierbei die Signalenergie konstant bleibt. Aus gleichem Grund wird auch der Surround-Kanal um 3 dB abgesenkt. Der anschließende Bandpaß beschränkt den Frequenzbereich des Surround-Signals auf 100 Hz bis 7 kHz. Hierdurch wird zum einen ein

Übersprechen des linken und rechten Kanals auf den Surround-Kanal bei hohen Frequenzen verhindert, bei denen die Kanaltrennung insbesondere bei Magnetbandaufzeichnung relativ kritisch ist. Zum anderen erscheint das Surround-Signal dadurch diffuser und weiter entfernt. Bei der eingesetzten Rauschunterdrückung handelt es sich um das Dolby-B-Verfahren, wobei der Arbeitsbereich aber von üblicherweise 10 dB auf 5 dB gesenkt wurde. Im Gegensatz zum Mittensignal wird das Surround-Signal phasenverkehrt

auf den linken und rechten Kanal aufgemischt.

### Einfacher Surround-Sound-Decoder

Die Dekodierung ist beim passiven Verfahren nicht besonders schwierig. Linker und rechter Kanal werden einfach unverändert an die entsprechenden Lautsprecher weitergeleitet. Ein Übersprechen des Surround-Kanals um  $-3$  dB wird hierbei in Kauf genommen. Der Mittenkanal erscheint bei einer zentralen Sitzposition in der Mitte zwi-

schon linkem und rechtem Lautsprecher als Phantomquelle. Das Problem reduziert sich also auf die Dekodierung des reinen Surround-Signals. In Bild 2 ist das Blockschaltbild der hierzu notwendigen Signalverarbeitungskette dargestellt. Da der Surround-Kanal phasenverkehrt auf die beiden Übertragungskanäle aufgemischt wurde, kann man ihn durch Differenzbildung zwischen linkem und rechtem Signal wiedergewinnen. Durch die Zeitverzögerung, die üblicherweise auf etwa 20 ms eingestellt ist, wird sichergestellt, daß Signale, die auf den Surround-Kanal übersprechen, auf keinen Fall hinten geortet werden. Hierbei wird der Haas-Effekt aus der Psychoakustik ausgenutzt, der besagt, daß jeweils die erste Wellenfront des Schalls für die Abbildung des Hörereignis-Ortes entscheidend ist. Durch die Verzögerung wird dafür gesorgt, daß diese auf jeden Fall von vorne kommt.

Das Listing 1 (siehe unten) zeigt eine Implementierung des Surround-Decoders unter Verzicht auf die Dolby-Rauschunterdrückung. Als Tiefpaß kommt ein Biquad-IIR-Filter zum Einsatz, dessen Eckfrequenz bei 7 kHz liegt. Trotz der Einfachheit des Programms ist die erzeugte Wirkung bei Surround-

kodierten Aufnahmen schon recht überzeugend. Auf eine richtige Polung der Zuleitungen muß unbedingt geachtet werden, da sich bei Phasendrehern das Wirkungsprinzip praktisch ins Gegenteil umwandeln würde.

### Dolby Pro Logic

Das passive Dolby-Surround-Verfahren weist jedoch noch einige Nachteile auf. Insbesondere für die Erzeugung von präzise lokalisierbaren virtuellen Schallquellen für Hörer, die über einen großen Bereich verteilt sind, reicht die geringe Kanaltrennung dieses Verfahrens nicht aus. Zur Verbesserung der Kanaltrennung wird das aktive 'Dolby Pro Logic'-Prinzip verwendet. Hierbei wird das Schallfeld in Hinblick auf dominierende Anteile analysiert und abhängig davon die Verteilung der zwei Eingangs- auf vier Ausgangskanäle gesteuert. Bei der Dekodierung werden zunächst durch Differenz- und Summenbildung aus linkem und rechtem Kanal zwei Signale gebildet, die dem bisherigen Mitten- und Umgebungskanal entsprechen. Sie werden nun ständig von einer Steuerlogik beobachtet. Diese führt prinzipiell eine Vollwellengleichrichtung der Signale durch und vergleicht anschließend die loga-

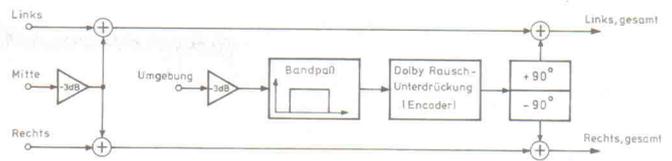


Bild 1. Dolby-Surround-Encoder.

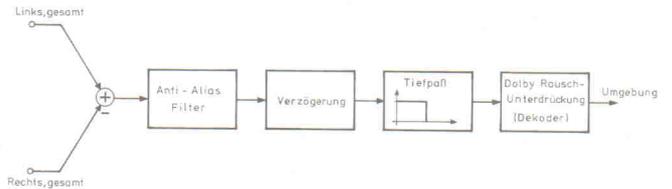


Bild 2. Passiver Dolby-Surround-Decoder für den Surround-Kanal.

rithmierten Differenzen aus linkem und rechtem beziehungsweise mittlerem und hinteren Kanal mit konstanten Schwellwerten. Beruhend auf den Ergebnissen dieser Vergleiche werden nun die Verstärkungsfaktoren der Decodermatrix eingestellt, die aus acht VCAs besteht, welche den linken und rechten Eingangskanal auf die vier Ausgangskanäle verteilen.

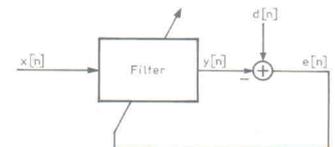


Bild 3. Adaptives Filter.

Redundanz des Signals zu verringern und damit die notwendige Übertragungsbandbreite zu verringern.

Bild 3 zeigt die prinzipielle Struktur eines adaptiven Filters. Es hat zwei Eingänge  $x[n]$  und  $d[n]$ . Das Signal  $x[n]$  wird mit den jeweils aktuellen Filterkoeffizienten gefiltert und man erhält hieraus das sogenannte *Prädiktions-Signal*  $y[n]$ . Dieses wird mit dem zweiten Eingangssignal  $d[n]$  verglichen, indem die Differenz der beiden Signale gebildet wird. Das Ergebnis ist ein Fehlersignal  $e[n]$ , *Prädiktionsfehler* genannt, das die Abweichung des berechneten Signals vom vorgegebenen Signal  $d[n]$  repräsentiert. Dieses Fehlersignal wird dazu benutzt, um die Filterkoeffizienten derart zu verändern, daß die zukünftige Abweichung zwischen dem berechneten Signal  $y[n]$  und vorgegebenem Signal  $d[n]$  möglichst gering wird.

Bild 4 zeigt, wie man ein adaptives Filter zur *Systemidentifikation* einsetzen kann. Das gewünschte Signal  $d[n]$  ist dabei der Ausgang des unbekanntes Systems, überlagert mit einem zum Eingangssignal  $x[n]$  unkorrelierten Störsignal  $z[n]$ . Es leuchtet ein, daß das Fehlersignal  $e[n]$  im Mittel dann ein Minimum erreicht, wenn das Prädiktionsfilter optimal das Verhalten des unbekanntes Systems nachbildet. Zeitliche Änderungen im unbekanntes System werden durch die konti-

### Adaptive Filter

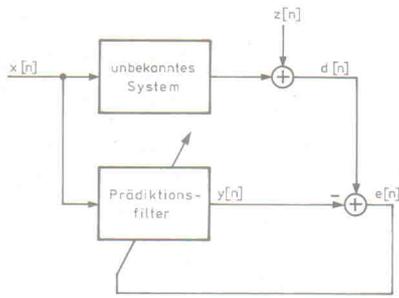
Die in den letzten Folgen beschriebenen Verfahren zur Filtersynthese setzen alle voraus, daß das zu implementierende Filter bereits während der Entwurfsphase exakt spezifiziert werden kann und im weiteren Verlauf unverändert bleibt. Für viele Aufgaben sind diese Bedingungen aber zu einschränkend. Möchte man beispielsweise ein Filter zur Entzerrung einer Telefonleitung einsetzen, so muß sich das Filter an Leitungen mit unterschiedlicher Charakteristik anpassen und bei Bedarf sogar selbstständig nachjustieren können. Hierfür können sogenannte *adaptive Filter* verwendet werden, deren Koeffizienten sich automatisch einstellen. Ein adaptives Filter stellt somit ein *zeitvariantes System* dar, das nicht mehr ausschließlich durch eine zeitunabhängige Impulsantwort beschrieben werden kann. Neben der bereits erwähnten Leitungsentzerrung gibt es noch zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten. Bei der ADPCM-('Adaptive Differential Pulse Code'-)Modulation, einem Verfahren zur Datenreduktion bei Sprachsignalen, wird ein Prädiktionsfilter zur Vorhersage von Abtastwerten eingesetzt, mit dem Ziel, die

```

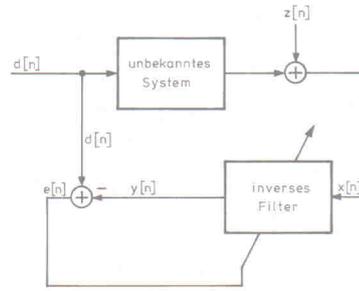
; SURROUND.ASM
; Einfacher Surround-Sound Algorithmus
; ELRAD DSP-Reihe; Holger Strauss, 10/95
ORG x:$10
coeffs DC 0.06132208 ; Koeffizienten im X-Speicher
        DC 0.12264417
        DC 0.06132208
        DC 0.38166502
        DC -0.12695335
ORG y:$1000
data_x BSM 2,0 ; x[n-1], x[n-2]
data_y BSM 2,0 ; y[n-1], y[n-2]
INCLUDE 'init.asm' ; Routinen einbinden
move #0,r1 ; r1 zeigt auf Verzögerungslei-
tung
move #960,m1 ; 960/48000 = 20 ms
move #coeffs,r0 ; r0 zeigt auf Koeffizienten
move #4,m0
move #data_x,r4 ; r4 zeigt auf x[n-1], x[n-2]
move #1,m4
move #data_y,r5 ; r5 zeigt auf y[n-1], y[n-2]
move #1,m5
loop jset #2,x:SSISR,* ; Auf naechsten Frame warten
     jclr #2,x:SSISR,*
     move x:RX_BUFF_BASE,x0 ; Samples lesen
     move x:RX_BUFF_BASE+1,a
     sub x0,a ; Differenz bilden
     asr a ; skalieren
     move a,y[r1]+ ; verzögern
     move y[r1],y1
     bset #11,sr ; Tiefpaß
     move x[r0]+,x0
     mpy x0,y1,a x[r0]+,x0 y[r4]+,y0
     mac x0,y0,a x[r0]+,x0 y[r4],y0
     mac x0,y0,a x[r0]+,x0 y[r5]+,y0
     mac x0,y0,a x[r0]+,x0 y[r5],y0
     macr x0,y0,a y1,y[r4]
     move a,y[r5]
     move a,x:TX_BUFF_BASE ; Ergebnis schreiben (mit Shift)
     move a,x:TX_BUFF_BASE+1
     bclr #11,sr ; Shift aus
     jmp loop

```

Listing 1. Einfacher Surround-Sound Algorithmus.



**Bild 4.**  
System-  
identifikation.



**Bild 5.**  
System-  
inversion.

nuerliche Nachregelung der Filterkoeffizienten des Prädiktionsfilters automatisch erfaßt. Anhand der Koeffizienten des Prädiktionsfilters können die Eigenschaften des unbekanntes Systems abgelesen werden.

Eine andere Verschaltungsmöglichkeit ist in Bild 5 gezeigt, bei der das unbekanntes System und das adaptive Filter in Reihe geschaltet sind. Das Fehlersignal wird im Mittel genau dann minimal, wenn sich das unbekanntes System und das adaptive Filter möglichst gut gegenseitig kompensieren. Das adaptive Filter stellt somit ein inverses Filter zum unbekanntes System dar. Oft erlaubt man dem adaptiven Filter, die Kompensation mit einer gewissen Verzögerung zu erzielen, was durch eine zusätzliche Verzögerung des Signals  $d[n]$  vor der Fehlersignalerzeugung erreicht werden kann.

### Der Adaption- algorithmus

Prinzipiell sind adaptive Filter nicht an einen bestimmten Filtertyp oder an eine bestimmte Filterstruktur gebunden. Für diese Serie beschränken wir uns der Einfachheit halber jedoch auf FIR-Filter. Hierfür muß man einen möglichst einfachen Algorithmus mit wenig Rechenzeitbedarf finden, nach dem man die Filterkoeffizienten verändern muß, um eine gute Adaption zu erreichen. Im folgenden wird der mit Abstand am häufigsten eingesetzte Algorithmus beschrieben, der den *mittleren quadratischen Fehler (MSE, Mean Square Error)* minimiert. Für ein FIR-Filter der Ordnung  $N-1$  beschreibt bekanntermaßen folgende Gleichung die Beziehung zwischen dem Eingangs- und dem Ausgangssignal:

$$y[n] = \sum_{k=0}^{N-1} h_n[k] \cdot x[n-k] \quad (1)$$

Die Filterkoeffizienten entsprechen direkt der Impulsantwort  $h_n[k]$  des Filters. Durch den

Index  $n$  wird angezeigt, daß die Filterkoeffizienten zeitabhängig sind. Das Fehlersignal berechnet sich gemäß

$$e[n] = d[n] - y[n] \quad (2)$$

und der quadratische Fehler unter Zuhilfenahme der binomischen Formel zu

$$e[n]^2 = (d[n] - y[n])^2 = d[n]^2 - 2d[n]y[n] + y[n]^2 \quad (3)$$

Da  $y[n]$  nach Formel (1) von den Filterkoeffizienten  $h_n[k]$  abhängt, muß dies auch für den quadratischen Fehler  $e[n]^2$  gelten. Allerdings ist die Abhängigkeit hier nicht linear, sondern quadratisch. Es macht wenig Sinn, den quadratischen Fehler jeweils für einzelne Zeitpunkte  $n$  zu minimieren. Vielmehr muß der quadratische Fehler im zeitlichen Mittel minimal werden. Die zeitliche Mittelung wird dadurch beschrieben, daß man den aus der Stochastik bekannten *Erwartungswertoperator  $E$*  voranstellt, also

$$Ee[n]^2 = Ed[n]^2 - 2Ed[n]y[n] + Ey[n]^2 \quad (4)$$

Um das weitere Vorgehen verständlich zu machen, sei zunächst einmal der (in der Praxis wenig sinnvolle) Fall der Filterordnung 0 mit nur einem Filterkoeffizienten betrachtet. Hierbei vereinfacht sich Formel (1) zu

$$y[n] = h_n[0] \cdot x[n] \quad (5)$$

Eingesetzt in Formel (4) erhält man

$$Ee[n]^2 = Ed[n]^2 - 2Ed[n]h_n[0]x[n] + Eh_n[0]^2x[n]^2 \quad (6)$$

Man erkennt die quadratische Abhängigkeit dieses Ausdrucks vom Filterkoeffizienten  $h_n$ . In einer grafischen Darstellung entspricht dies einer Parabel (siehe Bild 6). Um das Minimum zu finden, kann man sich der aus der Mathematik bekannten Methoden zur Extremwertsuche bedienen. Hierzu betrachtet man die *Steigung* des mittleren quadratischen Fehlers, die

ein Maß für die *Steilheit* der Funktion darstellt. Im Minimum des MSE verläuft die Tangente an der Parabel exakt waagrecht, das heißt die Steigung ist gleich Null. Mathematisch erhält man die Steigung aus der Funktionsgleichung, indem man nach der abhängigen Variablen differenziert (ableitet). Es folgt aus Gleichung (6)

$$\frac{d}{dh_n[0]} Ee[n]^2 = -2Ed[n]x[n] + 2Eh_n[0]x[n]^2 \quad (7)$$

Die Steigung hängt also nur noch linear vom Filterkoeffizienten  $h_n[0]$  ab; in Bild 6 entspricht dies einer Geraden, die genau dort die Abszisse schneidet, wo die Parabel ihr Minimum erreicht. Mathematisch erhält man diese Stelle, indem man Formel (7) gleich Null setzt und nach  $h_n[0]$  auflöst:

$$h_n[0] = \frac{Ed[n]x[n]}{Ex[n]^2} \quad (8)$$

Mit dieser Formel läßt sich theoretisch der Filterkoeffizient  $h_n[0]$ , der den MSE minimiert, explizit bestimmen. Für praktische Implementierungen ist diese Formel aber recht unangehen, da eine Division mit relativ viel Rechenzeit verbunden ist und weiterhin noch die Erwartungswerte bestimmt werden müssen. Noch aufwendiger wird es, wenn man den nicht vereinfachten Fall eines adaptiven Filters höherer Ordnung mit mehreren Filterkoeffizienten betrachten würde. Hierbei wären Multiplikationen großer Matrizen und vor allem eine extrem rechenzeitaufwendige Matrizeninversion notwendig. Für Realzeitanwendungen ist die direkte Bestimmung der Filterkoeffizienten somit ungeeignet.

### Schritt für Schritt dem Ziel entgegen

Als Lösung bietet sich ein iterativer Algorithmus an, der sich schrittweise dem gewünschten Minimum nähert. Auch dieser

soll zunächst bei dem einfachen Fall mit nur einem Filterkoeffizienten anhand von Bild 6 erklärt werden. Man startet an einer beliebigen Stelle auf der Parabel, die mehr oder weniger weit vom Minimum des MSE entfernt liegt. Man erkennt, daß die Steigung positiv ist, wenn man sich rechts vom Minimum des MSE befindet, und negativ, wenn man sich links vom Minimum des MSE befindet. Anhand der Steigung kann man also die Richtung kann man also die Richtung ablesen, in die man sich bewegen muß, um zum Minimum zu gelangen. Hieraus folgt die erste Regel für die Adaption: Verringere den Filterkoeffizienten, wenn die Steigung positiv ist, und vergrößere den Filterkoeffizienten, wenn die Steigung negativ ist. Nun stellt sich direkt die Frage, um wieviel der Filterkoeffizient jeweils vergrößert oder verkleinert werden muß. Würde man eine konstante Änderung verwenden, dann würde sich der MSE Schritt für Schritt dem Minimum nähern und anschließend immer zwischen einem Wert links und rechts vom Minimum oszillieren. Je kleiner die Schrittweite, desto länger würde die Adaption dauern und je größer die Schrittweite, desto stärker wäre die Oszillation um das Minimum. Dies ist sicherlich nicht im Sinne des Erfinders. Besser ist es, wenn man die Schrittweite variabel wählt. Sofern man sich noch weit weg vom Minimum befindet, kann man ohne Probleme große Schritte verwenden, um möglichst schnell in den gewünschten Bereich zu gelangen. Je mehr man sich dem Minimum nähert, desto kleiner sollte die Schrittweite werden. Aus Bild 6 ist ersichtlich, daß die Steigung des MSE ein Maß für die Entfernung zum Minimum darstellt; eine mögliche Lösung besteht also darin, die Schrittweite hierzu proportional zu wählen. Die Berechnung der Steigung ist einfach möglich, wenn man die Kettenregel bei der Ableitung anwendet, nach der gilt:

$$\frac{d}{dh_n[0]} Ee[n]^2 = 2Ee[n] \frac{d}{dh_n[0]} e[n] = -2Ee[n]x[n] \quad (9)$$

Eine Schätzung für diesen Ausdruck erhält man, wenn man den Erwartungswertoperator wegläßt. Die Regel zum Adaptieren des Filterkoeffizienten lautet somit

$$h_{n+1}[0] = h_n[0] + Ke[n]x[n] \quad (10)$$

Es werden nur Multiplikationen und Additionen benötigt, so daß sehr schnelle Implementierungen auf einem DSP möglich sind. Die Konstante K ist eine positive Schleifenverstärkung, die die Konvergenzrate des Filters bestimmt.

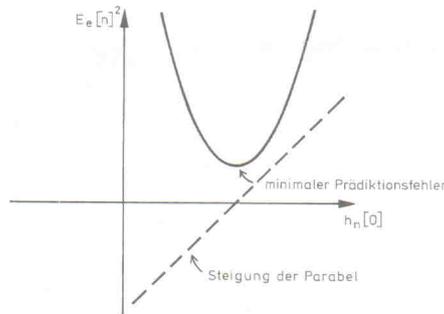
Für ein Filter 1.Ordnung mit zwei Koeffizienten kann man sich den mittleren quadratischen Fehler als eine gekrümmte Fläche (Gebirge) über der durch die zwei Koeffizienten aufgespannten Ebene vorstellen. Der Fehler ist nur für eine bestimmte Kombination beider Filterparameter minimal. Diese Kombination kann man prinzipiell wie bei nur einem Koeffizienten finden. Dabei bewegt man sich von einer beliebigen Stelle aus immer in die Richtung mit dem stärksten Gefälle (dem sogenannten Gradienten), so daß man auf diese Weise ins Tal gelangt, in dem der Fehler minimal ist. Man bezeichnet ein derartiges Vorgehen daher auch als Gradientenverfahren. Für Filter höherer Ordnung läßt sich der Sachverhalt leider nicht mehr grafisch anschaulich darstellen. Trotzdem ist auch hier vorstellbar, daß die Koeffizienten so verändert werden müssen, daß man sich möglichst 'steil' auf das Minimum zu bewegt. Die für den Fall eines Koeffizienten gezeigten Rechnungen kann man prinzipiell genauso für beliebig viele Koeffizienten durchführen. Man erhält hierbei als allgemeine Adaptionregel für alle Filterkoeffizienten

$$h_{n+1}[k] = h_n[k] + K e[n] x[n-k] \quad (11)$$

Auch diese Formel läßt sich sehr leicht auf einem DSP berechnen, da nur Multiplikationen und Additionen benötigt werden.

## Anwendungsbeispiel

Als Anwendungsbeispiel, das die Implementierung eines adaptiven Filters auf dem DSP56002 EVM zeigt, soll ein Filter dienen, welches ein sinusförmiges Signal von einem zugemischten weißen Rauschsignal trennt. Die Frequenz des Sinussignals sei variabel, so daß zur Problemlösung prinzipiell nur ein adaptives Filter geeignet ist, das sich automatisch auf die Frequenz einstellt. Da sicherlich nicht jedem Leser ein separater Sinus- und Rauschgenerator zur Verfügung steht, erzeugt das DSP-Programm diese Signale gleich mit.



**Bild 6.**  
Erwartungswert  
des quadratischen  
Prädiktionsfehlers.

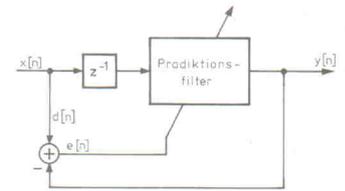
Welchen Ansatz muß man nun wählen, um das Sinussignal wieder zu entzaubern? Der wesentliche Unterschied zwischen dem Sinussignal und dem weißen Rauschen ist der, daß beim weißen Rauschen jeder Abtastwert vollkommen unkorreliert zu vorangehenden Abtastwerten ist, er läßt sich nicht durch Linearkombination vergangener Abtastwerte vorhersagen. Ganz anders verhält es sich bei sinusförmigen Signalen, bei denen sich zukünftige Abtastwerte sehr wohl aus den vergangenen Abtastwerten vorhersagen lassen. Es liegt also nahe, ein Prädiktionsfilter einzusetzen, das aus vergangenen Abtastwerten jeweils den nächstfolgenden schätzt. Beim System in Bild 7 führt das Prädiktionsfilter eine Schätzung für das Signal  $x[n]$  durch. Die vorgeschaltete Verzögerung bewirkt, daß dem Prädiktionsfilter der jeweils aktuelle Abtastwert für die Schätzung noch nicht zur Verfügung steht, denn sonst würde eine Schätzung keinen Sinn machen. Die Koeffizienten des Filters werden durch die Rückkopplung so eingestellt, daß die geschätzten Abtastwerte im quadratischen Mittel möglichst gut mit den wirklichen Abtastwerten übereinstimmen. Als Ausgangssignal wird nur das geschätzte Signal herausgeführt, das von dem weißen Rauschen am Eingang mehr oder weniger stark bereinigt ist.

## Adaptives Filter in der Praxis

Die Umsetzung des adaptiven Filters in ein Programm für den DSP56002 ist in Listing 2 gezeigt. Das Programm erzeugt weißes Rauschen und mischt hierzu einen Sinus-Sweep mit ansteigender Frequenz hinzu. Dieses Signal wird vom rechten Kanal des EVM ausgehen und mit Hilfe eines adaptiven Filters wieder entzaubert. Das Ergebnis kann dann über den linken Kanal abgehört werden.

Das Hauptprogramm besteht im wesentlichen aus drei Teilen. Im ersten werden die Unterrou-tinen zur Erzeugung von Rausch- und Sinus-Abtastwerten aufgerufen und die Resultate entsprechend zusammengesetzt. Dieser Abtastwert wird im zweiten Teil durch das Prädiktionsfilter geschätzt, welches als einfaches FIR-Filter ausgeführt ist. Der Programmcode hierfür entspricht dem bereits in Teil 7 (ELRAD 6/96) gezeigten Code. Adreßregister R0 zeigt auf den Verzögerungsspeicher für das FIR-Filter, der im X-Speicher ab Adresse \$10 beginnt, und R4 zeigt auf die zugehörigen Koeffizienten im Y-Speicher ab Adresse 0. Der Prädiktionsfehler wird durch Subtraktion des wahren Abtastwertes vom Prädiktionsergebnis berechnet und dient als Eingabe für den letzten Programmteil. In diesem werden die Filterkoeffizienten des FIR-Filters entsprechend Gleichung 11 nachgestellt. Dazu werden jeweils die Produkte aus Prädiktionsfehler, Schleifenverstärkung und Filterzustand berechnet und zum aktuellen Filterkoeffizienten hinzuaddiert.

Um das Verhalten des Prädiktionsfilters kennenzulernen, ist es empfehlenswert, die Parameter in den ersten vier Zeilen des Listing zu verändern und die Auswirkungen zu beobachten. Insbesondere die Schleifenverstärkung K hat einen großen Einfluß auf die Funktion des Filters. Macht man die Schleifenverstärkung größer, zeigt sich zunächst, daß die Adaption des Filters schneller erfolgt. Durch eine effektiv kürzere zeitliche Mittelung wird jedoch der Rauschgehalt im Ausgangssignal größer. Macht man die Schleifenverstärkung schließlich zu groß, wird das System instabil, da man bei der Suche des 'Gebirgstats' jeweils über das Ziel hinausschießt. Im nebenstehenden Kasten sind die empfehlenden Maximalwerte der Schleifenverstärkung in Ab-



**Bild 7.** Trennung  
eines 'vorhersehbaren'  
Signals von weißem  
Rauschen.

hängigkeit von der Filterlänge dargestellt. Stellt man dagegen die Schleifenverstärkung zu klein ein, so kann das adaptive Filter schnellen Änderungen im Eingangssignal nicht mehr folgen und erreicht somit keinen quasistationären Zustand mehr. Die Wahl einer geeigneten Schleifenverstärkung ist also besonders kritisch, da hiermit die Konvergenzrate des adaptiven Filters bestimmt wird. Diese muß auch nicht zwangsläufig konstant sein; weiterführende Algorithmen berücksichtigen dies, indem die Schleifenverstärkung immer kleiner gemacht wird, je weiter man sich dem Konvergenzziel nähert.

Für weitere Experimente bietet es sich an, andere Eingangssignale für das adaptive Filter zu verwenden. Durch einfache Änderung des Programms lassen sich beispielsweise beliebige Signale über die externen Eingänge des EVM einlesen.

Die Einsatzmöglichkeiten adaptiver Filter beschränken sich natürlich nicht auf einfache Aufgaben wie hier gezeigt. Als weitere interessante Anwendung sei die Datenübertragung mit Modem über Telefonleitungen genannt [5]. Hierbei handelt es sich bekanntermaßen um eine Duplexübertragung über eine Zweidrahtleitung in beide Richtungen gleichzeitig. Die Richtungstrennung wird dabei durch eine Gabelschaltung erreicht, die jedoch mit kostengünstigen Mitteln nicht ideal ausgelegt werden kann. Durch Reflexionen entstehen parasitäre Echos, die mittels

## Schleifenverstärkung

FIR-Filterlänge	$K_{max}$
≤ 32	0,75
≤ 64	0,375
≤ 128	0,125
≤ 192	0,078125
≤ 2560	0,0703125

eines adaptiven Filters größten- teils wieder eliminiert werden können. Hierzu wird ein adap- tives digitales Filter so an die Übertragungsstrecke angepaßt, daß es die gleichen Übertra- gungseigenschaften hat (Syste- midentifikation). Die gesende- ten Signale durchlaufen neben der Übertragungsstrecke auch das als Leitungsnachbildung operierende Digitalfilter, in dem dieselben Echos erzeugt

werden. Diese können nun vom empfangenen Signal subtrahiert werden, so daß sich das künst- lich erzeugte Echo und das para- sitär vorhandene gegenseitig kompensieren.

### Sinussignale

Das Beispielprogramm zum adaptiven Filter zeigt ganz ne- benbei noch, wie mit einem DSP Sinussignale erzeugt werden

```

; ADAPT.ASM
; Beispiel für ein adaptives Filter
; ELRAD DSP-Reihe; Holger Strauss, 02/96
LAENGE EQU 16 ; Filterlänge
NOISELVL EQU 0.5 ; Rauschpegel
K EQU 0.02 ; Schleifenverstärkung
MODSPEED EQU 3000 ; Modulationsperiode

daten BSM LAENGE,0 ; Filterzustände
ORG x:$10
noisevalx DC $123456 ; Startwert Rauschgenerator
ORG y:0
koeff BSM LAENGE,0 ; Filterkoeffizienten
ORG y:$200
noisevaly DC $123456 ; Startwert Rauschgenerator
INCLUDE 'init.asm' ; Routinen einbinden
move #daten,r0 ; Zeiger auf Filterzustände
move #LAENGE-1,m0 ; Pufferlänge - 1
move #koeff,r4 ; Zeiger auf Filterkoeffizienten
move #LAENGE-1,m4 ; Pufferlänge - 1
move #$100,r1 ; Zeiger auf Sinustabelle im ROM
move #$ff,m1 ; Länge der Sinustabelle
move #0,x5 ; Zähler für Frequenzmodulation
move #MODSPEED,m5 ; Modulationsperiode
move #0,x6 ; aktuelle Frequenz
move #64,m6 ; maximale Frequenz
bset #2,omr ; Sinus-Tabelle (ROM) einblenden

loop jset #2,x:SSISR,* ; auf nächsten Frame warten
jclr #2,x:SSISR,*

; Teil 1: Rauschen und Sinus mischen
jsr random ; Zufallswert nach A
move a1,x0
move #NOISELVL,y0
mpy x0,y0,a ; Rauschpegel einstellen
jsr sinus ; x0 = Sinuswert
move #1-NOISELVL,y0
macr x0,y0,a ; Sinuspegel einstellen
move a,x:TX_BUFF_BASE ; Signalgemisch links ausgeben
move a,x1 ; und in x1 merken

; Teil 2: Prädiktionswert berechnen und Fehler berechnen
clr a x[r0]+x0 y[r4]+y0 ; FIR-Filter berechnen
rep m0
mac x0,y0,a x[r0]+x0 y[r4]+y0
macr x0,y0,a x1,b ; A = Prädiktionswert
sub a,b ; B = Prädiktionsfehler
move a,x:TX_BUFF_BASE+1 ; rechts gefiltert ausgeben

; Teil 3: Filterkoeffizienten nachstellen
move #K,y1 ; y1 = Schleifenverstärkung K
move b,x0 ; x0 = Prädiktionsfehler e[n]
mpy x0,y1,b ; b = K*e[n]
move b,y1 ; y1 = b = K*e[n]
do #LAENGE,adaptloop
move y[r4],a x[r0]+x0 ; a = h_n[i], x0 = x_n[i]
mac x0,y1,a ; a = h_n[i] + K*e[n]*x_n[i]
move a,y[r4]+ ; a -> neuer Koeffizient h_n[i]

adaptloop move x1,x:- (r0) ; verzögerten Abtastwert ein-
; schreiben
jmp loop ; und wieder von vorne

; * Unterroutine fuer weisses Rauschen *
random move l:noisevalx,ba ; alte Werte lesen
lsl a # $1d872b,y1 ; shiften
jcc nicht_eor
eor y1,a ; Bits drehen
nicht_eor addr a,b a1,x:noisevalx
move move b1,y:noisevaly
rts

; * Unterroutine für Sinus-Sweep *
sinus move (r5)+ ; weiterzählen
move r5,b
tst b ; Frequenz erhöhen?
jne weiter ; nein, dann weiter
move (r6)+ ; Frequenz erhöhen!
move r6,n1 ; übertragen
weiter nop ; Pipeline-Effekt
move y[r1]+n1,x0 ; Sinustabelle auslesen
rts

```

Listing 2. Adaptives Filter.

können. Dies ist beim DSP56002 besonders einfach, da sich im DSP bereits eine Tabelle mit Ab- tastwerten einer vollen Periode des Sinus im ROM befindet. Die Tabelle wird in den Adreßbe- reich \$100 bis \$1FF des Y-Spei- chers eingeblendet, indem Bit 2 (Data ROM Enable) des Opera- ting Mode Registers (OMR) setzt. Gleichzeitig werden hier- mit im entsprechenden Adreßbe- reich des X-Speichers zwei Kompanidierungstabellen einge- blendet. Auf den externen RAM- Speicher besteht im Bereich vom \$100 bis \$1FF kein Zugriff mehr.

Beim Zugriff auf die Sinustabelle lassen sich die speziellen Adres- sierungsarten des DSP sehr effi- zient einsetzen. Es empfiehlt sich, zum Zugriff ein Adreßregi- ster zu benutzen, das durch die Modulo-Adressierung auf den Bereich der Tabelle einge- schränkt wird. Die Postinkre- ment-Adressierung mit dem zu- gehörigen Offset-Register (im Beispiel N1) ermöglicht das Durchlaufen der Tabelle mit un- terschiedlichen Schrittweiten. Im Beispielprogramm wird mit dem Offset-Register die Schrittweite laufend erhöht, so daß ein Sinus- Sweep entsteht.

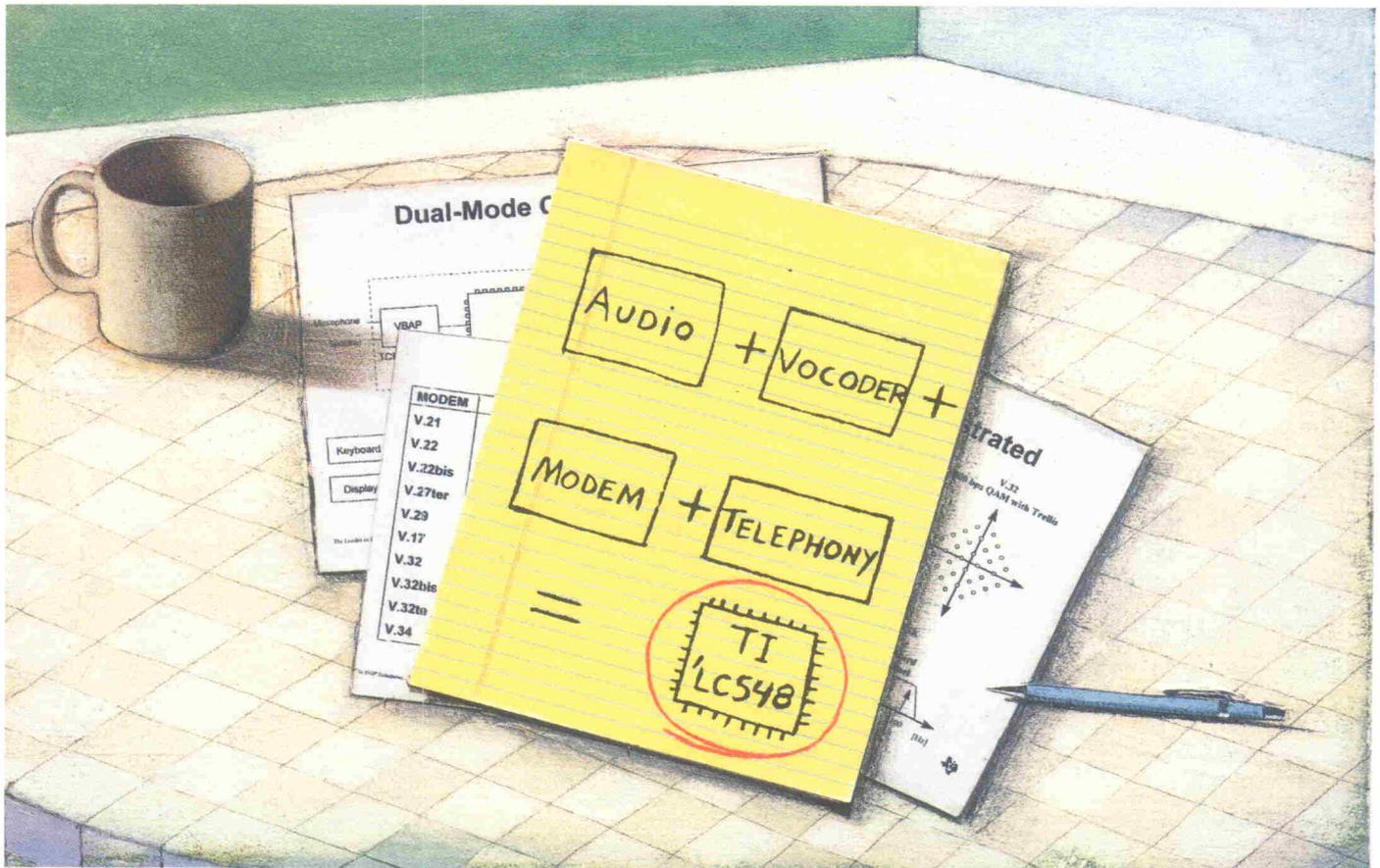
Die Aufteilung einer vollständi- gen Periode des Sinus auf 256 im ROM gespeicherte Abtastwerte hat eine Auflösung von 360/256 ≈ 1,4 Grad zur Folge. Im Bei- spielprogramm werden nur Fre- quenzen erzeugt, die sich mit einem Vielfachen dieser Schritt- weite erzielen lassen, was sich besonders bei tiefen Frequenzen durch hörbare Frequenzsprünge bemerkbar macht. Wenn man dies vermeiden möchte, so hat man bei der Synthese mehrere Möglichkeiten: Die einfachste ist die, jeweils den zum benötigten Wert nächstgelegenen Abtast- wert aus der Tabelle zu wählen. In diesem Fall werden jedoch nicht-harmonische Komponen- ten hinzugefügt, da bei jedem Abtastwert ein mehr oder we- niger großer Fehler gemacht wird. Ein besseres Ergebnis er- hält man, wenn man linear zwi- schen zwei umliegenden Ab- tastwerten interpoliert. Sollte der Signal-zu-Rauschabstand hierbei immer noch nicht groß genug sein, dann muß eine nichtlineare Interpolation höhe- rer Ordnung durchgeführt wer- den, was jedoch einen erhöhten Rechenaufwand bedeutet.

Natürlich gibt es noch andere Algorithmen zur Erzeugung

von Abtastwerten des Sinus [4]. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein Biquad-Filter zu verwenden, dessen Koeffizi- enten sich genau auf der Gren- ze zwischen stabilem und in- stabilem Verhalten befinden (siehe Teil 12 in ELRAD 11/96). Ein derartiges System wird als *grenzstabil* bezeichnet. Einmal angeregt, schwingt die- ses sinusförmig mit einer fest- en Frequenz, die von den Koeffizienten abhängt. Der Re- chenaufwand für jeden neuen Abtastwert ist mit fünf Multi- plikationen und Additionen sehr gering. Man sollte jedoch beachten, daß ein grenzstabiles System in der Praxis zu Pro- blemen führen kann. Kleine Rundungsfehler aufgrund der endlichen Rechengenauigkeit können sich mit der Zeit auf- summieren und zu einem 'Ab- driften' des Systems führen, das heißt, die Schwingungsam- plitude kann langsam ab- oder zunehmen, je nachdem, ob die Rundungsfehler eine Drift in den instabilen oder stabilen Be- reich bewirken. Man muß daher entweder eine Koeffizi- entenkombination finden, bei der die Rundungsfehler nicht relevant sind oder von Zeit zu Zeit den Filterzustand nachkor- rigieren. roe

### Literatur

- [1] Haykin S.: Adaptive Filter Theory; Verlag Prentice Hall
- [2] Sanjit K. Mitra, James F. Kaiser: Handbook for Digital Signal Processing; John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Mohamed El-Sharkawy: Real Time Digital Signal Processing Applications with Motorola's DSP56000 Family; Prentice Hall
- [4] Andreas R. Bayer; Turbo-Sinus: Schneller DSP-Algorithmus zur Erzeugung von Sinus-Schwingungen; ELRAD 5/95, S.80 ff.
- [5] Dirk Hofmann: MNP 10, Teil 2 – Verbindungsaufbau, Echounterdrückung und Modulationsarten; ELRAD 4/94, S. 78 ff.
- [6] B. Wirtzner, C. Schönig, W. Seipp: Spürnase – Adaptive Filter in der Signalverarbeitung, Teil 1: Funktionsprinzip der Adaption; ELRAD 8/94, S. 28 ff.
- [7] Roger Dressler: Dolby Pro Logic Surround Decoder – Principles of Operation; <http://www.dolby.com>



## Immer mehr Systemfunktionen in einem einzigen DSP.

Der neue Festkomma-DSP TMS320LC548 von Texas Instruments bietet bis zu 100 MIPS Rechenleistung und ermöglicht somit die Integration von Multiprozessoranwendungen auf einem einzigen Chip.

Dank seiner 32K Worte SRAM und einem 4M Worten großen Adressbereich ist das System flexibel konfigurierbar und ermöglicht so die Ausführung zahlreicher Algorithmen innerhalb des Systemspeichers. Die Zahl der externen Zugriffe wird so auf ein Minimum reduziert. Sein extrem niedriger Stromverbrauch macht den effizienten 'C54x zum Marktführer in dieser Klasse. Alle auf dem Baustein integrierten Peripheriefunktionen, z.B. zwei gepufferte serielle Ports und ein Host-Port-Interface, beschleunigen den Datentransfer und vereinfachen das Design. Zusätzlich bietet TI eine umfassende Palette von TMS320LC54x-Lösungen, für die erprobte Entwicklungstools zur Verfügung stehen. Fordern Sie noch heute gratis das 'C54x-Informationspaket an.

### TMS320LC548

- 55/66/80/100 MIPS
- Betriebsspannung 3 V
- Integriertes Programm-/Daten-RAM, 32 K x 16 Bit
- 3 serielle Ports, Timer, Host-Port-Interface
- 3 Stromsparmodi
- 80% Leistungssteigerung gegenüber gängigen C-Compilern



Fordern Sie noch heute das 'C54x-Informationspaket an über <http://www.ti.com/sc/4054>, oder Tel.49-(0)-81 61-80-33-11.

AUF ZU NEUEN ZIELEN™



Hinweis: Fortsetzung aus Heft 11/96.

# Analogtechnik

Schaltungen verstehen, dimensionieren, selbst entwickeln

## Teil 8: Spannungsstabilisierung

Dr. Stephan Weber

**Der wichtigste Schönheitsfehler unseres Einfach-Netztes ist die hohe Schwankungsbreite der Ausgangsspannung. Immerhin führt jede Netzspannungsänderung sofort zu einer Änderung der Ausgangsspannung, was manche elektronischen Schaltungen in Form von Fehlfunktion oder gar Zerstörung übelnehmen.**

Ein wichtiges Standardbauteil, welches hier Abhilfe schaffen kann, ist die Z-Diode (Zener-Diode). Dioden leiten den Strom in einer Richtung und sperren in der anderen. Was passiert jedoch, wenn die an einer in Sperrichtung gepolten Diode anliegende Spannung immer größer gemacht wird? Irgendwann fließt dann auch hier bedingt durch die hohen elektrischen Feldstärken ein Strom, der sehr abrupt einsetzt (Stoßionisation) und meist zur Zerstörung des Bauteils führt. Z-Dioden hat man nun so konstruiert, daß die Durchbruchspannung jeweils bei einer wohldefinierten Spannung  $U_Z$  (z. B. 6,8 V) einsetzt. Wenn man nun auch noch den Strom durch einen Vorwiderstand

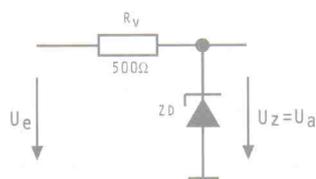


Bild 1. Spannungsstabilisierung mit Z-Diode und Vorwiderstand

$R_V$  begrenzt, dann wird die Diode auch nicht zerstört. Das Schöne daran ist, daß man Z-Dioden ab etwa 2,7 V bis über 100 V feingestuft (sortiert nach E-Reihen wie bei Widerständen, Kondensatoren etc.) kaufen kann. Da die Z-Spannung recht konstant ist, kann mit ihr aus einer *unstabilen hohen* Spannung leicht eine *stabile kleinere* Spannung gemacht werden. Das Prinzip ist dasselbe wie bei der Spannungsteilung mit Widerständen, nur daß ein Widerstand durch eine Z-Diode ersetzt wird (Bild 1).

### Der Goldene Schnitt

Bei einer Z-Diode (sowie einer normalen Diode) handelt es sich um ein *nichtlineares* Bauelement. Eine einfache Gerade oder eine entsprechende Geradengleichung wie das Ohmsche Gesetz  $U = I \cdot R$  genügt zur vollständigen Beschreibung nicht mehr. Deshalb erläutern die Hersteller die Bauteileigenschaften durch Kennlinien, die bei einer Z-Diode noch recht einfach aussehen. Die Schaltungsdimensionierung kann dann grafisch erfolgen (Bild 2). Der Arbeitspunkt ( $U_Z, I_Z$ ) ergibt sich dabei als Schnittpunkt der nichtlinearen Diodenkennlinie (Datenblatt) mit der Widerstandsgeraden des Vorwiderstandes  $U = U_e - I \cdot R_V$ , da im Arbeitspunkt beide Kennlinien gleichzeitig erfüllt werden müssen. Die Widerstandsgerade läßt sich dabei am leichtesten mit Hilfe der zwei Schnittpunkte mit der  $x$ - ( $U = U_e, I = 0$ ) bzw.  $y$ -Achse ( $U = 0, I = U_e/R_V$ ) einzeichnen.

Obwohl Z-Dioden als Ganzes nicht mehr mit einer einfachen Geradengleichung beschrieben werden können, fällt auf, daß die Kennlinienkrümmung bei der Z-Diode in der Nähe des Arbeitspunktes nur gering ist. Deshalb kann man mit nur geringem Fehler in der Nähe dieser Stelle die Kennlinie durch eine Ge-

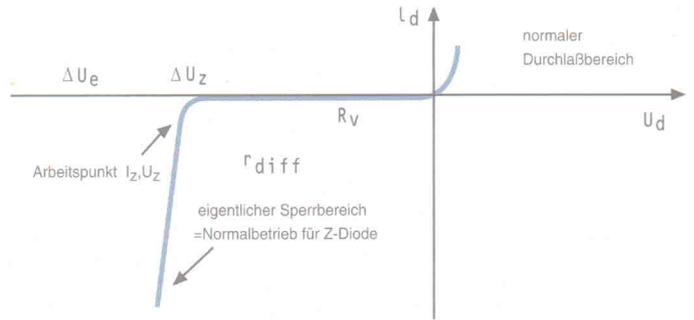


Bild 2. Spannungsstabilisierung im Kennliniendiagramm.

rade ersetzen. Man spricht dann von einer Kennlinienlinearisierung. Dies ist ein wichtiges Verfahren, das auch bei komplizierteren Bauelementen immer wieder angewandt wird und bei dem stets die Kennlinie durch die Tangente im Arbeitspunkt ersetzt wird. In diesem Fall ergibt sich eine linearisierte Strom-Spannungs-Beziehung  $U = U_0 + i \cdot r_{diff}$ , wobei  $r_{diff}$  der sogenannte *differentielle* Widerstand ist.

Da auch die Hersteller um die Wichtigkeit dieser Zusammenhänge wissen, geben Sie neben den Kennlinien auch den typischen differentiellen Widerstand (bei verschiedenen Arbeitsströmen  $I_Z$ ) an. Wenn man nun im Schaltbild die Z-Diode durch ihren differentiellen Widerstand ersetzt, so kann die Schaltung so berechnet werden, wie es auch bei einem Spannungsteiler mit gewöhnlichen Widerständen getan werden kann! Vor allem kann man feststellen, wie gut die Stabilisierungsschaltung per Z-Diode überhaupt funktioniert.

### Stabilisator

Der Sinn der Stabilisierungsschaltung ist der, daß selbst großen Änderungen der Eingangsspannung nur kleine Änderungen bei der Ausgangsspannung folgen. Damit läßt sich direkt ein Qualitätskriterium angeben:

$$\text{Stabilisierungsfaktor} = S = DU_a/DU_e$$

Damit die Verhältnisse nicht zu kompliziert werden, hält man dabei den Laststrom  $I_L$  konstant. Wenn sich beispielsweise die Eingangsspannung um 2 V ändert – aber die Ausgangsspannung nur um 20 mV – dann beträgt der Stabilisierungsfaktor  $S=100$ . Um diesen Faktor verringert sich natürlich auch die durch einen endlichen Ladekondensator bedingte Brummspannung –

man hat sozusagen zwei Fliegen (Netzspannungsschwankungen und Brummspannung) mit einer Klappe geschlagen! Auf diese Art ist  $S$  leicht meßbar, aber wie kann man es im vorhinein aus den Datenblattangaben berechnen? Hier hilft uns das Spannungsteiler-Ersatzschaltbild:

$$DU_a/DU_e = r_{diff}/(R_V + r_{diff}) = 1/S$$

Bei einem Vorwiderstand von  $500\Omega$  und  $r_{diff}=5\Omega$ , ergibt sich ebenfalls ziemlich genau  $1/S = 0,01$  und  $S = 100$ .

### Aller Laster Anfang

Bisher wurde die Last vernachlässigt, aber auch sie kann neben den Eingangsspannungsschwankungen  $DU_e$  zu Ausgangsspannungsschwankungen führen. Bei einer idealen Quelle ist  $U_a$  unabhängig von  $I_L$ . Bei einer realen Spannungsquelle führen Zuleitungen, aber auch innere Widerstände zu einem Absinken der Ausgangsspannung proportional zu steigendem Laststrom. Man kann also einen sogenannten Innenwiderstand  $R_i$  definieren:

$$\text{Innenwiderstand } R_i = DU_a/DI_L$$

Den Innenwiderstand kann man auch leicht berechnen, wenn man im Ersatzschaltbild von außen in die Schaltung 'hineinschaut'. Bei dieser Methode ersetzt man die als ideal angenommene interne Spannungsquelle durch einen Kurzschluß (Bild 3), da eine ideale

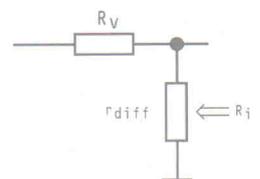


Bild 3. Berechnung des Innenwiderstandes einer (nicht-idealen) Spannungsquelle.

Spannungsquelle den Innenwiderstand  $R_i = 0$  hat.

Es ergibt sich :

$$R_i = r_{diff} \parallel R_V$$

Wegen  $r_{diff} < R_V$  ist der Innenwiderstand also ziemlich genau durch den differentiellen Widerstand der Z-Diode gegeben.

Einen niedrigen differentiellen Widerstand (und damit einen geringen Innenwiderstand) haben Z-Dioden im Bereich von 6...10 V. Auch sollte der Z-Dioden-Strom einen bestimmten Mindestwert nicht unterschreiten, 1...10 mA sind hier günstig. Eine solche Dimensionierung ist auch vorteilhaft, um einen hohen Stabilisierungsfaktor zu erzielen. Dieser wird noch besser, wenn man  $R_V$  groß wählt, was bei konstantem Strom jedoch eine entsprechend hohe Eingangsspannung voraussetzt, die leider nicht immer vorhanden ist. Bei allzu kleinen Strömen steigt nämlich  $r_{diff}$  rapide an, ein Effekt, der grundsätzlich auftritt, aber allerdings auch deutlich von Typ zu Typ schwanken kann.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Temperaturabhängigkeit. Die Ausgangsspannung ist jetzt durch die Z-Spannung gegeben, die aber leider etwas temperaturabhängig ist. Z-Dioden mit Spannungen um 4...5 V sind dabei optimal. Z-Dioden mit höherer Spannung haben einen positiven Temperaturkoeffizienten TK, das heißt, die Spannung  $U_Z$  steigt mit der Temperatur T an. Bei kleineren Spannungen ist der TK dagegen negativ, da hier ein anderer physikalischer Effekt für den Durchbruch bei der Z-Spannung ausgenutzt wird (Tunneleffekt statt Stoßionisation). Bei Z-Spannungen unter 4 V ist zusätzlich auch  $r_{diff}$  recht hoch, so daß die Stabilisierungswirkung relativ gering ist. Solche Dioden werden deshalb eher selten eingesetzt. Statt dessen werden dafür oft normale Dioden oder LEDs (Leuchtdioden) in Durchlaßrichtung geschaltet.

### Man bekommt nichts geschenkt

Leider hat auch die Z-Dioden-Stabilisierung einen wesentlichen

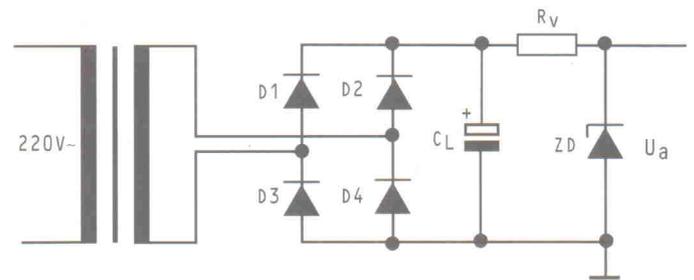


Bild 4. Gesamtschaltbild eines Netzteiles mit einfacher Z-Dioden-Stabilisierung.

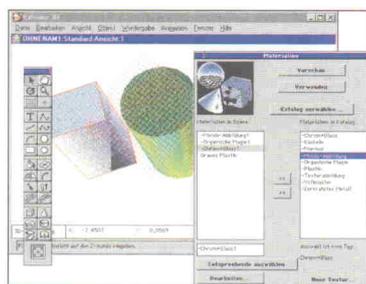
Nachteil: Da ein Teil des Stroms aus dem Netzteil immer durch die Z-Diode parallel zur Last fließen muß, wird insbesondere im Leerlauf, wenn kein externer Lastwiderstand anliegt, viel Leistung verschwendet (Parallelstabilisierung). Aber auch im Normalbetrieb mit Last geht durch den Vorwiderstand einiges an Leistung verloren, so daß die Schaltung in dieser Form nur für geringe Leistungen bzw. Ströme (typisch bis 30mA) eingesetzt wird. Den Nachteil, daß  $U_a$  immer kleiner als  $U_c$  ist, kann man

nicht so leicht umgehen, aber immerhin kann man dafür sorgen, daß nicht mehr als nötig in der Z-Diode 'verbraten' wird. Ein guter Ansatz hierzu wäre ein steuerbarer Serienwiderstand *in Serie* zum Lastwiderstand (statt parallel). Dies führt unmittelbar zu einem weiteren Bauteil, dem Transistor (aus *transfer resistor* = steuerbarer Widerstand). Dazu in der nächsten Folge mehr. roe

Hinweis: Fortsetzung in Heft 1/97.

## Das bringen

## Änderungen vorbehalten

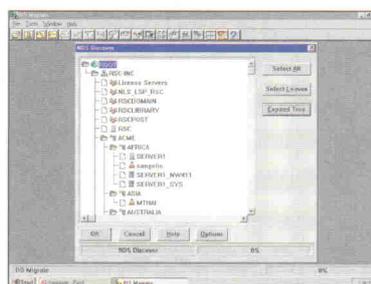


**3D:** Applikationen auf dem Prüfstand; Betriebssystemerweiterungen Direct3D, OpenGL, QuickDraw3D

**Multimediale CD-ROMs:** Attraktive Enzyklopädien, Wörterbücher, Atlanten, Reiseführer und Straßenkarten

**PDA's:** Mobiles Computing ohne Reue; Zwitterwesen aus Handy und Organizer

**56-KBit-Modems:** Fast so schnell wie ISDN



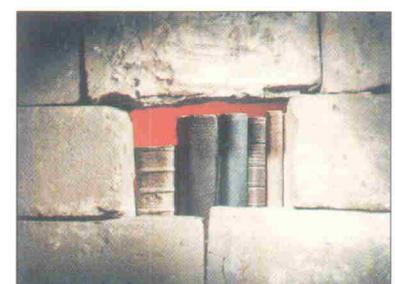
**Netzwerkbetriebssysteme:** Windows NT, OS/2, Warp Server und Netware im Vergleich

**Kostensenkung:** Wie sich im Netzwerk Geld sparen läßt

**Fernsteuerung:** Kontrolle per ISDN oder Modem

**IP-Switching:** Die Alternative zum Router

**Telemedizin:** Pilotprojekte mit GSM und breitbandigen Diensten



**Internet-Hype:** Traum und Realität im Frühvirtualismus

**Unix im WAN:** Marktübersicht und Praxisbeitrag für Linux

**Bildverarbeitung zum Nulltarif:** das interaktive Freeware-Produkt GIMP

**Formel für alle:** I<sub>2</sub>O soll Kompatibilitätsprobleme zwischen Gerätetreibern, Betriebssystemen und Adapterkarten beseitigen

Heft 1/97 am 12. Dezember am Kiosk

Heft 12/96 am 28. November am Kiosk

Heft 12/96 am 22. November am Kiosk



**Tektronix**  
... natürlich vom  
**ScopeShop**  
H A M B U R G  
Wolfgang Weiss  
Albert-Einstein-Ring 21 · 22761 Hamburg  
Telefon 0 40/89 50 03 · Telefax 0 40/89 54 39  
Tektronix Partner

**2 Kanal Digitale Echtzeit-Oszilloskope**  
Zuwachs in der TEK-Scope-Familie  
jetzt auch mit 200 MHz und 1 GS/s

		Externer Trigger Zeilenselektor	Oberwellenmessung Motortrigger
<b>Portabel mit Batteriebetrieb</b>			
• THS 710A	DM 3.380,-	DM 3.887,-	60 MHz, 2CH 250MS/s
• THS 720A	DM 4.150,-	DM 4.772,50	100 MHz, 2CH 500MS/s
• THS 720P	DM 5.240,-	DM 6.026,-	100 MHz, 2CH 500MS/s
• THS 730A	DM 5.240,-	DM 6.026,-	100 MHz, 2CH 1GS/s
<b>Laboroszilloskope</b>			
• TDS 340A	DM 5.040,-	DM 5.796,-	100 MHz, 2CH 500MS/s
• TDS 360	DM 6.970,-	DM 8.015,50	200 MHz, 2CH 1GS/s
• TDS 380	DM 9.260,-	DM 10.649,-	400 MHz, 2CH 2GS/s
<b>kostengünstige Universaloszilloskope</b>			
• TDS 210	DM 1.680,-	DM 1.932,-	60 MHz, 2CH 1GS/s
• TDS 220	DM 2.480,-	DM 2.852	100 MHz, 2CH 1GS/s

Scope Shop Hamburg... die Anlaufstelle für Tektronix Meßtechnik  
Beratung, Verkauf, Support, Service  
sowie Zubehör und Gebrauchsgüter

**The Total Development Solution**

- SAB 80C166/167, ST10
- 8051, 251, XA51
- 196 Kx, Nx, CA, EA
- 68HC08/11/16
- 680x0, 683xx
- DSP56xxx
- R3000/R4000
- SMC88

Contact us now for your  
free demo kit

Compiler • Debugger • Real Time Kernel • Boards



Quality Development Tools Worldwide

Brennerstr. 5  
D-71229 Leonberg  
Tel. 07152/97991-0  
FAX 07152/97991-20

Internet: <http://www.tasking.com> • CompuServe: GO TASKING

**µ-BASIC/51-Compiler - Assembler/51  
MIDI/RS232 - 80C535 -  
51-er Mikro-Controller-Entwicklungs-Systeme**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <b>1</b> <b>Strukturiertes BASIC</b><br>• 32-Bit Fließkomm-<br>Arithmetik • Komfortable<br>Stringfunktionen • Für alle<br>51-er Mikrocontroller ge-<br>eignet • Zeilennummernfrei<br>Dynamische Speicher-Ver-<br>waltung • Small & Large<br>Memory-Modelle • Trigon-<br>Funktionen • Symbolisch<br>linkbarer Code • Interrupts •<br>Deutsches Handbuch | <b>2</b> <b>Assembler/51-Paket</b><br>• Symbolischer<br>Linker • Komfortabler<br>Source-Level-Debugger<br>• RS232/MIDI Kommuni-<br>kationsbibliothek bis<br>115kbaud • Shell mit<br>Projektmanager • Viele<br>Demos: 2-Schrittmotor-<br>Steuerung, LCD-Display,<br>Sprach-Synthesizer, •<br>Deutsches Handbuch | <b>3</b> <b>80C535-Controller</b><br>(emuliert z. B. 8031,<br>8032, 8751...) • 8 A/D-<br>Wandler bis zu 10 Bit •<br>je 32KB RAM & EPROM<br>• Serielle RS232- und<br>MIDI-Schnittstelle • 7-25<br>Volt, 30mA • 40 I/O Ports •<br>Eigenes Betriebssystem<br>als Sourcecode • Inkl.<br>aller el. & mech. Bauteile,<br>EPROM fertig gebrannt |
|--|--|--|

**Preisbeispiele:**

- 1 Komplettes Assembler-Entwicklungs-System, Software für PC oder ATARI, inkl. Hardware: =228,-
- 2 Dto., inkl. µ-BASIC Compiler, Sw. für PC oder ATARI: =357,-

Versand: NN-LPS 11,50, NN-Post 12,-, Vorkasse (Scheck) 8,50. Lieferungen ins Ausland und Lieferungen auf Rechnung (nur öffentl. Einrichtungen und Großfirmen: Preisaufschlag 3% und 3% Skonto / 10 Tage) auf Anfrage.

**Kostenlose Info anfordern!**

Telefonzeiten: Mittwochs: 9h-11h, 15h-18.30h  
Montags & Freitags: 9h-11h, 13h-15h  
0721 / 9 88 49-0 Fax / 88 68 07

**WICKENHÄUSER ELEKTROTECHNIK**  
Dipl.-Ing. Jürgen Wickenhäuser  
Rastatter Str. 144, D-76199 Karlsruhe

**HARDWARE LÖSUNGEN!**

Individuell, maßgeschneidert:  
Kleinserien und Einzelanfertigungen nach Ihren Vorgaben

- Logiksynthese von diskreten Schaltungen bis hin zu komplexen programmierbaren Logikbausteinen
- Planung und Entwicklung von Steuerungen auf Mikrocontroller-Basis, Prototypenbau von digitalen Steuerungen
- Erstellung optimierter Assembler-Routinen der Intel-Familie (Real- und Protected Mode)
- EMV-gerechte Beurteilung bzw. Erstellung und Optimierung von Layouts, Platinen und Geräteteilen
- Beratung

**Ingenieurbüro für digitale Schaltungstechnik**

Dipl.-Ing. Jens-D. Gutschmidt  
Augustinusstraße 47, 53757 St. Augustin  
Fon/Fax (02241) 31 86 87  
Email jens.gutschmidt@bln.de

**GEHÄUSE - FRAGEN  
SUNTEK hat Lösungen  
Fragen Sie SUNTEK**

TEL. 0 21 37 / 1 30 31-33 · Fax 0 21 37 / 1 35 14

SUNTEK COMPUTER GMBH Mainstr. 25-29 41469 NEUSS GERMANY

**PC - Meßtechnik  
Entwicklung & Vertrieb**

- A/D, D/A und TTL-I/O Karten (kleiner Auszug)**
- AD12LC 16 Kanal, 12 Bit A/D, < 40µs, 8 TTL-I/O 269,-
  - HYPER I/O 12 Bit, 33 kHz, 16 AD, 1 DA, 2 Relais, 20 TTL 1298,-
  - ADGV712 16ch 12Bit AD, galv. getr. ±3.3/5/10V, 10µs 789,-
  - AD16Bit Bch. 25µs, DA12Bit, 3 Timer, 20 TTL, 2 Relais 1998,-
  - DA16DUAL 2 Kanal, 16Bit DA-Karte, ±10V, 4µs 529,-
  - AD-MESS 2.0 A/D-Messungen für Windows ab 230,-
  - 24 TTL I/O Karte mit 1 x PPI 8255 99,-
  - Relais-1/2 Karte mit 8/16 Relais und 8 TTL I/O 248,-/339,-
  - OPTO-3 Optokopplerkarte mit 16 IN, 16 OUT, IRQ 429,-
  - TIMER-1/2 9" 16 Bit Timer, 8 TTL, IRQ, max. 4/8 MHz ab 298,-
  - UNITIMER univ. 32 Bit Counter mit 2" LCA's 598,-
  - RS422/485 DUAL 2" RS422/RS485 jeweils galv. getr. 698,-
  - 3" 24Bit U/D-Drehgeber Karte mit TTL-Eingängen 549,-
  - IEEE-488 Karte (mit NEC 7210), mit DEVICE-Treiber 298,-
  - Watchdog1/2NEU für autom. PC-Reset, 1" Relais111,-/139,-

**NEU:  
Meßkarten für den PCI-BUS**

- Automatische I/O-Adressvergabe
  - Windows-NT-Treiber im Lieferumfang
- PRTO-1/PCI Prototypenkarte mit Lochrasterfeld 1. PCI 298,-  
Relais1/PCI 8" Relais für den PCI-BUS 298,-  
Relais2/PCI 16" Relais für den PCI-BUS 398,-  
UNIREL/PCI 16" Relais, 8" Opto-IN, 24 TTL-I/O für PCI 449,-  
OPTO16IN/PCI 16" OPTO-IN für den PCI-Bus 398,-  
OPTOREL/PCI 16" Relais, 16" Opto-In für den PCI-BUS 498,-  
Watchdog1(2)/PCI für autom. PC-Reset, 1(2)" Relais198,-/230,-  
Extender 1. PCI Karten, Tauschen bei laufendem System 899,-

**Logikanalysatoren**

- LOG50 50MS/sec-32Kanäle 698,-
- LOG50/100 zusätzlich 100MS-16 Kanäle 898,-
- LOG100 100MS/sec-32 Kanäle 1248,-
- LOG100/200 zusätzlich 200MS-16 Kan. 1498,-
- 32 Kanäle/32KBit Tiefe \* Windows-Software

- DCF-77 Funkuhren für LPT/ISA/PCI**
- CLOCK-77/LPT, Atomzeit für den PC, DOS, Windows 99,-
  - CLOCK-77/ISA mit 8-Bit Einsteckkarte, DOS, Windows 129,-
  - CLOCK-77/NLM für Novell 3.xx und 4.xx (ohne UHR) 198,-

**QUANCOM** BM BH  
ELECTRONIC  
Heinrich Esser Str. 27 D-50321 Brühl  
Tel.: 02232/9462-20 \* Fax.: 9462-99  
www.quancom.de \* Mailbox: 9462-98

**Warum immer hinterherlaufen?**

ELRAD gibts auch im Abo. Bequem und preiswert.

Nutzen Sie die Abo-Bestellkarte in der Heftmitte.

**ELRAD**

## Von EMUFs & EPACs

lautet der Titel unseres über 100-seitigen Kataloges in dem wir unsere Einplatinencomputer mit der entsprechenden Software vorstellen. Wir bieten Ihnen Rechner vom 6502 bis zum 80537 und 80166, vom Z80 über HC11 bis zum 68070 und 68301. Diese kleinen Rechner haben ihren Weg in die Welt des professionellen Messen, Steuern und Regelns gemacht und sind heute anerkannt als äußerst preiswerte und flexible Lösungen in den vielfältigen Aufgaben industrieller Steuerungen.

## Meßtechnik für PCs

unser neuer Katalog zu PC-Meßtechnik stellt Ihnen PC-Karten vor, die die Arbeit mit dem PC im Labor erleichtern, bzw. erst ermöglichen. Sie finden A/D- und D/A-Wandlerkarten, Multifunktionskarten, Timer- und Ein-/Ausgabekarten (auch optokoppelt oder über Relais). Darüberhinaus auch Buserweiterungen und Prototypenkarten und das gesamte Zubehör für die sinnvolle Arbeit mit diesen Karten. Auch dieser Katalog kann kostenlos angefordert werden.

## Für PALs und GALs und EPROMs ...

Wir bieten Ihnen in unserer Broschüre „Für PALs und GALs“ eine weite Auswahl an Ingenieurwerkzeugen. Neben EPROM-Simulatoren und Logic-Analysen finden Sie eine weite Auswahl an Programmieren. Wir bieten Ihnen neben dem kleinen GAL-/EPROM-/MPU-Programmierer GALEP III die bekannten und bewährten Universalprogrammierer ALL-07A und ALL-07A/PC, die mittlerweile an die 4000 verschiedene Bausteine programmieren.

## MOPS 11

Kleiner, flexibler, preiswerter HC11-Rechner mit großer u. komfortabler Software-Umgebung (Basic + Pascal Compiler). Vorgestellt v. H.J. Himmeröder in ELRAD 3, 4 und 5/1991. Version 2.1 finden Sie in ELRAD 8/92.

MOPS-LP	Leerplatte	64,— DM
MOPS-BS1	Bausatz, enthält alle Teile außer RTC und 68HC24	220,— DM
MOPS-BS2	Bausatz, enthält alle Teile incl. RTC und 68HC24	300,— DM
MOPS-FB1	Fertigk., Umfang wie BS1	300,— DM
MOPS-FB2	Fertigk., Umfang wie BS2	380,— DM
MOPS-BE	MOPS-Betriebssystem für PC	100,— DM

## ICC11

Optimierender low-cost ANSI-C Compiler für HC11 incl. Preprozessor, Linker, Librarian, Headerfiles, Standardlibrary, Crossassembler und Shell. Mit umfangreichen deutschen Handbüchern.

ICC11	ANSI-C Compiler für HC11	343,— DM
-------	--------------------------	----------

## HC11-Welcome-Kit

Der einfache Einstieg in die Controllertechnik mit dem Motorola 68HC11. Enthält: IDE11-Entwicklungsumgebung, original Buch Dr. Sturm, Mikrorechenstechnik, Aufgaben 3 mit Simulator TESTE68, original MOTOROLA Datenbuch HC11 Technical Data, HC11-Entwicklungs-board zum Anschluß an PC incl. Kabel und Anleitung.

HC11-Welcome Kit	Komplett zum Einstieg	276,— DM
------------------	-----------------------	----------

## ZWERG 11

Unser allerkleinster Rechner mit dem Motorola-HC11-Controller. Der ZWerg 11 hat eine Platinenfläche von nur ca. 55 x 50 mm. Ideal für den Serieneinsatz. Techn. Unterlagen, Preise und Lieferformen finden Sie in „Von EMUFs & EPACs“.

ZWERG 11 m. Entwicklungsumgeb.		ab ca. 250,— DM
ZWERG 11 ohne Software ab	1 St.	91,— DM

## ZSLIC-11

41mm x 54mm kleines HC11E1-Modul mit 8K EEPROM realisiert über XICOR SLIC-Baustein. Entwicklungspaket mit ZSLIC11, IF232LC, Kabel, Handbücher und IDE11-Software (Editor, Assembler, Download, Monitor).

ZSLIC11/ENT	Entwicklungspaket ZSLIC11	429,— DM
ZSLIC11/FB	ZSLIC11-Karte, mit Manual	215,— DM

## Hip Hop HC11

Das von Oliver Thamm herausgegebene Praxisbuch zur 68HC11 Microcontrollerfamilie

HipHopHC11	Das Praxisbuch zum HC11	59,— DM
------------	-------------------------	---------

## CONTROLBOY/2

Die etwas andere Art mit Controllertechnik umzugehen. Ideal für Einsteiger: HC11-Karte mit 8KB EEPROM, Relais. Applikationserstellung erfolgt unter Windows!

CONTR/2	Controlboy/2 HC11-Karte mit 8KB EEPROM mit der Entwicklungsoftware unter Windows	299,— DM
---------	--	----------

## Der Neuner! ST9 + BASIC

Jens Altenburg (bekannte HipHopHC11-Mitautor) stellt in ELRAD 12/96 den „NEUNER“ vor, eine halbe Europa-Karte mit ST9-Controller von STM und nützlichen BASIC im ROM. So wurde der „NEUNER“ ein moderner Urenkel des bekannten und weit verbreiteten BASIC-EMUF.

ST9BE/LP	Leerplatte	64,— DM
ST9BE/BASIC	ST9-Controller mit BASIC (im ROM)	169,— DM
ST9BE/FB	komplett aufgebaut, incl. BASIC	359,— DM
ST9BE/Kit	ST9BE/FB, RTC + Batt., STM-Daten CD und Kabel	398,— DM
ST9BE/OPT	RTC + Batt.	35,— DM

## PICs

Der Nachfolger des erfolgreichen „PICSTART-16“ ist das Original MIKROCHIP Kit PICSTARTplus ist ab Lager lieferbar. PICSTARTplus enthält: Programmierer, Assembler, Simulator, Musterbausteine, Daten-CD. PICSTARTplus ermöglicht die Arbeit mit PIC16xx, PIC17xx, PIC1400.

PICSTARTplus	Das neue PICSTART-Evaluation Kit von MICROCHIP, Komplett mit CD, Programmer, Software.	399,— DM
fuzzyTexpl.	Microchips fuzzy/Technexplorer, wie vorgestellt in ELRAD 6/96	269,— DM
PIC-ASS/Buch	Edwards/Kühnel, Parallax-Assembler Arbeitsbuch für die Microcontroller PIC16Cxx in deutsch. Der Titel des US-Original lautet THE PIC SOURCE BOOK. DIN A4, geringt. inclusive Assembler und Simulator	68,— DM
EASY-PIC'n	Lehrbuch zum Einstieg in PICs (vor allem 16C84) aus den USA. Als Begleitbuch zu PICSTARTplus empfehlenswert. 150 Seiten, DIN A4, in englisch	68,— DM
König-PIC	Neu! Von König und König, „Erfolgreich arbeiten mit PIC-Controllern“. Ein echtes PIC-Compendium mit über 550 Seiten und CD.	89,95 DM
PIC-Programmer	für PIC16-Cxx aus ELRAD 1/94 und 6/94. Fertiggerät im Gehäuse mit Programmierfassung und Software.	392,— DM
C-Mark/ENT	Eine runde Sache! Das PIC18C84-Entwicklungspaket mit C-Compiler. Enthält Hardware, C-Compiler (engl. Handb.), SW-Beispiele, Programmieradapter, Kabel	398,— DM
PICC-PCM	C-Compiler für PIC16C6x, PIC16C7x und PIC16C84. engl. Handbuch (im C-Mark/ENT enthalten)	230,— DM

## CP-537

Einplatinen-Rechner mit 80C537 (oder 517), der tausendfach im Einsatz ist. 32KB EPROM, 32KB RAM und 32KB EEPROM sind onboard möglich, 2 ser. Schnittstellen, Watchdog optional.

CP-537M-3A	Baugruppe mit 80C537, ohne RAM, E/EPROM, mit Handbuch	299,— DM
EM-537	Komfort-Monitor mit SAA-Oberfläche	170,— DM
CM-51	Baugr. mit 80C31/32, 32KB RAM, ohne E/EP.	185,— DM

## V40-Starter

Das Starterkit für die V40-Card enthält: Eine V40-Card mit 256KB stat. RAM und 640KB FLASH-Memory, Embedded BIOS Lizenz, Embedded DOS (Runtime), ein EVA-Board als „Unterkarte“, das Terminalprogramm für den PC, das serielle Kabel und ein Steckernetzteil wie in ELRAD 8/96 beschrieben.

V40-Starter	Starterkit für V40-Card	527,70 DM
V40-Card	einzel, ohne Speicher	299,— DM

## MACH-445

Das MACH-445 EVAboard, vorgestellt in ELRAD 12/95. Beide Lieferformen (LP + BS) werden mit aufgelötetem MACH 445 und der benötigten Software auf Diskette geliefert.

445-EV/LP	Leerpl. m. MACH445 und SW	158,— DM
445-EV/BSMax	Wie oben, mit allen zum Betrieb des MACH445 benötigten Bauteilen	189,— DM

## ispLSI/CPLD-Designer

Die Prototypenplatte zur Programmierung „im System programmierbarer Logik“ nach ELRAD 10/94 mit der LATTICE-Software pds1016 und den drei LATTICE-ispLSI Chips. Nur als Bausatz lieferbar.

ispLSI/BS	Leerkarte mit sämtlichen Bauteilen und der zugehörigen Software	155,— DM
-----------	---	----------

## EPROM-Simulatoren

Unentbehrliche Hilfsmittel für den ernsthaften Programmierer. Alle Modelle für 16 Bit-Betrieb kaskadierbar.

EPSIM/1	EPROM-Simulator 2716 - 27256	249,— DM
ROMSIM512	Der neue EPROM-Simulator bis 27512, über serielle Schnittstelle, galvanisch getr.	375,— DM
PEPS3/27010	EPROM-Simulator 2716 - 271001	457,70 DM
PEPS3/274001	EPROM-Simulator 2716 - 274001	897,— DM

## DSP-Evaluation Kits

Der original MOTOROLA Evaluation-Kit für den MOTOROLA DSP 56002, mit sämtlichen Unterlagen und Software.

56002-EVM	Der Original MOTOROLA-Kit 56002-EVM	349,— DM
-----------	-------------------------------------	----------

Ausbausätze aus ELRAD 6/96 und ELRAD 7/96		
Turbo-Talk	Leerplatte und GAL	39,— DM
	Bausatz mit LP und GAL	55,— DM

Zeitspeicher	Leerplatte (Multil.)	49,— DM
	Bausatz mit LP	94,— DM

Der EZ-Kit-Lite mit ADSP2181 original von ANALOG DEVICE (AD). Wie besprochen in ELRAD 1/96, jedoch mit englischem 2181-User Manual zusätzlich. Der schnelle Einstieg in die DSPs von AD. Neu: Das PC-Hostinterface, beschrieben in ELRAD 8/96 von Andreas R. Bayer, als Bausatz.

EZ-Kit-Lite	Der einfache Einstieg in die ADSPs 189,— DM	
EZ-Hostflash	Die schnelle Verbindung zum PC./Bausatz	139,— DM

C3x-DSK, der neue DSP Einsteiger-Kit von TEXAS INSTRUMENTS. "DSP-Design ein Kinderspiel" schreibt IT. Eine ausbaufähige Entwicklungsplattform für Echtzeitanwendungen.

C3x-DSK		199,— DM
---------	--	----------

## Meßtechnik für PCs

### ADIODA-12LAP

PC-Karte mit 8 Stück A/D-Eingänge 12Bit (bis 25KHz, progr. Eingangsverstärker), 1 Stück D/A-Eingang 12Bit, 24 Stück I/O TTL und Timer. Deutsches Handbuch mit Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

ADIODA-12LAP		598,— DM
--------------	--	----------

### ADIODA-12LC

PC-Karte mit 8 Stück A/D-Eingänge 12Bit (bis 25KHz, programmierbare Eingangsverstärker), Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

ADIODA-12LC		379,50 DM
-------------	--	-----------

### ADIODA-12EXT

PC-Karte mit 32 A/D-Eingängen 12Bit (bis 25KHz, progr. Eingangsverstärker). 4 Stück D/A Ausgänge, 24 Stück I/O TTL und Timer. Incl. DC/DC Wandler. Deutsches Handbuch mit Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

ADIODA-12EXT		1127,— DM
--------------	--	-----------

### WITIO-48ST

PC-Karte mit 48 Kanal Ein-/Ausgabe und 3x16Bit Timer. Deutsches Handbuch mit Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

WITIO-48ST		149,50 DM
------------	--	-----------

### WITIO-48EXT

PC-Karte mit 48 Kanal Ein-/Ausgabe, 8 Stück programm. Interrupteingänge, 3x16Bit Zähler. Deutsches Handbuch mit Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

WITIO-48EXT		264,50 DM
-------------	--	-----------

### WITIO-240EXT

PC-Karte mit 240 Stück Ein-/Ausgänge TTL, 8 Stück Interrupteingänge, 3x16Bit Abwärtszähler. Deutsches Handbuch mit Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

WITIO-240EXT		368,— DM
--------------	--	----------

### OPTIO-16ST

PC-Karte mit 16 Ein- und 16 Ausgängen mit Potentialtrennung. Deutsches Handbuch mit Beispiel-SW in Basic, Pascal und C.

OPTIO-16ST		425,50 DM
------------	--	-----------

Weitere Infos zu diesen u. vielen anderen Karten finden Sie in unseren Katalogen die wir Ihnen kostenlos zusenden.

# ELEKTRONIK LADEN

Mikrocomputer GmbH  
W.-Mellies-Straße 88, 32758 Detmold  
Tel. 0 52 32/81 71, FAX 0 52 32/8 61 97

oder	BERLIN	0 30/4 63 10 67
	HAMBURG	0 40/38 61 01 00
	FRANKFURT	0 61 96/4 59 50
	STUTTGART	0 7141/45 11 70
	MÜNCHEN	0 89/6 01 80 20
	LEIPZIG	0 341/2 11 83 54
	SCHWEIZ	0 62/7 11 69 44
	ÖSTERREICH	0 22 36/4 31 79
	NIEDERLANDE	0 34 08/8 38 39
	oder	
	<a href="http://members.aol.com/elmikro">http://members.aol.com/elmikro</a>	

**ADVANTECH® LabTool-48**  
*No adapter required for any DIP device up to 48-pins—Guaranteed!*

High-Tech Design mit CPU & FPGA

Extrem schnell - 100s / 8Mbit  
 Direkte Programmierung aller Bauteile bis DIL48 • Nur ein Adapter für alle PLCC44-Bauteile • Arbeitet am PC-Druckerpport • Ist mobil • Integrierte Stromversorgung

DOS & Windows  
 Option: 2 EPROM-Simulatoren

**ELECTRONIC**  
**ELS**

D-47179 Duisburg • Kurfürstenstraße 47  
 Telefon 0203-991714-0 • Fax 991714-1 • BBS 991714-2

\* Schaltungsentwicklung  
 \* PCB - Entflechtung  
 \* Leiterplattenbestückung  
 \* Baugruppentest

**Bures & Koch Gm**  
**bH**  
 Entwicklung elektronischer Systeme

Otto-Lilienthal-Str. 20 Tel: 05032/94536  
 31535 Neustadt a. Rbge. Fax: 05032/94537

**Immer eine pfiffige Lösung!**

**Multi-I/O-Karten**

CIO-DAS1600/12 nur: 1116,- DM\*  
 16-Kanal, 160 kHz, 12 Bit-A/D, 4µs Burst Modus, prog. Verstärkung, 2 DA, 24 DIO, 3 Zähler

CIO-DAS1600/16 nur: 1302,- DM\*  
 16-Kanal, 100 kHz, 16 Bit-A/D, 10µs Burst Modus, prog. Verstärkung, 2 DA, 24 DIO, 3 Zähler

CIO-DAS08 nur: 371,- DM\*  
 8-Kanal, 12 Bit-A/D, max. 40 kHz, 3 Zähler, 31 DIO

CIO-DAS48 nur: 743,- DM\*  
 48-Kanal, 12 Bit-A/D, 20 kHz, Spg.- od. Strom-Eingänge

CIO-DDA06/16 nur: 1488,- DM\*  
 6-Kanal, 16 Bit-D/A, uni-/bipolar, 24 DIO

**PCMCIA**

Computer Cards Inc. **NEU!**

PCMC-DAS16/330 nur: 870,- DM\*  
 16-Kanal se, 330 kHz, 12 Bit-A/D, je 3 digi. Ein-/Ausgänge

PCMC-DAS16 ab: 836,- DM\*  
 16-Kanal, 100 kHz, 12 od. 16 Bit-A/D, je 2 digi. Ein-/Ausg.

**Signalkonditionierung**

CIO-EXP-GP nur: 1116,- DM\*  
 8-Kanal Erweiterungs-Multiplexer mit Signalaufbereitung

CIO-EXP-RTD16 nur: 1302,- DM\*  
 16-Kanal Erweit.-Multiplex. mit RTD-Signalaufbereitung

Treiber für HP VEE, DASYLab, LabTech Notebook, LabView, LabWindows CVI, TestPoint u. v. m. lieferbar! \*zzgl. ges. MwSt.

**PLUG-IN**  
 ELECTRONIC GMBH

Postfach 345 D-82219 Eichenau  
 Telefon 08141/3697-0 Telefax 08141/8343

**omv**  
 organisationsmittel  
 vertrieb

Kirchstraße 23 Tel.: 0 52 92/93 02 25  
 33178 Borcheln / Etteln Fax: 0 52 92/93 02 26

**Overstock and Recovering IC's**

Micro-Prozessoren	Preis/Stück	Micro-Prozessoren	Preis/Stück	Eprom-DIP	Preis/Stück
8031	2,50 DM	68040-33	60,00 DM	27c040	8,60 DM
8032	2,50 DM	68040-40	70,00 DM	27c080	12,40 DM
8051	2,60 DM	68000-xx DIP	2,40 DM		
8251	1,30 DM			S-RAM	Preis/Stück
8253	1,50 DM	Eprom-DIP	Preis/Stück	8k x 8	1,50 DM
8254	1,50 DM	27c64	1,20 DM	32kk x 8	3,30 DM
8748	4,20 DM	27c256	2,10 DM	128k x 8	8,50 DM
8749	5,90 DM	27512	2,30 DM		
8751	8,20 DM	27c512	2,30 DM	DRAM	Preis/Stück
Z 80 A/B CPU DIP	1,90 DM	27c010	2,70 DM	1M x 1-70	Preis a. A.
80c535	5,00 DM	27c011	4,00 DM	256k x 4	Preis a. A.
68040-25	45,00 DM	27c020	4,90 DM	1M x 4	Preis a. A.

Auch in DIP, ZIP, SOJ, TSOP, und PLCC lieferbar  
 Die angegebenen Preise sind Nettopreise und gelten ab Lager Etteln.  
 Sie können die jeweils aktuellen Preise jederzeit telefonisch oder per Fax anfragen.

*Nicht vergessen!*

**Umgezogen?  
 Neue Anschrift?**

Faxen Sie uns Ihre Adreßänderung, damit Ihr Abo auch weiterhin pünktlich ankommt.

Fax: 05 11/53 52-289 **ELRAD**

**COM-Watch 2000 - Das Paket für Kommunikationsanalyse**

**NEU!**

Datenanalyseprogramme waren teuer - bis jetzt. Das COM-Watch 2000 Kommunikationsanalyse-Paket bietet universelle Analyse. Optional arbeitet das COM-Watch-Paket mit ISDN, CAN-Bus oder Profi-Bus. COM-Watch 2000 arbeitet standardmäßig mit RS232.

Die COM-Watch Software ist in der Lage, die aufgenommenen Daten in unterschiedlichen Formaten anzuzeigen, übersichtlich aufgeteilt in bis zu 16 Fenstern (für 16 verschiedene Kanäle).

**Features:**

- Baud-Raten bis 256Kbaud
- RS232, RS422, RS485, ISDN, CAN-Bus, Profibus
- Multi-Channel-Analyse: Bis zu 16 Kanäle
- Windowskomp. Software mit integriertem Editor

**Einführungspreis: DM 794,50**

**LILIPUT Eprom-Emulator**

*Serieller Hightech Miniatur-EPROM-Emulator*

*Ein Eprom-Emulator in der Größe eines 32-poligen Eproms!*

- Emulation aller gängigen 8-Bit-Eproms bis 27040
- 16-Bit-Systeme mit zwei Liliputs emulierbar
- serieller Highspeed-Download, bis 115200 Baud
- optoelektronisch entkoppelter Anschluß

LILIPUT1 (1MB)	DM 630,-
LILIPUT4 (4MB)	DM 977,50

NEU: Jetzt gibt es einen LILIPUT für EPROMs mit 70ns!  
 LILIPUT1s (1MB) DM 1140,-

**NEU! MegaMax-4G Universal- / Gang-Programmierer**

**Besondere Eigenschaften des MegaMax-4G:**

- Gang-Programmierung -
- Universalität -
- Portabilität -

4 Sockel:  
 • 1 x 48 Pin DIL-Sockel  
 • 3 x 32 Pin DIL-Sockel

Programmiert  
 • PLD, EPLD, GAL, PEEL  
 • E(P)PROM  
 • Flash PROM  
 • Microcontroller  
 • Serial PROM

Durch seine geringen Maße ist der MegaMax ideal geeignet für den Service und den mobilen Einsatz.

- Anschluß über Parallelschnittstelle (LPT)
- Eigenes Netzteil - daher auch für Notebooks

nur **DM 1380,-**

Wir akzeptieren:

**HLERS**  
 EDV SYSTEME GmbH

Lieferung ab Lager alle Geräte getestet  
 kostenloser Update-Service über Mailbox

Egerlandstr. 24a, 85368 Moosburg  
 ☎ 08761 / 4245  
 FAX 08761 / 1485 Mailbox 62904  
 e-mail to: 100270.1035@compuserve.com

**12 Bit AD/DA Karte.....DM 93.-**  
 1x12 Bits D/A, unip. 0V-9V oder bip. -9V+9V, 500nsek.  
 16x12 Bits A/D, unip. 0V-9V oder bip. -9V+9V, 60µsek.

**Super 12 Bit AD/DA Karte, 1Ch oder 2 Ch.....ab DM 111.-**  
 1 oder 2x12 Bits D/A, unip oder bip., <2µsek.  
 16/8x12 Bits A/D (single-ended/differential), unip. oder bip.

**Super 14 Bit AD/DA Karte, 1 Ch oder 2 Ch.....ab DM 177.-**  
 1 oder 2x14 Bits D/A, unip. oder bip., <2µsek.  
 16/8x14 Bits A/D (single-ended/differential), unip. oder bip.

**Advance 12 Bit AD/DA Digital I/O Karte.....ab DM 449.-**  
 2x12 Bits D/A, unip. oder bip., <1µsek., 2 digitale I/O Kanäle  
 16/8x12 Bits A/D (single-ended./diff.), unip. o. bip., 2 digit. I/O Kanäle

**IEEE-488 Karte.....DM 131.-**  
 Programmierbare Interface-Karte nach IEEE Standard 488

**TTL I/O Karte.....DM 82.-**  
 8 I/O Ports mit je 8 I/O Kanälen = 64 I/O Kanäle

**8255/8253 I/O Karte.....DM 79.-**  
 48 I/O Kanäle, max. 2 MHz, 3 16-Bit counter, 16 LEDs

**Multi 8255/8253 I/O Karte.....ab DM 103.-**  
 48/96/144-192 I/O Kanäle, max. 2.35 MHz, 6 16 Bit counter

**8 Channel Industrie Karte.....DM 81.-**  
 8 I/O Ports mit je 8 I/O Kanälen = 64 I/O Kanäle

**8 Channel Photo Isolator In / Relay Out Kart.....DM 138.-**  
 Photo-Isolierte Inputs und Relay Outputs

**Analog zu Digital Konverter**

10 Bit/0-10V Pocket Converter Box.....DM 86.-  
 10Bit/0-5V Pocket Converter Box.....DM 86.-  
 12Bit/0-10V Pocket Converter Box.....DM 90.-  
 12Bit/0-5V Pocket Converter Box.....DM 90.-

**Ausführliche Informationen über diese und weitere Produkte bei:**

**SPHINX Computer Vertriebs GmbH**  
 Allensteiner Str.62, D-69502 Hemsbach  
 Tel: 06201/75437, Fax: 06201/74246

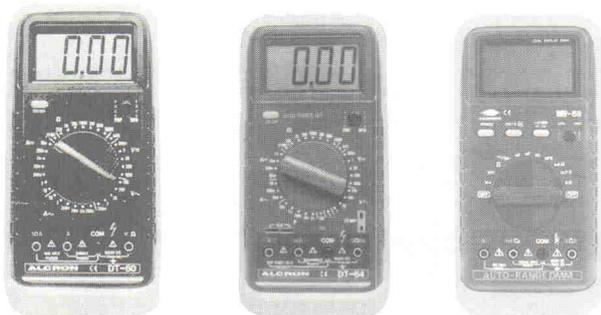
**Abgabe nur an Wiederverkäufer.** Alle Preise zuzüglich Mehrwertsteuer und Fracht. Alle genannten Warenzeichen sind im Besitz der entsprechende Firmen.



## IHR ZUVERLÄSSIGER ELEKTRONIK-PARTNER

Horst Boddin · Import-Export  
 Postfach 100231 Telefon 05121/512017  
 D-31102 Hildesheim Telefax 05121/512019  
 Steuerwalder Straße 93 516686  
 D-31137 Hildesheim

### TOP-SERIE



DT-60

DT-64

DT-68

- MIYAMA Kippschalter, Taster
- Stecker (Antennen-, BNC-, UHF-, Cinch-, LS-, Sub-D-, Platinen- etc.)
- Buchsen, Kupplungen, Verbinder
- Batteriehalter
- Crimp- u. Elektronikerzangen
- Lichtschranken
- Lötartikel
- Kopfhörer/Ohrhörer
- Lade- u. Netzgeräte
- Meßgeräte (analog + digital)
- Einbaumeßinstrumente
- Gehäuse (Plastik + Metall)
- Kabel ( Audio/Video/Netz-)
- TV/RF Antennen-Rotore
- Telefondosen, -Stecker, -Kabel

BITTE FORDERN SIE UNSEREN NEUEN KOSTENLOSEN KATALOG AN!  
 – NUR HÄNDLERANFRAGEN –

## TENNERT-ELEKTRONIK

Vertrieb elektronischer Bauelemente  
 Gunnar Tennert

### ELEKTRONIK VON A-Z AB LAGER LIEFERBAR

- AD-DA-WANDLER-ICs
- CENTRONICS-STECKVERBINDER
- CERMET-SPINDELTRIMMER 19 mm-, 1 GANG-, 12 GANG-, 25 GANG-
- C-MOS-40xx-74HC-74HCT-74ACT
- DC-DC-WANDLER-MODULE BIS 160W
- DIODEN + BRÜCKEN BIS 35AMP
- DIP-KABELVERBINDER + KABEL
- EINGABETASTEN, DIGITALEN
- EINSTELLREGLER, -POTIS, 10 GANG WENDEL-
- EDV-KABEL + DATA-T-SWITCH + SCHNITTSTELLENTESTER
- IC-SOCKEL + TEXTTOOL-ZIP-DIP-PLCC
- INDUKTIVITÄTEN (AXIAL + RADIAL)
- KABEL RUND, FLACH, KOAX, NETZ-
- KONDENSATOREN KERKO, FOLIEN, ELKO, TANTAL
- KÜHLKÖRPER + ZUBEHÖR
- LABOR-EXP-PLATINEN, BUS-PC-AT
- LABOR-SORTIMENTE
- LCD-PUNKTMATRIX-MODULE
- LEITUNGSTREIBER IC RS232, RS422, RS423
- LINEARE + SONSTIGE IC S
- LOTKOLBEN-STATIONEN-ZINN
- LUFTER-AXIAL
- MIKROPROZESSOREN UND PERIPHERIE-BAUSTEINE
- MINIATUR-LAUTSPRECHER
- OPTO-TEILE, -KOPPLER 7 SEGMENT LED
- QUARZE + OSZI, SCHALLGEBER
- RELAIS REED-PRINT-KARTEN-STARKSTROM
- SENSOREN TEMP-FEUCHT-DRUCK
- SCHALTER KIPP-, WIPP-, DIP, KODIER-
- SICHERUNGEN 5 x 20 + 6.3 x 32 + KLEINST-, -HALTER
- SMD-BAUTEILE AKTIV + PASSIV + MECHANISCH
- SOLID-STATE-RELAIS
- SPANNUNGS-REGLER FEST + VAR SCHALTREGLER
- SPEICHER-EPROM-EPPROM-RAM-PAL-GAL-EPLDs
- STECKVERBINDER DIVERSE
- TAST-, + CODIERSCHALTER
- TRAFOS, PRINT-, OFFENE, RINGKERN-1.6 - 450VA
- TRANSISTOREN KLEIN-, + LEISTUNGS-
- TRIAC-THYRISTOR-DIAC
- TTL-74LS-74S-74F-74ALS-74ASxx
- WIDERSTÄNDE + -NETZWERKE (SIL UND DUAL)
- Z-DIODEN + REF-DIODEN

### KATALOG ANFORDERN 400 SEITEN

GEGEN EINSENDUNG DIESER ANZEIGE KOSTENLOS

71371 Weinstadt  
 Postfach 2222

Tel.: 071 51 / 66 02 33 + 6 89 50  
 Fax: 071 51 / 6 82 32 + 66 09 29

### PC • CAN • PC

#### Low-Cost PC-CAN

CAN-Protokoll nach 2.0A und 2.0B  
 (11- bzw. 29 Bit Identifier)  
 ab DM 324,-

#### Intelligente PC-CAN (ISA und SMP)

+  
 Treiber für BPW 7.0, VSC++,  
 Visual-Basic, C, Pascal,  
 LabView® und WinLab®

#### CAN-MONITOR / ANALYZER für WINDOWS

#### S•I•E

Sonthem Industrie Elektronik GmbH  
 Mittlere Eichler Straße 49 · 87435 Kempten Allgäu  
 Tel. (08 31) 1 82 30 · Fax (08 31) 2 29 21

### Umwelt-Meßgeräte

Zum Aufspüren, Messen, Aufzeichnen und Überwachen von Umwelt-Faktoren wie:

- Temperaturen
- magnet. Gleich- u. Wechselfelder
- elektr. Gleich- u. Wechselfelder
- elektromagnet. Felder (Hochfrequenz)
- Radioaktivität
- Lärm
- Licht, Beleuchtung
- Raumluftqualität (CO<sub>2</sub>, Ionenkonzentration)
- Luftfeuchtigkeit, Luftdruck

außerdem lieferbar:

externe PC- Meßgeräte, Scope, Datenlogger usw.,  
 Funksprechgeräte u. Zubehör, Matrix-Meßgeräte,  
 Monaco- Elektronikartikel ...  
 Fordern Sie spezielle Unterlagen an!

#### PSE - Prigen Special Electronic

Postfach 1466, D-48544 Steinfurt  
 Tel.: 02551/5770 Fax: 02551/82422

### Telefonanlage K110



#### 1 Amtsleitung, 10 Nebenstellen, Türspechstelle.

IWW, MFV, Wahlumsetzung

- Einstellung über PC mit Windows
- Gesprächs- und Gebührenerfassung
- MFV-Durchwahl
- Uhrzeitsteuerung
- Fernwirken
- 100 Wahlziele
- Alarmeingang, und vieles mehr.



### Türsprechsysteme

zum Anschluß an alle KEIL-Telefonanlagen oder zum Anpassen an bestehende Türsprecheinrichtungen.



Weitere Information erhalten Sie im Fachhandel oder bei:

### KEIL TELECOM

Bretonischer Ring 15 · 85630 Grasbrunn  
 Tel. (089) 45 60 40-0 · Fax (089) 46 81 62

(A) (01) 8 77 41 18 (NL) (020) 6 18 69 11

### BASISTA

CAD-Design · Leiterplatten · Prototyping

### Leiterplatten

Prototypen in 1-3 AT ?

Serien in 10 AT ?

Haben Sie Interesse ?

Technik auf den Punkt gebracht

Kardinal-Hengsbach-Str. 4 · 46236 Bottrop  
 Tel.: 02041/263641 · Fax: 263542 · Modem: 263846

### Einschalt-Stoßstrombegrenzer

Einfache Montage · Wenig Platzbedarf  
 Kostengünstig · Geringe Verluste

Zuverlässig

Neuen Prospekt anfordern!

In Schalt-  
 netzteilen

Überlastschutz  
 von Sicherungen

An nieder-  
 ohmigen Lampen

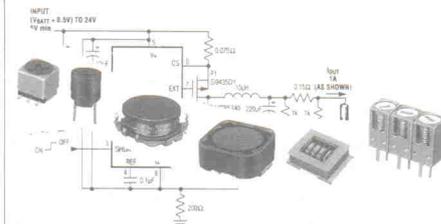
Verbesserung  
 von EMV

Vor Ringkern-  
 transformatoren

Thomatronik  
 Brückenstraße 1 · 83022 Rosenheim  
 Telefon 08031/2175-0 · Fax - 2175-30

### sumida Induktivitäten

für Stromversorgungen, DC-DC Converter, Störspannungsunterdrückung, ....  
 mit hoher Zuverlässigkeit, hoher Sättigung, hohem Wirkungsgrad und  
 magnetischer Abschirmung.  
 SMD und bedrahtet, in Standard-Ausführungen und kundenspezifisch.  
 Neue Ausführungen mit direkter Verbindung Ferritkern und Abschirmung.



Weitere Produkte:  
 Audio/Video Filter  
 AC/DC Line Filter  
 AM Keramik Filter  
 Helical Filter  
 Transformator  
 für DC-DC Converter  
 Inverter Transformator  
 IFT-/ RF-/Molded-Coils

Elektronische Bauelemente GmbH+Co.  
 Eschenbrunnlestr. 16 \* D-71065 Sindelfingen \* Telefon 07031/7970-0 \* Fax 07031/797070

### MECHATRONIK

**Mobile konfigurierbare Programmiergeräte**  
Mit DIL-40 Fassung  
8/16bit Eprom, GAL  
87C51 &  
PIC  
  
ab DM 575,-

**Universal DIL-48**  
  
ab DM 1150,-

**Eprom-Programmiergerät & Simulator**  
4 MBit  
DM 1605,-  
DOS &  
Windows-Software  
1 MBit  
DM 1490,-  
Taschenformat, Standalone &  
115 kBaud V24, Akkubetrieb

**UV-Löschgeräte**  
5-200 EPROMs,  
Platinen und  
S5-Module  
  
ab DM 225,-

**Labor & Produktions Programmiergerät**  
**LabTool-48**  
DM 2175,-  
Windows-NT  
Treiber

**ELECTRONIC**  
**ELS**  
D-47179 Duisburg • Kurfürstenstraße 47  
Telefon 0203-991714-0 • Fax 991714-1 • Service-BBS 991714-2

**Schrittmotor-Steuerkarte für Ihren PC**  
Diese universelle Schrittmotor-Karte dient zur 3-Achsen-Steuerung von Schrittmotoren. Die Einstellmöglichkeit der Phasenströme und eine variable externe Stromversorgung der Endstufen garantieren eine einfache Adaption an viele Motortypen. Mit Hilfe der mitgelieferten Software ist der Anwender sehr schnell in der Lage, eigene Ideen umzusetzen (z. B. Positioniersysteme, Robot- oder Plottersteuerungen).  
*Über 4000 verkaufte Exemplare sprechen für sich!*  
  
**Preis: DM 179,-**

**Technische Daten:** Steuercarte wird mit Standarddruckerkabel an der Centronicschnittstelle Ihres PCs angeschlossen. Bis zu 3 Referenzschalter können beim Booten des Systems abgefragt werden. Stromchopperendstufen für Voll- und Halbschritt-Betrieb. Der Phasenstrom ist von 100 bis 800 mA einstellbar. Geeignet für 2- und 4-Phasen-Schrittmotoren mit entsprechender Beschaltung. Versorgungsspannung: 15-28 V, max. 2,5 A.  
**Lieferumfang:** Schrittmotor-Steuercarte, Treibersoftware u. dt. Anleitung. Auf Kundenwünsche kann eingegangen werden. Weitere Schrittmotor-Steuercarten auf Anfrage.

**Gesellschaft für Electronic und Microprozessorsysteme mbH**  
Zur Drehscheibe 4, 92637 Weiden i. d. Opf.  
Telefon 09 61/3 20 40, Fax 09 61/3 75 42

**EMIS GMBH**

**Neu und gebraucht:**  
-HeNe und Argon-Laser  
-Laserdioden  
-Ablenkeinheiten und Software  
-Spiegel und Filter  
-Mechanische Komponenten

**Lasersysteme**  
es-Lasersysteme D. Baur  
Heerweg 14 D-72116 Mössingen  
Tel. 07473/7142 u. 24445 Fax 24661

**ELRAD**

Gegen Einsendung Ihres Studiennachweises erhalten Sie Ihr ELRAD-Abo zum **Vorzugspreis von 69,- DM**

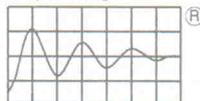
Die Abokarte finden Sie in der Heftmitte

**Studenten lesen billiger!**

**Protokoll-Analyzer für PC: ISH-Spion**

**OFF-LINE**

● Unterstützung von RS232, 422, 485 über ext. Testkopf  
● Lastfreies Einschleifen  
● Gleichzeitige Darstellung beider Datenrichtungen  
● Frei konfigurierbare Protokolle  
● Protokollierung bis 115 kBaud  
● Unser weiteres Programm:  
19"-Std.-Industrie-PC, Industrie-Monitore, Wandmontage-Rechner, Workstation mit TFT-Display, Industrie-Maus, intelligente Schnittstellenkarten, Protokollanalyser für PC, Meßwertersatzkarten, kundenspez. Lösungen usw.

  
**ISH**

Breitenbacher Str. 5 • 57271 Hilchenbach  
Tel.: 02733/7066 • FAX: 02733/8315

**GAL-Development System GDS 3.5**

**NEU!**  
Programmiergerät für GALs, PALCE EPROMs, EEPROMs, FLASH EPROMs im Taschenformat.  
mit GDS 3.5 nur 635,- DM

Der einfache Einstieg in die PLD-Technologie. SAA-Oberfläche, komplett in deutsch, mit Editor, Assembler, Minimierer, Macros und Simulation. Erzeugt 100% Jedec-Code für GALs 16V8, 20V8, 18V10, 22V10, 22V10, 26CV12, 20RA10 und PALCE 16V8, 22V10. Integriertes Programmierinterface für ispGAL 22V10 und Switch-Matrix Bausteine GDS 14,18, 22.

**das komplette PLD-Entwicklungspaket**

**GAL-Entwicklungspaket GDS 3.5 für ALL-03, ALL-07, GALEP-II usw. 198,- DM**  
**GAL-PALCE-Programmer GDS-Prog2 komplett anschlussfertig mit GDS 3.5 398,- DM**  
**EP LC-4 EPROM-GAL-Programmer im Taschenformat komplett anschlussfertig mit GDS 3.5 635,- DM**

Info, Demo, Preisliste kostenlos anfordern. Sonderpreise für Studenten, Aus- und Fortbildungsstellen.  
**SH-ELEKTRONIK**  
Marthastr. 8 24114 Kiel  
Tel. 0431 665116 Fax 0431 674109

**Mikrocontroller-versand**

**8051 Derivate**  
in DIL und LCC Gehäusen  
EPROM, OTP und ROMlose Versionen  
Entwicklungstools  
Fachbücher  
Datenblätter und -bücher

Und NEU: **Programmier-Service**  
Wir brennen Ihr Programm in EPROMs und Mikrocontroller (DIP + LCC) zu einem fairen Preis.

**kostenloses** Lieferprogramm anfordern

**OHLETRONIK** Dipl. Ing. Sven Pohl  
Schlehenweg 6  
31812 Bad Pyrmont  
Mikrocontrollertechnik

**Fax 052 81 - 60 75 71**

**Ihr Elektronik-Spezialist Neuheiten:**

- 3 vorprogrammierte Universalfernbedienungen für jeweils 2, 5 und 8 Geräte.
- Drahtloser IR-Stereo-Kopfhörer.
- 3 neue Meßgerätetypen von „Finest“ u. a. die AC/DC-Stromzange F-135 mit True RMS.
- Neue Alarmanlagen mit Zubehör.
- Taschenlampenserie im schwarzen Design mit Metallgehäuse. 5 attraktive Typen mit Längen von ca. 18 cm bis 47 cm. Sehr robust und teils auch mit Magnethalter, zu ganz kleinen Preisen.

  
**Fernbedienung**

  
**Kopfhörer**

Weiterhin bieten wir zu günstigen Preisen:  
Baulemente, Stromversorgungen, Meßtechnik, Audio-Geräte und vieles mehr.

  
**F-135**

  
**F-503**

Fordern Sie unseren Katalog mit Preisliste an und lassen Sie sich in unseren Verteiler für monatliche Sonderangebotsaktionen aufnehmen (nur gewerbliche Anfragen).

**POP** Pop electronic GmbH  
Postfach 22 01 56, 40608 Düsseldorf  
Tel.: 02 11/2 00 02 33-34  
Fax: 02 11/2 00 02 54

**Xaruba**

**CE**

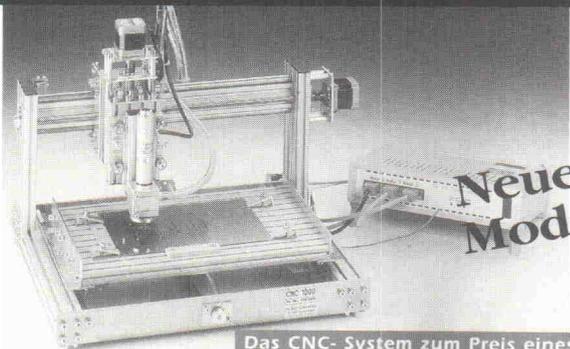
- Normkonforme Prüfungen zur Erlangung des CE-Zertifikates (Full-Compliance)
- kostengünstige Vortests (Pre-Compliance)
- Beratung zum EMV-Gesetz
- EMV-gerechtes Schaltungsdesign
- Re-Design von Baugruppen und Geräten

**EMV - Meßtechnik im hauseigenen Prüflabor**

**Harald Trapp**  
Ingenieurbüro für Industrie-Elektronik und EMV-Meßtechnik  
Auf der Bovenhorst 21 • D-46282 Dorsten  
Tel.: 02362/2001-0 (Zentrale) • 02362/2001-53 (EMV-Labor) Fax: 02362/2001-24

- ausführliche Beratung zu den gültigen Normen und Zuordnung Ihrer Geräte zu den Schärfegraden und notwendigen Prüfungen
- Prüf-Abonnements für Ihre entwicklungsbegleitenden Messungen
- Überlassung des Prüflabors und Einrichtungen zum günstigen Stundensatz
- ausführliche Prüfberichte und Meßprotokolle (für Ihre Konformitätserklärung)
- Entzerrung von Anlagen und Geräten

# Schwanekamp CNC Graviermaschine



**Neues  
Modell**

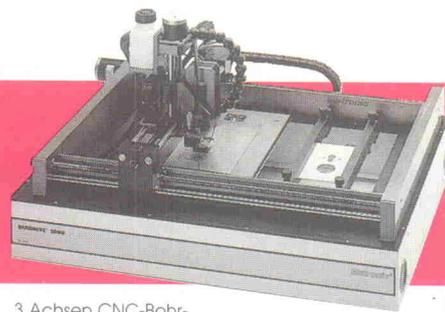
Das CNC- System zum Preis eines PC's.

- **Musterplatinen** mit Abtastfrässpindel (optional)
- **Bohren + Fräsen** Gehäuse und Fronten
- Kugelgelagerte spielfreie Linearführungen und Antriebe
- Auflösung <0.004 mm
- X-Y-Z Wege 310/210/50 mm

**Paket Preis** 3998,— DM exkl. MwSt.  
4597,70 DM inkl. MwSt.  
(Maschine, Interface u. Software/HP-GL/Bohren)

Ing.-Büro Schwanekamp • Klausenhofstr. 45 A  
46499 Hamminkeln • Tel. 02852/4926 • Fax 5224

## CNC für SCHULEN+ LABORS



3 Achsen CNC-Bohr-,  
Fräs- und Gravieraufbau mit Windows-Steuerung

Leiterplatten-Prototyping  
Prüfkörper-Herstellung  
3-D Fräsen/Gravieren



**Mutronic**® Präzisionsgerätebau GmbH & Co. KG · St. Urban Str. 20  
D-87669 Rieden · Tel. 08362/7062 · Fax. 08362/7065

**8051\*80537\*80552 u.v.m.**  
**Entwicklungswerkzeuge**

**Integrierte Entwicklungsumgebungen  
C & PASCAL für die 8051-Familie**



Hochsprachen-Compiler  
Macro-Assembler  
Quelltext-Simulator  
Multitext-Editor  
On-Line-Hilfe  
\*8051-Microcontroller  
von allen Herstellern

**Emulatoren, Programmiergeräte,  
In-Circuit-Emulatoren**

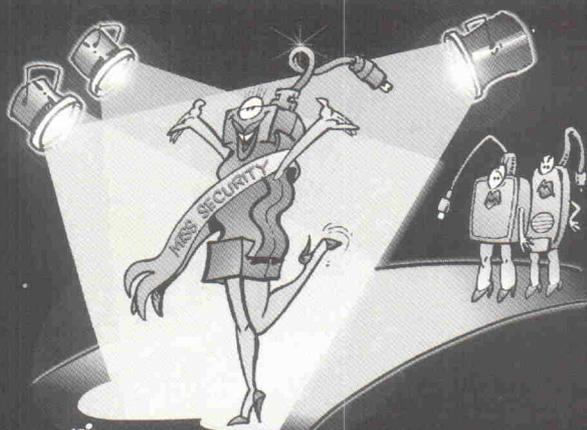
RAM-ROM-Emulatoren  
In-Circuit-Emulatoren  
In-Circuit-Debugger  
Epron-Programmer  
Universal-Programmer  
UV-Löschgeräte  
Literatur und Platinen



**Fordern Sie Ihre kostenlosen  
Informationen und Demodiskette an!**

**Soft- und Hardwareentwicklung  
Jürgen Engelmann & Ursula Schrader**

Am Führenghege 2, 29351 Eldingen, Tel. 051 48/2 86, Fax 051 48/8 53



Jetzt im Web:  
[www.wibu.de](http://www.wibu.de)



Fordern Sie noch heute Ihr Test-Kit an: 0721/93172-0

Der Kopierschutz – sicher gegen systematisches Knacken.  
Für LPT, COM, ADB, als (E)ISA- und PCMCIA-Karte.  
DOS, Windows (3.x, 95, NT), Netzwerke, OS/2, MacOS.

**High Quality in Software Protection**

**WIBU  
SYSTEMS**

**WIBU-SYSTEMS AG**  
D-76137 Karlsruhe · Rüppurrer Straße 54  
Tel.: 0721/93172-0 · Fax: 0721/93172-22

**ADES** analoge & digitale  
elektronische Systeme

Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von elektronischen Schaltungen

**Hardwareentwicklung**

**Softwareentwicklung**

**Serienfertigung**

**EMV-Prüfungen**

Rufen Sie uns an:  
Tel: 02174/64043, Fax: 02174/64045  
ADES GmbH  
Dahlienweg 12  
D - 51399 Burscheid

**Tools für Embedded Control**

- Emulatoren
- Compiler
- Assembler
- Eval Boards

68HC05  
68HC08  
68HC11  
68HC12  
683XX  
PIC  
8051  
80196  
Z80

**AMV GmbH**  
Spitalplatz 1  
78199 Bräunlingen  
Tel.: 0771/973110  
FAX 0771/973111

## SPS-Kleinsteuerungen



digitale  
und  
analoge  
ein-/  
ausgänge  
textanzeige  
f - tasten  
pc - programmierung

**CE**

**BOLLRATH elektronik**  
D-46414 Rhede  
Lönsweg 9 Tel. 02872-2503 • Fax 02872-6907

## VS Electronic Messe oHG Bunge & Kaiser

Am Floßhafen 1-3 \* 63739 Aschaffenburg  
Tel: 06021/3046-0 \* Fax: 06021/3046-26

- Lötfreie Steckverbindungen mit und ohne Isolation
- Kabelbinder und Zubehör
- Schrumpfschlauch
- Lötstifte, Kontaktfedern, Aderendhülsen
- Kabel und Audio-/Video-Verbindungen
- Werkzeug
- Restposten (z.B. Motoren, Kabel, Relais, Bauteile, Trafos, Schalter, Steckernetzteile etc.)

**IHR LIEFERANT FÜR ELEKTRONIK-  
ZUBEHÖR UND -SONDERPOSTEN**  
Bitte fordern Sie unseren Katalog '96/'97 und  
unsere aktuelle Restpostenliste an!  
Nur Händleranfragen mit Gewerbeanmeldung!



# Platinen und Software

ELRAD-Platinen sind aus Epoxid-Glaskhartgewebe, sie sind gebohrt und mit Lötstopplack versehen bzw. verzinkt. Alle in dieser Liste aufgeführten Leerplatinen und Programme stehen im Zusammenhang mit Projekten der Zeitschrift ELRAD. eMedia liefert nur die nicht handelsüblichen Bestandteile. Zum Aufbau und Betrieb erforderliche Angaben sind der veröffentlichten Projektbeschreibung zu entnehmen. Die Bestellnummer enthält die hierzu erforderlichen Angaben. Sie setzt sich zusammen aus Jahrgang, Heft- und einer laufenden Nummer. Beispiel 119-766: Monat 11, Jahr 1989. Besondere Merkmale einer Platine können der Buchstabenkombination in der Bestellnummer entnommen werden: ds – doppelseitig, durchkontaktiert; oB – ohne Bestückungsdruck; M – Multilayer, E – elektronisch geprüft. Eine Gewähr für das fehlerfreie Funktionieren kann nicht übernommen werden. Wir liefern, solange der Vorrat reicht. Technische Auskunft erteilt die ELRAD-Redaktion montags bis freitags nur zwischen 11.00 und 12.00 Uhr unter der Telefonnummer 05 11/53 52-400.

## PC-Projekte

Uni Count Timer/Zählerkarte	111-904/ds	70,00
EPROM-Simulator	040-816/ds/E	68,00
— Anwendungssoftware	S040-816M	29,00
<b>Achtung, Aufnahme</b>		
— AT-A/D-Wandlertarte incl. 3 PALs + Recorder (Assemblerroutinen) und Hardware-Test-Software (Source) auf 5,25"-Diskette	100-855/ds/E	148,00
— Vollständige Aufnahme-Software D1 und D2 (mit On-Line-Filterung)	S100-855M	78,00
— Event-Board inkl. PAL	100-856/ds/E	89,00
Uni-KV Hochspannungsgeneratorkarte	082-931	70,00
Mepeg PC-Audiomeßsystem	— Platine inkl. Testsoftware	102-935 64,00
PCSCOPE PC-Speicheroszilloskop	— Hauptgerät	061-884/ds 64,00
— Interface	061-885/ds	52,00
— Diskette/PC (Sourcecode) Betriebssoftware auf drei 5,25"-Disketten	S 061-884 M	35,00
UniCard PC-Multifunktionskarte	041-877	70,00
Lüfterregelung	89 101 36B	9,00
Hotline PC-Spektrum-Analyser	— RAM-Karte inkl. Analyse-Software	091-894/ds 64,00
— 16-Bit-ADC-Karte	101-897/ds	64,00
— 12-Bit-ADC-Karte	101-898/ds	64,00
Centronics-Umschalter	101-901/ds	64,00
SendFax-Modem	— Platine	071-891/ds 64,00
— EPROM		25,00
Mesfolio Portfolierweiterungen	— Speichererweiterung	082-929 49,00
— X/T Slot Platine	082-930	64,00
Multi Port PC-Multifunktionskarte	— Multi Port Platine inkl. GAL	092-932 109,00
— Uniscif-Software, Diskette 3,5"	S092-932M	35,00
DCF77 SMD Mini-DCF-Empfänger	023-951	25,00
IEEE-Busmonitor inkl. Software	033-965	48,00
Wandel-Board	— A/D-D/A-Karte inkl. GALs u. u. Software	033-968 98,00
Wellenreiter	— Hauptplatine, 6 Filterplatinen, PC-Karte, — DSP-EPROM, Controller-EPROM	
— Anwendersoftware	023-970	398,00
InterBus-S-Chauffour	— PC-Karte, GAL, SuPI, Treibersoftware	043-971 395,00
Fuzzynierend Fuzzy-Entwicklungssystem	— incl. PALs, NLX230, Handbuch, — Entwickler-Software (3,5")	053-973 268,00
8 x 12 Bit A/D-Wandler im Steckergehäuse	103-999/ds	35,00
PCCAN	— Platine, Monitor-EPROM	
— 2 GALs, Treibersoftware	123-1006	228,00
PC-LA, PC-Logikanalysator	— Platine, GAL-Satz	
— LCA, Montageblech		
— Windows-Software	034-1010	448,00

— Vorverstärkerplatine	034-1011	29,00
Sparschwein Low-Cost-IEEE-488-Board		
— Platine + Diskette	074-1022	45,00
Harddisk-Recording		
— Platine	084-1025/ds	64,00
— GAL-Satz (3 Stück)	S084-1025	29,00
20-Bit-A/D-Wandler	025-1042/ds	64,00
Quickie, 50-MHz-Transientenrecorder		
— Platine inkl. MACH 220-15		
— Windows-Programm MessQuick	104-1027/ob	198,00
Overdrive 16-Bit-A/D für PCs		
— Platine + FPGA + progr. EPROM + Disketten m. Pascal-Programmen + Visual Designer Demo	025-1036	289,00
Lightline DMX-512-PC-Interface-Karte		
— Platine + GAL	025-1038/ds	86,00
Andy A/D-Wandler am Printerport inkl. Software	035-1040	98,00
PICs Kartenticks Chipkartenleser		
— Platine + Diskette + PIC 16C84 + Karteneinschub	035-1041	98,00
Crystal-Klar		
— D/A-Wandler 18 Bit	055-1045	64,00
Home-Interface inkl. Software	065-1046/ds	78,00
DIN-Gate-Platine		
— Treiber für 5 Teilnehmer, DLEIT1, Slave DTEIL1, Testprogramm DTEST inkl. GAL	065-1054	178,00
ROMulator		
1 MByte EPROM/Flash/SRAM-Emulator	085-1052/ds	198,00
— Platine, 2 GALs, Treibersoftware, 16-Bit-Adapterplatine		
Meßpunkt Slave-Knoten für den DIN-Meßbus		
— Platine	095-1060/ds	37,00
— Programmierter Controller	095-1061	25,00
— Treibersoftware auf Anfrage		
Port Knox Multi-I/O-Board für die EPP-Schnittstelle	095-1062	64,00
Knopfzellen PC-Interface für Dallas-Touch-Memories		
— Platine und programmierter PIC	105-1064	79,00
TRIathlon PC-Multifunktionskarte mit digitalem Signalprozessor TMS320C26		
— Platine, programmiertes CPLD EPM7064, PAL und GAL, Programmdiskette, Hardwareokumentation	105-1070	320,00
Motormaster PC-Servo-Karte		
— Multilayer-Platine, GALs, Software-Bibliothek	115-1071	328,00
— DOS-Software SYNC (interaktive Steuerung, HPGL-Interpreter)	115-1072	98,00
Maestro PC-Meßkarte		
— Leerplatine, IMP50E10, ispLSI1016, Software	026-1087	129,00
Der Vermittler IEEE-488-Interface am Drucker-Port		
— Platine, Quelltexte auf Diskette	056-1088	68,00
Safer Port Optoentkoppelte PC-Parallelschnittstelle		
— Platine und Slot-Blech mit passendem Ausschnitt	056-1089	98,00
— GAL	S056-1090	6,00
Turbo-Talker Host-Interface zwischen PC-Bus und Motorolas DSP56002EVM		
— Platine, programmiertes GAL	066-1092	39,00
CAN-Dongle Flexibler Drucker-Port-Adapter für CAN		
— Platine, programmiertes ispLSI für Standard und EPP, Diskette mit CAN-Monitor, Beispielprogramm in C und Pascal sowie Handbuch als WinWord-Datei	076-1092	138,00
Digital-Audio-Monitor DSP-Interface zur Analyse digitaler Audiodaten		
— vierlagige Multilayer-Platine	096-1096M	56,00
— Software zum Projekt DAM	S096-1097	98,00

## Mikrocontroller-Projekte

MOPS Einplatinenrechner mit 68 HC 11		
— Platine	031-874/ds/E	64,00
— Platine Vers. 2.1. (Mops plus)	082-938	78,00
— Entwicklungsumgebung PC-Diskette inkl. Handbuch	S 031-874 M	100,00
MOPSLight Miniboard f. 68 HC 11		
— Platine und Software	024-1007	149,00
MOPS Talk		
— Platine und Betriebssoftware/EPROM	074-1024	85,00
IE²F-Modul IEEE-488 Interface für EPCs	052-918/ds	46,00
Von A bis Z 80		
— Z-80-Controllerboard inkl. 2 GALs	052-919/ds	138,00
— Emulator-Platine	062-921	16,00
Halbe Portion EPC mit 68008 inkl. GAL	042-916/ds	89,50

Z-Maschine EPC mit Z280		
— Platine, Mach 110, Monitor	023-952	248,00
TASK 51 Multitasking f. 8051		
— Source auf 3,5"-Disk. (PC), Handbuch	S033-969	48,00
Tor zur Welt Interface Board f. TMP96C141		
— Platine inkl. Trafo	113-1003/ds	185,00
Bus-Depot InterBus-S-Controller		
— Platine inkl. SuPI II und Handbuch	113-1002/ds	179,00
ReX Regulus		
— Miniproz.-Controllerplatine		
— Win Reg.-Simulationsprogramm		
— Betriebsprogramm-EPROM	123-1004	229,00
PIC-Programmer V.2.0		
— Platine		
— Betriebssoftware EPROM		
— Betriebssoftware PC-Diskette	014-1005/ds/E	156,00
— PIC-Adapter (2-Platinensatz)	064-1017/ds	36,00
— PIC-Simulator	064-1018/ds/E	33,00
— PIC-Evaluationkarte	054-1014/ds/E	98,00
Kat-Co 68 332		
— Platine, EPROM-Satz		
— PC-Terminalprogramm		
— Handbuch	034-1009	272,00
CANtate CAN-Bus-Knoten		
— Platine	044-1012	45,00
— Update-EPROM f. PC-CAN	S044-1013	98,00
Background-Debugging-Mode		
— Platine + GAL + Diskette	114-1028	38,00
Fuzzy-Kompakt Fuzzy-Regler-Entwicklungssystem		
— Platine + progr. Controller + Software +		
— Handbuch	025-1037	385,00
Blitzbrenner		
— Programmiergerät für AT89C51/52/1051/2051 inkl. Platine, PLCC-44-Adapter, DIP-20-Adapter und Software	085-1063	175,00
— Flash-µC-Prototyp-Platine für AT89C51/52	085-1051	88,00
BDM-Mops Minimal-Mops als BDM-Interface an RS-232		
— Platine + Diskette	105-1065	49,00
PICTerm Kleinstterminal mit PIC-Controller		
— Platine, prog. PIC, Diskette	115-1067	79,00
— Tastaturplatine	115-1068	20,00
Oktagon Evaluierungsboard für H8/338		
— Leerplatine, CPU H8/338, EPROM m. ROM-Monitor, Reset Chip MAX709, H8/338 Hardware Manual und Programmier Guide, GNU-C-Compiler und Assembler	026-1074	268,00
Steuermann 68HC11-basierte industrietaugliche SPS		
— Industrie-CPU-Platine, programmierter GAL und programmierte CPU	026-1080	248,00
— SPS-Upgrade: Anzeige-Platine, Netzteil-Platine, programmiertes EPROM, Online-Kabel, SPS Programmiersoftware auf 3,5"-Disk	026-1081	398,00
Im Gleichklang adaptiver Einplatinencomputer miniMAX-40		
— Light Version:		
— V40 HL, XC3020, 32kB RAM, 128 kB Flash-EPROM, 24 MHz Quarz, komplett bestückt und konfiguriert	026-1083	298,00
— Vollversion:		
— V40 HL, XC3042, 128 kB RAM, 128 kB Flash-EPROM, 32 MHz Quarz, RTC72423 Uhrenbaustein, DS2401 Silicon Serial Number, Batterie, komplett bestückt und konfiguriert	026-1084	398,00
— Emulatorboard EMU-40		
— 68HC11, XC3042, 2 x 128 kB RAM, 128 kB Flash-EPROM, kompl. bestückt und konfiguriert, Locator UniLOC, Multitasking Betriebssystem UniMOS inkl. Bibliotheken, ohne Sourceen	026-1085	498,00
UniMOS-Sourcecode für Turbo Assembler	S026-1086	298,00
Weichgespißt fuzzyTECH-MP Explorer für die PIC 16/17-Familie		
— Platine, Netzteil, Software u. Datenbücher 066-1091		269,00
Zeitspeicher RAM-Erweiterung für das DSP56002-EVM		
— vierlagige Multilayer-Platine	076-1095/M/E	49,00

## Atari-Projekte

Aufmacher II AD/DA am ROM-Port	081-892	52,00
Hercules-Interface serieller CRT-Controller	081-893	64,00
— EPROM	S081-893	25,00
Centronics-Umschalter	101-901/ds	64,00
SendFax-Modem		
— Platine	071-891/ds	64,00
— EPROM		25,00
Atari ST-Home-Interface		

So können Sie bestellen: Um unnötige Kosten zu vermeiden, liefern wir nur gegen Vorauskasse. (Bestellsumme zuzüglich DM 6,- für Porto und Verpackung). Folgende Zahlungsverfahren sind möglich: Einsendung eines Verrechnungsschecks oder einer einmaligen Abbuchungserlaubnis für Ihr Konto. Kreditkarten von Eurocard, Visa und American Express werden ebenfalls akzeptiert.

Ihre Bestellung richten Sie bitte an:



eMedia GmbH  
Bissendorfer Straße 8  
30625 Hannover

Telefonische Auskünfte nur von 9.00 – 12.30 Uhr

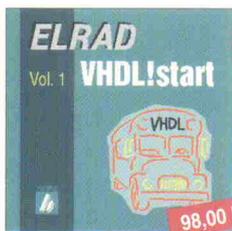
Tel.: 05 11/53 72 95  
Fax: 05 11/53 52 147  
eMail: elrad@emedia.de

# Platinen und Software

— Interface	101-899/ds	38,00
— Steuerungssoftware	S101-899A	30,00
<b>ST-MessLab</b>		
— Platinsatz + Software + GAL	023-941	568,00

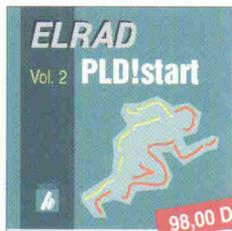
## Software

<b>Lab!Pascal</b> Softwarepaket für die Meßtechnik		
— Offline-Version		98,00
— Online-Version mit integr. Treiber, wahlweise Achtung Aufnahme, Wandelboard oder Stecker A/D Unicard oder Multi Port		198,00
<b>ELRAD-Internet-Paket</b>	S025-1039	20,00
<b>PLD!start Vol.1 CD-ROM</b>		
Design tools für programmierbare Logik	S026-1077	nur 10,00



**neu!** **ELRAD VHDL!start**  
Das HTML-basierte Lernsystem zum Selbststudium der Hardwarebeschreibungssprache VHDL. Vorzugspreis für Schüler und Studenten **68,- DM** (gegen Studiennachweis).

**98,00 DM**



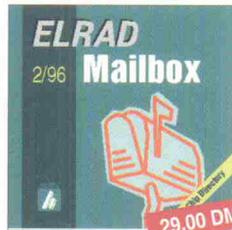
**ELRAD PLD!start, Volume 2** PC-Software für die Programmierung und Analyse von PALS, GALs, CPLDs und FPGAs – von AMD bis Xilinx.

**98,00 DM**



**ELRAD PSpice!start**  
ELRADs CD zur Simulation bietet alles rund um SPICE.

**98,00 DM**



**ELRAD Mailbox** Diese CD-ROM enthält eine komplette Kopie aller Daten des ELRAD-Mailbox-Servers.

**29,00 DM**



**ELRAD IC-Scout**  
Bezugsquellennachweis für 43.000 Basis-Ics, 895 Herstelleradressen und 1.235 Distributoren. Lieferung auf CD-Rom oder Diskette.

**148,00 DM**

## Audio-Projekte

<b>Röhren-Endstufe mit EL84</b>		
— Endstufe	032-912	46,00
— Netzteil	032-913	43,00
<b>µPA</b>	011-867/ds	14,00
<b>IR-Fernbedienung</b>		
— Sender/Empfänger inkl. Netzteil	022-908	49,00
— Motorsteuerung	022-909/ds	54,00
<b>Surround Board</b>	084-1026	75,00
<b>Surround Extension</b>		
— Platine + EPROM	094-1030	45,00
<b>Harddisk-Recording</b>		
— Platine	084-1025/ds	64,00
— GAL-Satz (3 Stück)	S084-1025	29,00
<b>16 und 4</b>		
— 20-Bit-A/D-Studiowandler	025-1042/ds	64,00
<b>Lückenfüller Sample-Rate-Converter</b>		
— Platine	105-1066/ds	45,00
<b>Digital-Audio-Monitor</b> DSP-Interface zur Analyse digitaler Audiodaten		
— vierlagige Multilayer-Platine	096-1096M	56,00
— Software zum Projekt DAM	S096-1097	98,00

## Sonstige Projekte

<b>Mode-Step Bi/Unipolare Schrittmotortreiber</b>		
— Uni Step	062-922	45,00
— NT Step	062-924	45,00
<b>Drive Servotreiber</b>	102-936	45,00
<b>9-Bit-Funktionsgenerator</b>		
— Frontplatine, Hauptplatine, 1 GAL, 3 EPROMs	032-910	160,00
<b>LowOhm</b>	011-868/ds	32,00
<b>V-24-Treiber</b> optoentkoppelt	013-940	25,00
<b>Voll Dampf Hygrometer</b>	093-996	69,00
<b>Opto-Schmitze RS-232/LWL-Wandler</b>		
— Platine 10-m-Adapter	063-977	38,00
— Platine 50-m-Adapter	063-978	38,00
— Platine Repeater	063-979	42,00
<b>VMEconomy 12-Bit/A/D-Wandlerkarte</b> für den VME-Bus		
— Platine und GAL	064-1019/ds	129,00
<b>Entwicklungshilfe</b>		
— 64 KWorte Speichererweiterung für DSP-Starter-Kit + GAL	064-1020/ds	79,00
<b>24 fixe Sterne</b>		
— Träger-Board für NavCore V	074-1023	68,00
<b>Patty, 50 MHz</b> Patterngenerator		
— Platine + GAL + EPROM + Diskette	124-1031/oB	348,00

## Volks-PLD

— Platine inkl. 3 ispPLDs		
— Entwicklungssoftware		
inklusive Dokumentation	104-1026	129,00
<b>D50 Trainer</b>	123-1029	126,00
<b>Patty, 50 MHz</b> Patterngenerator		
— Platine + GAL + EPROM + Diskette	124-1031/oB	348,00
<b>Der 445 MACHs</b> MACH 445-Evaluationsboard mit Controller-Modul		
— Platine bestückt mit MACH 445		
— Entwicklungssoftware für MACH 445 und HC11	125-1069	158,00

## Artikel-Recherche in

**dt** magazin für computer technik

**ELRAD**  
Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

**iX** MULTISER MULTITASKING MAGAZIN

**GATEWAY**  
MAGAZIN FÜR DATEN- UND TELEKOMMUNIKATION

Das 'offizielle' Gesamtregister der Heise-Fachzeitschriften c't (12/83 bis 12/96), ELRAD (11/77 bis 12/96), iX (11/88 bis 12/96) und Gateway (1/94 bis 12/96). Die Fundstellen aller erschienenen Artikel mit Stichwörtern und aktualisierten Querverweisen. Inklusive Recherche-Programm mit komfortabler, fehler-toleranter Suchfunktion. Das Heise-Zeitschriftenregister ist auf 3,5"-Diskette lieferbar für

**Windows, OS/2, Apple Macintosh, Atari ST/TT/Falcon** Preis: 20 DM

## Bestellcoupon

eMedia GmbH, Bissendorfer Straße 8, 30625 Hannover

Telefon: 05 11/ 53 72 95; Fax: 05 11/ 53 52 147; EMail: elrad@emedia.de; Internet: http://www.emedia.de/

Menge	Produkt/Bestellnummer	à DM	gesamt DM
1x	Porto und Verpackung (Inland)	6,-	6,-

### Absender:

Name/Vorname \_\_\_\_\_  
Beruf \_\_\_\_\_  
Straße/Postfach \_\_\_\_\_  
PLZ/Ort \_\_\_\_\_

### Bestellung nur gegen Vorkasse

Den Betrag buchen Sie bitte von meinem Konto ab.

Konto-Nr. \_\_\_\_\_ BLZ \_\_\_\_\_

Bank \_\_\_\_\_

Scheck liegt bei  
 Eurocard  Visa  American Express

Card-Nr. \_\_\_\_\_

Gültigkeitszeitraum von \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ bis \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_  
Unterschrift (unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)



## 8051 • 251 80C166/C167 Development Tools

### MCS<sup>®</sup>251 Starter Kit

- ✓ MCB251 Evaluation Board
  - ✓ Monitor + HLL Debugger
  - ✓ Evaluation C Compiler + Tools
- Preis: 690,- DM

### KEIL ELEKTRONIK GmbH

Bretonischer Ring 15 · D-85630 Grasbrunn  
Tel. (089) 45 60 40-0 · Fax (089) 46 81 62

Ⓐ Rekirsch (01) 2597 2700

Ⓒ Redacom (032) 410 111, Thau (01) 745 1818

**Nordtronik-** Vertrieb elektr. Bauelemente  
Postfach 2425 · 26382 Wilhelmshaven  
Telefon 0 44 21/99 20 39 · Fax 99 20 38

**Top-Angebot** für alle gängigen Handys!  
Gerätetyp angeben!

**Handytasche "Samsonite"**  
made by Hama **DM 39,90**

**ERSA Digital 80 A** Elektronische temperatur  
geregelt antistatische Lötstation **DM 349,00**

**"Franklin-Bookman"**  
Deutsch/Englisch Professor  
Display 4x24, Gesamtwortschatz = 220.000, Rechtschreibkorrektur, Grammatikhilfe, Redeanwendungen, Lernspiele, eingebaute Solartaschenrechner, Aut. Stromsparschaltung, Deutsche Tastatur, mit Karteneinschub. Abm.: LxBxH = 140x103x25  
Gewicht = 170g **DM 198,00**  
**Zusatzkarte** je Karte **DM 79,00**  
(z.B. Französisch, Italienisch, Spanisch)

Sie suchen ein Bauteil? - Fragen Sie uns!  
Desweiteren führen wir für Sie  
Transistoren, Meßgeräte, IC's, Akkus,  
Kabel, Batterien u.v.m.!  
!!! **Kostenlosen Katalog anfordern!!!**



### AD-DA Meßkarte

16 Kanäle  
A/D 12 bit, 9V  
1 Kanal  
D/A 12 bit, 9V

16 BNC-Buchsen  
für A/D-Eingänge  
1 BNC-Buchse  
für D/A-Ausgang  
Masseschalter für  
jeden A/D Kanal

### Anschlußpanel

Datenerfassung  
**Meßsoftware für  
Windows 95™**  
(eigentlich Warenzeichen der MICROSOFT Corp.)

Gratisinfo anfordern! **DM 399,-**

**Christof Weschenbach  
Systemlösungen**  
Rütscher Str. 34, 52072 Aachen  
Telefon und Fax: (0241) 911578

## PIC-BASIC-COMPILER 16C5x/16C71/16C84

BASIC-Compiler iL\_BAS16 **DM 172,50**

- erzeugt echten, optimierten Maschinencode (Assemblercode)
- leicht erlernbar, Quelltextdebugging mittels Simulator
- integrierte Bedieneroberfläche kostenlos, keine Lizenzkosten
- LCD-, LCD-Routinen, serielle Schnittstelle u.v.m. implementiert
- kein lästiges Berechnen von Zeitschleifen und Timing
- eigene Interruptroutinen einfach zu programmieren (16C71/84)
- 16-Bit vorzeichenlose Arithmetik, AD-Wandler wird unterstützt. (71)
- deutsche Entwicklung, deutsche Handbücher

Simulator iL\_SIM16 **DM 172,50**

- schnell, interaktiv, Symbole, Mäusebedienung, Interrupts, ADC
- übersichtlich, alles auf "einen Blick", div. Signalgeneratoren etc.
- BASIC-Quelltextdebugging (in Verb. mit iL\_BAS16)

Weitere Produkte rund um den PIC: z.B. In-Circuit-Simulator, Prototypingkiste, In-Circuit-Emulator, Programmiergerät, PICGRAPH-Shareware (voller Funktionsumfang, 1.16C54) für DM 10,-  
Interessante Kombipreise, Preise incl. 15% MwSt.



Fürstenbergstr. 8a, 77756 Hausach,  
Tel. (07831) 452, Fax (07831) 96428

## Meßgeräte & HF-Komponenten aus Behörden-/Industrieüberbeständen



**EIP Mikrowellen-Frequenzzähler 331**,  
825 MHz...18 GHz, 8-stellige Anzeige, gebraucht, geprüft, betriebsbereit 1.898,— DM



**HP Zähler 5342 A**,  
10 Hz...18 GHz, mit Opt. 001 (Präzisions-Zeitbasis), elf-stellige Anzeige, sonst wie oben: 3.995,— DM

Der **HP Einschub 86220 A** passt in die HP Wobbler Typ 8620 und (mit Adapter) in die 8350er Serie. Frequenzbereich 10 MHz...1,3 GHz. Maximale, gelevelte Ausgangsleistung 10 mW. Nagelneu und ungebraucht, Sonderpreis: 1.348,— DM

**Omni-Spectra Solid-State Relais SP 18T**, 70...600 MHz, neuw.: 128,— DM

**Loorch Electronics 32-fach Leistungsteiler PS 261**, 10...450 MHz, Verteilungsdämpfung 17 dB, SMA-Buchsen. Abm. ca. 26x3x22cm. Neuw.: 128,— DM

**Org. Amphenol APC7-SMA Adapter**, keine billige Kopie, 100 MHz...26,5 GHz, mit Meßprotokoll (18 GHz). Nagelneu: 278,— DM

**Dynatech FSCM 50667** Mini-HF-Relais, Frequenzbereich DC...18 GHz. Schalter 1 x um, bistabil, SMA-Anschlüsse. Steuerspannung 12 V DC. Korpusabmessungen: 38 x 35 x 13 mm. Neu und ungebraucht: 99,50 DM

**HP 33311 B Opt. 011**, SPDT-Koaxialrelais, DC bis 18 (24) GHz, SMA-Norm, 5 V Steuerspannung, interne 50 Ω Abschlüsse. Neuwertig: 178,— DM

**WJ YIG-Oszillator 6703-21 F**, mit FM-Spule, 3,7...8 GHz, Ausgang 15 dBm. Nur 4,5x3,8 cm. Nagelneu, mit Datenblatt: 198,—

**Magnum Microwave Aufwärmischer MC-37 P-3A RF** 0,5...2 GHz (0...10dBm); Local Oszillator 4,0 GHz (+17 dBm) sowie ZF 4,5...6 GHz; SMA-Anschlüsse. Korpus 22,5 x 21 x 9,5 mm. Nagelneu, originalverpackt 89,50 DM

**hp 8660C/86632A/86603A** Synthesizer, 1...2600 MHz bei 1/2 Hz Auflösung, gebraucht, geprüft, betriebsber. 6.950,— DM

**HELMUT SINGER ELEKTRONIK**  
Feldchen 16-24, D-52070 Aachen  
Tel: 0241-155315 Fax: 152066

# Seminare

## Fernstudium

Staatl. geprüft

## Computer-Techniker Fernseh-Techniker Elektronik-Techniker

Berufe mit Zukunft! Praxisgerechte, kostengünstige und gründliche Ausbildung für jedermann ohne Vorkenntnisse. Teststudium unverbindlich. **Info-Mappe kostenlos.**

**FERNSCHULE WEBER**

Abt. 504

D-26192 Großenkneten - PF 21 61  
Tel. 04487/263 - Fax 04487/264

## Ihre Platinen in hoher Qualität? Kein Problem!

Ihre Vorlage z.B. HPGL, Gerber, Postscript...  
+ 1000 DPI-Plot oder Reprofil von uns  
+ CNC bohren und fräsen  
+ hohe Auflösung durch Sprühhäuten  
+ Rollverzinn



### Layout Service Oldenburg

Kostenlose Preisliste anfordern

**Layout Service Oldenburg** Leiterplattenfertigung, Bestückung, Entwicklung  
Finkenweg 3, 26160 Bad Zwischenahn Tel: 04486-6324 Fax: 6103 DFÜ: 6145



Klaus Lange

## Motorola 68HC11

Einführung in die Programmierung

Mikroprozessoren haben eine große Bedeutung, auch wenn sie meist im Verborgenen arbeiten. Sie befinden

sich in Radios, Waschmaschinen und Kameras. In Kraftfahrzeugen steuern sie das Motormanagement. Dem Bedarf nach Information über diesen Bereich trägt Klaus Lange Rechnung. Er wendet sich an Studenten und Ingenieure, die sich in die Programmierung von Mikrocontrollern allgemein und speziell in die des 68HC11 von Motorola einarbeiten wollen. Er behandelt u. a. Register, Speicher, Schnittstellen und Timersystem. Ein Blick auf Reset, Interrupt und Assembler fehlt nicht. Am Ende steht ein kleines Entwicklungssystem, mit dem sich Hard- und Software entwickeln und prüfen läßt.

1. Auflage 1995  
Gebunden, 240 Seiten  
mit Platine und Diskette  
DM 119,-/6S 928,-/sfr 119,-  
ISBN 3-88229-053-6



Verlag Heinz Heise, Helstorfer Straße 7, 30625 Hannover

**JANTSCH-Electronic**  
87600 Kaufbeuren (Industriegebiet)  
Porschestraße 26, Tel.: 083 41/1 42 67  
Electronic-Bauteile zu  
günstigen Preisen

(09 41) 40 05 68  
**Jodlbauer Elektronik**  
Regensburg, Innstr. 23  
... immer ein guter Kontakt!

**Neueröffnung!**  
Unser bekanntes Sortiment  
nun auch im Ladenverkauf:

**SIMONS electronic**

Öffnungszeiten:  
Mo.-Fr. 9.30-12.30  
14.30-18.00  
Sa. 9.30-13.00  
Mi. nur vormittags

Fröebelstr. 1 - 58540 Meinerzhagen  
Tel.: 02354/5702  
Versandzentrale:  
Daimlerstr. 20, 50170 Kerpen

**ELRAD**  
Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

**263280** **CONRAD ELECTRONIC Center**  
Elektronische Bauelemente · HiFi ·  
Computer · Modellbau · Werkzeug  
Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

Leonhardtstr. 3  
90443 Nürnberg  
0911 / 263280

**KRAUSS elektronik**  
Turmstr. 20, Tel. 071 31/6 81 91  
74072 Heilbronn

**408538** **CONRAD ELECTRONIC Center**  
Elektronische Bauelemente · HiFi ·  
Computer · Modellbau · Werkzeug  
Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

Klaus-Conrad-Str. 1-16  
92533 Wernberg  
09604/408538

**balü electronic**  
20095 Hamburg  
Burchardstraße 6 – Sprinkenhof –  
☎ 040/33 03 96

24103 Kiel  
Schülperbaum 23 – Kontorhaus –  
☎ 04 31/67 78 20

23558 Lübeck  
Hansestraße 14 – gegenüber dem ZOB  
☎ 04 51/8 13 18 55

**K KUNITZKI ELEKTRONIK**  
Asterlager Str. 94a  
47228 Duisburg-Rheinhausen  
Telefon 0 20 65/6 33 33  
Telefax 0 28 42/4 26 84

Elektronische Bauelemente, Computerzubehör, Bausätze,  
Lautsprecher, Funkgeräte, Antennen, Fernsehersatzteile

Qualitäts-Bauteile für den  
anspruchsvollen Elektroniker

**Electronic am Wall**  
44137 Dortmund, Hoher Wall 22  
Tel. (02 31) 1 68 63

**REICHELT**  
ELEKTRONIK VERTEILER

KATALOG KOSTENLOS

26452 SANDE  
ELEKTRONIKRING 1  
SAMMELTEL: 0 44 22 - 9 55 0  
SAMMELFAX: 0 44 22 - 9 51 11  
24 STD. ANRUFBEANTWORTER: 0 44 22 - 9 52 22

**Radio-TAUBMANN** **RTN**  
Vordere Sternngasse 11 · 90402 Nürnberg  
Ruf (09 11) 22 41 87  
Elektronik-Bauteile, Modellbau,  
Transformatorbau, Fachbücher

**MCT**

Einplatinencomputer  
natürlich von MCT



**MEGA332**



- MC68332-CPU mit 16 MHz
  - EPROM bzw. FLASH-Memory bis 1Mbyte
  - SRAM (batteriepufferbar) bis 2Mbyte
  - Maße 80x 100mm
  - Background Debug Schnittstelle (BDM)
  - bis zu 3 serielle Schnittstellen
- Optionen: Realtimeclock, CAN-Controller,  
AD-Wandler (10 Kanal, 12 Bit)
- ab DM 549,70**

**Entwicklungstools**

**ECO-C C-Cross-Compiler** für die 68000er-Familie mit spez. Targetanpassungen für alle unsere Einplatinencomputer, anpassbar an all M68k-Prozessoren

**DM 515,00**

**EDB Sourcelevel Debugger** passend zu ECO-C mit Debugging über BDM oder ser. Schnittstelle

**DM 515,00**

**PCfant Hardwaremodul** zur Verbindung des BDM-Interfaces mit der par. Schnittstelle des PCs

**DM 471,50**

**MCT Paul & Scherer**  
Mikrocomputertechnik GmbH  
Wattstraße 10, 13355 Berlin

Tel. 030 4631067  
FAX 030 4638507  
Mailbox 030 4641429  
E-Mail mct@mct.net  
Internet www.mct.net

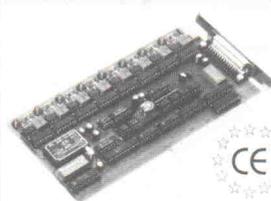


**Embedded Systems '97**

Die Embedded Control Messe mit Fachkongreß für Entwickler und Konstrukteure, 19.-21.2.1997 Stuttgart - Sindelfingen

Infos für Aussteller und Besucher  
Telefon: (089) 3830 7270

**Störsichere PC-Karten**



- galvanische Trennung
- industrielle Ausführung
- EMV-gerecht
- direkter Anschluß an SPS
- Peripherieanschluß über SUB-D-Stecker

- A/D-Karten  
Spannung, Strom, Pt100-Meßfühler, Thermoelement
- D/A-Karten
- serielle Kommunikation  
20mA-Stromschleife, RS485, RS422, IEEE488
- Digital I/O  
interruptfähig, SPS-gerecht
- Geberauswertung  
für Inkrementalgeber u. Absolutgeber m. Synchr.-Seriell-Interface
- Industriecomputer  
IBM-kompatibel
- Mitutoyo-Interface  
Anschluß von Schiebellehre, Bügelmeßschraube usw.
- Zählerkarte  
Ereigniszählung, Zeit-, Frequenzmessung
- Meßdatenerfassung über RS232  
Digital I/O, Analogwerte, Zähler, Frequenzmesser
- Sonderentwicklungen  
Hard- und Software

Schreiben Sie uns, faxen Sie uns, oder rufen Sie einfach an. Ihr ERMA-Team steht Ihnen jederzeit zur Verfügung

ERMA-Electronic GmbH · 78194 Immendingen  
Max-Eyth-Str.8 - Tel. (07462) 7381 - Fax 7554

**20 Jahre**  
1975 - 1995

**ERMA Electronic GmbH**

**BLECH** **maintronic**  
Electronic und Gerätebau GmbH

verarbeiten  
Konstruieren  
Stanzen Biegen  
Siebdruck Lackieren

97424 Schweinfurt ☎ 09721/7665-0  
Carl-Zeiß Str.10-14 ☎ 09721/7665-18

Sie brauchen Frontplatten, Leiterplatten, Schilder oder sonst. Kleinfrästeile! Durch **CNC-Gravier-u. Frästechnik** fertigen wir individuell alles zu fairen Preisen. **Fa. DYNA-Grav, Hr, Düsel, Fax 09 51/4 45 16** ☐

Rohrnieten L=2mm, verzinkt, 1000=30,-, 3000 mit Werkzeug=78,- Typ L:0.4x0.6, A: 0.6x0.8, B:0.8x1 C:1.1x1.5. VHM-Bohrer 3x38:0.6-2.0, 0.65, 0.85, 1.05 10=40,- Ossip Groth Elektronik, Möllers-Park 3, 22880 Wedel, Tel./Fax: 0 41 03/8 74 85 ☐

**Sammler sucht Grundig Verstärker**, Typ SV 140 oder SV 240, auch defekt. Tel. 057 72/12 94 (abends) oder per Fax: 057 72/2 98 03. Evtl. auch 01 71/6 82 12 94. Rufe auch zurück, Danke!

**SMD Leiterplattenbestückung**. Preisgünstig und professionell - Bestückung und Lötarbeiten aller Art (inkl. SMD-Technik) - Leiterplattenfertigung - Gerätemontage - Hardwareentwicklung. **Fa. Kusch, Tel./Fax 02 11/48 54 31** ☐

Meßgeräte aller Art aus Laboraufösungen von Tektronix, R+S, Gould, HP, Fluke Liste anfordern; Tel. 0 64 61/8 86 21 Fax -8 82 46 ☐

**VERKAUFE: 68HC11A1** - 12 DM, **FLASH-N28FD20** - 15 DM, **7805CT** - 0,40 DM, **DC-DC 24V-12V-3A** - 20 DM, uvm. Bitte Restpostenliste anfordern. Tel. 0 64 32/6 32 36.

**Über 6000 Artikel von A wie aktive Frequenzweiche bis Z wie Zubehör:** Lautsprecher, Selbstbauzubehör, Mischpulte, Endstufen, Licht-effekte, Nebelgeräusche, Lichtsteuergeräte - **direkt vom Hersteller bzw. Importeur**. Fordern Sie unseren 340seitigen Farbkatalog für 10,- an. Für Händler supergünstige EK-Preise! **STEINIGKE SHOW-TECHNIK GmbH**, Andreas-Bauer-Str. 5, D-97297 Waldbüttelbrunn, Tel. 09 31/40 61 60, Fax 09 31/40 61 70 ☐

Bausätze / Fertigplatinen zum **Messen Steuern Regeln mit dem PC** / Notebook. Liste gratis. **BITTERLE ELEKTRONIK Panoramastr. 21 89604 Allmendingen Fax: 0 73 91/49 65** ☐

Kostenlose Layoutsoftware: **Protel Easytrax BBS: Tel. 0 61 20/90 70 16** ☐

**Universalterminal** zur Zeit-, Projektzeit- und/oder Datenerfassung, µ-Controller Bausätze, 8032-Basiccompiler, Magnetkartenschreiber/-leser, Peripherie u.v.a bei Ziegler Elektronik, Am Leimerich 13, 97720 Nüdlingen Tel. 09 71/6 04 84 Fax 6 00 81 ☐

**\*\* Leiterplattenbestückung \*\* TOP-QUALITÄT** Siemens SMD-Automaten **Fa. ASPRO Fax: 0 68 27/34 21** ☐

**Achtung! Kostenlose Ausbildungssoftware!** DIGI-SIM, Simulator für digitale Schaltungen. Ab sofort neue Version 2.2 mit Animationsbausteinen! Internet: <http://www.sss.de> oder 2.-DM frankierter Rückumschlag (22cm x 11cm) an: Triple-S GmbH, Herrmann-Geib-Str. 18, 93053 Regensburg ☐

**\*\*\*\*Wir haben was Sie suchen\*\*\*\*** µController, AD-DA, Touch-LCD, optok-I/O, Relais, 4-20mA Modul, ISO-Chipkarten, Entwicklungsumgebung und Tools, Locator, Win-Tools, Datenbankprog., Infos und Demos unter [http://home.t-online.de/home.htm](http://home.t-online.de/home/ing.buero.rstute@t-online.de/home.htm) Tel. 02 31/5 31 04 32 Fax: -5 31 04 30 ☐

LCD+CRT-Industriemonitore mit o. ohne Touch-Screen. TS-Integration auch in Ihre Geräte! **TLC Elektronik, Tel. 0 87 61/6 63 99 Fax: -6 25 45** ☐

**BEFESTIGUNGSWINKEL F. PC-STECKKARTEN** direkt vom Hersteller, termingerecht in 1A Qualität "Wolfgang Seitz" Stanztechnik Tel. 09 41/6 56 92 ☐

**— Bild-, Mustererkennung, Datenklassifikation —** mit PC oder Mikrocontroller sowie Entwicklung von Hard- und Software. Ingenieurbüro Hoch, Bergstr. 11, 79426 Buggingen, Tel./Fax 0 76 31/48 58 ☐

## LEISE

**\*\*\* Leiterplattenfertigung \*\*\***

**\*\*\* Bestückung, Bauteile \*\*\***

**\*\*\* Gerätemontage, aller Art \*\*\***

bitte Angebot anfordern unter Fax 0 66 45/71 64 **Fa. LEISE Schulstr. 21 36369 Engelrod** ☐

**MANGER - Präzision in Schall.** Jetzt Selbstbau mit dem Referenz-Schallwandler der Tonstudios: Info, Daten, Preise, sof. anfordern bei Manger-Vertrieb, Industriestr. 17, 97638 Mellrichstadt, Tel. 0 97 76/98 16, Fax 71 85 ☐

**HPGL-CAD-CNC-Schrittmotorsystem SMS68** mit 68000er CPU ermöglicht CNC-Bohren, Fräsen, Gravieren unter direkter Kontrolle von CAD-Software wie AutoCAD, EAGLE u.A. Kompl. 3-Achsensteuerung im 19" Gehäuse ab DM 2336,-. Verschiedene Optionen, Endstufen bis 12 Amp., Motoren, Mechaniken, „WINDOWS-CorelDraw“ -> Konverter CAM68, „Pixel“ -> CAD-Vektorisierung a.A. EAGLE 2.6x ab DM 795,-, **SMS68-CPU-Austauschkarte für ISEL-Steuerungen** DM 1498,-. PME-electronic, Hommerich 20, 53859 Rheidit, Tel. 0 22 08/28 18. Info DM 2,- ☐

\* **PIC-Programmer** (Elrad 1/94 und 6/94) \*  
\* **Programmiert fast alle PIC-Typen** \*  
\* **PIC-Eval.-/Prototypenkarte** (Elrad 5/94) \*  
\* **PIC-Chipkartenleser** (Elrad 2/95) \*  
\* **PIC-LCD Terminal** (Elrad 11/95) \*  
\* **Nicht nur PIC ist unsere Stärke!** \*  
\* **Auch bei der Konzeption der Hard- und** \*  
\* **Software Ihrer Produkte auf der Basis von** \*  
\* **805xx, 68xx, Toshiba und NEC Prozessoren** \*  
\* **sind wir ein kompetenter Partner.** \*  
\* **Ingenieurbüro YAHYA Robert-Schuman-Str. 2a** \*  
\* **D-41812 Erkelenz, Tel. 0 24 31/64 44 Fax 45 95** \* ☐

**Vollhartmetall, LP-Bohrer, US-Multilayerqualität m. Schaftdurchmesser 3,175 mm (1/8")** 0,2-0,5 mm 7,50 DM/7 St., ab 10 St. 6,50 DM/St. 0,6-3,1 mm 4,50 DM/7 St., ab 10 St. 3,80/St. Versand per Nachnahme, zzgl. Porto/Verpackung **Fa. B.T.S. Heinrich Gredy Str. 4, 55239 Gau Odernheim, Tel./Fax 0 67 33/5 54** ☐

**Elektronikfertigung.** Wir bestücken Ihre Platine oder fertigen Ihr komplettes Gerät. Groß- oder Kleinserien, mit SMD- oder bedrahteten Bauteilen. Bei uns stimmen Qualität, Lieferzeit und Preis. Fordern Sie uns! Tel. 0 71 51/5 94 63 oder 01 72/9 18 04 88, Fax: 0 71 51/1 83 49 ☐

**\*\*\*EPROM-EMULATOREN\*\*\* ab DM 138,-\*\*\*** Für 32-64KByte Eproms. Im stabilen Aluminiumprofilgehäuse mit allen Zuleitungen und Software. **Stob & Robitzki GbR Tel. 04 31/20 47-04 Fax -26** ☐

Günstige **HP48G/GX**, HP PalmTops, OmniGos, etc. und Zubehör. **Interne RAM-Erweiterungen für HP48G/S.** <http://members.aol.com/digitalis/home.html> Digitalis, Dieter Goller, Burgstr. 66, 72764 Reutlingen, Tel./Fax 0 71 21/47 88 62 ☐

**SPS-Simulation (STEP5) unter Windows.** Simulieren Sie ein SPS-Programm in AWL, FUP, KOP auf Ihrem PC. (bis 135Ü!!). Programmierung eines AGS ist ebenfalls möglich! Fordern Sie kostenloses Informationsmaterial an. **MHJ-Software • Albert-Einstein-Str. 22 • D-75015 Bretten, Tel. 0 72 52/8 78 90, Fax 7 87 80** ☐

Verkauf! **DR Böhm Star-Sound DS**, weiteres auf Anfrage Tel. 0 24 29/70 84 ab 19 Uhr zu erreichen.

**Verk. Uni-Zähler 2,7GHz (NP1380) 850/WIN NT3.51 WS 149/Suche sel. µV-Meter/0 36 41/45 07 37 n. 18.00**

**Schaltungsentwicklungen Schwerpunkt Mikrocontrolleranwendungen.** Unverbindliche Kontaktaufnahme Tel. 0 21 73/1 28 00 oder Fax: 1 83 87 ☐

**MOVE-IT** Die Steuerungssoftware für isel-Interfacekarten: Moderne Benutzeroberfläche, Teach-in-Funktionen über Maus, Steuerhebel und Tastatur, Schnittstellen zu ACAD und PAL-PC. Informationen **Ing.-Büro Burghardt, Tel./Fax: 02 31/67 19 54** ☐

**RÖHREN Trioden OTL Kit, Plasma: Dieffenbacher Steinkopf 31E 65207 Wiesbaden**

**PC-Meß/Regeltechnik**, AD, DA, DIO, Timer/Counter, CPU-Karten, IPC Gehäuse/Workstations, Konverter, 2-32 Port Schnittstellenkarten, RS232/422/485, IEEE488, Feldbusmodule usw. Tiefpreise durch Direktimport. Preisliste anfordern bei: **Priester Datentechnik Mannheim, Tel. 06 21/10 46 63 Fax: 1 22 01 14. Händler bitte anfragen.** ☐

D/A-Wandler u. Signalprozessoren: 100Stk. **Crystal CS4328KS, 72(36) Stk. Motorola DSP56002FC40 (orig. Verp.) Preis VB, IDEKTRON GmbH Tel. 02 34/50 72 70** ☐

**\*\*\*\* TANGO \*\*\*\*** Schema 1.3 + PCB 2.1 + Route 2.1 Voll Liz. 500 DM Tel. 0 81 33/15 21

**BASIC-52** für 80C535, -537, -552, -C32 und 87C520 ab DM 69,-; I<sup>2</sup>C-Bus-, RTC, LCD- und Tastatursteuerung, ADU (10bit), PWM (16bit), TRACE, Bitbefehle für Ports u.v.m., der 87C520 ist pinkoupitel zum 8052-AH, aber bis zu 10mal schneller, außerdem hat er 2 ser. SS Rechnerboards leer oder bestückt ab DM 65,- IDS, Tel. 0 71 61/8 76 59, Fax: 0 71 61/8 44 87 ☐

**INTEL 251 TARGET-BOARD + Software**, NP 690 DM für DM 600: **Th. Mayer, Tel. 0 74 42/5 08 95**

**DSP56001RC27** à 30,- 68HC11A0 à 6,- **27C256** à 2,- Tel. 0 72 31/76 51 23 Ab ca. 17.00 Uhr

**Ing.-Büro (seit 1984) entwickelt** Ihre Elektronik, z.B.: Schaltungsdesign, LP-Layout, Software für PC & 8051 - Derivate, Prototypenbau, Kleinserie **HLUBEK elektronik, Dipl.Ing. P.R. Hlubek, Mittelstr. 14, 56307 Dürrholz Tel. 0 26 84/62 05, Fax: - 62 91** ☐

**Fluke45** mit IEEE-488 Option und RS232 **DM700,- Tel. 0 30/76 50 37-06**

**SIEMENS LOGIKMODUL LOGO!**-Die Steuerung für Schaltschrank u. Verteilerinbau anschlussfertig programmiert mit Anschlußplan ab 280 DM. **Layout+CAM-Daten + 1Musterplatine ab 400 DM. FG ELEKTRONIK Tel./Fax: 0 74 78/16 58** ☐

**Für EAGLE: DXF-Konverter, DM 80,-, Bibl. Extraktionsprogramm, DM 40,-, zzgl. Vers. + MwSt., Demos in der ELRAD Mailbox, Sämann, Tel. 0 74 33/2 27 94, Fax: -27 38 50** ☐

**BUNGARD-Gerätepark**, 2 Jahre alt, günstig zu verkaufen: Bohr-Fräsanlage CCD, Software Instant-CAM, doppelseitiges Belichtungsgerät HELAS, Sprühätzanlage JET 34 D, Tafelsgesch NE-CUT, Durchkontaktierungsprozesse FAVORIT. **Komplettpreis: VB 14800,00 DM, eventuell auch einzeln. Ing.-Büro Beyer & Boschenhoff Tel. 0 21 51/77 23 00 Fax: -77 24 13** ☐

**NF-Spektrumanalysator HP3580A, 5Hz - 50kHz, Tracking-Generator, 1Hz schmalste Bandbreite, Topzustand, Handbuch DM 2000,- Tel. 0 62 21/80 45 51**

**Analoge und digitale Schaltungen.** Mikrocontroller Hard- und Software (8051), Platinenlayouts und Geräte entwickeln wir nach Ihren Wünschen. **Dipl.-Ing. M. Schmidt Tel. 02 41/2 05 22** ☐

**PIC16C84-04 (DIL)** ab 6 Stck.: DM 9,80/Stck. **16C84-SMARTCARD** ab 10 Stck.: **DM 32,-/Stck.** (incl. MwSt.+NN DM 7,-) Tel./Fax: 0 22 26/62 91 ☐

Wir entwickeln Soft- und Hardware für alle Mikrocontroller. **Neuentwicklungen, Weiterentwicklung von bestehenden Applikationen, Ersatz von nicht mehr lieferbaren Baugruppen.** Schnell, preiswert und zuverlässig. **Tel. 094 52/27 21.** ☐

Elektronische Bauteile und Computerperipherie, schnell und günstig ohne Mindestbestellwert !!!! **Katalog Kostenlos Stefan Lange Elektronik Pf 4115 53316 Bornheim Tel. 0 22 27/91 00 91 (ab 18 Uhr) Fax: 0 22 27/91 00 92** ☐

**Leiterbahnfräser 18 DM. Rohrnieten** verzinkt, 1000 = 30,-, 3 VE mit Werkzeug 78,- Typ L:0.4x0.6, A:0.6x0.8, B:0.8x1, C:1.1x1.5 VHM-Bohrer 3x38mm: 0.6-2.0, 0.65, 0.85, 1.05 10mix = 40,- Ossip Groth Elektronik, Möllers Park 3, 22880 Wedel, Tel./Fax: 0 41 03/8 74 85 ☐

**Programmierservice ++** schnell, zuverlässig und preiswert ++ **Wir programmieren Ihre GAL/PAL/PIC/EPROM/EEPROM/MASKENPROZESSOREN** etc. (auch mit Etiketten, Bauteilbeschaffung). Keine Rüstkosten ab >=100 Stück. Senden Sie Ihre Anfrage oder Ihren Master/Diskette an **Klaus-Seitz-Elektronik, Robert-Schumann-Weg 5, D-82538 Geretsried. Tel. 0 81 71/90 90 71 oder 01 71/6 83 96 23 Fax: 0 81 71/90 90 72** ☐

Verkaufe **Motorola 68HC11F1** für 29,- DM je Stück **Tel./Fax: 02 71/48 41 90**

**PIC**, z.B. **16C84 4P DM 12,50**; Programmieradapter und -Sockel für SOIC & PLCC günstig; **Chipkarten** EEPROM und Zubehör (Sockel; PC-Einbaugehäuse) DM 7,50; PC-Watchdog DM 79; Bauteile; PC-Komponenten; Anrufen! **moco GmbH, 52525 Waldfeucht, Tel. 0 24 52/9 89 05-0, Fax: -3** ☐

**LEITERPLATTENBESTÜCKUNG SMD-Bedrahtet** Top-Qualität ab 4P/Teil **Fax: 0 62 26/4 18 78** ☐

# KLEINANZEIGEN

**Kunststoff-Spritzgussteile** bis 125g, äußerst preisgünstig. Tel. 0 75 66/9 12 22

**HF-dichte Gehäuse** aus Weißblech, eigene Fertigung Lagerware, Sonderanfertigungen. Tel. 0 75 66/9 12 22

**+++ Leiterplatten TOP Qualität +++** Feinleiteteknik Ni/Gold veredelt, z.B. EURO-Format, doppelseitig-dk, 2xLötstop 2 Stck. 99.-DM/Stck., 5 Stck. 85.- DM/Stck. MULTILAYER zu Top-Preisen bitte anfragen! Fa. ATK, Tel. 0 21 33/9 03 91 Fax: -9 32 46

**EPROM-Emulatoren** in SMD-Technik 32kB 142,- DM 64kB 167,-DM, 128kB 243,-DM Fertigerät für PC's, Centronics Schnittst. Fa. Kahlerl, Tel. 0 21 33/9 03 91 Fax: -9 32 46

**Layouterstellung, preisgünstig** Fa. Kahlerl, Tel. 0 21 33/9 03 91 Fax: -9 32 46

AMD7911PC gesucht 200-300 Stück Angebote an Eckardt Elektronik Tel. 0 52 54/99 69 17 Fax: -99 69 41

# Embedded Systems '97

Die Embedded Control Messe mit Fachkongreß für Entwickler und Konstrukteure, 19.-21.2.1997  
Stuttgart - Sindelfingen  
Infos für Aussteller und Besucher  
**Telefon: (089) 3830 7270**

## Die Inserenten

ADES, Burscheid .....	97	Hofmann, Regensburg .....	8	Ringler, Bad Rappenau .....	6
Ahlers, Moosburg .....	94	Hoschar, Karlsruhe .....	17	SABO, Schwerte .....	10
AMV, Bräunlingen .....	97	ISH, Hilchenbach .....	96	Schwaneckamp, Hamminkeln .....	97
Basista, Boltrop .....	95	Keil, Grasbrunn .....	95, 100	ScopeShop, Hamburg .....	92
Beta Layout, Hohenstein .....	Kontaktkarte	Kolter, Erfstadt .....	53	SE Spezial-Electronic, Bückeburg .....	14
Bitzer, Schorndorf .....	6	Layout.Serv. Oldenburg, Bad Zwischenahn .....	100	SH-Elektronik, Kiel .....	96
Boddin, Hildesheim .....	95	Lehmann, Hausach .....	100	Singer, Aachen .....	100
Bollrath, Rhede .....	97	LPKF, Garbsen .....	68	Sonthem, Kempten .....	95
Bungard, Windeck .....	19	M&V Breidenbach & Tochter, Bettendorf .....	8	Spectrum, Siek .....	15
Bures & Koch, Neustadt .....	94	maintronic, Schweinfurt .....	101	Sphinx, Hemsbach .....	94
CadSoft, Pleiskirchen .....	7	MBMT, Bassum .....	12	Stubben, Kamen .....	8
CHEOPS, Schongau .....	10	MCT Paul & Scherer, Berlin .....	101	Suntek, Neuss .....	92
Cirrus Logic, ROC-Taipei, Taiwan .....	79	Mechatronic, Sindelfingen .....	95	System, Braunschweig .....	35
CONITEC, Dieburg .....	8	Meinberg, Bad Pyrmont .....	21	TASKING, Leonberg .....	92
Deutsche Fachpresse, Frankfurt .....	105	Merz, Lienen .....	8	taskit Rechnertechnik, Berlin .....	6
Drebingler, München .....	33	Messcomp, Wasserburg .....	6	Tekelec Airtronic, München .....	57
DTK Computer, München .....	6	Motorola, München .....	2	Tennert-Elektronik, Weinstadt .....	95
Elektronik Laden, Detmold .....	10, 93	MOVTEC, Pforzheim .....	6	Texas-Instruments, F-Villeneuve .....	89
Elektrosil, Hamburg .....	25	Mutronic, Rieden .....	97	Thomatronik, Rosenheim .....	95
ELS electronic, Duisburg .....	94, 96	National Instruments, München .....	Kontaktkarte	Trapp, Darsten .....	96
ELZET 80, Aachen .....	10	Nordtronic, Wilhelmshaven .....	100	Ultimate Technology, NL-Naarden .....	37, 39, 41
eMedia, Hannover .....	98, 99	OBL, Hüllhorst .....	6	VEW, Bremen .....	68
EMIS, Weiden .....	96	OMV, Borcheln/Eiteln .....	94	VS Electronic, Aschaffenburg .....	97
Engelmann & Schrader, Eldingen .....	97	Phytec, Mainz .....	10	Weschenbach, Aachen .....	100
ERMA-Electronic, Immendingen .....	101	PLUG-IN, Eichenau .....	94	WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe .....	97
es Lasersysteme, Mössingen .....	96	POHLTRONIK, Bad Pyrmont .....	96	Wickenhäuser, Karlsruhe .....	92
Fernschule Weber, Großenkneten .....	100	POP, Erkrath .....	96	Wilke Technology, Aachen .....	106
FLUKE, Kassel .....	16	Priggen, Steinfurt .....	95	Yokogawa-nbn, Herrsching .....	49
Franken & Partner, Köln .....	6	Process-Informatik, Wäschchenbeuren .....	11		
FRANZIS-VERLAG, Feldkirchen .....	Beihefter	QNX, GB-Herfordshire .....	13		
Friedrich, Eichenzell .....	9	Quacom, Brühl .....	92		
FRIWO, Ostbevern .....	29	Reichelt, Sande .....	74, 75		
Gutschmidt, St. Augustin .....	92				
gsh-Systemtechn., München .....	8				

## Impressum

### ELRAD

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen  
Postf. 61 04 07, 30604 Hannover, Helstorfer Str. 7, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-400, Fax: 05 11/53 52-404

ELRAD-Mailbox: Sammelnummer 05 11/53 52-401  
Mailbox-Netz: Die ELRAD-Redaktion ist im GERNET-Forum ELRAD.GER erreichbar.

Internet: xx@elrad.heise.de. Setzen Sie statt 'xx' das Kürzel des Adressaten ein. Allgemeine Fragen an die Redaktion richten Sie bitte an post@elrad.heise.de.

Anonymous ftp: ftp.heise.de/pub/elrad, ftp.uni-paderborn.de://elrad  
World Wide Web: http://www.heise.de/el/

**Technische Anfragen montags bis freitags nur zwischen 11.00-12.00. Bitte benutzen Sie die angegebenen Durchwahlnummern.**

### Herausgeber: Christian Heise

Chef vom Dienst, Stellv. Chefredakteur:  
Dipl.-Phys. Peter Nonhoff-Arps (verantwortl.) (pen, -393)

### Redaktion:

Dipl.-Ing. (FH) Ernst Ahlers (ea, -394), Carsten Fabich (cf, -398),  
Martin Klein (kle, -392), Dipl.-Ing. Ulrike Kuhlmann (uk, -391),  
Peter Röbbke-Doerr (roe, -397)

**Ständige Mitarbeiter** (zu erreichen unter der Redaktionsadresse):  
Dipl.-Ing. Eckart Steffens, Matthias Carstens

**Redaktionssekretariat:** Stefanie Gaffron, M. A., Carmen Lehmann (sg, cs, -400)

**Verlagsbüro München:** Jürgen Fey (Chefkorrespondent),  
Kühbachstraße 11, 81543 München, Telefon: 0 89/62 50 04-40,  
Fax: 0 89/62 50 04-66

**Korrespondentin USA:** Dr. Sabine Cianciolo (sc), 6011 Majorca Court, San Jose, CA 95120, U.S.A., Telefon/Fax: 001/408-323-85 60,  
E-Mail: dutz@ix.netcom.com

**DTP-Produktion:** Wolfgang Otto (Ltg.), Dieter Wahner (Ltg. Korrektur/Satz), Dirk Wollschläger (Ltg. Grafik), Ben Dietrich Berlin, Peter-Michael Böhm, Martina Friedrich, Ines Gehre, Birgit Graff, Angela Hilberg-Matzen, Sabine Humm, Dietmar Jokisch, Hella Kothöfer, Carsten Malchow, Nathalie Niens, Astrid Seifert, Christiane Slanina, Edith Tötsches, Brigitta Zurhieden

### Technische Zeichnungen: Marga Kellner

Labor: Hans-Jürgen Berndt

Meßlabor: Wolfram Tege

Fotografie: Fotodesign Lutz Reinecke, Hannover

### Verlag und Anzeigenverwaltung:

Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Postf. 61 04 07, 30604 Hannover, Helstorfer Str. 7, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0, Fax: 05 11/53 52-1 29

Postbank Hannover, Konto-Nr. 93 05-308 (BLZ 250 10030)

Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968 (BLZ 250 502 99)

**Geschäftsführer:** Christian Heise

**Stellv. Geschäftsführer/Verlagsleiter Fachbücher/Zeitschriften:**

Steven P. Steinkraus

**Anzeigenleitung:** Irmgard Ditzgens (-164) (verantwortlich)

**Anzeigenverkauf:** Werner Wedekind (-121)

**Anzeigendisponent:** Rita Assenburg (-219)

**Verlagsrepräsentant Bayern:** Werner Ceeh, Kühbachstraße 11,  
81543 München, Telefon: 0 89/62 50 04-20, Fax: 0 89/62 50 04-22

### Anzeigen-Inlandsvertretungen:

**Nielsen III a + IV,** Verlagsbüro Ilse Klaus, Hottenbacher Mühle 5,  
55758 Stipphausen, Tel.: 0 67 85/98 08-0, Fax: 0 67 85/98 08-1

### Anzeigen-Auslandsvertretungen:

**Asien:** Heise Publishing Taiwan Rep. Office, 1F/7-1, Lane 149, Lung-  
Chiang Road, Taipei, Taiwan, Tel.: 0 08 86-2-7 18 72 46 und 0 08 86-  
2-7 18 72 47, Fax: 0 08 86-2-7 18 72 48

**USA, GB:** Verlagsbüro Ohm-Schmidt, Svens Jegorovs,  
Obere Straße 39, D-66957 Hilst, Tel.: +49(0)63 71/1 60 83,  
Fax: +49(0)63 71/1 60 73

### Anzeigenpreise:

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 18 vom 1. Januar 1996

**Vertriebsleitung:** Hans-J. Spritzer (-299)

**Herstellung/Leitung:** Wolfgang Ulber

**Sonderdruck-Service:** Ruth Utesch (-359)

**Druck:** C.W. Niemeyer GmbH & Co. KG, Hameln

ELRAD erscheint monatlich.

Einzelpreis DM 7,50 (68 60,-/sfr 7,50/hft 10,-/FF 25,-)

Das Jahresabonnement kostet: Inland DM 79,20 (Bezugspreis  
DM 61,80 + Versandkosten DM 17,40), Ausland DM 86,40 (Bezugs-  
preis DM 58,20 + Versandkosten DM 28,20); Studentenabonnemnt/  
Inland DM 69,- (Bezugspreis DM 51,60 + Versandkosten DM 17,40),  
Studentenabonnemnt/Ausland DM 76,80 (Bezugspreis DM 48,60 +

Versandkosten DM 28,20). Für AUG- Mitglieder gilt der Preis des  
Studentenabonnements.

Studentenabonnements nur gegen Vorlage der Studienbescheinigung.  
Luftpost auf Anfrage. Konto für Abo-Zahlungen: Verlag Heinz Heise  
GmbH & Co KG, Postgri Hannover, Kto.-Nr. 401 655-304 (BLZ  
250 100 30). Kündigung jederzeit mit Wirkung zur jeweils übernächsten  
Ausgabe möglich.

### Kundenkonto in Österreich:

Salzburger Kredit- und Wechselbank AG, Salzburg,  
BLZ 000 185 50, Kto.-Nr. 101-35343-001

### Kundenkonto in der Schweiz:

Schweizerischer Bankverein, Zürich, Kto.-Nr. PO-465 060.0

### Kundenkonto in den Niederlanden:

ABN Amro Bank, Eindhoven, BLZ 1065135,  
Kto.-Nr. 41.28.36.742

### Versand und Abonnementverwaltung:

Abo-Service, Postfach 77 71 12, 30821 Garbsen,  
Telefon: 0 51 37/8 78-754, Fax: SAZ 0 51 37/87 87 12

### Für Abonnenten in der Schweiz Bestellung über:

Thali AG, Abo-Service, Industriest. 14, CH-6285 Hitzkirch,  
Tel.: 0 41/9 17 01 11, Fax: 0 41/9 17 28 85

(Jahresabonnement: sfr 81,-; Studentenabonnement: sfr 73,-)

### Lieferung an Handel (auch für Österreich und die Schweiz):

VPM - Verlagsumion Pabel Moevieg KG

D-65047 Wiesbaden, Telefon: 0 6 11/2 66-0

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen bei Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Die gewerbliche Nutzung, insbesondere der Schaltpläne und gedruckten Schaltungen, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers zulässig. Die Zustimmung kann an Bedingungen geknüpft sein.

Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung.

Sämtliche Veröffentlichungen in ELRAD erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes. Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany

© Copyright 1996

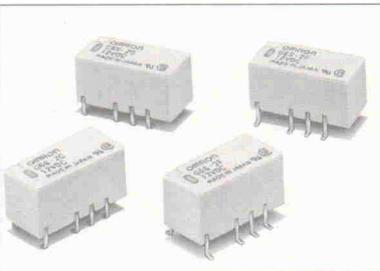
by Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG

ISSN 0170-1827



### Keine Angst vor Halbleitern

Angesprochen auf den Relaismarkt, reden die einen von gebremstem Wachstum, die anderen von der Verdrängung durch Halbleiter. Trotzdem gibt es eine ganze Reihe technischer Neuerungen wie fortschreitende Miniaturisierung, Erhöhung der Schaltleistung bei geringerer Leistungsaufnahme, verbesserte Kontakt- und Isolierstoffe oder die Integration intelligenter Zusatzfunktionen, um die elektromechanischen Schalter konkurrenzfähig zu halten. Der *ELRAD*-Report bietet Grundlagen und Trends rund um das Relais.



### Core-Kompetenz

Entwicklungsabteilungen in Unternehmen jedweder Couleur spüren den scharfen Wind, der ihnen angesichts immer kürzerer 'Time to Market' entgegenweht. Viele werden in Zukunft auf den Zukauf von externem Know-how bei Eigenentwicklungen angewiesen sein. Für das ASIC- und FPGA-Design bietet sich der Einsatz vorgefertigter Cores und Megafunktionen an. *ELRAD* widmet sich in ihrer nächsten Ausgabe diesem Thema und weist den Weg zur Intellectual Property.

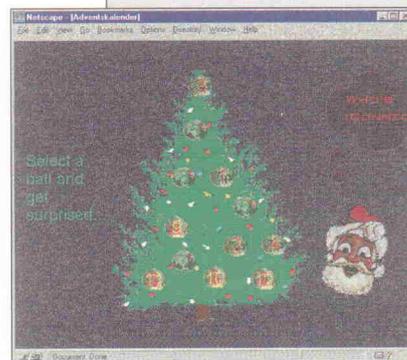
### Virtuelle Besinnlichkeit

Werbung im Internet wirkt nach wie vor abschreckend auf den gemeinen Netzbenutzer. Der sucht Information und Unterhaltung, bloß keine Propaganda. Höchstens dezente Bandenwerbung wird inzwischen mit Rücksicht auf die Finanzierung der eigentlich gesuchten Inhalte toleriert. Was sonst kann eine Firma tun, um im Internet auf ihr Produkt aufmerksam zu machen? Mit erotischem Beiwerk – Sex sells – steht man in Hitliste und Zugriffsstatistik zwar gleich ganz oben, aber eben auch in der Schmutzdecke. Es gibt andere Wege, die Klippen der elektronischen Werbung zu umschiffen.

### EPP-Umsetzer

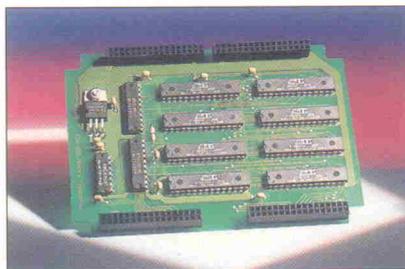


In einer Designstudie stellt *ELRAD* einen schnellen Analog/Digital-Wandler für den Einsatz an der parallelen Druckerschnittstelle jedes besseren PC vor. Dank IEEE-1284 – oder besser dank des Enhanced Parallel Port (EPP) – lassen sich mit einer kompakten A/D-Schaltung immerhin satte 100 kHz Abtastrate realisieren. Trotz zwei 12-Bit-Analogeingängen, programmierbarem Vorverstärker und komplett per Software konfigurierbaren Funktionen begnügt sich das Ganze mit lediglich drei ICs. Wie es funktioniert, steht im kommenden Heft.

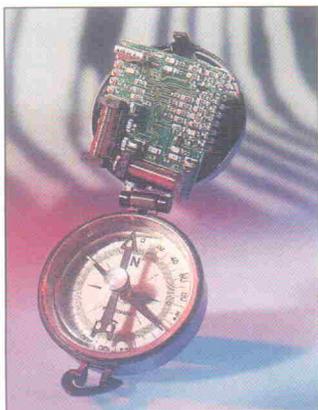


### Signallager

Für erste 'Spaziergänge' in der Fließkomma-DSP-Programmierung reichen die zwei 1Kx32-RAM-Blöcke des TMS320C31 im DSK3x sicher aus. Will man aber ernsthafte Applikationen realisieren, die etwas mehr Code oder reichlich Daten – beispielsweise Nachhallereffekte oder Korrelation über viele Samples – erfordern, muß eine Speichererweiterung her. Das Signallager stellt als Aufsteckplatine 64 KWorte SRAM zusätzlich bereit.



Rechtzeitig zur besinnlichen Jahreszeit hat die Agentur interConnect einen Weg gefunden, ihre Produkte an den Web-Surfer zu bringen. Unter der Adresse <http://www.iconnect.de/advert/> findet man in der kalorienreichen Weihnachtszeit einen Adventskalender mit virtuellem Naschwerk. Täglich gibt eine von 24 Kugeln am Weihnachtsbaum ihr Geheimnis preis. Wer nachts heimlich das Türchen aufmacht, handelt sich Ärger mit Knecht Ruprecht ein. Hinter den Links sollen sich dann Software-Highlights, interessante Verweise oder besinnliche Bilder und Klänge verbergen. Hinter dem ganzen Aufwand steckt das fromme Motto der Agentur: 'Was dem User wirklich nützlich ist'. Im Falle interConnect ein wenig weihnachtlich anmutender Pizzaservice sowie ein Weinversand. cf



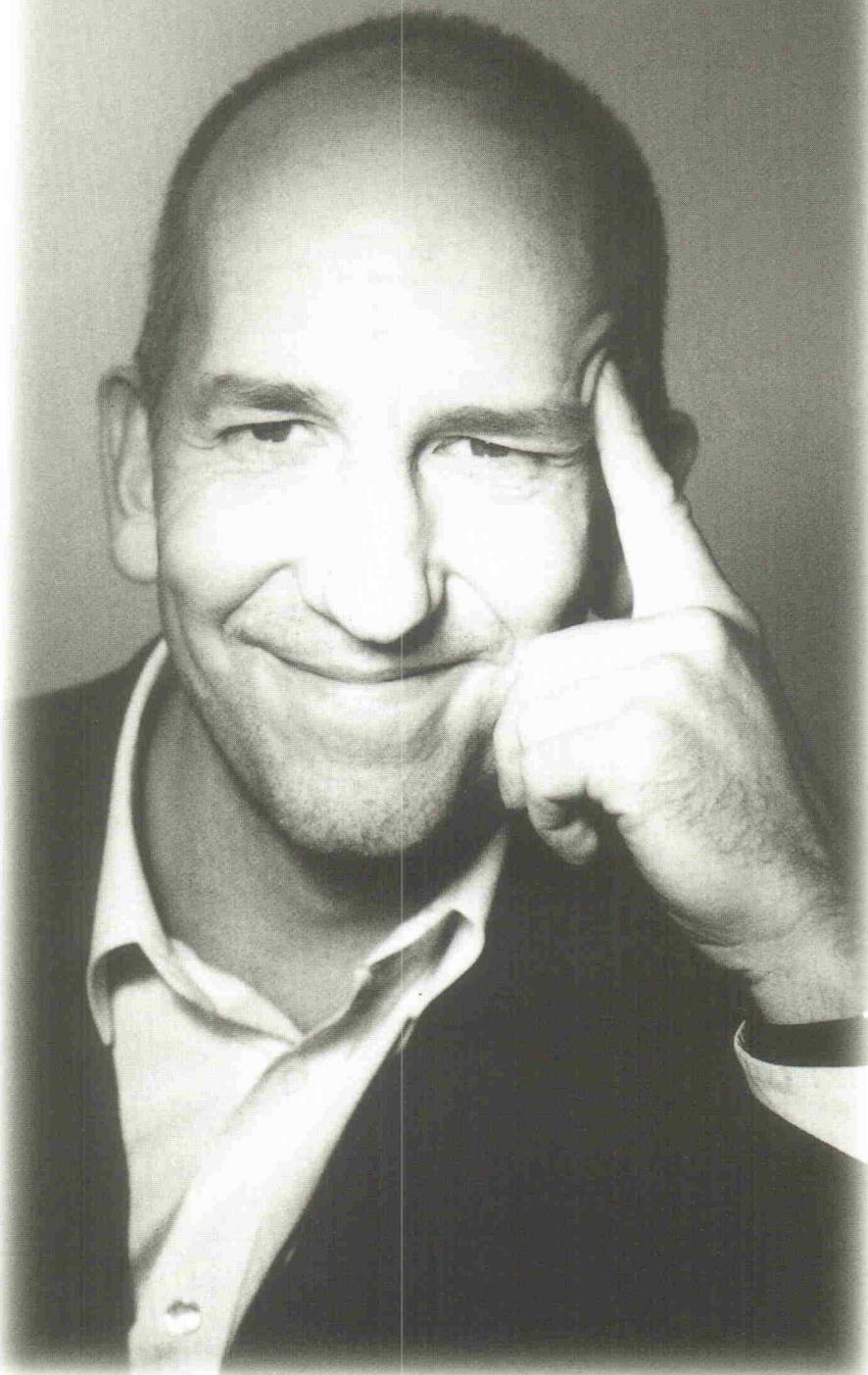
### Magnetorientierung

Die geographische Richtungsfindung hat einen langen Weg vom fadengelagerten Magneten um 2600 vor Christus bis zum satellitengestützten Global Positioning System anno 1996 genommen. Dennoch hat die Orientierung anhand des Erdmagnetfeldes nach wie vor ihre Berechtigung. Der Grundlagenbeitrag im kommenden Heft präsentiert verschiedene Verfahren sowie die praktische Umsetzung anhand eines Kompaßsensors.

### Smart-Radio

UKW-Empfänger als Einsteckkarte für einen Windows-PC gibt es seit längerem, sogar für erstaunlich wenig Geld. Meist sind diese jedoch nur 'Mono' – und RDS bieten sie schon gar nicht. Philips legt mit einem Demo-Board nach: Das Smart-Radio entspricht einem kompletten HiFi-Stereo-Receiver inklusive RDS auf 9 x 10 cm Platinenfläche. Ein ausgefeiltes Windows-Programm macht alle Features grafisch zugänglich.

# »» Fachzeitschriften sind im Grunde Special Interests vom Feinsten. ««



Holger Jung, Geschäftsführer Jung von Matt

**F**ür den Werbeagentur-Inhaber Holger Jung ist es völlig ungerechtfertigt, daß kreative Kampagnen nur Publikumszeitschriften vorbehalten bleiben. Denn gut durchdachte Anzeigenkonzepte mit klaren Botschaften und Spaß am Produkt treffen gerade in Fachzeitschriften auf Entscheider, die Informationen suchen – und in Fachzeitschriften professionell angesprochen werden.

## Ja, das will ich genauer wissen!

Schicken Sie mir bitte

- die „Leistungsanalyse Fachzeitschriften“,  
 das „Jahrbuch der Deutschen Fachpresse“  
 gegen Schutzgebühr von DM 29,-

Name, Vorname

Firma, Position

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Datum, Unterschrift

Einsenden oder faxen an  
 Deutsche Fachpresse  
 Großer Hirschgraben 17-21  
 60311 Frankfurt am Main  
 Telefax (0 69) 1 30 63 99

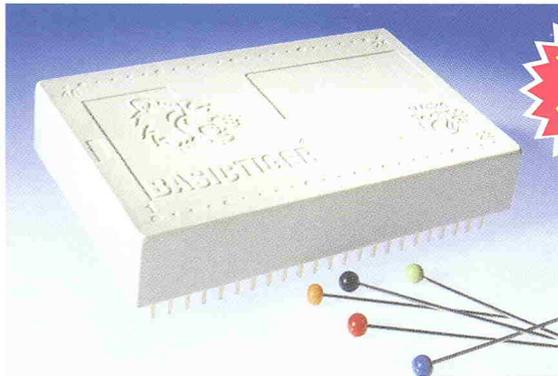
# Woran denken Sie



wenn Sie sich einen Steuer-Computer vorstellen ...

- der komfortabel zu programmieren ist,
- der zahlreiche Programme im Multi-Tasking Betrieb gleichzeitig ausführt,
- dessen I/O-Struktur ganz leicht auf hunderte von Kanälen erweiterbar ist,
- der über hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit verfügt,
- der beliebig lange und beliebig viele Unterprogramme, Variablen, Arrays, etc. handhabt ...

An ein Modul in Größe einer  
Streichholzschachtel?



ab  
**149,-**  
**171,<sup>35</sup>**

128 KB SRAM + 128 KB FLASH  
ab 1000 St. excl. / incl. MwSt.

BASIC-Tiger® Modul ANN-1/1 ab 1: 179,- / 205,as  
BASIC-Tiger® Entwicklungs-System 940,- / 1081,-



**DER BASIC-TIGER®**