

11 Labor-  
Multimeter im Test:  
300 Meßbereiche überprüft

# ELRAD

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

H 5345 E

DM 6,80

öS 58,- · sfr 6,80  
bfr 171,- · hfl 9,20  
FF 22,50

6/91



Audio-Projekt:  
*Vollverstärker in Röhrentechnik*



PreView:  
Kompakt-Meßplatz „Portable One“  
von Audio Precision

Projekte:  
Meßtechnik: Temperaturmessung  
über RS-232  
PC-Scope: Interface, Inbetriebnahme,  
Bedienung

Grundlagen:  
Bussysteme: Bitbus

Laborblätter:  
VMOS-Motorsteuerungen (2)

Schaltungstechnik:  
NF-Sinusgenerator  
mit Sweep 1:10 000

**Projekt:**  
**Controllerboard**  
**mit SPS-Software**

- isel-Eprom-UV-Löscherät 1 . . . . DM 102,-**
- Alu-Gehäuse, L 150 x B 75 x H 40 mm, mit Kontrolllampe
  - Alu-Deckel, L 150 x B 55 mm, mit Schliebeverschluß
  - Löschschild, L 85 x B 15 mm, mit Auflageblech für Eproms
  - UV-Löschlampe, 4 W, Löschzeit ca. 2 Minuten
  - Elektronischer Zeitschalter, max. 25 Min., mit Start-Taster
  - Intensive u. gleichzeitige UV-Löschen von max. 5 Eproms



- isel-Eprom-UV-Löscherät 2 (o. Abb.) . DM 249,-**
- Alu-Gehäuse, L 320 x B 220 x H 95 mm, mit Kontrolllampe
  - Alu-Deckel, L 320 x B 200 mm, mit Schliebeverschluß
  - Vier Löschschilder, L 220 x B 15 mm, mit Auflageblech
  - Vier UV-Löschlampen, 8 W/220 V, mit Abschaltautomatik
  - Elektronischer Zeitschalter, max. 25 Min., mit Start-Taster
  - Intensive u. gleichzeitige UV-Löschen von max. 48 Eproms

- isel-Flux- und Trocknungsanlage . . DM 348,-**
- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 550 x B 295 x H 140 mm
  - Schaumfluxer, Flüssigkeiteinnahme 400 cm<sup>3</sup>
  - Schaumwellenheizelemente stufenlos regelbar
  - Heizplatte als Vorheizung und Trocknung
  - Leistungsaufnahme 220 V/2000 W, regelbar
  - Fluxwagen für Platinen bis 180 x 180 mm



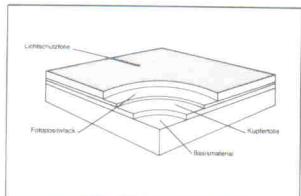
- isel-Flux- u. Trocknungswagen, einzeln DM 45,50**  
für Platinen bis max. 180 x 180 mm

- isel-Verzinnungs- und Lötwagen . . DM 454,-**
- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 260 x B 295 x H 140 mm
  - Heizplatte 220 V/2000 W, stufenlos regelbar
  - Alu-Lötwanne, mit Edelstahlteileinsatz 235 x 211 x 13 mm
  - Bimetall-Zeigerthermometer, 50—250 Grad
  - Lötwagen, verstellbar, max. Platinengröße 180 x 180 mm



- isel-Verzinnungs- u. Lötwagen einzeln DM 45,50**  
für Platinen bis max. 180 x 180 mm

- isel-fotopositivbeschichtetes Basismaterial**
- Kupferschichtes Basismaterial mit Positiv-Lack
  - Gleichmäßige u. saubere Fotoschicht, Stärke ca. 6 µm
  - Hohe Auflösung der Fotoschicht u. galv. Beständigkeit
  - Rückstandsfreie Lichtschutzfolie, stanz- u. schneidbar



- Pertinax FR 2, 1seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie  
Pertinax 100x160 DM 1,90 Pertinax 200x300 DM 7,05  
Pertinax 160x233 DM 4,40 Pertinax 300x400 DM 14,10
- Epoxyd FR 4, 1seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie  
Epoxyd 100x160 DM 2,85 Epoxyd 200x300 DM 10,60  
Epoxyd 160x233 DM 6,60 Epoxyd 300x400 DM 21,20
- Epoxyd FR 4, 2seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie  
Epoxyd 100x160 DM 3,66 Epoxyd 200x300 DM 13,75  
Epoxyd 160x233 DM 8,55 Epoxyd 300x400 DM 27,50
- 10 St. 10%, 50 St. 20%, 100 St. 30% Rabatt

- isel-19-Zoll-System-Gehäuse**
- 10-Zoll-Gehäuse-Bausatz komplett, 3 HE, eloxiert . . DM 66,-
  - 19-Zoll-Gehäuse-Bausatz komplett, 3 HE, eloxiert . . DM 95,50

**isel-19-Zoll-Euro-Baugruppenträger (o. Abb.)**

- 10-Zoll-Euro-Baugruppenträger, 3 HE, eloxiert . . DM 28,-

- 19-Zoll-Euro-Baugruppenträger, 3 HE, eloxiert . . DM 36,-

- 19-Zoll-Euro-Baugruppenträger, 6 HE, eloxiert . . DM 48,-



**Zubehör für 19-Zoll-Systeme**

- |  |         |
|--|---------|
| 1-Zoll-Frontplatte, 3 HE, eloxiert . .             | DM 0,75 |
| 2-Zoll-Frontplatte, 3 HE, eloxiert . .             | DM 1,35 |
| 4-Zoll-Frontplatte, 3 HE, eloxiert . .             | DM 2,25 |
| Führungschiene (Kartenträger) . .                  | DM 0,60 |
| Frontplattenschlüsselschraube mit Griff (Paar) . . | DM 1,80 |
| Frontplatte-/Leiterplatte-Befestigung . .          | DM 0,70 |

**isel-Euro-Gehäuse aus Aluminium**

- Eloxiertes Aluminium-Gehäuse, L 185 x B 103 mm
- 2 Seitenteil-Profil, L 185 x H 42 oder H 56 mm
- 2 Abdeckbleche oder Lochbleche, L 185 x B 88 mm
- 2 Front- bzw. Rückplatten, L 103 x B 84 oder B 56 mm
- 8 Blechschrauben, 2,9 mm, und 4 Gummifüßen



**isel-Euro-Gehäuse 1** . . . . DM 11,20

- L 165 x B 103 x H 42 mm, mit Abdeckblech

**isel-Euro-Gehäuse 1** . . . . DM 12,50

- L 165 x B 103 x H 42 mm, mit Lochblech

**isel-Euro-Gehäuse 2** . . . . DM 12,50

- L 165 x B 103 x H 56 mm, mit Abdeckblech

**isel-Euro-Gehäuse 2** . . . . DM 13,50

- L 165 x B 103 x H 56 mm, mit Lochblech

**isel-Bestückungs- u. -Lötrahmen 1 DM 56,80**

- Alu-Rahmen 260 x 240 x 20 mm, mit Gummifüßen
- Schließbarer Deckel 260 x 240 mm, mit Schaumstoff
- Platinen-Haltevorrichtung mit 8 verstellb. Haltefedern
- Zwei verstellbare Schienen mit 4 Rändelschrauben
- Gleichzeitiges Bestücken und Löten von Platinen
- Für Platinen bis max. 220 x 200 mm (2 Euro-Karten)

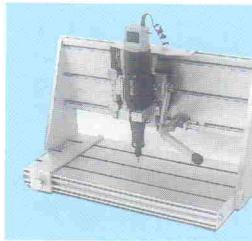


**isel-Bestückungs- u. -Lötrahmen 2 DM 91,-**

- Alu-Rahmen 400 x 260 x 20 mm, mit Gummifüßen
- Schließbarer Deckel 400 x 260 mm, mit Schaumstoff
- Platinen-Haltevorrichtung mit 16 verstellb. Haltefedern
- Drei verstellbare Schienen mit 8 Rändelschrauben
- Gleichzeitiges Bestücken und Löten von Platinen
- Für Platinen bis max. 360 x 230 mm (4 Euro-Karten)

**isel-Bohr- und Fräsergerät . . . . DM 340,-**

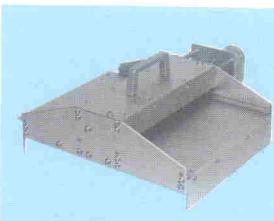
- Alu-Ständer mit T-Nuten-Tisch 350 x 175 mm
- Präzisionshubvorrichtung mit isel-Linearführung
- Verstellbarer Hub max. 40 mm, mit Rückstellfeder
- Verstellbarer Seitenanschlag und Tiefenanschlag
- Bohr- und Fräsmaschine 12 V mit 3 mm Spannzange
- Feed-Back Drehzahlregelung von 200—20.000 U/min
- Hohe Durchzugskraft und extrem hohe Rundlaufgenauigkeit



**isel-Bohr- und Fräsständer mit Hubvorrichtung, einzeln . . DM 239,50**

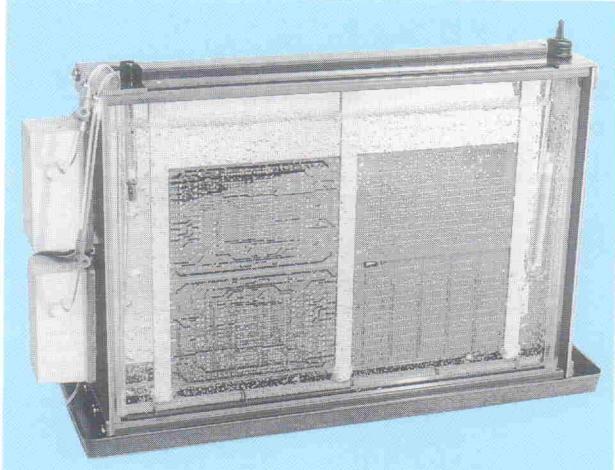
**isel-Walzen-Verzinnungsaufsatz für Verzinnungs- u. Lötwagen . . DM 568,-**

- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 300 x B 400 x H 120 mm
- Spezial-Zinnaufragswalze, Ø 50, L 190 mm
- Gleichstromgetriebemotor — Antrieb 24 V
- Transportgeschwindigkeit stufenlos regelbar
- Arbeitsbreite max. 180 mm
- Gesamtgewicht 5,7 kg



**isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 1 DM 180,50**

- Superschmale Glaskuvette, H 290 x B 260 x T 30 mm
- PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
- 2 Spezialpumpen, 220V, mit Luftluftverteilerrahmen



**isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 2 DM 226,-**

- Superschmale Glaskuvette, H 290 x B 430 x T 30 mm
- PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
- 2 Spezialpumpen mit DoppelLuftverteilerrahmen



**isel-automation, Hugo Isert**

**6419 Eiterfeld, Tel. (0 66 72) 8 98-0, Telex 493150**  
**Fax 75 75, Versand per NN, + Verp. u. Porto, Katalog 5,— DM**

**isel-UV-Belichtungsgerät 1 . . . . DM 270,50**

- Geräte mit elektronischem Zeitschalter
- Elox. Alu-Gehäuse, L 317 x B 225 x H 90 mm
- 4 UV-Leuchstofflampen, 8 W/220 V
- Belichtungsfläche 160 x 250 mm (max. zwei Euro-Karten)
- Kurze und gleichmäßige Belichtung für Filme u. Platten



**isel-UV-Belichtungsgerät 2 . . . . DM 340,-**

- Geräte mit elektronischem Zeitschalter
- Elox. Alu-Gehäuse, L 473 x B 316 x H 93 mm
- 4 UV-Leuchstofflampen, 15 W/220 V
- Belichtungsfläche 240 x 365 mm (max. vier Euro-Karten)



**isel-Vakuum-UV-Belichtungsgerät 2 für zweiseitige Belichtung . . DM 1118,-**

- Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 475 x B 425 x H 140 mm
- Vakuumrahmen mit Selbstverschluß und Schnellbelüftung
- Nutzfläche 360 x 235 mm/maximaler Zwischenraum 4 mm
- Vakuumpumpe, 5 l/Min., maximal → 0,5 bar
- Acht UV-Leuchstofflampen 15 W/220 V
- Anschluß 220 V, Leistungsaufnahme 300 W
- Zeitenteilung 6—90 Sek. und 1—15 Min.



**isel-Vakuum-UV-Belichtungsgerät 1 für einseitige Belichtung . . DM 906,50**

**isel-Präzisions-Handtrennsägenständer . . . . DM 698,-**

- Alu-Ständer mit T-Nuten-Tisch, 800 x 500 mm
- Verfahrenweg, 600 mm mit isel-Doppelspurvorschub
- Seitenanschlag mit verstellbarem Tiefenanschlag
- Alu-Block mit Niederhalter und Absaugvorrichtung
- Leichtmetall bis 6 mm, Kunststoff bis 6 mm Stärke
- Option: Motor 220 V/710 W, Leerlaufdrehzahl 10.000 U/min
- Option: Diamanti-Trennscheibe/Hartmetallsägeblatt



**Motor 220 V/710 W . . . . DM 317,50**  
**Diamanti-Trennscheibe, Ø 125 mm . . DM 340,-**  
**Hartmetall-Sägeblatt, Ø 125 mm . . DM 80,50**

# Als Wessi in Sachsen

Autobahn Hannover-Kassel-Eisenach, auf dem Weg nach Chemnitz zur 'Meßtechnik Ost'. Wo ist sie denn, die alte Grenze? Ein paar plattgewalzte Baracken, ein Wellblechdach, einige Dutzend alter Bogenlampen und – von den Andenkenjägern vergessen am Straßenrand – ein Grenzpfahl in den Farben Schwarz-Rot-Gold. Die Erinnerung an vierzig Jahre realsozialistischen Betrugs wird in einem Treuhand-unüblichen Tempo getilgt.

Doch selbst wenn alle Grenzzäune schon verschwunden wären: Straßenzustand, Telefon, Häuserfarbe und Tankstellendichte machen unbarmherzig klar, daß die Einheit nicht per Grundlagenvertrag verordnet werden kann. Ein anderes Land, sozusagen.

Einheimische und Zugereiste lassen sich in jedem Land unterscheiden, auch hier. Abends in der Kneipe, kein freier Tisch, nur freie Stühle: Ein Wessi sucht einen freien Platz, fragt die Gäste. Ein Ossi wendet sich immer an den Wirt; auch gegenüber dem neuen Gast ist er nicht zuständig, verweist nach 'oben'. Soziale Indikation, sozusagen.

Nächster Tag, Messehallen am Schloßpark in Chemnitz, Messetrubel, eine halbe Stunde nach der Öffnung schon wüstes Gedränge zwischen den Ständen, überaus reges Interesse an Elektronik-Fachliteratur, leider – aber nicht ganz unerwartet – bleiben die Verkäufe nahe null. Gegen zwölf die auch von West-Messen bekannte Mittagsflaute. Doch hier hält die Flaute an, vor Messeende ist auch die Besucherzahl nahe am Nullpunkt.

Am nächsten Tag dasselbe Phänomen, Zeit und Muße also, in Zusammenarbeit mit einem Einheimischen vom Nachbarstand, der trotz Messeerfahrung aus Leipzig keine Erklärung parat hat, in Phase zwei, die Suche nach dem Schuldigen, einzutreten. Wir fanden ihn: Der Fahrplan der Reichsbahn weist nachmittags signifikant weniger 'nationale' Verbindungen aus als vormittags. Der Messebesucher aus den fünf neuen Ländern, mit Bundesstatus, aber noch ohne das mobile Statussymbol, er weiß das. Er hat seine Geschäfte bis mittags erledigt zu haben und sich dann um die Reichsrückfahrt zu kümmern.

Und dann diese Seuche mit den Funktelefonen. Verständlich zwar, daß einem Macher (oder besser Macker?) die ständig belegten oder gestörten Fernleitungen aufs Gemüt schlagen können, aber mittlerweile sind diese Dinger ja nicht mehr nur Kommunikationswerkzeug, sondern ebenfalls Statussymbol. Ein Wessi, der auf sich hält, hat eben sein Telefon immer dabei.

Und muß es, damit das Image stimmt, auch benutzen. Auch und gerade auf seinem Messestand in Chemnitz, in einer mit Wellblechplatten bestens abgeschirmten Halle. Das freilich führt zu einer Gesprächslautstärke deutlich oberhalb des Hallengrundpegels. So weit, so schlecht, aber wenn er, der Elektronik-Experte, sich mehrmals laut wundert, daß seine Verbindungen ständig abbrechen: dann ist die Verwunderung auf Seiten der Standbesetzungen eher noch größer, bei Ossis und Wessis gleichermaßen. In solchen Momenten weht durch die Halle, sozusagen, ein Hauch von Einheit.

*Peter Röbel-Doerr*

Peter Röbel-Doerr





Test: Labor-Multimeter

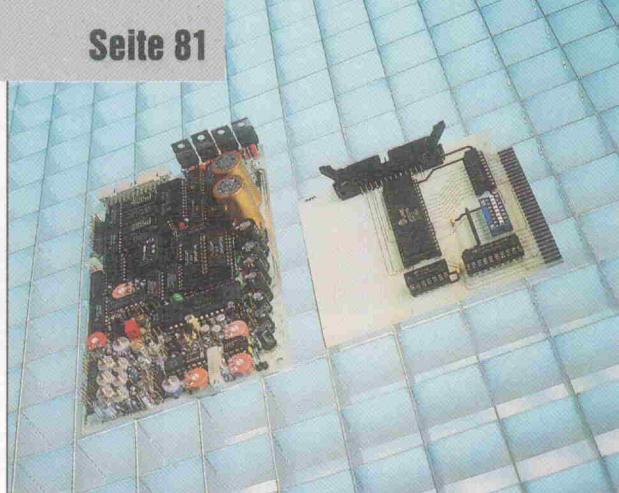
## Meßtechnik

### PC-Scope (2)

Der zweite Teil zum PC-Scope beschäftigt sich im wesentlichen mit drei Punkten:

Zunächst geht es um das Interface. Obgleich – oder gerade weil – die Einstellleitung einen Großteil dieser Folge beanspruchen, lassen sich diese Arbeiten in einer knappen Stunde erledigen. Nachdem die Bedienung der Software erläutert wurde, steht einer Fourier-Analyse nichts mehr im Weg.

Seite 18

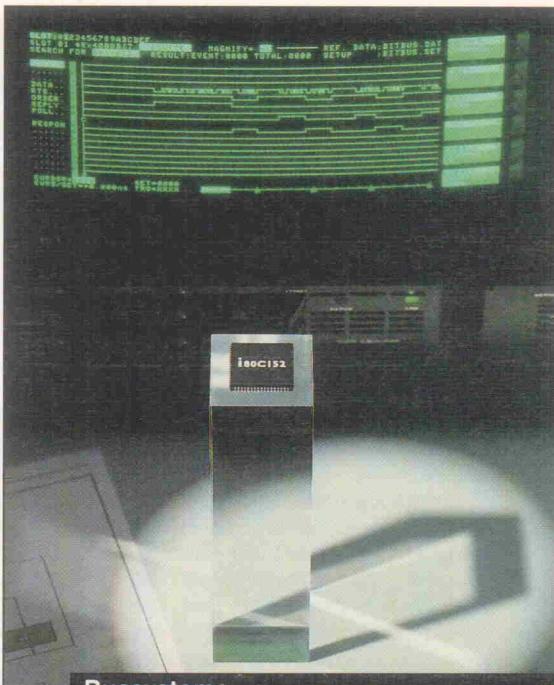


## Audio

### Volles Haus

Ein Stereo-Vollverstärker vom Feinsten mit sechs Eingängen, mit Lautstärke- und Balancesteller, völlig sperrschichtfrei (oder zumindest doch im Signalweg), und alles das unter einer Haube – mehr über diesen Traum in Nickel (oder Chrom) erfahren Sie ab

Seite 28



Bussysteme

### Der Bitbus

Mit jedem weiteren Signal wird der Kabelbaum dicker und Steuerungen stehen an logistisch unvernünftigen Stellen, um die Kupfermenge der Parallelverkabelung in Grenzen zu halten. Eine Lösung des Problems bieten die seriellen Feldbusse; für die Datenübertragung im unteren Kilometerbereich bietet sich der Bitbus an, dessen aktuelle Version hier vorgestellt wird.

Seite 54



## Meßtechnik

### Temperatur-Monitor

Serielle Schnittstelle einmal ganz anders – oder Temperaturen mit dem PC abgewogen – so könnte der Untertitel für dieses PC-Projekt lauten. Es nutzt die Eigenschaft des seriellen-Schnittstellen-Controllers, die Ein- und Ausleserate in recht feinen Stufen einstellen zu können, in ungewohnter Art & Weise: Die 'High-Zeit' eines Monoflops wird als 5-Bit-Datum interpretiert und mit einer Vorgabe verglichen ... Mehr über dieses Verfahren ab

Seite 50

**1 : 10 000**

In PLL-Systemen ist häufig ein spannungsgesteuerter NF-Sinus- oszillator gefragt, der über einen weiten Bereich linear arbeitet. Mit der hier vorgestellten Schaltung lässt sich eine lineare Frequenzänderung im Verhältnis 1 : 10 000 realisieren. Die maximale Nichtlinearität im Bereich bis 100 kHz beträgt 1,5 %. Den Kern der Schaltung bilden linearisierte OTAs. Weitere Details ab

**Seite 72****Laborblätter****Motorsteuerungen mit VMOS**

Nachdem im ersten Teil die auf der Lastseite von VMOS-FETs üblichen Schaltungen beleuchtet wurden, beschäftigt sich die Folge in dieser Ausgabe nunmehr mit der vielgerühmten einfachen Ansteuerung dieser Schalter: Um nämlich in den Genuß des schnellen Durchschaltens – und damit der geringen Verluste – zu kommen, muß man die Gate-Source-Kapazitäten entsprechend niederohmig ansteuern. Wie dabei gegebenenfalls auch noch Potentialtrennungen relativ einfach zu realisieren sind, lesen Sie ab

**Seite 78****Preview****Zehnkämpfer**

Es kommt natürlich auf die Be trachtungsweise an, ob der 'Portable One' von Audio Precision tatsächlich zehn herkömmliche Meßgeräte ersetzt – oder vielleicht noch mehr. Auf jeden Fall



aber handelt es sich hier um ein interessantes 'Vielfach'-Meßgerät für den Audiobereich.

**Seite 39**

**Projekt:**  
**Controllerboard**  
**mit SPS-Software**

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
<b>Editorial</b>	3
<b>Briefe</b>	7
aktuell	
<b>Opto-Elektronik</b>	8
<b>Labor &amp; Service</b>	9
<b>Firmenschriften und Kataloge</b>	10
<b>CAD</b>	11
<b>Audio</b>	12
<b>Messe Echtzeit</b>	14
<b>SMT</b>	15
<b>Hannover Messe Industrie</b>	16
<b>Halbleiter</b>	17
Test	
<b>Spezifikationen abgecheckt</b>	18
<b>Audio</b>	
<b>Volles Haus</b>	28
PreView	
<b>Zehnkämpfer</b>	39
Steuerungstechnik	
<b>FlexControl</b>	42
Meßtechnik	
<b>Temperatur-Monitor</b>	50
Bussysteme	
<b>Der Bitbus</b>	54
Programmierung	
<b>Signalverarbeitung in C (2)</b>	61
Schaltungstechnik	
<b>1/10 000</b>	72
Arbeit & Ausbildung	
Die Elrad-Laborblätter	
<b>Motorsteuerungen mit VMOS (2)</b>	78
Meßtechnik	
<b>PC-Scope (2)</b>	81
Bücher	
Mathematik	
<b>Differentiationsregeln</b>	89
<b>Elektronik-Fachgeschäfte</b>	100
Die Inserenten	
<b>Impressum</b>	101
<b>Dies &amp; Das</b>	102
Vorschau	

**Sondernormdecoder**

zum Entschlüsseln von  
ASTRA-PAY-TV-Programmen

z. B.: TCD-3 DM 398,—

**Modul für C 64**

TCD-64 Bausatz ab DM 148,—

Leichte Erweiterung auf neue  
Codierungen durch Verwendung einer  
Mikroprozessor-Steuerung.

Händleranfragen erwünscht.

Anschlußfertige Geräte aus eigener  
Entwicklung und Fertigung von:

**Metec GmbH**

Turnerstraße 15 · 3102 Hermannsburg

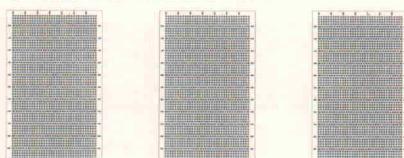
Telefon: 0 50 52/83 05

FAX 0 50 52/83 06

Der Betrieb von Decodern ist nicht in  
jedem europäischen Land gestattet.

**SMD-Fädelkarte  
für Laboraufbauten**

- ★ 35 x 60 pads = 2100 Lötpads pro Seite
- ★ Ø 0,4 mm gebohrt und durchkontaktiert
- ★ Bestücken auf B-Seite, Verdrahten auf L-Seite
- ★ Material: FR4, CU 35µ, Blei/Zinn
- ★ Maße: 50 mm x 80 mm

**ICOMatic GmbH**

Industriestr. 30 · 4794 Hövelhof

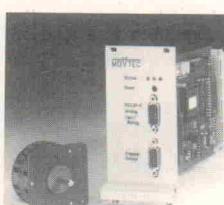
Telefon: 0 52 57/50 06 42

Telex: 0 52 57/50 06 51

Dieses ist der erste Streich . . .

**MSM-O1****Microstep-Steuerkarte  
— universell einsetzbar —**

Eingang: — Analog — Seriell — Takt/Richtg.  
Ausgang: — 2 Phasen 45 V/2,5 A



- max. 128/Vollschrift
- 256fache Phasenstrom-Auflösung
- Ausgabe 0–22 kHz
- Geschw.-Bereiche einstellbar (E.-Getriebe)
- simulierte Impulsgeber (TTL/90°)
- und weitere sehr interessante Merkmale

Option: Motoranpassung für Schrittwinkel-Korrekturen

**MOVTEC Stütz & Wacht GmbH**  
Kastanienstr. 8 · 7542 Schömberg  
Tel. 0 72 35/83 07 · Fax. 0 72 35/256

**TEASY**  
**TIME CODE****Timecode-Verarbeitung im PC**

PC-Einsteckkarte ♦ SMPTE-Timecode-Reader und Generator ♦ videosynchronisierbar ♦ RS232, RS422, 24bit I/O on board ♦ TEASY-Toolbox (umfangreiche Timecode-Bibliothek für MSC und TurboC) ♦ für Licht-, Ton-, Video- und Schnittplatztechnik, Messestände, Ablaufsteuerung von Präsentationen und Shows ♦ Service und Herstellung in Deutschland ♦ TEASY 1.2 komplett DM 2850,-



DDE Dialog GmbH  
Problemlösungen in  
Hard- und Software  
Arndtstr. 12  
8500 Nürnberg 90  
Tel. 0911/397494 FAX 397383

**BOARDMAKER®****Schaltplan & Leiterplatten-Layout auf PC/AT für DM 495,-**

- SMD und Multilayer ● 30.000 Datenelemente
- WYSIWYG-Display ( VGA, EGA, CGA & Hercules)
- Große Bibliothek ● Matrix- & Laserausdruck ● HPGL-Plotter ● Gerber-Photoplott ● Excellon-Bohrdaten
- Schaltungs-CAD ● getestet in ELRAD 12/90 ● kein Kopierschutz; Optionen: ● BoardRouter-Autorouter ● OrCAD-Netzlisten ● GERBER-Viewer

Rufen Sie jetzt das kostenlose BoardMaker Infomaterial und die Demodiskette ab!

Mit einer der Kontakt-Karten dieser Zeitschrift, oder viel schneller über die HOSCHAR CAE-Hotline.

Postfach 2928, 7500 Karlsruhe 1, Tel. 0721/37 70 44, Fax 0721/37 72 41

Tel. 0 72 1 / 3 7 7 0 4 4

**HOSCHAR**  
Systemelektronik GmbH

**MOPS11 mit HC11**  
aus ELRAD 3/91

MOPS-LP Leerplatine	64,— DM
MOPS-BS1 Bausatz, enthält alle Teile außer RTC u. 68HC24	220,— DM
MOPS-BS2 Bausatz, enthält alle Teile incl. RTC u. 68HC24	300,— DM
MOPS-FB1 Fertigkarte, Umfang wie MOPS-BS1	300,— DM
MOPS-FB2 Fertigkarte, Umfang wie MOPS-BS2	380,— DM
MOPS-BE Betriebssyst. für MS/DOS	100,— DM

In unserem Katalog „Von EMUs und EPACs“ finden Sie diesen und viele andere Einplatinenrechner aus mc, c't und ELRAD.

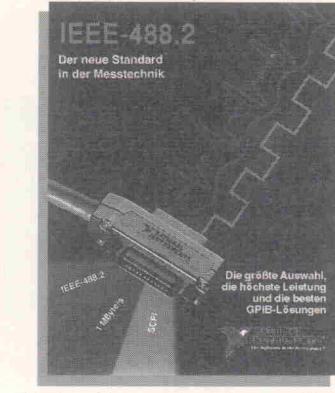
Den Katalog können Sie kostenlos bei uns anfordern.

**ELEKTRONIK  
LADEN**

Mikrocomputer GmbH	oder 1000 BERLIN
W-Mellies-Straße 88	0 30/7 84 40 55
4930 DETMOLD 18	2000 HAMBURG
Telefon 0 52 32/81 71	0 41/54/28 28
Fax 0 52 32/8 61 97	3300 BRAUNSCHW.
	05 31/7 92 31
	4400 MÜNSTER
	02 51/79 51 25
	5100 AACHEN
	02 41/87 54 09
	6000 FRANKFURT
	0 69/5 67 65
	8000 MÜNCHEN
	0 89/6 0 80 20
	7010 LEIPZIG
	0 91/28 35 48
	SCHWEIZ
	0 64/71 69 44
	ÖSTERREICH
	0 22/2 50 21 27

**NATIONAL  
INSTRUMENTS®**  
The Software is the Instrument®

Jetzt direkt in Deutschland vertreten.



National Instruments Germany GmbH  
Hans-Grässel-Weg 1 Tel.: (089) 714 5093  
W-8000 München 70 Fax: (089) 714 6035

**MICROCAP III****Design + Simulation. Bevor  
Schaltungsideen in die Falle gehen**

- Schaltungs-Design, Experiment & Simulation in einem Paket auf PC, AT oder PS/2 ● Spice-kompatibel
- Schaltungs-CAD & Bauteileditor ● Temperatur- & AC/DC-Analysen ● Transienten-, Fourier- & Noiseanalysen ● Monte Carlo serienmäßig ● Support für viele Drucker & Plotter ● über 4.000 mal im Einsatz ● Basisversion (5–10 Knoten) schon ab 345,— DM

Rufen Sie jetzt den kostenlosen HOSCHAR MICROCAP III Farbprospekt und die Demodiskette ab! Mit einer der Kontakt-Karten dieser Zeitschrift, oder viel schneller über die HOSCHAR CAE-Hotline.

Postfach 2928, 7500 Karlsruhe 1, Tel. 0721/37 70 44, Fax 0721/37 72 41

Tel. 0 72 1 / 3 7 7 0 4 4

## Warum nicht(?)

Ein Leser mit Mut zur Größe schildert uns in seiner Zuschrift sein eher allgemeines Problem.

Viele Zeitschriften veröffentlichten in den 80er Jahren noch Bauanleitungen und Platinenbilder zu Computerprojekten. Doch gegen Ende des 80er Jahrzehnts versiegten solche Bauanleitungen und Platinenbilder immer mehr.

Offensichtlich ist man in den Redaktionen der Ansicht, daß Bauanleitungen und Platinen nicht mehr interessant seien. Wenn im Inhaltsverzeichnis von Computer-Zeitschriften der Begriff 'Hardware' erscheint, entpuppt sich der Text bestensfalls als eine Art von Gerätekommunikation, die Insider kaum interessieren kann. Schaltpläne und Platinen sind nicht mehr zu finden. Sehr bedauerlich. Man hört nicht selten die Ansicht, es sei einfach billiger und bequemer, Computer-Mainboards zu kaufen und diese mit Fertig-Support-Karten zu bestücken. Folgt man einem solchen Rat, dann kommen für ein aktuelles System nicht selten Beträge in der Größenordnung von DM 10 000,- zusammen.

Für die meisten unter den computerbegeisterten Fans ist dieser Weg unbelzahlbar.

Natürlich lohnt es nicht mehr, eine Mono-Hercules-Karte, die man um DM 65,- überall erhalten kann, selbst zu bauen. Ein 486er oder gar ein 860er Mainboard erreicht bereits Preise um DM 4000,- und darüber, und nicht anders stellt sich die Situation bei den hochauflösenden Farbgrafik-Karten dar, die bis in Größenordnungen von DM 7000,- hochschnellen. Wird bei solchen Beträgen ein Selbstbau nicht wieder sinnvoll?

Vielleicht nimmt sich Elrad der Gruppe der Selbstbauer intensiver an, zumal viele Konkurrenz-Zeitschriften vor der Computer-Technik regelrecht kapituliert haben. Oder findet man keine Konstrukteure mehr?

Widmen Sie sich den Bauveröffentlichungen von großen Mainboards und Support-Platinen, damit sich die am Markt offene Bresche wieder schließt.

Gerhard von Hacht  
6000 Frankfurt 70

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

Es sprechen einige Gründe dagegen, den aufmunternden Worten unseres unerschrockenen und mutigen Lesers zu folgen.

Der wichtigste ist der, daß sich Elrad nie als Computermagazin verstanden hat und auch nicht beabsichtigt, dieses Selbstverständnis aufzugeben. Unser Metier ist, wenn es um Rechner geht, deren Anwendungen im Bereich Messen, Steuern und Regeln mit allem, was dazugehört, seien es Tests, Projekte oder Vorstellungen von Software, die den Elektronikbereich betreffen.

Natürlich ist ein Computer-Mainboard Elektronik reinsten Wassers. Es wird beim Selbstbau tatsächlich aber immer nur ein Mainboard herauskommen, das sich – vernünftigerweise – in nichts von gängigen Rechnerplatten unterscheiden wird, und – darauf können wir Brief und Siegel geben – es wird im Selbstbau mindestens doppelt so teuer sein wie ein fertig eingekauftes. Als Kalkulations-Anhaltpunkte seien nur die Kosten einer Multilayer-Platine und Einzelstückzahl-Preise der Bauelemente genannt.

Daß es weder an Konstrukteuren noch der Redaktion an Mut fehlt, ein Rechnerprojekt anzufassen, wird das kurz vor der Veröffentlichung stehende Projekt eines Industrie-Atari-ST beweisen. Der Grund, doch Computertechnik zu betreiben, ist aber einzige und allein der, den Rechner in eine mechanische Form zu bringen, die für eine Anwendung in der MSR-Technik geeignet ist. Und diese Industrieversion wird mit Sicherheit nicht preiswerter sein als das Büro-Original.

Zu guter Letzt noch ein Hinweis: Das derzeit preisgünstigste Verfahren, an einen 486 zu kommen, wird in der Artikelserie 'Vom AT zum EISA-486er' in den c't-Ausgaben 2...5/91 beschrieben. (Red.)

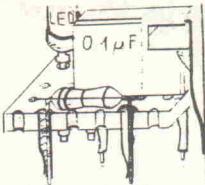
### Technische Anfragen

Die Sprechstunde der Redaktion ...

für technische Anfragen nur mittwochs von 10.00 bis 12.30 und von 13.00 bis 15.00 Uhr unter der Telefonnummer

05 11/54 74 70

Aufgrund der zunehmenden Inanspruchnahme unserer Fragestunde liegt eine zügige Beantwortung im Interesse aller Leser. Deshalb unsere Bitte: Halten Sie die Elrad-Ausgabe, die den 'fraglichen' Beitrag enthält, unbelegt bereit. Und zwar das vollständige Heft, nicht nur Fotokopien eines einzelnen Beitrags. (Red.)



(Alternativ können auch Einzelkontakte von Carrier-IC-Fassungen oder Lötstifte/Lötösen verwendet werden.)

500 Nieten Typ D, Innens. 0.8 mm, Außenø 1.0 mm, Länge 6 mm 22 DM  
(500 Einzel-Präzisions-IC-Sockel-Kontakte 32 DM)  
(500 Lötstifte 1 mm + 500 Lötösen 1 mm 39 DM)

Sets, mit HP-Löt punktrasterplatten RM 2.54  
Set 1: 5x (50x100mm) + 500 Nieten 26 DM Set 2: 2 x Set 1 41 DM  
Set 3: 5x (160x100mm) + 1500 Nieten 47 DM Set 4: 2 x Set 3 87 DM

OSSIP GROTH ELEKTRONIK möllers park 3 w-2000 wedel 04103 / 87485

All Preise incl. MwSt, Porto+Versand, Ausland + 7 DM

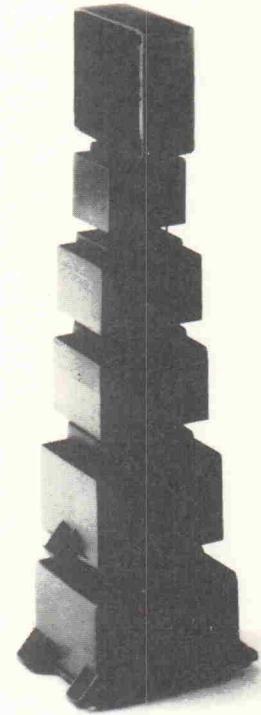
## HELmut GERTH - TRANSFORMATORENBAU -

SCHWEDENSTR. 9 · RUF (0 30) 4 92 30 07 · 1000 BERLIN 65

### vergossene Elektronik- Netz- Transformatoren

- in gängigen Bauformen und Spannungen
- zum Einbau in gedruckte Schaltungen
- mit Zweikammer-Wicklungen
- Prüfspannung 6000 Volt
- nach VDE 0551

Lieferung nur an  
Fachhandel und  
Industrie



### »ELFAK® PC« mit MLS



- Angebotskalkulation
- Abrechnung/Nachkalk.
- Baustellenüberwachung
- Materialverwaltung
- Adressverwaltung
- Textverarbeitung
- DATANORM-Preispflege
- ZVEH-Leistungspositionen

- Barcode-Ausdrucke
- Ladekasse-System
- Auftragsannahme
- CAD-Software
- Finanzbuchhaltung
- Zahlungsverkehr
- BEUTH-Standardbuch

Das EDV-Programm

»Vom Elektromeister für den Elektromeister«  
Elektro-Rosenberger GmbH · Lindenstraße 4 · 8752 Schöllkrippen  
Telefon (0 60 24) 29 02 oder (0 61) 3 60 78 96 · Telefax (0 60 24) 25 11

Vertreiberpartner:  
W-1000 Berlin 47, Zachler Datentechnik, Telefon (0 30) 6 25 79, Fax 6 20 83 25  
W-2300 Kiel 1, Elektro Sparre, Telefon (0 43 1) 68 65 81, Fax 68 88 46  
W-5800 Hagen, SDS-Software, Telefon (0 23 31) 7 33 39, Fax 7 74 57  
W-6992 Weikersheim, Aldinger Reinhold, Telefon (0 79 34) 84 16, Fax 81 94  
W-7033 Herrenberg, Schmidt Michael, Telefon (0 70 32) 7 14 40, Fax 7 47 20  
W-8901 Aindling-Hausen, Balleis Hard- + Software, Telefon (0 82 37) 4 90, Fax 72 16  
O-3011 Magdeburg, Ing. H. Schreiber, Telefon (00 37 91) 4 85 53  
O-4900 Zeitz, Pfau Erhard, Telefon 00 37 4 50 52 88  
O-7062 Leipzig, Klingenberg Ralf, Gärtnerringstraße 95  
O-7705 Lauta, Hühlein Dieter, Arndtstraße 30

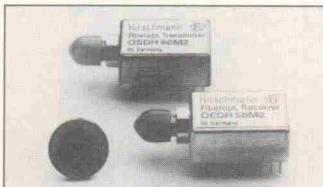
Wir stellen aus: ELTEC Nürnberg, Halle G, Stand 4141

## Über kurz oder lang

Neu im Programm der Firma Hirschmann sind zwei Lichtwellenleiter-Sende/Empfangsmodul. Ein System zum Betrieb von 52,5-µm-LWLs kann bei einer Übertragungsrate bis zu 50 MBit/s Entferungen bis zu 2 km überbrücken. Um die Ausgangsleistung des OSDH 50 M 2 optimal an die Übertragungsstrecke anzupassen, kann dieser Sender mit zwei verschiedenen Leistungsstufen betrieben werden. Da die Stromaufnahme unabhängig vom gesendeten logischen Pegel immer konstant ist, entstehen kaum Störungen auf der 5-V-Versorgung. Sende- und Empfangsmodul (OEHD 50 M 2) sind in einem schwallfähigen, 8poligen Metallgehäuse untergebracht.

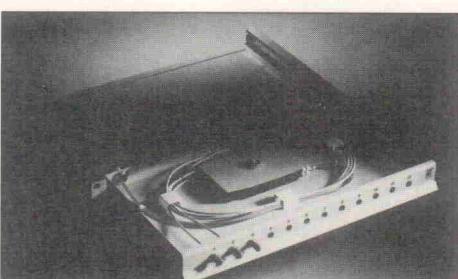
Für kleinere Datenraten (200 kBit/s...10 MBit/s) dagegen eignen sich die Transmitter der OXD-Serie: bei der Verwendung von Kunststoff-LWLs liegen ihre Reichweiten bei 45 m.

Richard Hirschmann GmbH & Co  
Richard-Hirschmann-Str. 19  
7300 Esslingen  
Tel.: 07 11/31 01/1  
Fax: 07 11/3 10 13 38



## 1-HE-Spleißbox

Für den Einsatz in 19-Zoll-Verteilerschränken bietet Rittal jetzt eine neue LWL-Spleißbox mit einer Höheneinheit (44 mm) an. Rückseitig bietet die Box zwei PG-Verschraubungen zum Ein- beziehungsweise Weiterführen von



Rittal-Werk  
PM Daten-  
kommunikation  
Postfach 16 62  
6348 Herborn

## LWL selbst konfektioniert

Die Münchener Spinner GmbH stellt einen Montagekoffer vor, der alle zur Konfektionierung oder Reparatur von Lichtwellenleitern benötigten Teile enthält. Dazu gehören Werkzeuge und Meßmittel, eine Schleif- und Poliervorrichtung, ein Heizergerät zur Klebeaushärtung sowie ein Handmikroskop und Verbrauchsmaterialien.

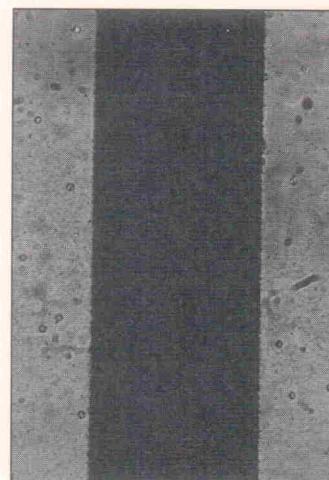
Mit der Standardausführung ist man für Verbinder nach DIN 47 256 (LSA) und F-SMA gerüstet, optional sind jedoch auch Aufrüstsätze für alle gängigen LWL-Stecksysteme erhältlich.

Spinner GmbH  
Erziehbereistr. 33  
8000 München  
Tel.: 0 89/1 26 01-0  
Fax: 0 89/1 26 01-2 10

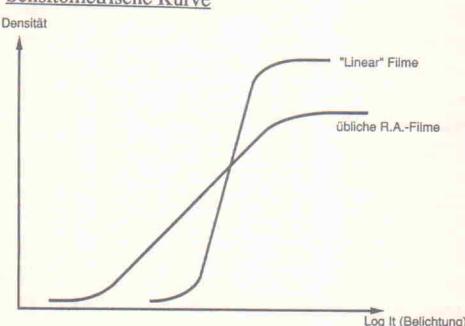


## Neues Filmmaterial

Speziell für die Erstellung von kontrastreichen Layouts geeignet sind die neuen Filme HDL-U (für Belichtung mit HeNe-Laser oder roter LED) und SFP 3 p (Ar-Laser) von Agfa. Das neue Material prädestiniert sich laut Agfa-Gevaert dank einiger spezieller Eigenschaften ganz besonders für die Erstellung von Layout-Filmen in der Elektronik-Industrie: Einerseits verfügt es über eine besonders steil verlaufende Densitätskurve, das heißt, es bildet nur in einem sehr schmalen 'Beleuchtungsstärken-Fenster' Grautöne aus. Ein weiterer Vorteil ist die hohe erreichbare Densität (Schwärzung) des Sensitometrische Kurve Films. Eine zusätzliche antistatische Beschichtung der Filme sorgt ferner dafür, daß keine Stauteilchen angezogen werden. Das Foto zeigt die Vergrößerung einer 100-µm-Leiterbahn.



Agfa-Gevaert AG  
5090 Leverkusen 1  
Tel.: 02 14/30-44 11  
Fax.: 02 14/30-46 13



## Faseroptisches Token-Ring-System

Die Vorteile der Datenübertragung über LWLs lassen sich auch für IBM-Token-Ring-Syste me nutzen. Besonders die Störsicherheit der Netze kann so entscheidend verbessert werden. Mit den Geräten der Suminet 3400-Serie der Firma Sumitomo können Entfernungen von 2 km (optional sogar 10 km) zwischen zwei Ringleitungsverteilern auf dem Ring überbrückt werden. Die Datenrate ist dabei

zwischen 4 MBit/s und 16 MBit/s umschaltbar. Die Geräte bieten dank automatischer *loopback*- und *bypass*-Funktionen eine hohe Zuverlässigkeit. Zur 'Familie' gehören neben optischen Ringverteilern auch LWL-Umsetzer und optische Anschlüsse.

ITT Bauelemente Elkose GmbH  
Bahnhofstr. 44  
7141 Möglingen  
Tel.: 0 71 41/4 87-2 80  
Fax: 0 71 41/4 87-2 82



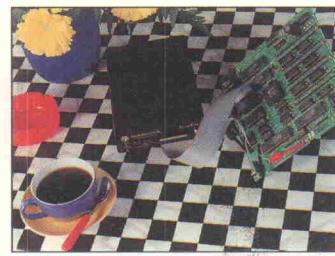
### Simulieren ist nicht alles ...

... was der ROM/EPROM-Emulator namens Rom-Em der Firma Wilke Technology leistet. Wie bei Emulatoren üblich verfügt auch dieses Produkt über einen Target-Adapter, der – stellvertretend für das 'richtige' ROM – in den Sockel des Zielsystems gesteckt wird. Am 'anderen Ende' von Rom-Em befindet sich eine Parallelschnittstelle zur Kopplung mit dem PC, über den der Datensatz in den Emulator gelangt. Nach dem Austesten der Software bleibt diese dank einer Akkupufferung übrigens erhalten und ist somit wie ein echtes ROM transportabel.

Neben diesen ja weitestgehend üblichen Features bietet Rom-Em diverse Möglichkeiten, laufende Programme zu überwachen beziehungsweise in sie

einzugreifen: Triggerpunkte synchronisieren, unterbrechen oder registrieren Ereignisse, und mit Hilfe von Snapshots lassen sich Programmschleifen und Aufenthalts-Wahrscheinlichkeiten sichtbar machen. So können die für 1298 D-Mark (zuzüglich Mehrwertsteuer) erhältlichen Geräte EPROMs bis 512 KBit für Testzwecke ersetzen. Durch Kaskadierung lassen sich auch Anwendungen in 16- oder 32-Bit-Systemen abdecken.

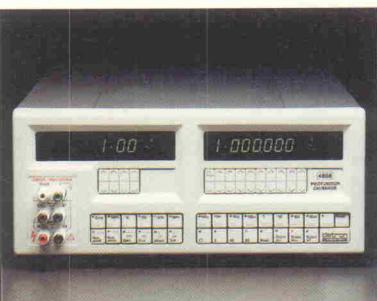
Wilke Technologie  
Krefelder Straße 147  
5100 Aachen  
Tel.: 02 41/15 40 71  
Fax: 02 41/15 84 75



### Kalibrator für 8 1/2stellige

Mit dem Multimeter-Kalibrator 4808 stellt Wavetek-Datron das Flaggschiff seiner 48er-Kalibratoren-Flotte vor. Das Gerät deckt für Kalibrierungen die Bereiche DC V, AC V, DC I, AC I und Widerstand ab und eignet sich mit seiner Langzeitstabilität von 3 ppm/Jahr ideal für den Abgleich von 8 1/2stelligen DMMs. Besondere Ausstattungsmerkmale des 4808 sind der integrierte 1000-V-Leistungsverstärker sowie die modulare Konstruktion, die es dem Anwender erlaubt, sein Gerät entsprechend den anfallenden Aufgaben zusammenzustellen. Im einzelnen sind folgende Signale verfügbar:

- Gleichspannungen von 10 nV ... 1100 V,
- Wechselspannungen von 90 µV ... 1100 V (10 Hz ... 1 MHz),
- Gleichströme von 100 pA ... 2 A und
- Wechselströme von 9 µA ... 2 A.
- Ein Widerstandsbereich mit



einer Spanne von 0 Ω ... 100 MΩ.

4101B Protocol ist die automatische Kalibrier-Software auf PC-Basis zur 4800-Serie. Sie deckt mit den Funktionen

- Kalibration und Resultatspeicherung,
- Ergebnis-Ausdruck,
- Formularerstellung für das Zertifikat,
- Kreieren von Kalibrierprozessen sowie
- System- und Inventar-Management

alle Anforderungen automatisierter Kalibrierung ab. Im Lieferumfang enthalten ist eine Bibliothek mit den Kalibrierprozeduren von etwa 200 Geräten.

Wavetek Electronics  
Freisinger Str. 34  
8045 Ismaning  
Tel.: 0 89/9 60 94 90

### Update für HiLo-Universalprogrammierer

Unter dem Motto 'von Alt nach Neu' steht eine Umtauschaktion der Elektronikladen Microcomputer GmbH. All seinen All-01- und All-02-Kunden gibt der Elektronikladen die Möglichkeit, die älteren Programmiergeräte zurückzugeben und dafür einen All-03 zu erhalten. Egal wie alt der HiLo-Universalprogrammierer schon ist, der Elektronikladen tauscht ihn um, wenn folgende Spielregeln eingehalten werden:



– Der Upgrade-Preis für ein All-03, also der Preis, den Sie zuzahlen müssen, wenn sie ein altes Gerät zurückgeben, beträgt 741,00 DM (650,00 plus Mehrwertsteuer).

– Die Aktion ist bis zum 1. 7. 91 begrenzt.

Der Upgradepreis für den All-03 schließt natürlich eine sechsmonatige Garantie und einen ebenso langen Software-Update-Service für das neue Programmiergerät ein.

Elektronikladen Microcomputer  
GmbH & Co KG  
Mellies Str. 88  
4930 Detmold  
Tel.: 0 52 32/81 71

### Luftverschmutzung ...

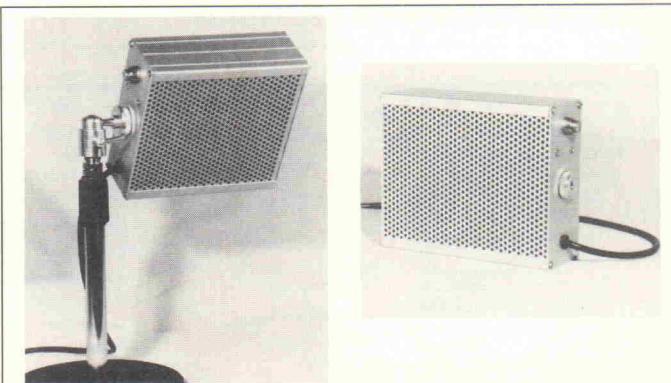
... ist bei einigen, gerade in der Elektrotechnik/Elektronik nötigen Arbeiten unvermeidbar. Dazu zählt neben dem Löten natürlich auch das Kleben, da bei diesen Arbeitsgängen bekanntlich Schadstoffe freigesetzt werden. Hierzu gehören Rauche, Gase und Areosole wie beispielsweise die als krebserregend eingestuften Stoffe Formaldehyd und Hydrazin ebenso wie Lösungsmittel von Klebstoffen. Abhilfe schaffen können hier die Lötdampfabsorber der Firma Distelkamp-Electronic. Diese nur 150 × 140 × 55 mm kleinen Geräte sind mit Aktivkohlefiltern ausgestattet,

was unter anderem die Wartung vereinfacht und die dabei entstehenden Kosten gering hält. Gegenüber festzuverrohrenden Absauganlagen bieten die Absorber noch weitere Vorteile wie:

- die Arbeitsplatzgestaltung bleibt flexibel;
- geringer Energieverbrauch von nur 18 W.

Der Luftdurchsatz beträgt laut Hersteller 170 m<sup>3</sup>, das entstehende Arbeitsgeräusch liegt bei 40 dB.

Distelkamp Electronic  
Morlauter Straße 101  
6750 Kaiserslautern  
Tel.: 06 31/7 83 19  
Fax: 06 31/7 83 99

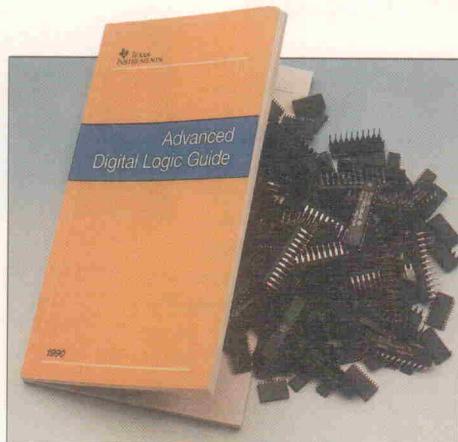


## Firmenschriften und Kataloge

### Logik-Führer

Texas Instruments hat ein Taschenbuch herausgegeben, das einen Kurzüberblick über den Bereich digitaler Logikfunktionen gibt. In diesem Bauteilegebiet sind in den letzten Jahren viele neue Technologien und Funktionen hinzugekommen. Das klassische Logik-Familienkonzept wird hierbei oft durchbrochen, moderne Ausführungen sind eher bestimmten Applikationsbereichen zuzuordnen denn bestimmten Prozeßtechnologien.

Das Buch enthält deshalb Übersichten, die nach Bausteinnummern beziehungsweise nach Funktionsgruppen geordnet



sind. Weiterhin lassen sich der Broschüre Informationen über Symbolik und mechanische Daten entnehmen.

Der 'Advanced Digital Logic Guide' ist kostenlos bei allen TI-Vertriebsbüros erhältlich.

Texas Instruments Deutschland GmbH  
Haggertystr. 1  
W-8050 Freising  
Tel.: 0 81 61/8 00

### Präzisionsmeßtechnik

Im Gesamtkatalog '91 stellt die Firma Burster auf 425 Seiten ihr Programm an Sensoren und Geräten zur präzisen Messung und Kalibrierung elektrischer, mechanischer und thermischer Größen dar. Neben den technischen Werten enthalten die Datenblätter Anwenderhinweise, Preise und Lieferzeiten. Der Katalog wird kostenlos an Interessenten abgegeben.

Burster  
Präzisionsmeßtechnik GmbH & Co KG  
Talstr. 1-7  
W-7562 Gernsbach  
Tel.: 0 72 24/64 50



### Kühlkörper

Eine Vielzahl Kühlkörper und Montageerleichterungen für Halbleiter findet man im neuen 124seitigen Katalog des Herstellers Thermalloy.

Neu im Programm sind Kühlkörper für DC/DC-Wandler und lötbare verzinnte Kupferkühlkörper für TO-218- und TO-220-Gehäuse sowie insgesamt 175 Profilkühlkörper. Lötbare Montagefahnen und nachträglich zu montierende Clip-Befestigungen sind Beispiele aus dem Neuheitenbereich Montagehilfen.

Den Katalog und die Produkte gibt es bei:

Omni Ray GmbH  
Ritzbruch 41  
W-4054 Nettetal 1  
Tel.: 0 21 53/7 37 10

### Handbuch für kreative Techniker

Unter diesem Titel stellt Ehmki, Schmid & Co dem Konstrukteur von Geräten, Pulten und 19"-Schränken ihre Produktpalette vor.

Ein Hauptthema im Katalog bilden Primärnormale für den Druckbereich bis 1000 bar und mit einer Genauigkeit von 0,03 % vom Meßwert. Die Broschüre gibt es kostenlos bei:

umfassenden Einblick in den neuesten Stand der modernen Druckmeßtechnik liefert.

Neben einer umfangreichen Palette von modernen Sensoren, Instrumenten und Systemen zur Erfassung der physikalischen Größe Druck werden in diesem Kurzkatalog neue computergestützte Meßsysteme vorgestellt.

Ticon-Industriemesstechnik GmbH  
Postfach 40  
W-8751 Leidersbach  
Tel.: 0 60 28/55 47

Ehmki, Schmid & Co. GmbH

Postfach 11 45

W-8044 Unterschleißheim

### Datenübertragungs-Komponenten

Auf 76 Seiten informiert die neue DK-Broschüre von Rittal den Datentechnik-Anwender und Netzwerkbetreiber über Produkte und Zubehör.

Um ein umfassendes Bild zu vermitteln, wurden sämtliche Zubehörteile aus dem Rittal-Programm aufgenommen, die für DK-Anwendungen in Frage kommen. Dazu gehören zum Beispiel Schranksockel, Kabel einführungen und Schwenkrämen sowie Klimakomponenten und Verschlußsysteme.

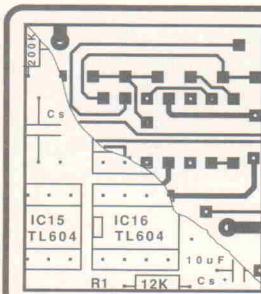
Rittal-Werk  
PM Datenkommunikation  
Postfach 16 62  
W-6348 Herborn

### Druckmeßtechnik

Die Themengliederung der neuen Broschüre aus dem Hause Ticon ist derart gestaltet, daß sie jedem Interessenten einen



... die Adresse für Druckmeßtechnik !



### GEDDY-CAD 5.0

Das CAD-Programm für Ihren PC  
► leistungsfähig  
► vielseitig  
► schnell

- Auto-Pan
- Hotkey-Zoom
- 32 Layer
- DIN-Bemaßung
- Objektfang
- DXF-Schnittstelle
- gute Druckerausgabe
- Stücklistenerzeugung
- Gerber-Plots
- Bohrdaten
- PostScript-Interface

#### Preise :

GEDDY-CAD 5.0	DM 587.10
für Studenten:	DM 364.80
GEDDY-PostScript	DM 178.-
Update auf Version 5.0	DM 225.72

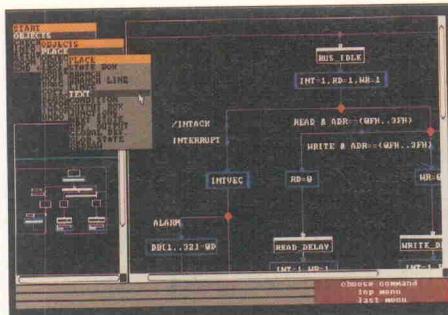
Ing. Büro Wolfgang Maier  
Lochhausenenerstr. 21 - 8000 München 60  
Telefon : 0 89 - 8110703

Softwarebüro Bauriedl  
Überseeplatz 3 - 8000 München 82  
Telefon : 0 89 - 437501



## Neues EDA-Tool

Das Feld der 'Elektronik Design Automation' (EDA) ist gegenwärtig Tummelplatz vieler Aktivitäten. Das CAE-Haus Isdata aus Karlsruhe hat mit State/view ein neuartiges Tool auf den Markt gebracht. Mit dem modernen grafischen Editor definiert sich der Designer sequentielle Schaltungen, kurz 'State Machines', unterstützt von der Maus und einer flexiblen Texteingabe am Bildschirm. Heraus kommt zunächst kein Netzwerk von Flipflops und Gattern, sondern die übersichtliche Dokumentation eines Ablaufdiagramms. Da raus erzeugt State/view automatisch das Eingabefile für diverse Synthesetools. Diese generieren anschließend, unabhängig von der Realisierbarkeit des dargestellten Ablaufdiagramms, ein konkretes Chip.



Gleichzeitig besteht ein Interface zum CAE-System Log/IC oder zur Abel. Eine Ausgabeoption für VHDL-Files befindet sich in Vorbereitung. State/view ist zunächst für DOS-Maschinen verfügbar; an einer Workstation-Version wird gearbeitet. Zu State/view ist eine Demo-Disk erhältlich, die bereits einfache Übungen mit diesem Werkzeug ermöglicht.

Isdata GmbH  
Daimlerstr. 51  
W-7500 Karlsruhe 21  
Tel.: 07 21/7 52 63

## Interaktiver Digital-Simulator

Die Ultimate Technology GmbH aus Echterdingen stellte gerade den interaktiven Digital-Simulator Ultisim vor. Das hochentwickelte Programm läuft auf 386- und 486-Computern. Im 32-Bit-Protected-Mode bietet die Software alle auch auf vergleichbaren Unix-Maschinen erreichbaren Leistungsmerkmale. Ultisim ist ein interaktiver 28 State Digital Logic Simulator sowohl für die funktionelle Simulation als auch für die Timing-Analyse. Es stellt dem PCB-Designer auch Bibliotheken wie TTL, CMOS, ECL und PLD zur Verfügung.

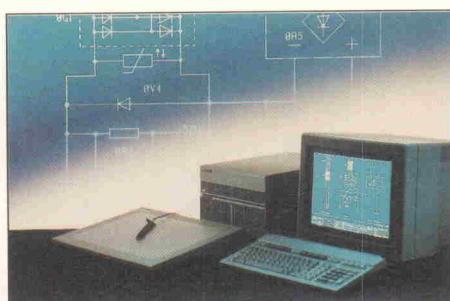
Die Option Viewtrace von Viewlogic System, Inc. of Marlboro, USA, erlaubt die

gleichzeitige Ansicht von analogen und digitalen Signalen. Zusätzlich unterstützt Ultisim Analogsimulatoren, die auf Spice basieren. Ultimate Technology bietet begleitend zum Verkauf der Software ausführliche Trainingsprogramme an, die dem Anwender die Möglichkeiten der digitalen Simulation aufzeigen. Der Schwerpunkt dieses Trainings liegt darin, den Einsatz der Software zu demonstrieren und die Vorteile einer integrierten Simulationstechnologie in den Design-Prozeß wie zum Beispiel die Reduzierung der Entwicklungszeit aufzuzeigen.

Ultimate Technology GmbH  
Stangenstr. 1  
W-7022 Leinfelden-Echterdingen  
Tel.: 07 11/79 19 39

## Universelles CAD-System

Die Firma TCS aus Süßen hat ein neues CAD-System mit Namen Promis entwickelt, dessen einzelne Software-Module auf die Anwendungsbereiche Elektronik, Elektrotechnik, Hydraulik, Pneumatik, Klimatechnik und Maschinenbau abgestimmt sind. Bei vielen CAD-Programmen ist es oft umständlich, nachträglich Änderungen



vorzunehmen, da man diese zunächst im Schaltplan vornehmen muß, bevor sich daraus eine neue Netzliste ableiten läßt. Promis übernimmt alle Änderungen des Schaltplans automatisch für die Dokumentation und Kalkulation.

Neben einer umfangreichen Symbol-Datenbank, in der die Bauteile auch in verschiedenen Normen abgelegt sind, bietet die Software eine automatische Bauteilüberwachung. Aus dem Stromlaufplan generiert das Programm automatisch die Netzliste. Eine Fremdsprachen-Datenbank ermöglicht es, einen Schaltplan in Deutsch zu entwerfen, diesen aber mit englischer Beschriftung auszudrucken. Promis ist sowohl unter MSDOS als auch unter Unix lauffähig. Als Rechner eignen sich Typen mit 386-Prozessor wie auch Unix-Workstations.

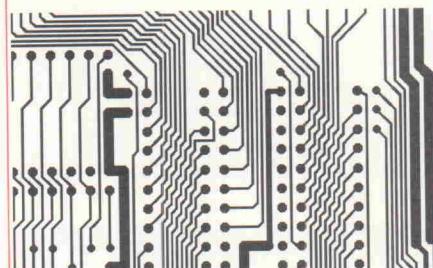
TCS Süßen GmbH  
Tobelstr. 8  
W-7334 Süßen  
Tel.: 0 71 62/70 51

**Was dem Profi  
recht ist, ist dem  
Amateur billig!**



## EAGLE 2.0

Schaltplan ■ Layout ■ Autorouter



Viele tausend Entwickler in der Elektronikindustrie zeichnen ihre Schaltpläne und entflechten ihre Platinen mit EAGLE. Praktisch alle Spartenfirmen in Deutschland gehören zu unseren Kunden. Zahlreiche Zeitschriftenartikel bescheinigen unserem Programm, daß es sehr leistungsfähig, leicht zu bedienen und extrem preiswert ist. - So preiswert, daß es auch den Geldbeutel des Hobbyisten nicht überstrapaziert.

Schon mit dem Layout-Editor alleine können Sie Platinen auf Ihrem AT entflechten, die allen industriellen Anforderungen genügen — angefangen von der einseitig beschichteten Leiterplatte bis zum Multilayer-Board, mit konventionellen oder SMD-Bauelementen. Sämtliche Bauteile-Bibliotheken und Ausgabekörper (für Drucker, Plotter, Fotoplotter) sind in diesem Preis enthalten.

Genügend Gründe, um sich einmal unsere voll funktionsfähige Demo anzusehen, die mit Original-Handbuch geliefert wird. Damit können Sie den Schaltplan-Editor und den Layout-Editor ebenso testen wie unseren Autorouter.

EAGLE-Demo-Paket mit Handbuch	25 DM
EAGLE-Layout-Editor (Grundprogr.)	844 DM
Schaltplan-Modul	1077 DM
Autorouter-Modul	654 DM

Preise inkl. Mehrwertsteuer, ab Werk. Bei Versand zzgl. DM 5,70 (Ausland DM 15,-). Wir liefern



CadSoft Computer GmbH  
Rosenweg 42  
8261 Pleiskirchen  
Tel. 08635/810,  
Fax 08635/920

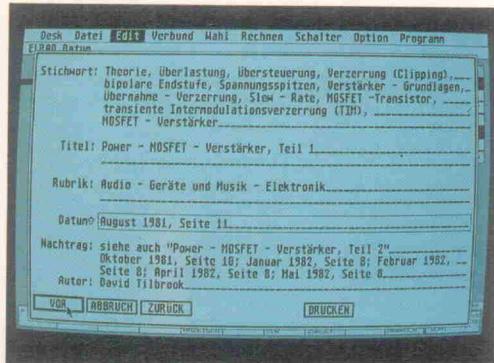
## **ELRAD auf einen Blick**

Mit der *ELRAD*-Datenbank können Sie jetzt Ihr Archiv noch besser nutzen. Per Stichwortregister haben Sie den schnellen Zugriff auf das Know-how von 13 Jahrgängen.

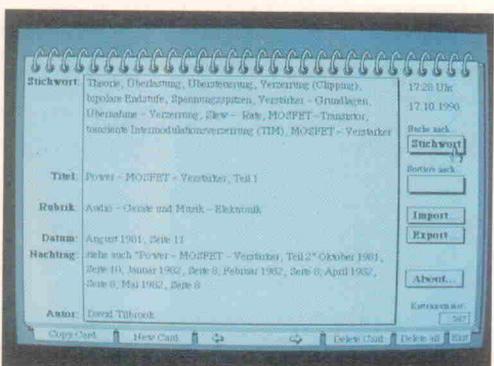
Das Gesamtinhaltsverzeichnis von *ELRAD* 1/78—12/90 und das Update 1990 gibt es für ATARI ST, Apple Macintosh und den PC (in zwei Diskettenformaten).

Satz-Nr.	18		Nur
CURSOR:	<-->	Auf Ab	Löschen
Zeich.:	*	Feld : ↑ ↓	Einfügemodus: ins
Wort :	Home End	Seite: PgUp PgDn	Ende : "End
		HILFE: F1	Abruch: Esc
		Satz : "U	Memo : "Home
STICHWORT1	Theorie, Überlastung, Übersteuerung (Clipping),		
STICHWORT2	bipolare Endstufe, Spannungsspitzen, Verstärker - Grundlagen,		
STICHWORT3	Übernahme - Verzerrung, Slow - Rate, MOSFET - Transistor,		
STICHWORT4	transiente Intermodulationsverzerrung (TIM),		
STICHWORT5	MOSFET - Verstärker		
TITEL1	Power - MOSFET - Verstärker, Teil 1		
TITEL2			
RUBRIK1	Audio - Geräte und Musik - Elektronik		
RUBRIK2			
DATUM	August 1981, Seite 11		
NACHTRAG1	siehe auch "Power - MOSFET - Verstärker, Teil 2"		
NACHTRAG2	Oktober 1981, Seite 18; Januar 1982, Seite 8; Februar 1982,		
NACHTRAG3	Seite 8; April 1982, Seite 8; Mai 1982, Seite 8		
AUTOR	David Tilbrook		

*ELRAD-Karteikarte unter dBase.*



Die gleiche Karte unter Adimens ST



und unter HyperCard

Der Preis für die Diskette des Gesamtinhaltsverzeichnisses beträgt DM 38,00.

Für Abonnenten ist die Diskette zum Vorzugspreis von DM 32,00 erhältlich.

Falls Sie schon Besitzer des Gesamtinhaltsverzeichnisses (bis 12/89) sind, erhalten Sie das Update 1990 für DM 10,00 mit Einreichen der Originaldisketten des Gesamtinhaltsverzeichnisses.

Bestell-Coupon in diesem Heft auf Seite 85!

## Audio

## **Reduktion von Audiodaten auf dem PC**

Digitalisierte Audiosignale benötigen beträchtliche Übertragungsbandbreiten und belegen viel Speicherplatz; kosten daher beim 'Transport' auch entsprechend viel Geld. Es werden deswegen weltweit große Anstrengungen unternommen, diese Kosten durch Entwicklung von Datenreduktionsverfahren zu senken (siehe dazu auch den Grundlagenbeitrag in Elrad 4/91).

Newbridge Microsystems hat nun auf der Basis des Chips CA16C001 von Calmos eine eigene Lösung entwickelt und diese auf den Markt gebracht. Es handelt sich hier um das CDS-001D Digital-Audio-Compression-Development-System. Dieses System ist als PC-Karte für PC/XT-Rechner verfügbar und arbeitet in Echtzeit ohne Komprimierungs- und Expansionsverluste und dient zur Entwicklung und Evaluierung

des zum System gehörenden Prozessors. Die folgenden Merkmale zeichnet das System aus: Echtzeitverarbeitung, Kompression auf der Zeit- oder Frequenzachse, Sample and Hold, Aufzeichnen und Wiedergabe, benötigt nur einen Slot, TMS320C25/40 MHz/DSP, analoge und digitale Audioein- und -ausgänge, Möglichkeit zur Speichererweiterung bis 16 MB, optionales AES/EBU-Interface.

Der CA16C001-Prozessor ist ein Hochleistungchip, der digitale Audiosignale mit Abtastraten bis zu 50 kHz komprimiert und expandiert. Auf der Zeitachse sind Kompressionsverhältnisse von 2 : 1 bis 4 : 1 wählbar, während auf der Frequenzachse 15 Werte bis 30 : 1 einstellbar sind.

Außer den schon genannten Eigenschaften kann man mit der Karte natürlich auch schon digital kodierte Quellen verarbeiten. Sämtliche Parameter sind durch ein menügesteuertes Software-Interface vom Anwender einstellbar.

Ecn-Dacom-Vertriebs GmbH  
Max-von Eyth-Str. 3  
W-8045 Ismaning  
Tel.: 0 89/96 09 08 0

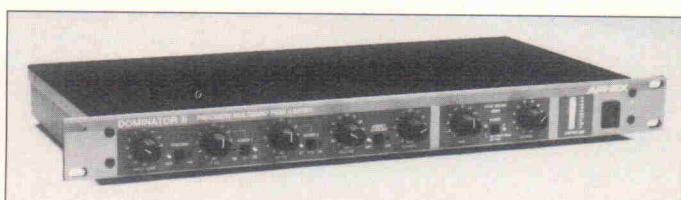
## Aphex Dominator 2

Seit langerem schon wird der Limiter 'Aphex Dominator' (Modell 700) in vielen Bereichen der Audiotechnik zur Vermeidung von Übersteuerungen eingesetzt. Aphex hat dieses Modell nun überarbeitet, wobei eine Reihe konstruktiver Anregungen professioneller Anwender in die verbesserte Version eingeflossen ist. So wurde beispielsweise die Dynamik um 24 dB auf 104 dB erweitert, der Klirrfaktor auf unter 0,005 % gedrückt, eine neue Demodulationsschaltung zur besseren Begrenzung asymmetrischer Signale eingesetzt, die Einstellung vereinfacht, Rastpotis, Durchschaltrelais und Fernbedienung eingebaut sowie die Ein- und Ausgangsstufen verbessert.

Neben der reinen Spitzenwertbegrenzung kann der Dominator auch zur Erzielung einer höheren Lautheit eingesetzt werden. Im Vergleich zu üblichen Limitern ermöglicht der Dominator 2 aber eine um 3...6 dB höhere Lautheit bei besserer Tonqualität. Die Anwendung reicht vom Rundfunk (AM, FM, TV) über Studio-Sampling, -Mischung, -Mastering, die Beschallungstechnik, Satellitenverbindungen und Außenaufnahmen bis hin zu Bandkopieranstalten.

Das Modell 720 wurde für lineare Anwendungen ausgelegt, beim Typ 723 ist der Frequenzgang mit einer Preemphasis von 50 oder 70 Mikrosekunden entzerrt.

AKG Acoustics  
Postfach 60 01 52  
W-8000 München 60  
Tel.: 0 89/8 71 60



eMedia GmbH

Bissendorfer Straße 8, Postfach 6101 06, 3000 Hannover 61  
Auskünfte nur von 9.00 bis 12.30 Uhr 0511/53 72 95

Die angegebenen Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen

## R-Dats mobil

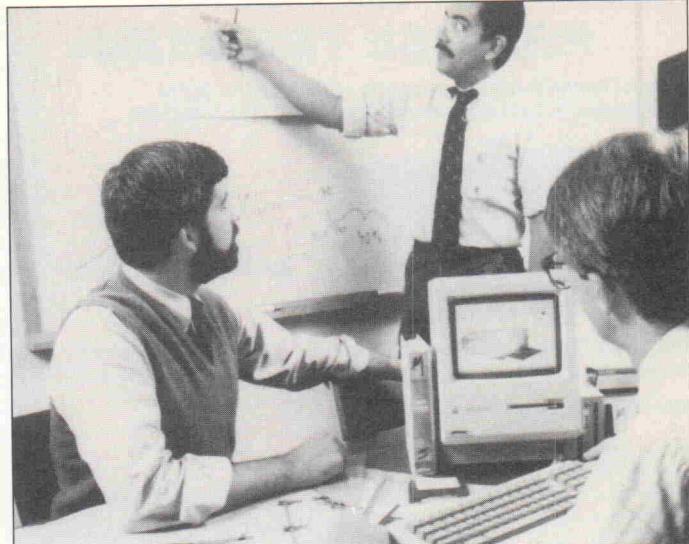
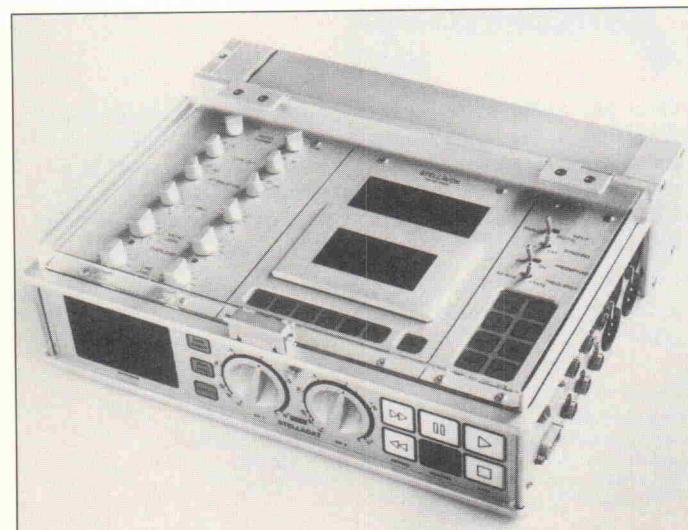
Zwei R-Dat-Recorder für den mobilen Einsatz sind jetzt vom Stellavox-Vertrieb in Fürstenfeldbruck erhältlich. Der eine ist für den semiprofessionellen Anwender zugeschnitten (Casio DA7), der andere ist – wie bei Stellavox üblich – für den Profi-Bereich.

Beim Casio DA7 handelt es sich um den Nachfolger des DA2. Er verfügt gegenüber seinem Vorgänger zusätzlich über einen digitalen Ein- und Ausgang. Über einen Wahlschalter im Gehäusedeckel werden die Eingänge Line/Mic/Digital bedient. Die Aufnahmen sind systembedingt bildsynchrone. Durch das eingebaute sogenannte 'Serial Copy Management System' bleiben Urheberrechte bei der Überspielung unberührt. Im Lieferumfang sind das Netzspeise- und Ladegerät, zwei Überspielkabel, der NC-Akku und eine Tragetasche enthalten. Zum Aufzeichnungsgerät wird von Stellavox ein abgestimmtes Zubehör wie beispielsweise Mikrofon, Kabel, Kopfhörer, Vorverstärker und

Mischpult angeboten. Der Preis des DA7 soll etwas über DM 1300 liegen.

Das Profigerät Stelladat kann von Design und Ausstattung her nicht verhehlen, daß es sich an die Zielgruppe der Nagra-Benutzer wendet. Es verfügt allerdings schon von Haus aus über ein vierkanaliges 'Mischpult', Hinterbandkontrolle und Timecode-Ausrüstung sowie analoge und digitale Schnittstellen zur Synchronisierung des Laufwerks bei Video- und Filmaufnahmen. Der Batteriesatz wurde für 10stündigen Betrieb ausgelegt. Unser Foto zeigt die Stelladat in der Standardausführung mit Blick auf den Gerätedeckel. In der Tragetasche steht das Gerät dann senkrecht, so daß die wichtigsten Bedienungselemente von oben zu erreichen sind. Die Anschlußfelder mit den genormten Steckarmaturen befinden sich auf der seitlichen Schmalseite und der Akkupack wird an die Rückseite 'angeflanscht'.

Stellavox Deutschland  
Schöngeisingerstr. 36a  
W-8080 Fürstenfeldbruck  
Tel. 0 81 41/2 67 69



## Beschallungs-Simulation von Bose

Die akustische Gestaltung von Räumen ist mehr oder weniger Erfahrungssache; man braucht hier als Beispiel nicht einmal so spektakuläre Fehlplanungen wie die Konzerthalle in Sidney anzuführen, die übliche deutsche Mehrzweckturnhalle mit Lautsprecher und Verstärker in einer beliebigen Schule ist schlimmes Vorbild genug.

Um nun die akustischen Qualitäten eines Raumes wenigstens annähernd vorausplanen zu können, hat man bei Bose ein Simulationsprogramm – lauffähig auf Apples Macintosh – entwickeln lassen, in dem man die wichtigsten Variablen eines Beschallungssystems vor Baubeginn überprüfen kann. So

kann die Raumgeometrie aus bis zu hundert Einzelflächen zusammengesetzt werden. Deren Oberflächenbeschaffenheit ist aus einer offenen Datenbank konfigurierbar. In diesen 'Raum' kann dann eine Lautsprecheranlage 'eingebaut' werden – vorzugsweise natürlich von Bose –, aber auch diese Datenbank ist offen zugänglich. Das Programm liefert dann die grafische Darstellung der dreidimensionalen Abstrahlung der Lautsprecher.

Bose verspricht, daß dieses Simulationsprogramm mit dem Namen 'Modeler' als Teil der von Bose 'Sound System Software' genannten Kundenunterstützung weiterentwickelt und gepflegt wird.

Bose GmbH  
Postfach 11 25  
W-6382 Friedrichsdorf/Ts.  
Tel.: 0 61 72/7 10 40

## Superleichte Hör-Sprechgarnitur

Vorwiegend für den professionellen Telephoneinsatz (aber sicher nicht ausschließlich dafür) sind die Hör-Sprechgarnituren vom dänischen Spezialisten GN Netcom gedacht, von denen einige zu den absoluten Leichtgewichten zählen. Sie bringen nur 18 Gramm auf die Waage, das ist weniger, als ein normaler Brief wiegen darf. Es gibt einohrige und zweiohrige Modelle mit Anschlußmöglichkeiten an jedes Telefonsystem. Ein umfangreiches Zubehör an Steckern, Kabeln, Verstärkern und Umschaltern runden das Programm des Herstellers ab,

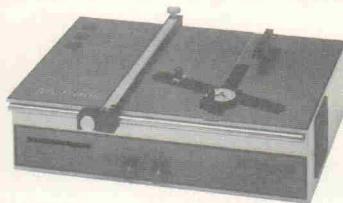
das jetzt von einem eigenen Vertrieb in der Bundesrepublik betreut wird.

GN Nordkom  
Vertrieb von Fernmeldezubehör GmbH  
Traberhofstr. 12  
W-8200 Rosenheim



# »LEITERPLATTEN PRÄZISE TRENNEN«

Diadisc Diamantkreissägen trennen FR2 und FR4 (GFK)  
Leiterplatten in Sekunden durch neuartige Trennscheiben!



ab DM 799,—

Grundgerät, Drehzahl stufenlos einstellbar

Diamanttrennscheibe, Lebensdauer ca. 20.000 Europakarten

DM 799,—

DM 215,—

Bitte Prospekt ED 4000 anfordern!

**Mutronic®**

Trennsägen

St.Urbani-Str. 20 · D-8959 Rieden bei Füssen · Tel. 0 83 62/70 62 · Telefax 0 83 62/70 65

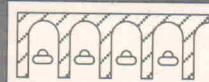


## Schluß damit!

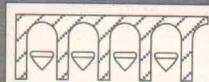
Wenn ältere IC's getestet werden sollen, gibt es oft Probleme mit den Kontakten. Ältere IC's sind meistens an den Kontakten mit einem Schmutzfilm überzogen, den ein normaler Test-Clip nicht durchstoßen kann.

AP PRODUCTS® entwickelte dafür den MESSERSCHNEIDEKONTAKT. Der durchstößt den Schmutz.

Normaler Test-Clip



Messerschneidekontakt



**AP PRODUCTS GmbH**

Bäumlesweg 21  
D-7039 Weil im Schönbuch  
Telefon (0 71 57) 6 24 24  
Telex 7 23 384  
Telefax (0 71 57) 6 33 40

Studio Foto

## Vom Schaltplan zur Platine

- Leiterplattenentflechtung  
(einseitig bis Multilayer, auch SMD)
- Muster- und Serienfertigung
- FotoplotService
- Eildienste

**ANRUF GENÜGT!**

Tel.: 02106/49236

Lipinski-Niendorf-Busch  
Robert-Koch-Str. 43  
4047 Dormagen 1



## Echtzeit'91

Nichts verpflichtet mehr als der Erfolg. Reges Besucherinteresse auf der Echtzeit '90 ermutigte den Veranstalter in diesem Jahr, diese Kongressmesse zu wiederholen, und es scheint so, daß es in Zukunft jährlich den festen Echtzeit-Termin geben wird.

Vom 11. bis 13. Juni ist die Messehalle in Sindelfingen wieder Mekka derjenigen, die sich mit angewandter Echtzeit-Datenverarbeitung in Automation, Meßtechnik und Simulation beschäftigen. Im Rahmen der Ausstellung zeigen 79 Anbieter, was sie in puncto Hard- und Software mit dem Attribut 'schnell' zu bieten haben.

Beim parallel stattfindenden Kongreß wird es unter anderem um Echtzeit-Betriebssysteme, Programmiersprachen, Hardware-Architekturen, den Einsatz von Signalprozessoren und Meß- beziehungsweise Regelungstechnik gehen.

Wie im vergangenen Jahr könnte der Echtzeit-Programmierwettbewerb, bei dem das schnellste Programmiererteam 'ausgehackt' wird, wieder zum Höhepunkt der Veranstaltung werden. Termin des Live-Spektakels: Mittwoch, 12. 6. um 14.00 Uhr in der Messehalle.

Studenten sollten übrigens ihre Immatrikulationsbescheinigung dabei haben: Der Eintritt zur Ausstellung ist dann kostenfrei, und die Kongreß-Gebühren reduzieren sich auf 85 Mark, statt der regulären 695 Mark für drei Tage.



Orts- und zeitgleich wird die Spezialmesse Messtechnik-Süd ihre Pforten öffnen. Hier dreht sich alles um die Meßtechnik in Labor und Produktion sowie um Kommunikations- und Mikrowellen-Meßtechnik. Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Meßtechnik auf dem Gebiet der elektromagnetischen Verträglichkeit.

Der Heise-Verlag wird auf den Messen mit Redakteuren seiner Zeitschriften Elrad und c't auf der Galerie, Stand F3 präsent sein.

### Echtzeit '91:

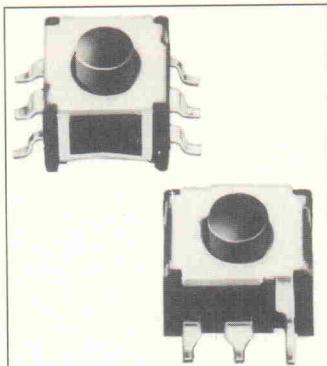
Dipl.-Ing. Ludwig Drebinger  
Agentur für techn. Fachkongresse  
Destouchesstr. 16  
8000 München 40  
Tel.: 0 89/33 30 33

### Messtechnik Süd:

Network GmbH  
Wilhelm-Sühr-Str. 14  
3055 Hagenburg  
Tel.: 0 50 33/70 57

## Oberflächen-Knackfrosch

Speziell für den Aufbau von Tastaturen bietet Knitter den oberflächenmontierbaren Schalter STM 1 an. Wegen der für die Antistatikabschirmung notwendigen Metalloberfläche ist nur ein Löfverfahren einsetzbar, das die Oberfläche nicht berührt (Reflow).



Knitter-Switch  
Postfach 10 02 33  
8011 Baldham/München  
Tel.: 0 81 06/40 41

## SMT, ASIC, Hybrid

sind die Themen der gleichnamigen internationalen Kongressmesse, die vom 11. bis 13. Juni im Messezentrum Nürnberg stattfindet. Mit so genannten Tutorial-Veranstaltungen, in denen Fachleute für acht verschiedene Gebiete (u. a. Testverfahren, Grundlagen der Dickfilmtechnik, EMV-gerechter Leiterplattenentwurf, Grundlagen ASICs)

das Grundlagenwissen vermitteln, wird auch Neueinsteigern die Möglichkeit geboten, sich in dem anschließenden Fachkongress über die aktuellen Entwicklungen in den Technologien der Mikroelektronik zu informieren.

Mesago Messe & Kongreß GmbH  
Rotebühlstr. 83-85  
7000 Stuttgart 1  
Tel.: 07 11/61 94 60

## Mini-Quarze

Für den Frequenzbereich 4 MHz...60 MHz bietet Spezial-Electronic Quarze im SMD-Miniaturgehäuse an. Sie arbeiten bis 26 MHz im Grundwellenbetrieb und von 26 MHz...60 MHz mit der 3. Oberwelle. Als Frequenztoleranz sind  $\pm 30$  ppm

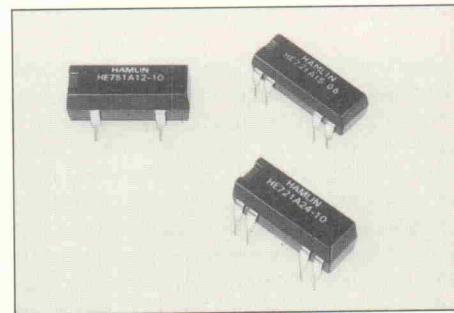


SE Spezial-Electronic  
Kreuzbreite 14  
3062 Bückeburg 1  
Tel.: 0 57 22/20 30

spezifiziert.  
Die Lastkapazität der Grundwellentypen beträgt 10 pF, die der Oberwellentypen 5 pF.

## Reed-Relais

Hamlins 700er Relaisbaureihe ist wahlweise mit oder ohne Schutzdiode und/oder einer elektrostatischen Abschirmung ausgestattet. Bei einer Spulenspannung von 5 V beträgt die Ansprechspannung 3,75 V, der Abfall erfolgt bei 0,5 V. Die entsprechenden Daten für die 12-V-Version betragen 8 V und 1 V, bei der 24-V-Variante 16 V und 2 V. Maximale Schaltleis-



tung ist 50 W bei Schaltspannungen bis 500 V und Strömen bis 4 A.

Bodamer GmbH  
Südliche Münchner Str. 24a  
8022 Grünwald  
Tel.: 0 89/64 16 60

## Das Digital Multimeter DM 27XL:



**Und hier können Sie es kaufen:**

**PK Components GmbH** · Elektronische Bauelemente · Dominicusstraße 3 · 1000 Berlin 62 · Telefon: 0 30/78 79 98 14

**A & B Electronic GmbH** · Ingolstädter Straße 1-3 · 2800 Bremen 1 · Telefon: 04 21/38 94-2 28

**Merkelbach GmbH & Co. KG** · Maxstraße 75 · 4300 Essen 1 · Telefon: 02 01/81 02 60

**Testem GmbH** · Gummersbacher Straße 9A · 5270 Gummersbach · Telefon: 02 21/6 16 53

**Dipl.-Ing. H. Goebel** · Vertrieb Elektronischer Bauelemente · Mannheimer Straße 117 · 6700 Ludwigshafen · Telefon: 06 21/68 12 10

**Radio Draeger** · Sophien-Straße 21 · 7000 Stuttgart 1 · Telefon: 07 11/60 86 56

**Radio RIM GmbH** · Adolf-Kolping-Straße 10 · 8000 München 2 · Telefon: 0 89/55 17 02 18

**Sullus Electronics** · Schweriner Straße 36 · O-8010 Dresden · Telefon: 00 37/51 49 51 09 97

## Besser als die Leistung ist nur noch der Preis!

- 5 Frequenzbereiche, TTL, CMOS und Sinus-Messungen sind schon ein guter Anfang.
- Mit 5 Kapazitätsbereichen geht es weiter.
- Natürlich auch Logic-Probe, Dioden-Testfunktion, LED Test, Transistor  $\beta$  FE Test und Durchgangstest.
- 5 Spannungsbereiche AC/DC und 5 Strombereiche AC/DC decken alles ab
- 7 Widerstandsbereiche von 200 Ohm bis 2000 Mega-Ohm
- Als wenn es nicht genug wäre für so einen günstigen Preis, bieten wir zusätzlich noch eine echte preiswerte und solide Tragetasche, die alles schützt und schön zusammenhält.

**Beckman Industrial™**

Affiliate of Emerson Electric Co.

Frankfurter Ring 115, 8000 München 40  
Tel. 089-3887-237, Telex 5216197, Fax 089-3887-238

# HMI: Positive Bilanz

Über 480 000 Besucher meldet die Hannover Messe AG in ihrem Schlußbericht zur diesjährigen Industriemesse. Eine positive Bilanz zieht auch der ZVEI; der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie weist insbesondere darauf hin, daß bereits knapp 50 % der neuen Mitgliedsunternehmen des ZVEI aus dem Osten Deutschlands direkt oder indirekt als Aussteller präsent waren.

10. - 17. APRIL 1991  
**HANNOVER MESSE 91**

aktuell

Messebesucher, die aus der Elektronikentwicklung kommen, mögen den einen oder anderen Anbieter von typischem Labor-Mebequipment in Hannover vermisst haben. Da zeitgleich die 'Meßtechnik Ost' in Chemnitz stattfand – wo die meisten sehr wohl zu finden waren –, sollten die zuständigen Veranstalter im nächsten Frühjahr einen entzerrten Messekalender

bereitstellen. Denn insbesondere für Entwickler und Anwender aus der Automatisierung ist die HMI ein unverzichtbarer Termin. Dies zeigten in diesem Jahr ganz deutlich die Bereiche 'Sensoren und Auswerte-Elektronik' sowie 'Feldbusssysteme'. Doch auch neue elektronische Bauelemente konnte die aufmerksame Besucher entdecken, wie einige Beispiele zeigen.

## Neuer Präzisionswiderstand

Unter der Bezeichnung Isa-Plan RTO stellte die Isabellenhütte, Dillenburg, einen neuen Widerstandstyp vor. Bei Montage auf Kühlkörper erreicht der RTO eine Nennbelastbarkeit von 30 W. Die Widerstandswerte sind nach der E6-Reihe im Bereich  $0,2 \text{ m}\Omega \dots 100 \Omega$  gestaffelt, die Toleranzklassen sind

mit 1 %, 2 % und 5 % angegeben. Die niederohmigen Anschlüsse erlauben Dauerströme bis 150 A, wobei Pulsströme ein Mehrfaches betragen können. Weitere technische Daten: Temperaturkoeffizient 20 ppm/K und 50 ppm/K; Isolationsfestigkeit 2500 VAC (Prüfspannung 6 kV); Stabilität (bei Nennlast und 70 °C): weniger als 0,5 % Änderung nach 2000 h. Der Widerstand wird in Zwei- und Vierleiterausführung gefertigt. Außerdem sind Doppel- und Dreifachwiderstände (letztere mit einem gemeinsamen Anschluß) realisierbar.

Isabellenhütte  
Heusler GmbH KG  
Postfach 14 53  
W-6340 Dillenburg  
Tel.: 0 27 71/2 30 31  
Fax: 0 27 71/2 30 30

Gehäuseausführung des RTO.

## Intelligenter LCD-Taster

Die Hohe Electronics, Neunkirchen, zeigte mit dem Drucktaster LC-16 ein bemerkenswertes neues Bauelement. Das Sichtfenster des Tasters wird von einer LC-Anzeige mit  $16 \times 32$  Punkten gebildet, die alle einzeln ansprechbar sind, so daß Texte und Grafiken angezeigt werden können. Die zweifarbiges Hintergrundbeleuchtung (LED) ermöglicht beispielsweise Normalbetrieb in Grün mit roter Anzeige bei Alarm.

Bis zu 255 dieser Taster können über einen gemeinsamen seriellen Bus angesprochen werden. Die Refresh-Steuerung erfolgt im Taster, sie beansprucht also keine Rechenzeit der CPU. Die Kantenlängen betragen 24 mm und 23 mm, das Pixelfeld hat die Maße  $11,16 \times 16,04$  mm.

Hohe Electronics  
Postfach 22 52  
W-6680 Neunkirchen  
Tel.: 0 68 21/8 60 60  
Fax: 0 68 21/86 06 66

## Labormöbel mit hohem Design-Anspruch

Mit dem Labor-Arbeitsplatz-System highlab junior aus dem Hause Ernst Fischer kann die mancherorts herrschende Diskrepanz zwischen dem, was sich auf dem Elektronikarbeitsplatz abspielt, nämlich High-Tech-Handling, und dem, wie der Arbeitsplatz aussieht – Reisoplatte, Steckdosenleisten und Geräterümpfe – abgebaut werden.

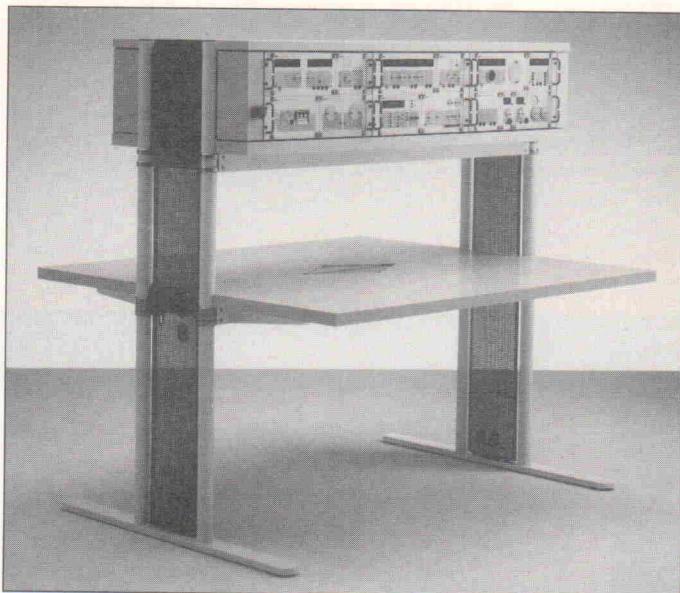
Highlab junior wurde als Baukastensystem konzipiert, das es erlaubt, Teile für mehrere Tischkombinationen zu nutzen. So wird ein spezieller Doppelarbeitsplatz mit der Kennung 'T' wie Team angeboten, bei dem sich die Arbeitsplätze gegenüberliegen. Außerdem kann zwischen zwei Arbeitsplätzen,

durch Einhängen einer weiteren Tischplatte, ein dritter entstehen.

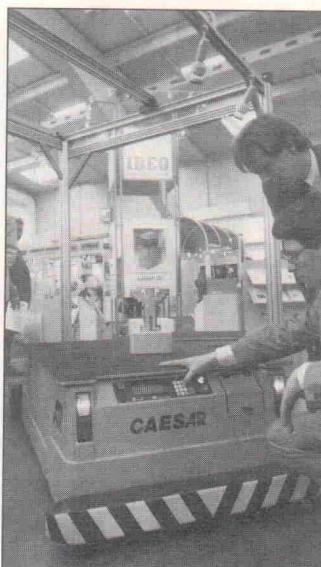
Der 'junior' ist als reine Tischkonstruktion, als Tisch mit Ablage-Board für sperrige Spezialmeßgeräte wie Oszilloskope und mit einem 19"-Cockpit (siehe Foto), für die Aufnahme von Erfi-highlab- oder anderen 19"-Standard-Geräten einsetzbar.

Erste Ästhetik-Erfolge hat highlab junior mit den Auszeichnungen 'if – Industrie Forum Design 91' und 'Die Besten der Branche' in Hannover erzielt.

erfi  
Ernst Fischer GmbH + Co  
Alte Poststr. 8  
W-7290 Freudenstadt  
Tel.: 0 74 41/40 91



'Designer-Arbeitsplatz' von erfi: Highlab junior. Hier die Team-Version mit voll bestücktem Cockpit-Aufsatz.



## Application '91: Caesar

Der in diesem Jahr erstmals innerhalb der HMI-Sonderschau Microtronic ausgelobte Anwendungspreis Application ging an die norddeutsche Firma Autonome Roboter GmbH & Co. KG. Es handelt sich dabei um das Transportsystem Caesar, das seinen Weg mit Standard-CAD-Daten findet.

Erstplaziert: Das Transportsystem Caesar erhielt auf der HMI den Microtronic-Anwendungspreis Applikation '91.

### Vierfach-Videoverstärker/Multiplexer

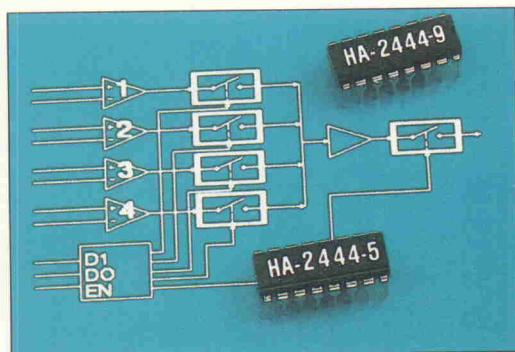
Mit dem HA-2444 hat Harris Semiconductor seine Produktlinie für Videokomponenten erweitert. Der Baustein kann vier Operationsverstärker und einen Breitband-Multiplexer oder einen Koppelpunkt für vier Verbindungen mit zugehöriger digitaler Steuerlogik in Videoverteilern ersetzen.

Mit einem Verstärkungs-Bandbreite-Produkt von 45 MHz und niedrigem differentiellen Phasenfehler von 0,03° sowie kleiner differentieller Verstärkung von 0,03 % bietet der HA-2444 eine integrierte Lösung mit guten Kennwerten für An-

wender, die platzsparende Videosysteme realisieren wollen. Die Verstärkungsabweichung liegt bis 10 MHz unterhalb von 0,12 dB. Mit der Schaltzeit von nur 60 ns und extrem steilen Flanken lässt sich eine genaue Positionierung von Bildpunkten erreichen, die scharfe Bildabgrenzungen für grafische Overlays garantieren.

Der Baustein ist in verschiedenen Spezifikationen und diversen Gehäuseformen nach Auskunft von Harris als Muster und in Produktionsstückzahlen ab Lager lieferbar.

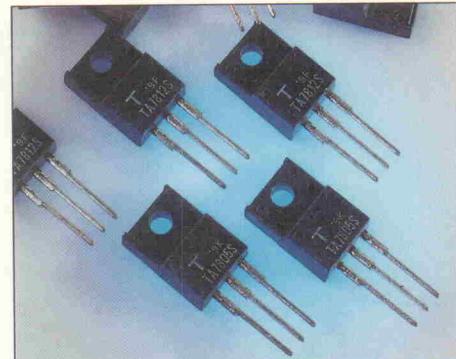
Harris Semiconductor GmbH  
Putzbrunner Str. 69  
W-8000 München 83  
Tel.: 0 89/6 38 13-0



### Voll isoliert

Jeder kennt sie, die dreibeinigen Spannungsregler im TO-220-Gehäuse – aber nicht die im neuen Gewand. Die Firma Rein Elektronik hat diese Regler jetzt in einer vollisolierten Version in ihr Vertriebsprogramm aufgenommen. Neben einem weiten Temperaturbereich von -30...+75 °C zeichnen sich diese Bausteine von Toshiba wie ihre Kollegen mit der Metallkühlfläche durch einen thermischen Überlastschutz und eine Kurzschluß-Strombegrenzung aus.

Der Vorteil, den das vollisolierte Gehäuse bietet, liegt in der leichten Montage ohne Zusatz-



isolierung – vor allem von positiven und negativen Reglern auf einem gemeinsamen Kühlblech. Lieferbar sind die 1-A-Regler in allen Standard-Spannungswerten, insbesondere in den Versionen 5 V, 8 V, 12 V und 24 V.

Rein Elektronik GmbH  
Lötscher Weg 66  
4051 Nettetal 1  
Tel.: 0 21 53/7 33-0

### Systems 91: ein Tag länger

Um auch jenen Interessenten den Messebesuch zu ermöglichen, die werktags verhindert sind, wurde die Systems um einen Tag verlängert; sie dauert somit von Montag, den 21. Oktober bis einschließlich Samstag, den 26. Oktober 1991.

Wir wollen,  
daß sich Ihre  
Meßergebnisse  
sehen lassen  
können.



Zur Grundausstattung einer jeden Radio- und Fernsehwerkstatt oder eines Labors einer Berufs- oder Fachhochschule etc. gehört ein Oszilloskop, auf das man sich verlassen kann.

Kenwood hat da etwas Zuverlässiges zu bieten: Das Oszilloskop CS-4025 für den 20 MHz-Bereich. Es weist in seiner Klasse bereits hohen Qualitätsstandard auf. So ist das 2-Kanal-Gerät natürlich mit allen notwendigen Features ausgestattet, die präzise Messungen möglich machen.

Die unkomplizierte Handhabung wird leicht gemacht durch das durchdachte Design der Frontplatte. Und typisch für Kenwood: Trotz seiner Kompaktheit verbirgt das CS-4025 unter seinem robusten Gehäuse hochkarätige Hybrid IC's, wie sie sonst nur in der Oberklasse zu finden sind.

Möchten Sie detaillierte Informationen haben, dann schicken Sie uns bitte den komplett ausgefüllten Coupon.

**Neue DOS-Familie in Kürze lieferbar.**

#### COUPON



Schicken Sie mir bitte Informationen über  CS-4025

Gesamtprogramm

Name \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Ausfüllen, ausschneiden, auf eine Postkarte kleben und adressieren an:

Kenwood Electronics Deutschland GmbH, Rembrücker Straße 15, D-6056 Heusenstamm

# KENWOOD

# Spezifikationen abgecheckt

## Zehn plus ein Labor-Multimeter im Test

Test



**Siegfried  
Fleischmann  
Peter Nonhoff**

**Digitale Multimeter gehören zur Standardausrüstung beinahe eines jeden Labors. Ob in der Entwicklung, der Fertigung oder im Service – muß man auf die Schnelle hochgenaue Messungen durchführen, kommt nur noch ein Tisch-Multimeter in Frage. Im Kalibrierlabor haben sich die Kandidaten einem umfangreichen Testprogramm unterworfen.**

**D**as Fazit gleich vorweg: Alle getesteten Geräte halten die von den Herstellern garantierten technischen Daten ein. Der Käufer kann also sicher sein, daß sein Gerät innerhalb der angegebenen Genauigkeit arbeitet. Aber es lohnt schon, einen genauen Blick in die technischen Daten zu werfen, denn eine Angabe wie 'Das Multimeter bietet eine Auflösung von 6 1/2 Stellen' sagt noch nichts darüber aus, ob man nicht die letzten beiden Stellen getrost vergessen kann, weil sie außerhalb der Spezifikationen liegen. Vor allem bei Wechselspannungs-/Wechselstrommessungen um 50 Hz zeigen einige Geräte Schwebungserscheinungen in Verbindung mit der Netzfrequenz. Diese äußern sich darin, daß der Anzeigewert langsam um einen Mittelwert hin- und herdriftet.

### Bedienung

Die technischen Daten sind nicht das einzige Kriterium,

wenn man ein Labor-Multimeter anschafft. Oft arbeiten in einem Labor mehrere Personen mit ein und demselben Meßequipment. Die Bedienungsanleitung liegt nicht etwa neben dem Gerät, sondern an einem sicheren Ort. Da ist es von Vorteil, wenn die Handhabung selbsterklärend ist. Das geht natürlich nur dann, wenn die Tastatur mit Erklärungen für sämtliche Funktionen und Unterfunktionen beschriftet ist.

Schon beim Einschalten beginnen oft die Schwierigkeiten: Wo ist der Netzschatzer? Etwas bei der Hälfte der getesteten Tisch-Multimeter befindet sich der Schalter an der Rückseite. Entweder man fingert blind herum oder reißt das Gerät aus dem Regal, um den Einschaltknopf zu finden. Die dritte Möglichkeit – sie ist in vielen Labors üblich: man läßt die Meßgeräte ständig eingeschaltet. Da spart man sich die Warmlaufzeit. Denn fast alle Labor-Multimeter benötigen

eine Einlaufzeit von 1 bis 2 Stunden, bis sie die angegebenen Spezifikationen einhalten.

Wirklich wichtig für eine freundliche Bedienbarkeit ist aber, daß die Grundfunktionen wie Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen direkt – ohne Umwege über ein kompliziertes Menü – anwählbar sind. Bei den 'kleinen' Multimetern ist das selbstverständlich, denn sie bieten meist keine Sonderfunktionen. Die 'Großen' dagegen tun sich da etwas schwerer. Viele Tasten sind mit mehreren Funktionen belegt. So lassen sich beispielsweise für jeden Bereich verschiedene Auflösungen, Skalierungen, Meßintervalle, Mittelungen ... einstellen. Bild 1 verdeutlicht, welche Größen sich grundsätzlich an einem komplexen Signal mit einem digitalen Multimeter bestimmen lassen.

Oft ist leider auch der Informationsgehalt der Displays so sparsam gehalten, daß sich nicht auf einem Blick erkennen

lässt, in welchem Meßmodus sowie Bereich sich das Gerät derzeit befindet und welche Parameter voreingestellt sind. Bei einer solchen Funktionsvielfalt, wie sie einige Geräte bieten, ist ein komfortables Display kein Luxus (Bild 2).

## Kalibrierung und Service

Jedes Labor-Multimeter wird vom Werk aus nach der Herstellung einer Kalibrierung unterzogen. Das ist die Grundvoraussetzung dafür, daß das Gerät die spezifizierten technischen Daten einhält. Aber wer denkt schon beim Einkauf daran, daß sich die Daten im Laufe eines Jahres – oder auch schneller – verstellen können. Leider fügt nur die Firma Prema jedem ausgelieferten Gerät ein Kalibrierzertifikat bei, einige andere Hersteller versehen ihre Geräte mit einem Aufkleber, auf dem das Jahr der Kalibrierung steht.

Kommt es bei Messungen auf die Absolutgenauigkeit an, so sollte man ein Meßgerät mindestens einmal pro Jahr selbst kalibrieren oder kalibrieren lassen. Diese Aufgabe übernehmen in der Regel die Hersteller beziehungsweise spezialisierte Dienstleistungsfirmen. Will man diesen Vorgang im eigenen Haus vornehmen, so benötigt man neben einem Kalibrator eine genaue Kalibriervorschrift. Einige Hersteller legen ihren Produkten diese umfangreichen Serviceunterlagen bei, bei andern müssen diese extra angefordert und bezahlt werden.

Wie man sich vorstellen kann, lassen sich kaum zwei Geräte auf die gleiche Weise einstellen. Grundsätzlich gibt es zwei

Variationen bei der Kalibrierung. Die eine ist der manuelle Abgleich. Hierzu muß man in der Regel zunächst das Gehäuse entfernen, um an die einzelnen Trimmer zu kommen. Beim Iwatsu sind sämtliche Einsteller von außen durch entsprechende Bohrungen im Gehäuse zugänglich. Die andere Methode bedient sich entweder der Tastatur oder der bei einigen Geräten eingebauten IEEE-488-Schnittstelle. Alle notwendigen Einstellungen werden per Software vorgenommen und anschließend abgespeichert. Man kann sich vorstellen, daß die Folgekosten für ein Labor-Multimeter je nach Aufwand, der bei der Kalibrierung entsteht, ein beachtliches Ausmaß annehmen können.

## Die Messungen

Bei der Kalibrierung bestimmt man zunächst den technischen Istzustand des Objektes, um es anschließend in den Sollzustand zu überführen. In ähnlicher Weise haben wir die Vergleichsmessungen vorgenommen, indem mit Hilfe eines Kalibrators der Istzustand der folgenden Grundfunktionen überprüft wurde:

- Gleichspannung
- Wechselspannung bei 50 Hz ... 10 kHz
- Gleichstrom
- Wechselstrom bei 50 Hz
- Widerstand

Als Prüfgerät stellte die Firma Philips den Digital-Multimeter-Kalibrator Fluke 5700A zur Verfügung (Bild 3). Die relevanten technischen Daten des 5700A sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Grundsätzlich wurde für die oben aufgeführten Funktionen in den jeweils von den Herstellern spezifizierten Bereichen ein Meßwert aufgenommen, der am oberen Ende der Bereichsskala liegt. Aus diesen Werten sind die in den Geräteübersichten angegebenen Abweichungen berechnet. Beispiel: Ist ein Gleichspannungsbereich bis 200 mV angegeben, so lieferte der Kalibrator als Testspannung 190 mV. Zeigt die Anzeige des Testkandidaten den Wert 189,999 mV an, so ergibt sich die Abweichung zu -0,0002632 %.

Im Gleichspannungsbereich wurde darüber hinaus die Symmetrie bestimmt. Dazu wurden

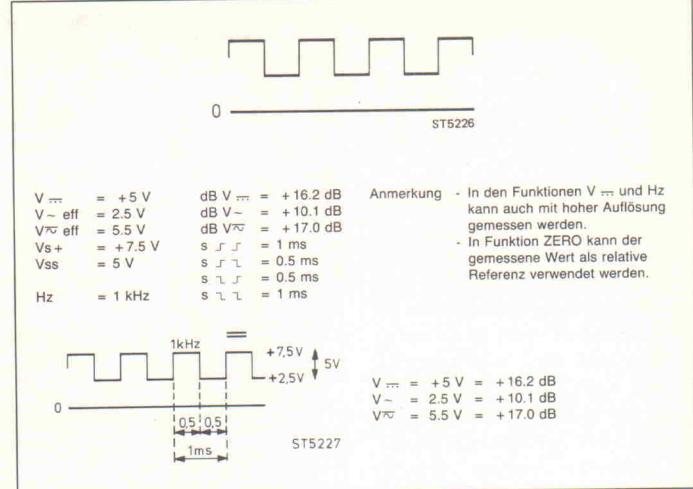


Bild 1. Der Auszug aus dem Philips-Handbuch zeigt sehr gut, was sich an einem offsetbehafteten Rechtecksignal alles messen läßt, ohne die Meßschnüre zu wechseln.

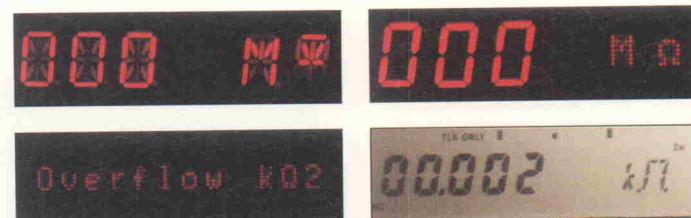


Bild 2. So unterschiedlich sind die Displays. Auch auf größere Entfernung noch gut lesbar ist eine LED-Punkt-Matrix-Anzeige wie beim Prema 5001.

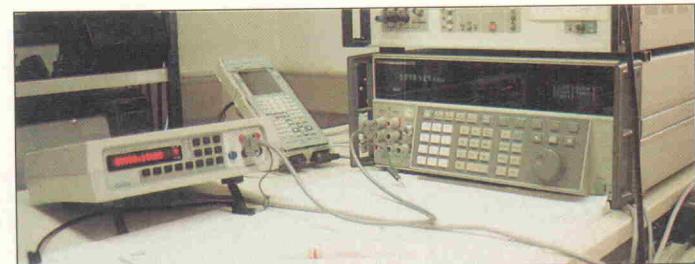


Bild 3. Alle Messungen wurden PC-unterstützt mit dem Fluke-Kalibrator 5700-A durchgeführt.

im untersten Bereich nacheinander +100 mV, 0 mV und -100 mV auf die Eingänge des Testgeräts gelegt.

Zur Überprüfung des Verhaltens bei Wechselspannung sind pro Bereich fünf Messungen mit verschiedenen Eckfrequenzen durchgeführt worden (50 Hz, 100 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 10 kHz). Aus Platzgründen sind in der Tabelle nur die Abweichungen bei 50 Hz aufgeführt. Dies ist der Bereich, mit dem die Multimeter im allgemeinen aus dem schon oben genannten Grund die meisten Schwierigkeiten haben.

Ein weiteres Kriterium für die Qualität eines digitalen Multimeters ist die Linearität inner-

halb eines Meßbereiches. So- wohl für Gleich- wie auch für Wechselspannung sind im unteren Voltbereich pro Gerät acht äquidistante Werte aufgenommen worden. Die berechneten Abweichungen sind in den Plots als Funktion der Eingangsspannung abgebildet. Die linke y-Skala (Meßpunkte als Kreis) gilt jeweils für die Gleichspannungsabweichung, die rechte (Meßpunkte als Quadrat) für die bei Wechselspannung.

Für die Messungen im Widerstands bereich stellt der Kalibrator verschiedene Festwiderstände (siehe Tabelle 1) bereit, deren Größe mit dem Anzeigewert der Multimeter vergli-

## Der Autor



**Elektronik-Service GmbH.** Die 1984 gegründete GmbH befaßt sich mit der Instandsetzung, Wartung und Kalibrierung von elektronischen Meß- und Prüfgeräten sämtlicher Fabrikate.

**Dipl.-Ing. Siegfried Fleischmann (46)** ist Geschäftsführer der Gesellschaft der Firma esz

chen wurde. Jedes Multimeter wurde also beispielsweise im  $k\Omega$ -Bereich mit ein und demselben Widerstand ( $1,9 k\Omega$ ) ausgemessen, egal, ob der Bereichsendwert bei  $2 k\Omega$ ,  $3 k\Omega$  oder  $4 k\Omega$  lag.

Bei den technischen Daten laut Hersteller in den Tabellen 2 und 3 sind die Spezifikationen für ein Jahr aufgeführt. Soweit das möglich ist, sind alle Werte im gleichen Format dargestellt: Genauigkeit des Meßbereichs in  $\pm\%$  vom angezeigten Wert zuzüglich einer Anzahl von Digits. Bei der Angabe von Digits ist noch zu berücksichtigen, welchen Umfang die Anzeige in dem jeweiligen Meßbereich hat. Denn ein Digit von 19 999 bedeutet einen Fehler von 0,005 %, während ein Digit von 1999 immerhin schon einen Fehler von 0,05 % ausmacht [1]. Es wäre also grundsätzlich zu begrüßen, wenn die Hersteller anstatt der Digits den prozentualen Fehler vom Bereichsendwert angeben würden.

## Keithley 196

Das Modell 196 von Keithley ist ein System-Multimeter mit fünf direkt anwählbaren Funktionen respektive automatischer Bereichswahl. Bei einer Auflösung von 6 1/2 Stellen kann die gut lesbare 14-Segment-LED-Anzeige  $\pm 3\,030\,000$  Meßwerte anzeigen. Das Gerät ermöglicht mit einer Meßrate von 10 000 Meßwerten/s sehr schnelle Messungen. Der integrierte Datenspeicher, der jedoch nur über die eingebaute IEEE-488-Schnittstelle zugänglich ist, kann bis zu 500 Meßwerte aufnehmen. Der Anwender kann sich direkt per Tastendruck eine individuelle Grundlinie einrichten oder einen eventuellen Offset kompensieren.

Wechselspannungen oder -ströme werden vom 196 als Effektivwerte direkt oder in dB skaliert angezeigt. Jedoch ist die Anzeige bei 50 Hz, 100 Hz und 400 Hz in den letzten Stellen ein wenig wackelig. Neben 2-Leiter- sind im Widerstandsbe- reich auch 4-Draht-Messungen möglich. Jedoch muß der Anwender dazu etwas tiefer in die Programmierung des Gerätes einsteigen, um auch offsetfreie Widerstandsmessungen durchführen zu können.

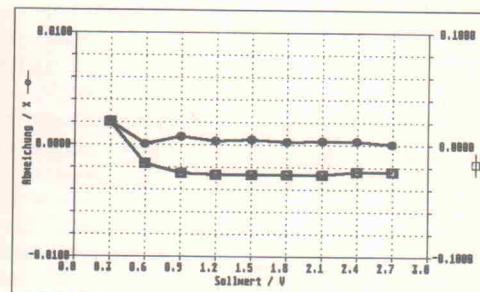
Über die Tastatur sind 17 Programme abrufbar. Dazu gehören unter anderen die Einstel-

lung der Auflösung zwischen 3 1/2...6 1/2 Stellen, die Programmierung einer individuellen Skalierung, Abspeicherung der momentanen Geräteeinstellung, ein Selbsttest und die Kalibrierbetriebsart. Das Gerät läßt sich softwaremäßig sowohl

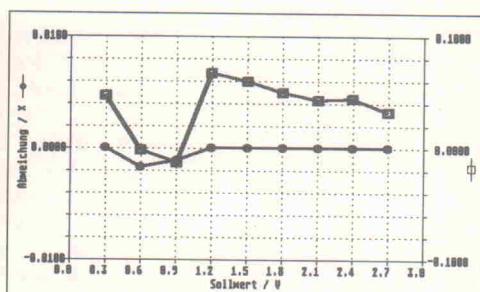
über die Bedienelemente der Frontseite wie auch über die Schnittstelle kalibrieren. Eine Anleitung zur Kalibrierung befindet sich im englischen Teil des Handbuchs. Die Bedienungsanleitung ist ausführlich und gut verständlich gehalten.

## HP 3478A

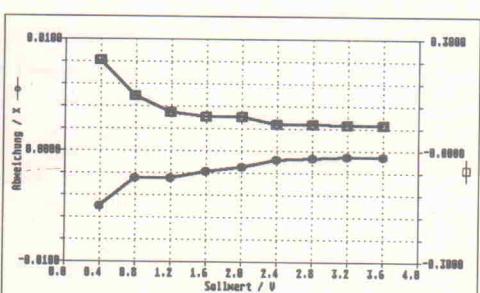
Das Multimeter 3478A von Hewlett-Packard ist ein Meßgerät, bei dem man sich nach dem Einschalten wie zu Hause fühlt. Das alphanumerische 5 1/2stellige LC-Display zeigt



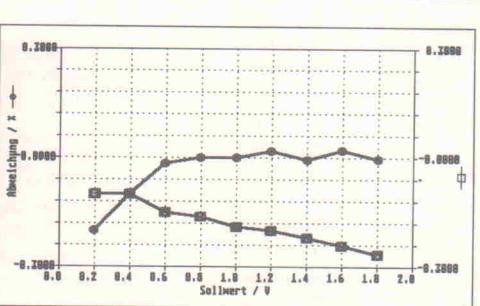
Keithley 196



HP 3478A



Iwatzu VOAC 7513



Philips PM 2525

übersichtlich und umfassend den Betriebszustand an. Dazu gehören Maßeinheit, Art der Messung, ob AC oder DC, ob Widerstand in 2- oder 4-Leiter-Technik ... Alle Tasten der Frontplatte sind so beschriftet, daß dem Anwender die Funktion unmittelbar klar ist. Man muß sich nicht durch ein Menü hangeln oder im Handbuch nachschlagen. Das Gerät beschränkt sich jedoch auf die 'einfachen' Messungen; es bietet keine mathematischen Funktionen.

Statt dessen gibt es einige Möglichkeiten, das Multimeter in automatischen Testsystemen einzusetzen. An der Geräterückseite stehen eine IEEE-488-Schnittstelle (HP-IB-Bus) sowie zwei BNC-Anschlüsse mit den Bezeichnungen 'Voltmeter Complete' und 'External Trigger' zur Verfügung. Voltmeter Complete gibt immer dann ein Signal aus, wenn der A/D-Wandler eine Wandlung beendet hat. Dieses Signal läßt sich in einem System beispielsweise zur Meßstellenumschaltung benutzen. Bei der External-Trigger-Funktion verhält sich das Gerät wie im Single Trigger Mode, nur daß es anstatt eines Tastendrucks ein TTL-Trigger-Signal an der BNC-Buchse erwartet.

Am Kalibrator angeschlossen verhält sich das 3478A entsprechend den Spezifikationen. Unsicher sind jedoch auch hier die letzten Stellen bei den AC-Messungen bis 400 Hz. Auffällig ist auch die extrem lange Einstellzeit im DC-Strombereich, die sich eventuell auf eine Kompensation der Temperaturdrift des Shunt-Widerstands zurückführen läßt. Sehr einfach und sicherlich auch auf die Dauer kostensparend ist die elektronische Kalibrierung des Gerätes, die von der Frontplatte aus oder über die Schnittstelle vorgenommen werden kann.

### Iwatsu VOAC 7513

Ganz anders präsentiert sich das VOAC 7513 von Iwatsu. Dieses Meßgerät zeichnet sich durch eine Funktionenvielfalt aus. So bietet es neben den fünf 'Grundmeßmodi' die Bestimmung gleichspannungsüberlagerter Signale, Frequenzmessungen bis 400 kHz und Temperaturmessungen mittels eines als Option erhältlichen PT-100-Fühlers. Das 7-Segment-LED-Display mit 5 1/2 Stellen zeigt

die Meßwerte gut lesbar mit einer Auflösung von ±409 999 Digits an.

Das DMM kann Meßwerte zu einem vorgegebenen Wert prozentual bewerten oder als Relativwert anzeigen. Als weitere Funktionen sind die Mittelwertbildung über bis zu 100 Meßwerte sowie eine Min/Max-Anzeige zu nennen. Möchte man einen Nullabgleich vornehmen, so sucht man auf der Tastatur vergeblich nach der Bezeichnung Auto-Zero; ein Blick in das Handbuch zeigt aber, daß die REL-Taste diese Funktion auszulösen vermag.

Ein interner Speicher nimmt bis zu 3000 Meßwerte auf, die sich über die als Option erhältliche IEEE-488-Schnittstelle auslesen lassen. Als weitere Optionen sind eine BCD-Output-Unit, eine D/A-Wandler-Unit, eine Batterie-Unit sowie ein Hochspannungsadapter und eine 4-Leiter-Meßleitung erhältlich. Die Zusatzeinheiten lassen sich einfach auf einen Platinestecker an der Rückseite aufstecken; jedoch immer nur eine Einheit.

Zum regulären Lieferumfang gehört ein ausführliches mit vielen Anwendungsbeispielen angereichertes Handbuch, das zwar nur in englischer Sprache verfaßt, aber dennoch leicht verständlich ist. Des Weiteren gibt es neben den normalen Prüfspitzen Kelvin-Meßklemmen und einen Abgleichschraubendreher, der dazu animiert, die von außen zugänglichen Abgleichtrimmer selbst zu justieren.

### Philips PM2525

Das Philips PM2525 ist das Multitalent unter den Testkandidaten; ein Tisch-Multimeter mit 5 1/2 Stellen und sehr umfangreichen Meßmöglichkeiten. So läßt sich beispielsweise  $V_{pp}$  (Spitze-Spitze-Spannung) eines offsetbehafteten Rechtecksignals einschließlich seiner Frequenz und Anstiegsflanken bestimmen. Welche Größen der Anwender mit diesem Gerät an einem komplexen Signal direkt bestimmen kann, zeigt der Auszug aus dem Philips-Handbuch im Vorspann des Artikels.

Bei der Vielfalt an Funktionen ist es nicht verwunderlich, daß die Bedienung des Gerätes eines kleinen Einführungskurses bedarf. Einige Tasten führen nicht nur auf eine zweite, son-

### Meßgenauigkeit des Fluke 5700A (Tabelle 1)

#### Gleichspannung

Bereich	Auflösung	Absolute Genauigkeit 1 Jahr
220 mV	10 nV	9 ppm + 0,8 µV
2,2 V	100 nV	8 ppm + 1,2 µV
11 V	1 µV	8 ppm + 5 µV
22 V	1 µV	8 ppm + 8 µV
220 V	10 µV	9 ppm + 100 µV
1100 V	100 µV	11 ppm + 600 µV

#### Wechselspannung

Bereich	Auflösung	Frequenz	Absolute Genauigkeit 1 Jahr
2,2 mV	1 nV	40...20 kHz	120 ppm + 5 µV
22 mV	10 nV	40...20 kHz	120 ppm + 6 µV
220 mV	100 nV	40...20 kHz	110 ppm + 10 µV
2,2 V	1 µV	40...20 kHz	85 ppm + 7 µV
22 V	10 µV	40...20 kHz	85 ppm + 70 µV
220 V	100 µV	40...20 kHz	90 ppm + 1 µV
1100 V	1 mV	50...1 kHz	90 ppm + 4 µV

#### Widerstand

Nenngröße	Absolute Abweichung/Jahr
1,9 Ω	110 µΩ
190 Ω	20 µΩ
1,9 kΩ	15 µΩ
19 kΩ	14 µΩ
190 kΩ	16 µΩ
1,9 MΩ	24 µΩ
19 MΩ	55 µΩ

#### Gleichstrom

Bereich	Auflösung	Absolute Genauigkeit/Jahr
220 µA	0,1 nA	60 ppm + 10 nA
2,2 mA	1 nA	60 ppm + 10 nA
22 mA	10 nA	60 ppm + 100 nA
220 mA	0,1 µA	70 ppm + 1 nA
2,2 A	1 µA	95 ppm + 30 nA

#### Wechselstrom

Bereich	Auflösung	Frequenz	Absolute Genauigkeit/Jahr
2,2 mA	10 nA	40...1 kHz	160 ppm + 40 nA
22 mA	100 nA	40...1 kHz	160 ppm + 400 nA
220 mA	1 µA	40...1 kHz	180 ppm + 4 nA

dern auch noch auf eine dritte Ebene. Die Grundmeßmodi sind jedoch auch hier direkt erreichbar. Etwas ungewohnt – aber dennoch recht praktisch – ist beispielsweise, daß sich die Meßgeschwindigkeit im Gleichspannungsbereich durch mehrmalige Betätigung der  $V_+$ -Taste variieren läßt. Das umfangreiche LC-Display informiert dabei recht umfassend über den eingestellten Status. Sollte man sich trotzdem einmal in den Menüs verirrt haben, so gibt es als Notbremse zum Glück eine kleine Reset-

Taste an der Frontseite des Gerätes, die sich mit einer Kugelschreiberspitze betätigen läßt. Man muß also nicht erst an der Rückseite des Gerätes herumfingern, um den Netzschalter zu suchen.

Auch mit diesem Gerät lassen sich Widerstands- und sogar Temperaturmessungen in 4-Leiter-Technik durchführen. Man benötigt dazu jedoch ein spezielles Meßkabel, das in die DIN-Buchse an der Frontseite gesteckt werden muß und nicht zum Standardliefer-

Gerätetyp	Keithley 196	3478A	VOAC 7513
Hersteller	Keithley Instruments GmbH	Hewlett-Packard GmbH	Iwatsu
Vertrieb	dto. Heiglhofstr. 5 8000 München 70 0 89/7 10 02-0 3395,-	dto. Dornierstr. 7 7030 Böblingen 0 70 31/6 67 21 2094,-	Kontron Elektronik GmbH Freisinger Str. 21 8057 Eching 0 81 65/70 71 51 2470,-
Preis/D-Mark zzgl. Mwst.			
Auflösung	3 1/2...6 1/2 Stellen	3 1/2...5 1/2 Stellen	3 1/2...5 1/2 Stellen
Anzeigenumfang	3029 999 bei 6 1/2 Stellen	303 099	409 999
Anzeigenart	alphanumerische LEDs	alphanumerisches LC-Display	alphanumerisches LC-Display
Anzeigengröße	12,7 mm	ca. 10 mm	ca. 10 mm
Bereichswahl	Auto/man./fernsteuerbar	Auto/man./fernsteuerbar	Auto/man./fernsteuerbar
Gleichspannung			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 mV/0,008 % + 20 D/0,005 % 3 V/0,0038 % + 20 D/0,0003 % 30 V/0,008 % + 20 D/0,002 % 300 V/0,009 % + 20 D/-0,003 % 300 V/0,019 + 2 D/0 %	30 mV/0,031 % + 41 D/0 % 300 mV/0,019 % + 5 D/-0,001 % 3 V/0,0019 % + 2 D/-0,002 % 30 V/0,019 % + 3 D/0,0003 % 400 V/0,016 % + 2 D/0,002 %	40 mV/0,025 % + 10 D/-0,05 % 400 mV/0,012 % + 5 D/0,005 % 4 V/0,012 % + 2 D/0 % 40 V/0,016 % + 5 D/- 200 V/0,02 % + 21 D/0,007 %
Symmetrie			
im kleinsten Bereich			
Sollwert/Istwert/gem. Abweichung	+100 mV/+100,0048 mV/0,005 % 0 mV/-0,0014 mV/ - -100 mV/-100,0048 mV/0,005 %	+100 mV/+99,999 mV/-0,001 % 0 mV/0,0010 mV/ - -100 mV/-99,997 mV/-0,003 %	+200 mV/+200,012 mV/0,006 % 0 mV/+0,0076 mV/0,008 % -200 mV/-199,991 mV/-0,005 %
Wechselspannung bei 50 Hz			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 mV/0,3 %+100 D/-0,17 % 3 V/0,3 %+100 D/-0,06 % 30 V/0,3 %+100 D/-0,13 % 300 V/0,3 %+100 D/-0,14 %	300 mV/0,46 % + 163 D/-0,11 % 3 V/0,46 % + 103 D/-0,08 % 30 V/0,46 % + 103 D/-0,11 % 300 V/0,5 % + 102 D/-0,07 %	400 mV/0,25 % + 150 D/-0,07 % 4 V/0,25 % + 150 D/0,03 % 40 V/0,25 % + 150 D/0,04 % 400 V/0,25 % + 150 D/-0,08 % 2000 V/0,2 % + 21 D/-0,08 %
Gleichstrom			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 µA/0,09 % + 20 D/0,01 % 3 mA/0,005 % + 10 D/-0,007 % 30 mA/0,005 % + 10 D/-0,01 % 300 mA/0,005 % + 10 D/-0,03 % 3 A/0,09 % + 10 D/0,06 %	300 mA/0,15 % + 40 D/-0,02 % 3 A/1,0 % + 30 D/0,05 %	4 mA/0,08 % + 7 D/0,004 % 40 mA/0,08 % + 7 D/-0,004 % 400 mA/0,08 % + 7 D/-0,013 % 4000 mA/0,13 % + 7 D/0,011 %
Wechselstrom bei 50 Hz			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 µA/0,9 % + 100 D/ - 3 mA/0,6 % + 100 D/ - 30 mA/0,6 % + 100 D/ - 300 mA/0,6 % + 100 D/-0,13 % 3 A/0,6 % + 100 D/-0,15 %	300 mA/1,1 % + 163 D/-0,6 % 3 A/1,8 % + 163 D/0,11 %	4 mA/0,4 % + 200 D/ - 40 mA/0,4 % + 200 D/0,11 % 400 mA/0,4 % + 200 D/-0,04 % 4000 mA/0,4 % + 200 D/-0,05 %
Widerstand 2-Leiter			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 Ω/0,01 % + 20 D/0,13 % 3 kΩ/0,007 % + 20 D/0,01 % 30 kΩ/0,007 % + 20 D/0,06 % 300 kΩ/0,021 % + 20 D/0,004 % 3 MΩ/0,021 % + 20 D/0,007 % 30 MΩ/0,1 % + 50 D/0,02 % 300 MΩ/2,0 % + 5 D/ -	30 Ω/0,034 % + 41 D/0,83 % 300 Ω/0,017 % + 5 D/0,008 % 3 kΩ/0,016 % + 2 D/0,005 % 30 kΩ/0,016 % + 2 D/-0,003 % 300 kΩ/0,016 % + 2 D/0,004 % 3 MΩ/0,016 % + 2 D/0,006 % 30 MΩ/0,078 % + 2 D/0,02 %	40 Ω/0,025 % + 10 D/0,4 % 400Ω/0,014 % + 3 D/0,04 % 4 kΩ/0,014 % + 3 D/0 % 40 kΩ/0,014 % + 3 D/-0,004 % 400 kΩ/0,015 % + 3 D/0,0005 % 4000 kΩ/0,033 % + 10 D/0,01 % 40 MΩ/0,25 % + 20 D/0,06 %
Lieferumfang	Handbuch in deutsch und englisch, Netzkabel, Prüfspitzen	Handbuch in deutsch und engl., Servicemanual, Netzkabel,	Handbuch engl. mit Serviceunterlagen, Handbuch zur Schnittstelle, Netzkabel, Prüfspitzen, Kelvin-Meßklemmen, Abgleich-Dreher
Besonderheiten	div. mathem. Funktionen, IEEE-Schnittstelle, Meßwertspeicher, Software-Kalibrierung über Tastatur mögl.	IEEE-Schnittstelle, div. Trigger-Möglichkeiten, Software-Kalibrierung über Tastatur möglich	IEEE-Schnittstelle, Frequenzmessungen, div. mathem. Funktionen, Temperaturmessungen, Speicher für 3000 Meßwerte

**PM2525****DMM 5001****7150plus****7561**

Philips GmbH  
dto.  
Miramstr. 87  
3500 Kassel  
05 61/50 14 66  
ab 2680,-

Prema Präzisionsanlagen GmbH  
dto.  
Robert-Koch-Str. 10  
6500 Mainz 42  
0 61 31/50 62 16  
2480,-

Schlumberger  
Mestec GmbH  
Altostr. 30  
8000 München 60  
0 89/8 71 40 19  
3348,-

Yokogawa  
nbn-Elektronik GmbH  
Gewerbegebiet  
8036 Herrsching  
0 81 52/39-135  
2995,-

3 1/2...5 1/2 Stellen  
210 000  
LC-Display, 9 mm Ziffernhöhe  
ca. 92 × 20 mm Displaygröße  
Auto/man./fernsteuerbar

5 1/2...6 1/2 Stellen  
1999 999  
LED-Display  
ca. 6 mm  
Auto/man./fernsteuerbar

3 1/2...6 1/2 Stellen  
2300 000  
LC-Display mit ca 10 mm Ziffernhöhe  
ca. 95 × 25 mm  
Auto/man./fernsteuerbar

4 1/2...6 1/2 Stellen  
1999 999  
7-Segment-LED und LED-Display  
ca. 15 mm  
Auto/man./fernsteuerbar

200 mV/0,02 % + 21 D/0,03 %  
2 V/0,02 % + 21 D/0,008 %  
20 V/0,02 % + 21 D/0,007 %  
200 V/0,02 % + 21 D/0,007 %  
1000 V/0,016 % + 2 D/0,002 %

200 mV/0,002 % + 4 D/-0,0006 %  
2 V/0,002 % + 4 D/-0,0002 %  
20 V/0,002 % + 4 D/-0,0005 %  
200 V/0,002 % + 4 D/0,0005 %  
1000 V/0,002 % + 8 D/-0,0001 %

0,2 V/0,008 % + 7 D/0,009 %  
2 V/0,006 % + 7 D/-0,001 %  
20 V/0,008 % + 7 D/-0,003 %  
200 V/0,008 % + 7 D/-0,003 %  
1000 V/0,008 % + 7 D/-0,004 %

200 mV/0,005 % + 40 D/-0,0003 %  
2000 mV/0,003 % + 15 D/-0,0001 %  
20 V/0,004 % + 15 D/-0,0005 %  
200 V/0,008 % + 15 D/0,014 %  
1000 V/0,009 % + 20 D/0,014 %

+100 mV/+100,049 mV/0,05 %  
0 mV/0,016 mV/ –  
-100 mV/-99,975 mV/-0,03 %

+100 mV/+99,9995 mV/-0,0005 %  
0 mV/+0,0mV/ –  
-100 mV/-99,9975 mV/-0,0025 %

+0,1 V/+0,100014 V/0,014 %  
0 V/+0,000009 V/ –  
-0,1 V/-0,099994 V/-0,006 %

+100 mV/+99,9996 mV/-0,0004 %  
0 mV/0,0003 mV/ –  
-100 mV/-99,9989 mV/-0,0011 %

200 mV/0,2 % + 21 D/-0,02 %  
2 V/0,2 % + 21 D/-0,03 %  
20 V/0,2 % + 21 D/-0,03 %  
200 V/0,2 % + 21 D/-0,02 %

200 mV/0,15 % + 60 D/-0,02 %  
2 V/0,08 % + 60 D/-0,02 %  
20 V/0,08 % + 60 D/-0,01 %  
200 V/0,08 % + 60 D/-0,02 %  
750 V/0,08 % + 60 D/0,03 %

0,2 V/0,08 + 15 D/-0,013 %  
2 V/0,07 + 15 D/-0,021 %  
20 V/0,08 + 15 D/-0,042 %  
200 V/0,08 + 15 D/-0,077 %  
1000 V/0,08 + 15 D/-0,023 %

–  
–  
–  
–  
–

10 µA/0,1 % + 10 D/0,01 %  
100 µA/0,1 % + 10 D/0,03 %  
1 mA/0,1 % + 10 D/0,01 %  
10 mA/0,1 % + 10 D/-0,02 %  
100mA/0,1 % + 10 D/-0,01 %  
1 A/0,1 % + 10 D/0,1 %  
10 A/0,1 % + 10 D/0,05 %

2 mA/0,007 % + 40 D/0,006 %  
2000 mA/0,02 + 100 D/0,002 %

2000 mA/0,04 % + 5 D/-0,002 %

2000 µA/0,05 + 100 D/0,021 %  
20 mA/0,05 % + 20 D/0,009 %  
200 mA/0,05 % + 20 D/0,008 %  
2000 mA/0,1 % + 40 D/-0,002 %

1 µA/0,4 % + 29 D/ –  
10 µA/0,4 % + 29 D/ –  
100 µA/0,4 % + 29 D/ –  
1 mA/0,4 % + 29 D/ –  
10 mA/0,4 % + 29 D/-0,06 %  
100 mA/0,4 % + 29 D/-0,05 %  
1 A/0,4 % + 29 D/0,1 %  
10 A/0,4 % + 29 D/0 %

2 mA/0,04 % + 80 D/-0,04 %  
2000 mA/0,04 % + 80 D/-0,06 %

2000 mA/0,2 + 50 D/-0,005 %

–  
–  
–  
–  
–  
–  
–

200 Ω/0,1 % + 10 D/0,016 %  
2 kΩ/0,1 % + 10 D/0,01 %  
20 kΩ/0,1 % + 10 D/0 %  
200 kΩ/0,1 % + 10 D/0 %  
2 MΩ/0,5 % + 10 D/0 %  
20 MΩ/0,5 % + 10 D/-0,1 %  
200 MΩ/3 % + 210 D/ –  
400 MΩ/1,5 % + 50 D/ –

200 Ω/0,005 % + 40 D/0,41 %  
2 kΩ/0,002 % + 14 D/ –  
20 kΩ/0,002 % + 14 D/0,002 %  
200 kΩ/0,003 % + 14 D/0,0002 %  
1600 kΩ/0,005 % + 14 D/0,0008 %  
16 000 kΩ/0,04 % + 120 D/0,008 %

2 kΩ/0,02 % + 5 D/0,007 %  
20 kΩ/0,02 % + 4 D/0,004 %  
200 kΩ/0,03 % + 4 D/0,005 %  
2 MΩ/0,03 % + 4 D/0,003 %  
20 MΩ/0,05 % + 20 D/-0,004 %  
200 MΩ/0,04 %

200Ω/k.Sp./-0,002 %  
2000Ω/k.Sp./-0,002 %  
20 kΩ/k.Sp./0,003 %  
200 kΩ/k.Sp./0,004 %  
2000 kΩ/k.Sp./0,004 %  
20 MΩ/k.Sp./-0,024 %  
200 MΩ/k.Sp./ –

Handbuch dreisprachig,  
Prüfspitzen

Handbuch in deutsch,  
Schalt- und Lagepläne,  
Netzkabel,  
Kalibrierzertifikat

Handbuch in deutsch und engl.,  
Netzkabel,  
Prüfspitzen,  
Kalibrierstecker

Handbuch in deutsch und engl.,  
Beschreibung der Schnittstelle,  
Netzkabel,  
Prüfspitzen

Frequenzmessungen,  
Anstiegszeiten,  
Spitzenwertbestimmung,  
div. mathem. Funktionen,  
IEEE-Schnittstelle,  
Kalibrierg. über Tastatur,  
die Geräteserie gibt es  
ab 1860,- DM

IEEE-Schnittstelle,  
Trigger-Möglichkeiten,  
div. mathem. Funktionen,  
Kalibrierung über Tastatur möglich

IEEE-Schnittstelle,  
div. Trigger-Möglichkeiten,  
Temperaturmessungen,  
Kalibrierung über IEEE-Schnittstelle

IEEE-Schnittstelle,  
keine AC-Messungen,  
Meßwertspeicher,  
div. math. Funktionen,  
externe Speicherplatte

Test

Gerätetyp	MA5D	HM 8011-3	Digimeter 732
Hersteller Vertrieb	ABB Metrawatt GmbH dto. Thomas-Mann-Str. 16-20 8500 Nürnberg 50 09 11/86 02-0 1465,-	Hameg GmbH über Händler 588,-	HEB Digitaltechnik GmbH dto. Kirchstr. 4 3005 Hemmingen 4 0 51 01/38 07 1098,-
Preis/D-Mark zzgl. Mwst.			
Auflösung	4 3/4 Stellen	4 1/2 Stellen	4 Stellen
Anzeigenumpfang	29 999	19 999	9999
Anzeigenart	LC-Display	7-Segment LEDs	7-Segment-Floureszenz
Anzeigegröße	13,5 mm	ca. 9 mm	ca. 13 mm
Bereichswahl	manuell	manuell	Auto
Gleichspannung			
Bereich/Spezifikation/gem. Abweichung	300 mV/0,05 % + 2 D/0 % 3 V/0,05 % + 1 D/-0,007 % 30 V/0,05 % + 1 D/-0,017 % 300 V/0,05 % + 1 D/-0,003 % 3000 V/0,05 % + 1 D/0,01 %	0,2 V/0,05 % + 1 D/0,016 % 2 V/0,05 % + 0,5 D/0,011 % 20 V/0,05 % + 0,5 D/0,005 % 200 V/0,05 % + 0,5 D/0,005 % 2000 V/0,05 % + 0,5 D/0 %	10 V/0,07 % + 1 D/0,01 % 100 V/0,07 % + 1 D/0,02 % 1000 V/0,07 % + 1 D/0,02 %
Symmetrie im kleinsten Bereich Sollwert/Istwert/gem. Abweichung	+100 mV/+99,99 mV/-0,01 % 0 mV/+0,0 mV/- -100 mV/-100 mV/0 %	+100 mV/+100,02 mV/0,02 % 0 mV/0,0 mV/- -100 mV/-100,01 mV/0,01 %	+0,1 V/+0,099 V/-1 % 0 V/0 V/- -0,1 V/-0,099 V/-1 %
Wechselspannung bei 50 Hz			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 mV/0,25 % + 20 D/-0,05 % 3 V/0,25 % + 20 D/-0,04 % 30 V/0,25 % + 20 D/-0,05 % 300 V/0,25 % + 20 D/-0,007 % 3000 V/0,25 % + 20 D/-0,11 %	0,2 V/0,5 % + 7 D/0,14 % 2 V/0,5 % + 7 D/0,04 % 20 V/0,5 % + 7 D/0,03 % 200 V/0,5 % + 7 D/0,06 % 2000 V/0,5 % + 7 D/0,13 %	10 V/0,5 % + 5 D/-0,11 % 100 V/0,5 % + 5 D/-0,03 % 1000 V/0,5 % + 5 D/-0,25 %
Gleichstrom			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 µA/0,35 % + 2 D/-0,06 % 3 mA/0,35 % + 2 D/-0,01 % 30 mA/0,35 % + 2 D/0,06 % 300 mA/0,35 % + 2 D/-0,09 % 3000 mA/0,35 % + 2 D/0,08 % 20 A/0,35 % + 2 D/-0,21 %	0,2 mA/0,2 % + 1 D/0,04 % 2 mA/0,2 % + 1 D/0,04 % 20 mA/0,2 % + 1 D/0,04 % 200 mA/0,2 % + 1 D/0,02 % 2000 mA/0,3 % + 1 D/0,06 % 20 A/0,3 % + 1 D/0,05 %	-
Wechselstrom bei 50 Hz			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 µA/0,5 % + 20 D/- 3 mA/0,5 % + 20 D/- 30 mA/0,5 % + 20 D/0,05 % 300 mA/0,5 % + 20 D/-0,11 % 3000 mA/0,5 % + 20 D/0,07 %	200 µA/0,7 % + 1 D/- 2 mA/0,7 % + 1 D/- 20 mA/0,7 % + 1 D/- 200 mA/0,7 % + 1 D/0,17 % 2000 mA/1 % + 1 D/0,22 % 10 A/1 % + 1 D/0,27 %	-
Widerstand 2-Leiter			
Bereich/Spezifikation/ gem. Abweichung	300 Ω/0,2 % + 3 D/0 % 3 kΩ/0,1 % + 2 D/0 % 30 kΩ/0,1 % + 2 D/-0,01 % 300 kΩ/0,1 % + 2 D/0 % 3000 kΩ/0,2 % + 3 D/0 % 20 MΩ/0,5 % + 3 D/0 %	0,2 Ω/0,1 % + 51 D/0,07 % 2 kΩ/0,1 % + 6 D/0,05 % 20 kΩ/0,1 % + 1 D/0,04 % 200 kΩ/0,1 % + 1 D/0,04 % 2000 kΩ/0,1 % + 1 D/-0,01 % 20 MΩ/0,1 % + 1 D/-0,05 %	10 kΩ/0,2 % + 2 D/0 % 100 kΩ/0,2 % + 2 D/0 % 1 MΩ/0,2 % + 2 D/0,1 % 10 MΩ/0,2 % + 2 D/-
Lieferumfang	Handbuch in deutsch, Netzkabel	Handbuch mehrsprachig, mit Serviceunterlagen, Prüfspitzen	Handbuch deutsch mit Schaltplan, Netzkabel, Prüfspitzen
Besonderheiten	dB-Messungen	Einschub ist nur im Systemgehäuse zu betreiben (Preis DM 388,-)	Frequenzmessungen bis 125 MHz mit einer Genauigkeit von 10 ppm Relativwertbestimmung Min/Max-Anzeige Hold-Funktion

umfang gehört. Die Kalibrierung des PM2525 lässt sich softwaremäßig durchführen; die Anleitung dazu findet man im Service-Manual, das dem Testgerät jedoch nicht beilag.

### Prema 5001

Das Prema 5001 präsentiert sich rein vom Äußerem anders als seine Mitkandidaten. Die Elektronik ist in einem sehr robusten Aluminium-Druck-

gußgehäuse untergebracht – die meisten Hersteller verwenden heute Kunststoffgehäuse. Das Gerät arbeitet mit einer Auflösung von 6 1/2 Stellen und besitzt zur Anzeige der Meßwerte sowie Ein-

heiten ein sehr helles, alphanumerisches LED-Display, das auch ein  $\Omega$ -Zeichen oder  $\sim$ -Symbol gut lesbar darstellen kann. Der Netzschatzer befindet sich an der Geräterückseite.

Neben den fünf Grundfunktionen, die direkt per Tastendruck zugänglich sind, bietet das Prema 5001 einen umfangreichen Mathematikprogrammsatz mit Offset-, %-Abweichung-, Zuwachs-, Ratiofunktionen. Wechselspannungen oder -ströme werden echt effektiv bewertet und auf Wunsch dB- oder dBm-skaliert angezeigt. Um die Sonderfunktionen aufzurufen, muß man sich ähnlich wie beim Keithley über die Programmataste in die Untermenüs begeben. Liegt das Handbuch nicht gerade direkt beim DMM, kann man versuchen, sich mit Hilfe der Textmeldungen auf der alphanumerischen Anzeige durch die Menüs zu arbeiten. Der automatische Nullabgleich ist direkt per Zero-Taste abrufbar. Laut Hersteller soll es ausreichend sein, wenn man diese Korrektur einmal am Tag durchführt.

Wie die Meßkurven zeigen, bietet das 5001 eine sehr gute Linearität sowohl für Gleichspannungs- wie für Wechselspannungsmessungen. Im Wechselspannungsbereich dauert es jedoch mitunter sehr lange (>15 s), bis sich die Anzeige endgültig für einen Wert entschieden hat. Sehr positiv ist auch zu bewerten, daß sich das Gerät softwaremäßig sowohl über die eingebaute Schnittstelle als auch über die Tastatur nachkalibrieren läßt. Wie eine Kalibrierung vonstatten geht, steht ausführlich im Benutzerhandbuch. Man muß also keine weiteren Unterlagen anfordern.

## Schlumberger 7150plus

Bei dem 7150plus von Schlumberger handelt es sich um ein Tisch-Multimeter mit einer Auflösung von 4 1/2...6 1/2 Stellen. Mit der Wahl von 6 1/2 Stellen wird gleichzeitig ein digitales Filter zugeschaltet, welches Störungen aus dem niedrfrequenten Bereich unterdrücken soll. Aus 16 aufeinanderfolgenden 5 1/2stelligen Meßwerten (Meßrate 800 ms) errechnet die Elektronik kontinuierlich den Mittelwert. Das bedeutet, nach einem Spannungssprung benötigt das Gerät zirka 13 s, bis der endgültige Meßwert steht.

Über die Grundfunktionen wie Gleich-, Wechselspannung/-strom und Widerstand in 2-

und 4-Leiter-Technik hinausgehend, lassen sich mit diesem Labor-Multimeter auch Temperaturen skaliert in °C oder °F direkt messen und zur Anzeige bringen. Dazu schließt man den als Option erhältlichen Thermofühler an den vier Buchsen an, die sich an der Geräterückseite befinden. Mathematische Funktionen fehlen dem Gerät, was sich positiv auf die Bedienbarkeit auswirkt.

Auf der Rückseite, auf der sich auch der Netzschalter befindet, bietet das Gerät eine IEEE-Schnittstelle, über die sich das Gerät fernbedienen und auch kalibrieren läßt. Dem Meßgerät liegt ein Handbuch in deutscher Sprache bei, das sich im zweiten Teil ausführlich mit der Schnittstelle und deren Pro-

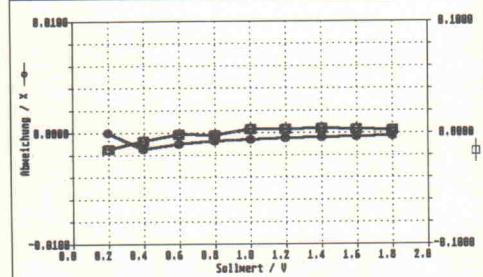
grammierung befaßt – hier hat man sich jedoch die Übersetzung aus dem Englischen er-spart. Schließlich befindet sich an der Rückseite noch eine 5polige DIN-Buchse. Sie bietet – ähnlich wie beim Hewlett-Packard – einen Hold-Eingang, um den letzten Wert festzuhalten, einen externen Trigger-Eingang zum Auslösen von Einzelmessungen und einen Trigger-Complete-Ausgang. Nach einer abgeschlossenen A/D-Wandlung zieht die Elektronik diesen Ausgang auf Nullpotential. Wie man sieht, wurden die Features des 7150plus an seine Rückseite verlegt.

## Yokogawa 7561

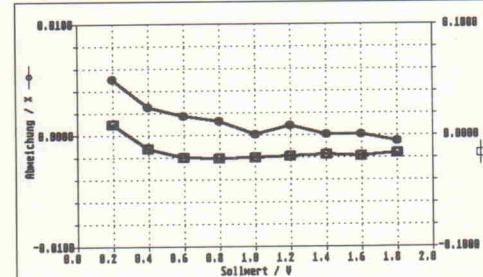
Das Yokogawa 7561 ist ein digitales Tisch-Multimeter mit

einer Auflösung von 6 1/2 Stellen. 7-Segment-LEDs zeigen die Meßwerte an; über die zur jeweiligen Messung gehörende Einheit informiert eine LED-Punkt-Matrix – ähnlich der Anzeige des Prema 5001. Glücklicher wäre hier jedoch die einheitliche Verwendung von Punktmatrixelementen für das ganze Display, da die Kombination mehrerer Displaytypen aufgrund ihrer unterschiedlichen Helligkeit und Struktur zu Ablesefehlern führen kann.

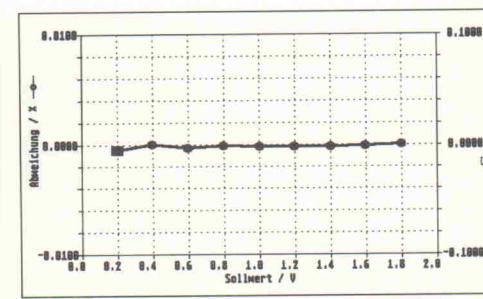
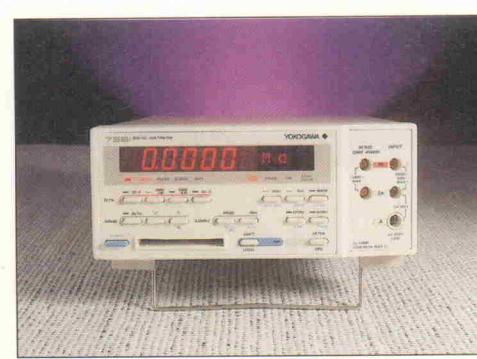
Das 7561 ist das einzige Gerät des Testfeldes, das keine Wechselspannungs- oder Wechselstrommessungen durchführen kann. In dieser Version eignet es sich besonders für automatische, schnelle Messungen in Systemen (Produkt-Kon-



Prema 5001



Schlumberger 7150 plus



Yokogawa 7561

trolle. Es gibt das gleiche Gerät jedoch auch unter der Bezeichnung 7562 mit Wechselspannungsfunktionen. Kaum vorstellbar, daß jemand in einem Meßlabor ausschließlich gleichgerichtete Größen mißt, vor allem mit einem Meßgerät, das einen derartigen Leistungsumfang bietet. So läßt sich eine Mittelwertfunktion aktivieren, die aus einer vorgegebenen Anzahl von Meßwerten – bis zu 100 – den Mittelwert berechnet. Das Gerät besitzt einen Speicher für 1000 Meßwerte und Setup-Daten. Als Option bietet der Hersteller eine IC-Speicher-Karte an, auf der sich zum einen Meßwerte, zum anderen auch ein kleines Programm mit bis zu 20 Schritten abspeichern lassen. Diese Karte findet in einem Schlitz mit einem genormten Anschluß an der Gerätefront Platz. Als weitere Option gibt es eine D/A-Wandler-Karte.

In einem Setup-Menü kann der Anwender sein Gerät komplett nach eigenen Vorstellungen konfigurieren. Die Voreinstellungen wie Mode, Integrationszeit, Sample-Interval, Auto-Zero ... merkt sich die Elektronik und stellt sie nach dem Einschalten automatisch wieder ein. An der Rückseite befinden sich ein IEEE-Schnittstellen-Anschluß sowie eine Buchse

für Trigger-Signale zur Fernsteuerung. Auch dieses Gerät läßt sich über die Fronttastatur kalibrieren. Der Distributor empfiehlt einen Zyklus von einem Jahr. Im englischsprachigen Teil des Handbuches ist die Prozedur ausführlich beschrieben.

### ABB MA5D

Alle bisher vorgestellten Labor-Multimeter bieten eine Auflösung von mehr als 5 Stellen. Die folgenden drei DMMs besitzen eine Auflösung von 4 1/2 Stellen und sind eher für den Servicebereich konzipiert. Das erste dieser Klasse ist das MA5D von ABB-Metrawatt. Neben Spannungs- und Strommessungen lassen sich Widerstände und Kapazitäten bis 3000  $\mu\text{F}$  bestimmen. Wechselspannungen werden echt effektiv bewertet und können wahlweise auch dB-skaliert angezeigt werden. Der Benutzer stellt die Meßfunktion mit einem entsprechenden Meßbereich über zwei Drehschalter ein. Es gibt keinen Auto-Range-Betrieb. Das LC-Display zeigt nur den Meßwert, aber nicht die zugehörige Einheit an.

Man kann das Gerät wahlweise am Netz oder aber mit vier

handelsüblichen NiCd-Akkus betreiben. Somit ist es auch für den mobilen Einsatz (bis zu 9 Stunden) tauglich. Ein Ladegerät für die Akkus ist integriert. Vom Werk aus liegt dem Gerät nur das deutsche Handbuch und ein Netzkabel bei; Prüfspitzen und Serviceunterlagen sowie eine Anleitung zum Kalibrieren fehlen. Noch ein kleines Detail: die Spezifikationen sind auch auf der Gehäuseunterseite aufgedruckt, so daß man das Handbuch getrost im Schrank verstauen kann.

### Hameg 8011-3

Das Digital-Multimeter HM 8011-3 von Hameg ist Teil eines modularen Konzepts. Das Einschubmodul besitzt kein eigenes Netzteil, sondern wird normalerweise nur in Verbindung mit dem Grundgerät HM 8001 betrieben, das neben dem Multimeter ein weiteres Gerät (z. B. einen Frequenzzähler) aufnehmen kann.

Das HM 8011-3 besitzt eine Auflösung von 4 1/2 Stellen entsprechend 19 999 Digits. Die Meßbereichsumschaltung erfolgt ausschließlich manuell mittels eines Drehschalters; eine Auto-Range-Funktion gibt es nicht. Die Wahl der Meßart wird über einen Tastensatz vor-

genommen. In den Wechselspannungs- und Wechselstrombereichen bestimmt die Elektronik den echten Effektivwert mit einem Crest-Faktor bis zu sieben. Ein 7-Segment-LED-Display bringt die Meßwerte gut lesbar zur Anzeige, jedoch ebenfalls ohne Angabe der Einheit.

Wie der Meßplot zeigt, zeichnet sich das Gerät durch eine gute Linearität sowohl im Gleich- wie auch im Wechselspannungsbereich aus. Das Manual zum Gerät bietet neben einer ausführlichen Bedienungsanleitung auch ein Kapitel 'Funktions- und Abgleich'. Es beschreibt ein Verfahren zum Testen und Nachkalibrieren aller Meßbereiche. Einen kleinen Wermutstropfen gibt es dennoch: Die berührungssicheren Anschlußbuchsen haben keinen Normabstand voneinander, so daß sich kein Meßkabel mit DIN-Doppelstecker verwenden lassen. Aber damit läßt sich leben.

### HEB Digimeter 732

Das Digimeter 732 von HEB ist als einziges Testgerät mit einer augenfreundlichen grünen Fluoreszenzanzeige ausgestattet. An Meßfunktionen bietet es Gleich-, Wechselspannungs- sowie Widerstandsmessungen mit einer Auflösung von 4 Stellen an. Die Stärke des DMM liegt jedoch in einem anderen Bereich. Das Gerät ist in der Lage, Frequenzen bis zu 125 MHz auszuzählen. Mit der eingebauten 6-MHz-Quarzzeit-Basis läßt sich dabei eine Genauigkeit von 10 ppm erzielen. Man kann somit beispielsweise den Farb-Hilfsträger im Fernsehgerät (4,43 MHz) mit einer Genauigkeit von zirka 45 Hz bestimmen (Tabelle 2).

Im Gegensatz zu den beiden zuvor beschriebenen Multimetern besitzt das 732 nur eine automatische Meßbereichsumschaltung, die zudem eine relativ große Hysterese hat. Da im Display keine Einheiten angezeigt werden, ist der momentan eingestellte Bereich unklar. Bei Wechselspannungsmessungen erscheint jedoch ein entsprechendes Symbol in der Anzeige. Was bei einem digitalen Multimeter dieser Auflösung ungewöhnlich ist: es bietet einige Sonderfunktionen. So lassen sich mit dem Digimeter Min/

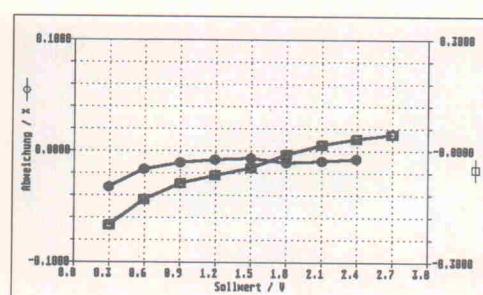
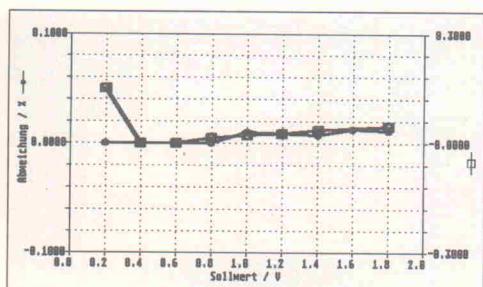


ABB MA5D



Hameg 8011-3

Torzeit	Sollwert	Istwert	Spezifikation	Abweichung
1 s	100 kHz	100,000 kHz	10 ppm	-
0,1 s	100 kHz	100,0 kHz	10 ppm	-
1 s	1 MHz	1,000 001 MHz	10 ppm	1 ppm
0,1 s	1 MHz	1,000 000 MHz	10 ppm	-
1 s	10 MHz	10,000 010 MHz	10 ppm	10 ppm
0,1 s	10 MHz	10,0 000 MHz	10 ppm	-

### NiCr-Ni-Thermo-Element

Sollspannung/mV	Temperatur-Sollwert/°C	Temperatur-Istwert/°C
-0,777	-20	-19
0,0	0	0
+0,798	+20	+20
+4,095	+100	+100
+20,640	+500	+499
+41,269	+1000	+999

### PT-100

Sollwiderstand $\text{La}/\Omega$	Temperatur-Sollwert/°C	Temperatur-Istwert/°C
92,16	-20	-20
100,00	0	0,0
107,79	+20	+19,9
119,4	+50	+50
138,5	+100	+99,9

**Tabelle 2.** Die Stärke des 732 von HEB ist die Frequenzmessung.

Max- und Relativmessungen durchführen. Die Hold-Funktion hält den letzten Meßwert fest.

Obwohl das Gerät für Gleichspannungen bis 1000 V spezifiziert ist, zeigte das Display des Testgerätes bereits bei 900 V 'ERROR 3', der das Überschreiten des Bereichs kennzeichnet. Die Elektronik ist in einem massiven Stahlblechgehäuse untergebracht. Im Handbuch ist zwar die Schaltung abgebildet, eine Anleitung für eine Kalibrierung wird nicht gegeben.

### Newport INF1000

Das elfte Gerät des Tests läßt sich kaum mit den anderen vergleichen. Wegen seiner Vielseitigkeit und der hohen Auflösung haben wir es trotzdem in das Testfeld mit aufgenommen.

Das INF1000 der Firma Newport ist ein universell programmierbares Einbaumeßgerät, das eine Auflösung von 6 Stellen bietet. Die Programmierung kann über die fünf Tippstellen an der Frontseite oder einen PC via optionaler RS-232- oder RS-485-Schnittstelle vorgenommen werden. Da das Gerät frei skalierbar ist, läßt es sich an alle handelsüblichen Sensoren und Meßumformer anpassen.

Das INF1000 ist jedoch vor allem auf Temperatursensoren vorbereitet. So lassen sich Platinwiderstände von  $6 \Omega$ ... $6 \text{k}\Omega$  mit 2-, 3- und 4-Leitern anschließen. Hiermit kann man Temperaturen von  $-200^\circ\text{C}$ ... $+800^\circ\text{C}$  bei einer Auflösung von  $0,01^\circ\text{C}$  bestimmen. Die Genauigkeit gibt Newport mit  $0,2^\circ\text{C} \pm 1/2 \text{ LSD}$  an. An Thermoelementen ist das Gerät für

**Tabelle 3.** Temperaturmessungen mit dem IFN1000 von Newport.

die Sensorarten B, S, R, E, N sowie DIN J, K und T vorbereitet (Tabelle 3).

Natürlich können mit dem Instrument auch Gleichspannungen in vier Bereichen von  $0,1 \text{ V}$ ... $100 \text{ V}$  mit einer Auflösung von 100 000 Digits und Gleichströme in drei Bereichen bis  $200 \text{ mA}$  mit einer Auflösung von 20 000 Digits direkt gemessen werden. Die Bereichsumschaltung kann nur etwas umständlich über Steckbrücken vorgenommen werden. Bei jedem Bereichswchsel

muß das Gerät neu kalibriert werden. Das ist natürlich nur bei einem Einbauinstrument akzeptabel.

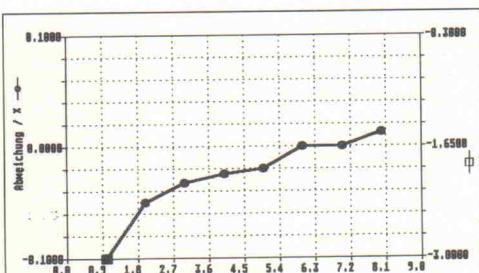
Die Meßrate ist zwischen 3 und 12 Messungen/s einstellbar; gleichzeitig kann die Elektronik den Mittelwert über 1...128 Messungen bilden. Des Weiteren ist bei dem Gerät eine Min/Max-Spitzenwertspeicherung möglich. Als Option bietet der Hersteller einen galvanisch getrennten Analogausgang an, der sich über die Tastatur unterschiedlich skalieren läßt ( $0$ ... $20 \text{ mA}$ ,  $4$ ... $20 \text{ mA}$ ,  $0$ ... $10 \text{ V}$ ). Um das Gerät mit allen seinen Möglichkeiten sicher bedienen zu können, benötigt man beinahe einen IFN1000-Führerschein. Denn bei nur fünf Tasten für die Bedienung bleibt kaum eine andere Möglichkeit, als sich durch tief verschachtelte Menüs zu hangeln.

Für Applikationen, bei denen die Art des Meßsignals bekannt ist, kann man das Gerät werkseitig voreinstellen lassen. Durch die Aktivierung von Programmiersperren kann man das Menü auf die für den Anwender wesentlichen Punkte begrenzen.

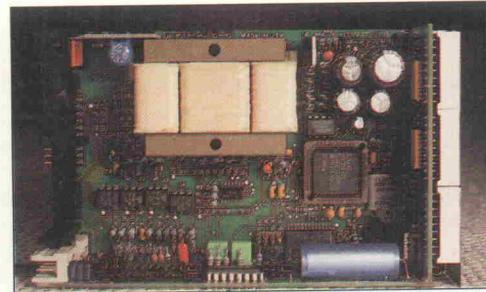
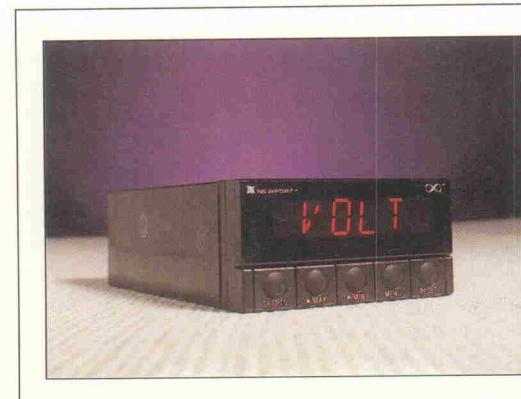
Zu den als Option erhältlichen Schnittstellen gehört als Lieferumfang eine Programmiersoftware. Als weitere Option bietet Newport einen externen 10-fach-Betriebsarten/Meßstellenumschalter. Der Preis des Gerätes beträgt 688 D-Mark zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

### Literatur

- [1] Axel Thiel, 'Test: Labor-Multimeter', Elrad 8/90, S. 20 ff.



HEB Digimeter 732



Newport INF 1000

# Volles Haus

## Vollverstärker mit Röhren

Audio

**Gerhard Haas**

Mit dieser Bauanleitung wird für Puristen und Verfechter der reinen Vakuumtechnik ein hochwertiger Vollverstärker vorgestellt, der im Signalweg als aktive Elemente ausschließlich Röhren enthält.



Röhrenendstufen werden gern mit Halbleiter-Vorstufen kombiniert: Für den angenehmen Klang und die Harmonie mit den Boxen sorgt die Endstufe; der Vorverstärker ist für die richtige Kanalisierung der Tonsignale zuständig. Allein aus Kostengründen kommen für viele HiFi-Fans nur mit Halbleitern bestückte Vorstufen in Frage. Aber es bleibt doch immer ein leicht unangenehmer Nachgeschmack, da das Tonsignal doch durch die eine oder andere Sperrsicht Schaden nehmen könnte.

Wenn Vorstufe und Endstufe getrennt aufgebaut sind, müssen zwei Chassis, zwei Netzteilteile und zusätzliche Verbindungs-kabel eingesetzt werden. Dieser Aufwand bringt auf jeden Fall Vorteile, vor allem wenn ein brummempfindlicher Entzerrer-Vorverstärker eingesetzt werden soll. Gerade in der ziemlich hochohmigen und räumlich relativ groß bauenden Röhrentechnik gibt es dann Probleme

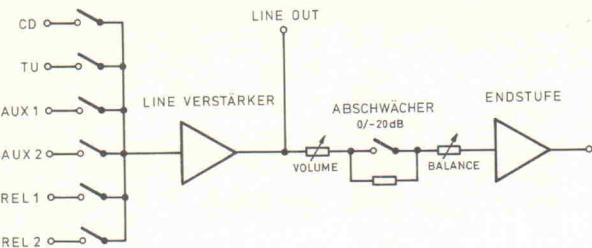
bezüglich Brummeinstreuung und Einkopplung unerwünschter Störungen. Wenn nur Line-Eingänge benötigt werden, kann man den Aufwand erheblich reduzieren und somit Kosten sparen. Die Klangergebnisse und der erreichte Bedienungskomfort bei nur einem Gesamtgerät sind dabei nicht von der Hand zu weisen. In Elrad läßt sich wieder einmal Bewährtes mit Neuem verknüpfen, da ein sehr brauchbares Röhren-Vorverstärkerkonzept bereits vorhanden ist.

### Übersicht

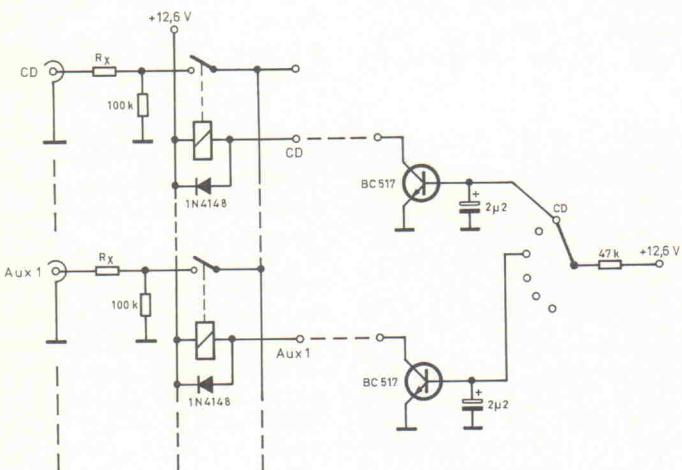
In Elrad 7-8/89 wurde ein sehr umfangreicher und vielseitiger Röhren-Vorverstärker mit Namen Röhrling vorgestellt. Die dabei eingesetzten Techniken erregten einiges Aufsehen, und die Features wurden nach derzeitigem Wissensstand bisher noch nicht übertroffen. Was in der hier vorgesehenen Anwendung von Bedeutung ist, sind

Gleichstromheizung und die als Röhren-OP eingesetzte Röhre ECL 86. Die Gleichstromheizung mit röhrenschonendem Softstart hat sich bestens bewährt. Die Lebensdauer der Heizfäden wird erhöht, eine Brummeinstreuung durch die Heizung gibt es nicht. Der Pentodenteil der ECL 86 kann genügend Strom liefern, so daß längere Verbindungskabel und eine für Röhren relativ niedrigerohmige Technik kein Problem ist. In dem hier vorgestellten Vollverstärker wird der Line-Verstärker aus Elrad 7-8/89 fast unverändert übernommen. Warum die ECL 86 eingesetzt wurde und wie der Vorverstärker Röhrling im Detail aufgebaut ist, kann im oben genannten Heft nachgelesen werden. Später in der Beschreibung der Bauanleitung wird deshalb nur kurz auf die hier eingesetzte Schaltung eingegangen.

Der Endstufenteil wird in bewährter Gegentakt-A/B-Ultralinear-Technik aufgebaut. Wenn



**Bild 1.** Das Blockschaltbild zeigt die spartanische Benutzeroberfläche.



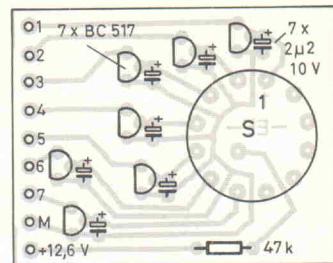
**Bild 2.** Die Eingangsschaltung mit der Ansteuerung ist nur auszugsweise dargestellt.

eine derartige Endstufe richtig dimensioniert ist und mit hochwertigen Bauteilen aufgebaut wird, kann mit beachtlichen Klangergebnissen gerechnet werden. So manches industriell hergestellte Gerät, gleichgültig ob in Röhren- oder Halbleitertechnik, kommt dann beim direkten A/B-Vergleich schnell ins Hintertreffen. Das hier nachfolgend vorgestellte Endstufenteil kann optional mit im Prinzip zwei verschiedenen Typen von Endstufenröhren bestückt werden. Dazu sind je nach Typ Dimensionierungsänderungen notwendig. Im weite-

ren sollen nun einige grundsätzliche Vorgaben für die Entwicklung des Konzepts aufgeführt werden, damit dem Leser deutlich wird, warum so manches anders als üblich gemacht wurde.

Wie zahllose Hörtests ergaben, läßt sich durch einen guten Verstärker so manches aus der Plattenrille, aus der CD oder aus jeder anderen gängigen Signalquelle herausholen, sofern die klangliche Grundsubstanz einigermaßen brauchbar ist. Eine schlechte Aufnahme läßt sich auch mit besten Abhörlagen nicht verbessern. Klangsteller und vor allem Equalizer kann man als pure Verschlommibesserung ansehen. Frequenzgänge werden mit Gewalt hingebogen, bis es einigermaßen tönt. Was die Tonquelle nicht bringt, können Klangsteller oder Equalizer auch nicht herbeizaubern. Gut dimensionierte Klangsteller für Bass und Höhen

sind durchaus eine sinnvolle Ergänzung zur Anpassung der Anlage an die Raumakustik. Eine Abschaltmöglichkeit der Klangsteller sollte vorhanden sein. Eine entsprechende in Röhrentechnik ausgeführte Schaltung wurde in Elrad 10/89 vorgestellt.



**Bild 3b.** Bestückungsplan der Schalterplatine. Transistoren und Tantaler haben jeweils gleiche Werte.

### Stückliste

#### Schalterplatine

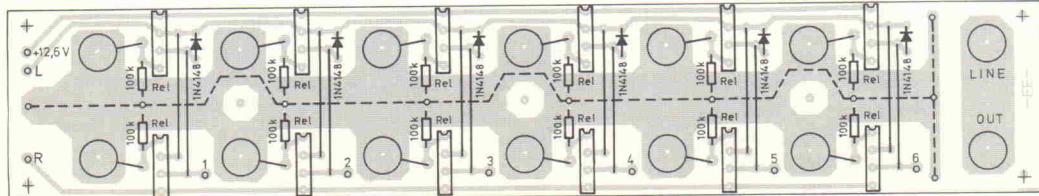
6	BC 517
6	2,2μF/16V Tantalperle 1 Stufenschalter 1x12 für Printmontage mit einstellbarem Anschlag

Verhalten an unterschiedlichen Lasten notwendig machen. Die Erkenntnisse lassen durchaus auch Rückschlüsse auf Transistorendstufen zu.

### Blockschaltbild

In Bild 1 ist das Blockschaltbild des Vollverstärkers dargestellt. Es sind sechs Eingänge vorgesehen, die mittels Reedrelais angewählt werden können. Der nachfolgende Verstärker ist für Line-Pegel ausgelegt und sorgt einerseits für Signalverstärkung, andererseits stellt er an seinem Ausgang das Signal niederohmig zur Verfügung. Von dort wird auch das verstärkte Signal an einen Line-Ausgang geleitet. Da der Arbeitspunkt der Ausgangsstufe des Line-Verstärkers auf etwa 20 mA eingestellt ist, können handelsübliche, einfach abgeschirmte Kabel angeschlossen werden, deren Länge auch mehrere Meter betragen darf. Mit Qualitätsverlusten ist nicht zu rechnen. Nach dem Line-Verstärker folgen Balance- und Volumen-Regler, die rein passiv aufgebaut sind. Der Balance-Regler ist nur für einen Korrekturbereich von +3 dB bis -6 dB ausgelegt. Es macht wenig Sinn, wenn man damit jeden der beiden Kanäle vollkommen ausblenden könnte, wie es bei vielen HiFi-Geräten zu finden ist. Um die wichtige Mittellage

**Bild 3a.** Bestückungsplan der Eingangsplatine. Die Anpaßwiderstände Rx werden zwischen Platine und Buchse eingelötet.



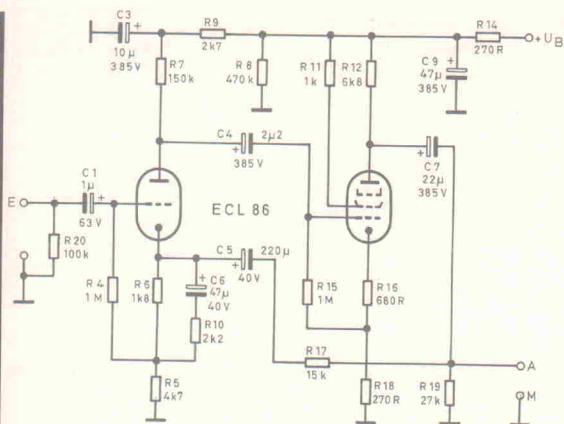


Bild 4. Der Line-Verstärker.

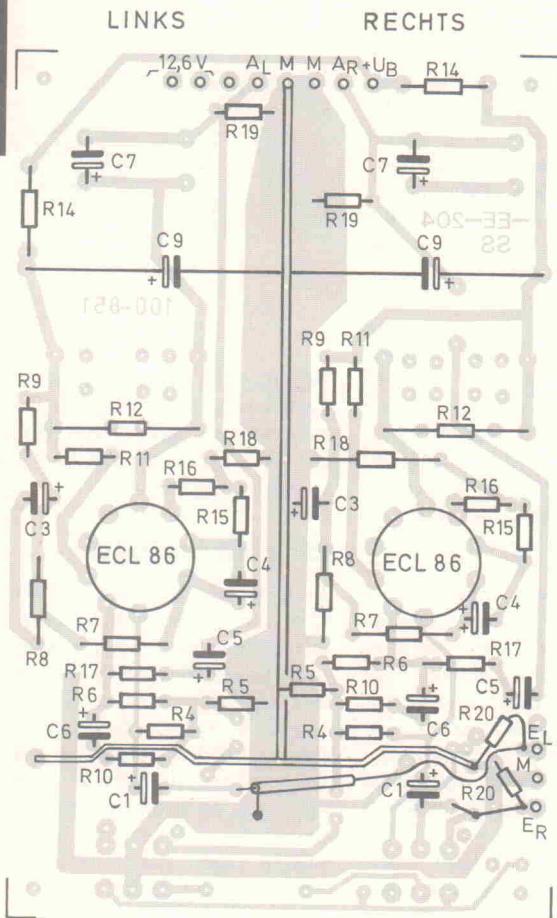


Bild 5. Der Bestückungsplan für den Line-Verstärker.

sind feinfühlige und oft notwendige Korrekturen dann nur schwer möglich. Bei der hier gewählten Dimensionierung lassen sich Kanalungleichheiten jedweder Art sehr fein auspeilen.

Zum Schluß folgt die Endstufe, die genügend Leistung für die angeschlossenen Lautsprecher liefern muß. Wie bereits erwähnt, können mehrere Leistungsröhren eingesetzt werden. Je nach Röhrentyp ist mit einer Leistung von 30 W oder 50 W zu rechnen. Die leistungsstärkere Variante mit der

KT 88 bietet zudem noch besondere optische Reize.

In Bild 2 ist die Eingangsschaltung dargestellt. Die Relaissteuerung befindet sich auf einer getrennten Platine, die direkt am Drehschalter angelötet ist. Die Ansteuerung der Reedrelais erfolgt je über einen Transistor mit Kondensator an der Basis. Beim Anwählen einer Tonquelle über den Stufenschalter geht die Spannung an der Basis langsamer hoch, was Schaltknackse weitgehend unterdrückt. Die Relaisplatine ist so gestaltet, daß die Cinch-

buchsen von der Lötseite montiert werden. Alle anderen Bauteile werden wie üblich auf der Bestückungsseite eingelötet. Die Platine ist für Buchsen in massiver Qualität ausgelegt. Die Geldausgabe für die vergoldeten, massiven Exemplare lohnt sich auf jeden Fall, da dann auf Jahre hinaus kein Ärger zu erwarten ist. Es ist geradezu lächerlich, in wie vielen Audiogeräten selbst in gehobenen Klassen heutzutage noch verzinnte, verchromte oder vernickelte Cinchbuchsen verarbeitet werden. Kontaktfehler

und Brummprobleme durch schlechte Massekontakte sind auf längere Sicht vorprogrammiert.

Die Eingänge sind von vornherein mit Widerständen abgeschlossen. Damit werden Gleichspannungsaufladungen, die zu Schaltknacken führen, vermieden. Weiterhin sind nicht belegte, hochohmige Eingänge sehr störempflich. Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn Eingangswiderstände vorhanden sind. Die mit Rx in Bild 2 gekennzeichneten Widerstände können zur Signalanpassung von Cinchbuchse zur Platine hin eingelötet werden; falls nicht erforderlich, können einfache Drähte verwendet werden. Bei richtiger Abstimmung vermeidet man auf diese Art Pegelsprünge beim Umschalten der Signalquellen. Die in Bild 2 vorgesehenen Abschlußwiderstände von 100 k können dabei selbstverständlich nach Bedarf geändert werden. Wenn die Abschlußwiderstände bei 100 k belassen werden, ergibt sich zusammen mit dem Line-Verstärker ein Eingangswiderstand von knapp 50 k. An dessen Eingang ist auch ein 100 k-Widerstand vorgesehen. Dann wird auch hier unabhängig von der Schalterstellung jegliche Gleichspannung abgeleitet und Knackstörungen werden somit vermieden.

Die Eingangsbuchsen werden, wie bereits erwähnt, von der Lötseite bestückt und verschraubt. Es ist ratsam, den Massekontakt jeder Buchse noch an einer Stelle mit der Leiterbahn zu verlöten. Dies sorgt auf lange Sicht für Verdrehschutz und sicheren Massekontakt. Damit nicht schon an der Eingangsplatine die Übersprechdämpfung zunichte gemacht wird, kommen Single-In-Line-Reed-Relais zum Einsatz. Jeder Kanal wird so absolut getrennt für sich geschaltet. Als flankierende Maßnahme wird eine dünne Kupferfolie als Abschirmung zwischen den Kanälen gelegt. In Bild 3a ist diese gestrichelt im Bestückungsplan eingezeichnet. In Bild 3b ist der Bestückungsplan der Schalter-

### Stückliste

#### Line-Verstärker

Widerstände (sofern nicht anders angegeben, alle 1 %, 0,6 W, Metallschicht):

R4	1M
R5	4k7
R6	1k8
R7	150k
R8	470k/1,5W
R9	2k7
R10	2k2
R11	1k
R12	6k8/4,5W
R14	270R
R15	1M
R16	680R
R17	15k
R18	270R
R19	27k
R20	100k

Kondensatoren:

C1	1μ/63V
C3	10μ/385V
C4	2,2μ/385V
C5	220μ/40V
C6	47μ/40V
C7	22μ/385V
C9	47μ/385V

Röhre:

1 ECL 86

Sonstiges:

- 1 Novalsockel für Printmontage
- Lötnägel und Kupferfolie ca. 10...30 mm breit, 0,1...0,2 mm stark
- 1 Platine, doppelseitig, 150 x 95 mm

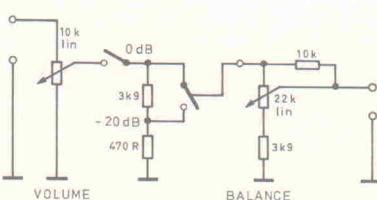
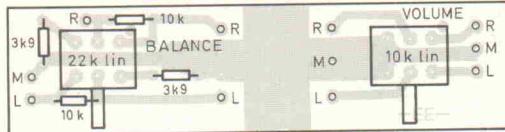


Bild 6.  
Schaltung für  
Lautstärke und  
Balance.



**Bild 7.**  
**Bestückungs-**  
**plan der**  
**Potiplatine.**

## Stückliste

### Potiplatine

Volume 2 × 10k lin, Rastpoti  
Balance 2 × 22k lin, Rastpoti  
2 × 3k9  
2 × 10k  
Kippschalter 2 × Ein  
2 × 3k9  
2 × 470R

platine für die Relaisansteuerung gezeigt. Es wurden sieben statt sechs Transistoren vorgesehen. Falls ein stolzer Besitzer des Röhrlings diese Knackverminderung nachrüsten will, ist dies mit dieser Platine nachträglich auch noch möglich. Der eingesetzte Schalter ist vom Typ 1 × 12 mit wählbarem Anschlag. Die Lötnägel werden von der Lötseite bestückt, dann ist ein leichtes Verdrahten gewährleistet.

## ECL86 als Vorverstärker

Nach der Eingangsplatine folgt der Vorverstärker (Bild 4), der bereits bekannte Schaltungstechnik ist (siehe Elrad 7-8/89).

**Bild 8.**  
**Schaltbild der Endstufe. Die mit Stern gekennzeichneten Bauteile sind je nach den verwendeten Endröhren zu bestücken.**

Der Triodenteil der ECL86 sorgt für hohe Leerlaufverstärkung, während der Pentodenteil Strom liefern kann. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß zwischen Eingang und Ausgang Phasengleichheit herrscht. Dies hat Vorteile bei der Zusammenschaltung mehrerer Geräte. Mit dem Gegenkopplungswiderstand R17 kann die Grundverstärkung eingestellt werden. Dieser ist so geändert, daß genügend Spannung zur Aussteuerung der Endstufe zur Verfügung steht. Es ist nicht sinnvoll, die Endstufengegenkopplung so zu ändern, daß die Endstufe eine höhere Empfindlichkeit bekommt. Für jede Endstufenschaltung kann ein Optimum der Harmonie zwischen Endstufe und angeschlossener Lautsprecherbox bei einem bestimmten Gegenkopplungsgrad erreicht werden. Deshalb sollte an dieser Stelle, falls überhaupt, nur mäßig geändert werden. (Etwas über die Theorie von Endstufen und Gegenkopplung kann der Leser in Elrad 1/88 und 2/88 finden.)

Als Koppelglieder im Vorverstärker sind Elkos vorgesehen. Wenn entsprechende Qualitätselkos eingesetzt werden, ist keine Beeinträchtigung des Klangs zu befürchten, im Gegenteil: Wie Versuchsreihen in verschiedenen Labors mit verschiedenen Meßgeräten ergaben, haben gute Elkos oft ein besseres Klirrverhalten als manche Folienkondensatoren. Außerdem bieten sie den Vor-

teil, daß der niedrige Ausgangswiderstand der Verstärkerausgang tatsächlich am Verstärkerausgang wirksam wird. Der Vorverstärkerausgang wird direkt auf Cinchbuchsen geführt. Damit ist ein niederohmiger Ausgang, zum Beispiel für Tonbandaufnahme, vorhanden.

Nach dem Vorverstärker folgt die Potiplatine. Die Schaltung ist in Bild 6 dargestellt. Zuerst kommt der Lautstärkesteller. Danach ist ein 20-dB-Ab schwächer vorgesehen, der frei verdrahtet werden muß. Man kann auch andere Dämpfungen durch Widerstandsänderungen vorsehen. Grundsätzlich hat diese Einrichtung handfeste Vorteile. Man kann die Lautstärke schnell absenken, ohne die Grundeinstellung des Verstärkers zu ändern (z. B. bei Telefonanruf). Weiterhin ist die Feinauflösung des Lautstärkestellers in Stellung -20 dB bei kleinen Lautstärken wesentlich erweitert, was bei leiser Nacht musik sehr vorteilhaft ist. Werden Abschwächer nicht benötigt, kann auf der Platine entsprechende Drahtbrücken einsetzen.

Für die Pots wurden ausschließlich lineare Typen vorgesehen. Diese haben spezifisch bessere Gleichlaufeigenschaften als vergleichbare logarithmische Exemplare. Damit eine dem Drehwinkel adäquate Lautstärke- beziehungsweise Balance-Beeinflussung erfolgt, wurden die Pots entsprechend mit Widerständen beschaltet. Für gute Wiederholgenauigkeit wurden Rastpotis mit 41 Raststellungen eingesetzt. In Bild 7 ist der Bestückungsplan der Potiplatine gezeigt.

## Die Endstufe

Nun kommt der interessanteste Teil der Schaltung, die Endstufe – der Motor des Verstärkers. In Bild 8 ist die Schaltung zu sehen, die auf den ersten Blick keine allzu großen Besonderheiten aufweist. Wie immer steckt der Teufel in den Details, und derer gibt es gar viele, auch wenn sie nicht sofort auszumachen sind. Weil Rö1a hohe Leerlaufverstärkung aufweisen muß, damit genügend Reserven für die Gegenkopplung und die notwendige Verstärkung zur Verfügung stehen, wurde die Betriebsspannung mit Z-Dioden stabilisiert. Stabilisierung und gute Siebung unterdrücken auch jegliche Beeinflussung der Vorstufe durch Schwankungen der Betriebsspannung bei Aussteuerung der Endröhren und Pumpen der Betriebs- oder Netzspannung. Die Endpentoden Rö2 und Rö3 verstärken jeweils eine Signalhalbwelle und liefern den notwendigen Strom. In den Kathodenleitungen befinden sich die Widerstände R19 und R20. An diesen kann der Spannungsabfall gemessen und somit der Ruhestrom durch die Röhren bestimmt werden. Welche Werte wann notwendig sind, steht in Tabelle 1.

Zwei Varianten der Endstufe sind interessant. Einmal wird die KT 88 bestückt (alternativ geht auch die 6550 A), zum anderen wird die EL 34 eingesetzt. Mit der EL 34 sind hervorragende Gesamtergebnisse erzielbar, allerdings sind nur gut 30 W Leistung erreichbar. Die EL 34 ist eine (wie lange Meßreihen ergaben) hervorragende NF-Leistungspentode. Die KT 88 gehört zur Gattung der Beam-Power-Röhren, die andere Dimensionierungen und Arbeitspunkteinstellungen benötigt als echte Pentoden. Mit der KT 88 beziehungsweise der 6550 A sind 50 W erreichbar.

In Bild 8 ist die Endstufenschaltung gezeigt, wobei einige Bauteile mit \* gekennzeichnet sind. Aus der Stückliste geht hervor, wann welche eingesetzt werden müssen beziehungsweise weggelassen werden. Da die KT 88 mit höherer Betriebsspannung als die EL 34 arbeitet, muß die Phasenumkehrstufe auch mehr Spannung zur Verfügung haben. Deshalb ist R12 niederohmiger. Um diese Stufe trotzdem in den Genuß einer

## Geheime Trafodaten?

Da wir des öfteren nach den Wickeldaten der von uns verwendeten Ausgangstrafos gefragt werden, sind hier einmal einige klärende Worte angebracht. Jeder, der sich mit der Materie auskennt, wird uns bei der Behauptung zustimmen, daß die Qualität eines Röhrenverstärkers in erster Linie vom Ausgangstrafotyp bestimmt wird. Die Qualität dieses Bauteils wiederum hängt aber nicht nur von der Anzahl der Verschachtelungen ab, sondern von vielen Einzelfaktoren; wir nennen hier nur einige wenige:

Größe, Form, Material und Schachtelung des Kerns, Füllfaktor beim verfügbaren Wickelquerschnitt, Isolationsmaterial, Drahtdicke, Ver-

schachtelung der Wicklungen, Stromdichte in den inneren Lagen und, und, und. Das eigentlich Üble an diesen vielen Variablen ist die Tatsache, daß sie sich gegenseitig beeinflussen. Die Erfahrung hat uns gezeigt, daß die Weitergabe einer bei einem bestimmten Trafowickler bewährten Bauvorschrift an eine andere Wickelei mitnichten zu vergleichbaren Ergebnissen führt. Um wieviel mehr müßte dann die simple Angabe eines Übersetzungsverhältnisses und einer Kerngröße im Heft zu schlechten Ergebnissen führen? Aus diesem Grund haben wir uns grundsätzlich (wirklich grundsätzlich – wir machen davon auch keine Ausnahmen) entschieden, Trafodaten nicht zu veröffentlichen.

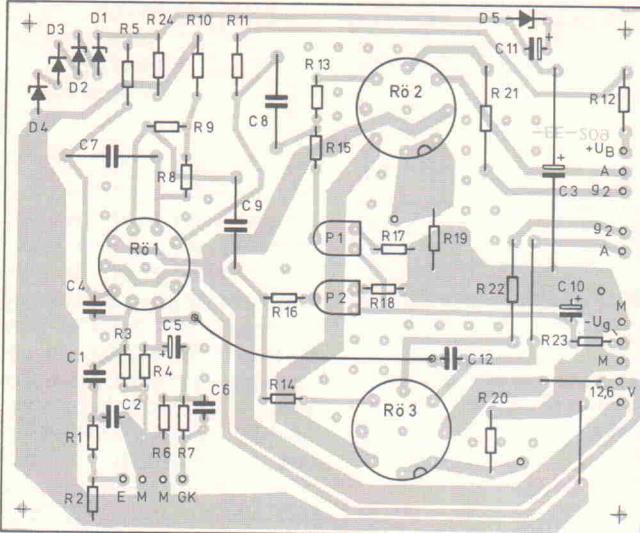


Bild 9. Bestückungsplan der Endstufe.

lauf sorgt. Da sich die Heizfäden wie PTC-Widerstände verhalten, also im kalten Zustand niederohmig sind, sorgt die Strombegrenzung (siehe Bild 10) der Heizungsregelung für verminderte Heizspannung. Sowie die Heizfäden warm werden und damit hochohmiger, steigt die Spannung mit an, bis sie 12,6 V erreicht. Die Heizspannung wird genau auf dem eingestellten Sollwert gehalten, was stabile Röhrendaten sichert. Wegen des Gleichstrombetriebs ist eine Brummeneinstreuung über die Heizung nicht möglich. Die Heizungsschaltung wurde bereits in Elrad 7-8/89 ausführlich beschrieben. Da im vorliegenden Fall mehr Strom als beim Vorverstärker benötigt wird, wurden einige Details geändert. Die Last wird auf zwei FETs verteilt. Hier kommt wieder der sehr niederohmige Typ BUZ 12 zum Einsatz. Damit können die thermischen Verluste bei bester Ausregelung sehr niedrig gehalten werden. Als Gleichrichter wird eine 10-A-Metallbrücke verwendet, die gut gekühlt werden muß. Gleichrichter im Metallgehäuse sind hier auf jeden Fall vorzuziehen, da eine bessere Wärmeableitung gewährleistet ist. Wegen des höheren Strombedarfs wurden zwei Elkos mit 10 000 F eingesetzt, dann bleibt die Brummspannung vor den Längstransistoren ausreichend niedrig. Auch dies sorgt für weniger thermische Verluste, da die Trafospansnung geringer sein kann.

Die Anodenspannung der Endstufe ist über Si1 abgesichert

stabilisierten und gut gesiebten Spannung kommen zu lassen, sind die Bauteile D5 und C11 vorhanden. Die Z-Diode setzt die Spannung definiert herab, der Elko koppelt wechselstrommäßig an D1 bis D4 und C3 an. Bei Einsatz der EL 34 wird statt D5 eine Drahtbrücke eingelötet. Über R7 erfolgt die Gegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangsübertragers. C6 zusammen mit C12 und C4 unterdrücken hochfrequente Schwingneigung. Am Eingang wird HF mit R1 und C2 abgeblockt.

## Wie oft geschachelt?

Damit kommen wir zum Ausgangsübertrager. Mit diesem steht und fällt die Qualität einer Röhrenendstufe. Die üblicherweise gestellte Frage dazu lautet: Wie oft ist der Übertrager verschachtelt? Die einzige brauchbare Antwort darauf ist: Oft genug! Wenn ein Übertrager den gewünschten Audiobereich bezüglich Frequenzgang, Klirrfaktor und Leistung problemlos beherrscht, ist die Frage der Verschachtelung irrelevant. Man sollte sich hier nicht von Aussagen verwirren lassen, die irgendwann gemacht wurden, um eventuell höhere Preise zu rechtfertigen oder hohe Qualität vorzutäuschen. Im Endeffekt zählen überprüfbare Meßergebnisse und das,

was man zum Beispiel durch Hörtests selbst nachvollziehen kann. Der hier eingesetzte Typ wurde neu entwickelt und ist bereits in verschiedenen Schaltungen vielfach erprobt worden. Es wurde nicht auf niedrigen Preis und höchste Leistungsausbeute, sondern auf günstigen Klirrverlauf und sehr guten Frequenzgang sowie Niederohmigkeit der Lautsprecherwicklungen Wert gelegt. Niederohmige Übertragerausgänge verbessern den naturgemäß niedrigen Dämpfungsfaktor von Röhrenendstufen etwas. Allerdings ist der Dämpfungsfaktor bei Röhrenendstufen nicht überzubewerten. Sie sind aufgrund ihrer Konstruktion von Haus aus unempfindlicher auf Lautsprecherrückwirkungen als Transistorstufen. Hier bremst der Übertrager einiges ab.

## Netzteil mit Aufwand

Wenn im Verstärkerteil Aufwand getrieben wird, darf man bei der Stromversorgung auch nicht sparen. Meßtechnisch und akustisch werden gute Ergebnisse nur erreicht, wenn alle Betriebsspannungen ausreichend gesiebt sind. Die Röhrenheizungen wurden auf 12,6 V statt auf 6,3 V verdrahtet. Damit können die thermischen Verluste in der Regelung deutlich reduziert werden. Die Röhrenheizung verfügt über einen Softstart, der für einen die Heizfäden schonenden An-

## Stückliste

### Endstufe KT 88/EL 34

Widerstände	
(0,7 W Metallschicht 1 %, 1,5 W Metalloxid 5 %):	
R1	1k
R2	220k
R3	100k
R4	3k3
R5	220k; 1,5W
R6	100R
R7	680R
R8	1,5M
R9	2k2
R10,11	100k; 1,5W
R12	22k; 1,5W/15k; 1,5W
R13,14	1k
R15,16	220k
R17,18	68k
R19,20	20R; 1,5W
R21,22	150R/1k; 1,5W
R24	470k; 1,5W
P1,2	25k lin.

### Kondensatoren:

C1	2,2µF/10V bipolar
C2	33pF ker.
C3	22µF/450V axial
C4	10p ker.
C5	220µF/25V
C6	1,5nF ker.
C7,8,9	0,22µF/630V MKS
C10	22µF
C11	100µF/63V/entfällt
C12	47pF ker.

### Halbleiter:

D1...4	Z-Diode 100V; 1,3W
D5	Z-Diode 56V; 1,3W entfällt bei EL 34, dafür Drahtbrücke

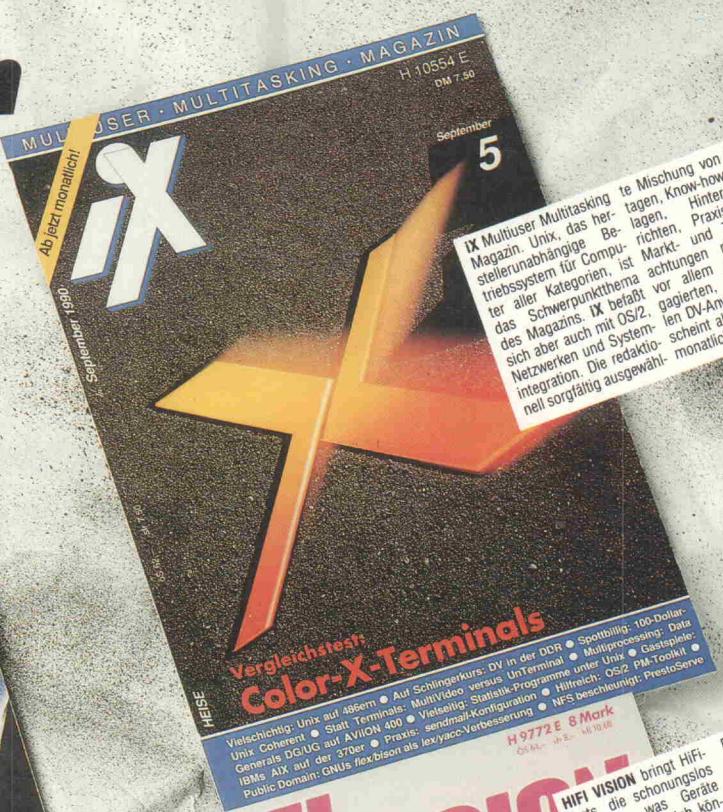
Rö1	ECC 83
Rö2,3	KT 88; EL 34

### Sonstiges:

1	Novalsockel Printmontage
2	Oktalsockel Printmontage
1	Übertrager B-234 S

# Info + Wissen

## im Abo



HIFI VISION bringt Hifi-Tests, die schmunzlig enthalten, was Geräte und Boxen wirklich können — von schnuckelligen Einsteiger-Anlagen bis zu sündhaft teuren Traum-Komponenten. In Sachen Musik, HIFI VISION, jeden Monat Lesespaß für Leute, die's wissen wollen.

IX Multiuser Multitasking Magazin, Unix, das herstellerunabhängige Beiträge, Know-how, Grundlagen, Hintergrundberichten, Praxistips und Trends und das Schwerpunktthema der Kategorien, ist Markt- und Tendenzbericht des Magazins. IX betrifft vor allem an den sich aber auch mit OS/2, gärtieren, professionellen Netzwerken und Systemintegration. Die redaktionell sorgfältig ausgewählten DV-Anwender. IX erscheint ab Ausgabe 5/90 monatlich.

### Zum Verbleib beim Besteller

Ich bestelle am:

c't magazin für computertechnik

Jahresabonnement 12 Ausgaben

Inland: DM 97,20;

Ausland: DM 106,80

ab Ausgabe: \_\_\_\_\_

bis auf Widerruf.

Die Kündigung ist jederzeit mit Wirkung zur jeweils übernächsten Ausgabe möglich.

IX Multiuser Multitasking Magazin

Jahresabonnement 12 Ausgaben

Inland: DM 81,—;

Ausland: DM 88,80

ab Ausgabe: \_\_\_\_\_

bis auf Widerruf.

Die Kündigung ist jederzeit mit Wirkung zur jeweils übernächsten Ausgabe möglich.

ELRAD Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

Jahresabonnement 12 Ausgaben

Inland: DM 71,40;

Ausland: DM 78,60

ab Ausgabe: \_\_\_\_\_

bis auf Widerruf.

Das Abonnement gilt zunächst für 1 Jahr; es verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn nicht 6 Wochen vor Ablauf des Bezugsjahrs schriftlich beim Verlag Heinz Heise gekündigt wird.

HIFI VISION

Jahresabonnement 12 Ausgaben

Inland: DM 86,40;

Ausland: DM 93,—

ab Ausgabe: \_\_\_\_\_

bis auf Widerruf.

Das Abonnement gilt zunächst für 1 Jahr; es verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn nicht 6 Wochen vor Ablauf des Bezugsjahrs schriftlich beim Verlag Heinz Heise gekündigt wird.

Abonnenten haben das Recht, Bestellungen innerhalb von acht Tagen nach Abschluß schriftlich beim Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG, Heister Str. 7, 3000 Hannover 61, zu widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung.

### Abo-Bestellcoupon

EI 6/1991

Ja, übersenden Sie mir bis auf Widerruf alle zukünftigen Ausgaben der angekreuzten Zeitschrift ab Monat:

c't magazin für computertechnik, Jahresabonnement (12 Ausgaben)

Inland: DM 97,20; Ausland: DM 106,80

Die Kündigung ist jederzeit mit Wirkung zur jeweils übernächsten Ausgabe möglich.

IX Multiuser Multitasking Magazin, Jahresabonnement (12 Ausgaben)

Inland: DM 81,—; Ausland: DM 88,80

Die Kündigung ist jederzeit mit Wirkung zur jeweils übernächsten Ausgabe möglich.

ELRAD Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen, Jahresabonnement (12 Ausgaben)

Inland: DM 71,40; Ausland: DM 78,60

Das Abonnement gilt zunächst für 1 Jahr; es verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn nicht 6 Wochen vor Ablauf des Bezugsjahrs schriftlich beim Verlag Heinz Heise gekündigt wird.

HIFI VISION, Jahresabonnement (12 Ausgaben)

Inland: DM 86,40; Ausland: DM 93,—

Das Abonnement gilt zunächst für 1 Jahr; es verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn nicht 6 Wochen vor Ablauf des Bezugsjahrs schriftlich beim Verlag Heinz Heise gekündigt wird.

Bitte Rechnung abwarten.

Vorname/Zuname											

Straße/Nr.											

PLZ/Wohnort											

Datum/Uterschrift (für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

Mir ist bekannt, daß ich diese Bestellung innerhalb von 3 Tagen beim Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Heister Str. 7, 3000 Hannover 61 widerrufen kann und bestätige dies durch meine Unterschrift. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung.

Datum/Uterschrift (für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

Bitte beachten Sie, daß diese Bestellung nur dann bearbeitet werden kann, wenn beide Unterschriften eingetragen sind.



Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Heister Strasse 7, 3000 Hannover 61

Bitte senden Sie den Coupon an:

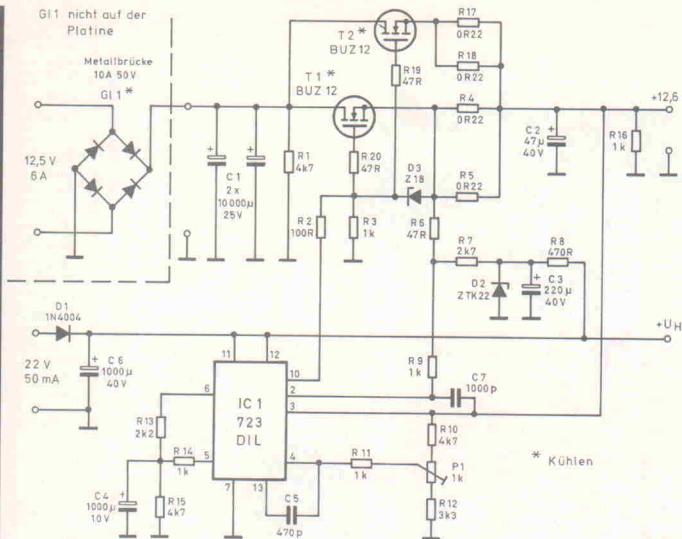


Bild 10. Schaltbild für die geregelte Heizung.

(siehe Bild 12). Im Havariefall wird die Verbindung zwischen Trafo und Gleichrichter getrennt. Etwa 400 V bei über einem halben Ampere können einen elektronischen Aufbau schon einmal abschweißen, so daß diese Sicherheitsmaßnahmen unumgänglich sind. Da Elkos über 500 V praktisch nicht erhältlich sind, werden 350-V-/385-V-Typen in Serie geschaltet. Die parallel liegenden Widerstände sorgen für symmetrische Aufteilung der Spannung und für schnelle Entladung nach dem Abschalten der Netzspannung. Die gleichgerichtete Spannung wird über eine Drossel und insgesamt 100  $\mu$ F weiter gesiebt. Eine Drossel-Elko-Kombination setzt die Brummspannung sehr stark herab und ist außerdem sehr robust. Falls Spitzentströme wegen eines Röhrendefekts auftreten, wird eine ausreichend dimensionierte Siebdrossel nicht zerstört, Halbleiterschaltungen sind bei derart hoher

Spannung schon stark gefährdet und aufwendiger.

Die gesiebte Hochspannung wird über ein Relais auf die Endstufenröhren geschaltet. Damit ist Stand-by-Betrieb des Verstärkers möglich. Die Endröhren unterliegen meistens größerem Verschleiß als Vorstufenröhren, deshalb ist eine Abschaltung durchaus wünschenswert. Damit beim Einschalten nicht sofort die Hochspannung anliegt, sondern röhrenschonend und knackarm gestartet wird, ist die Zeitverzögerungsschaltung in Bild 12 vorgesehen. Sie wirkt wie eine Wiedeholsperrre bei einem Autozündschloß. Wenn bei 'normalen' Röhrenschaltungen die Netzspannung aus- und sofort wieder angeschaltet wird, kommt es aufgrund hoher Spannungssprünge zu unliebsamen Knackgeräuschen; wenn man Pech hat, werden dabei Lautsprecher zerstört. Weiterhin ist es vor allem für die Endröhren

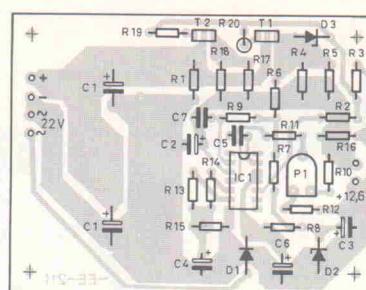


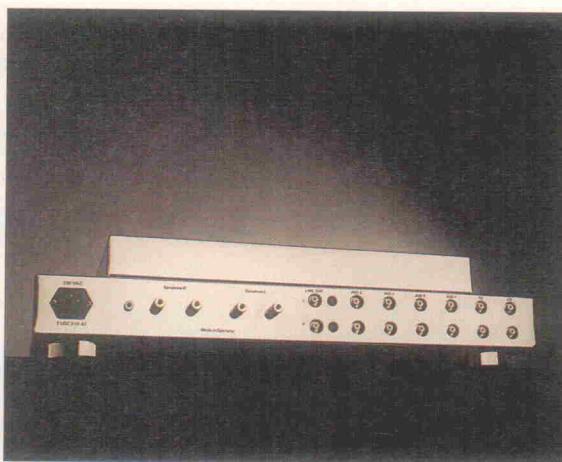
Bild 11.  
Bestückungsplan für die  
Heizung. T1 und T2  
müssen mit Kühlkörper  
versehen werden.

nicht gut, wenn die Heizung nur halbwarm ist, die Hochspannung aber schlagartig an und abgeschaltet wird. Bei den Vorröhren ist dies weniger kritisch, da in der Betriebsspannung immer RC-Glieder vorgeschalet sind.

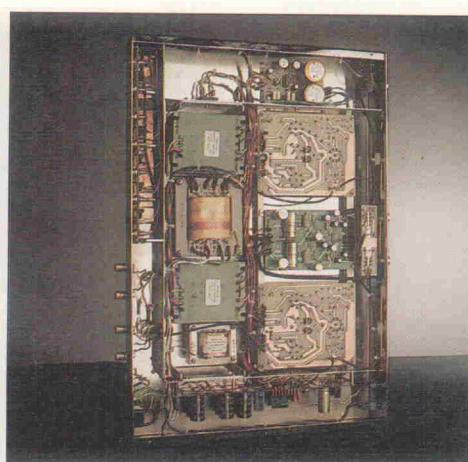
Die Zeitverzögerungsschaltung fragt nun die Heizspannung ab. Diese steigt langsam an, sowie die Röhrenheizungen warm werden. Erst wenn 11 V überschritten sind, öffnet T2. Dieser lädt C10 langsam auf. Erst wenn wiederum etwas mehr als 9 V an C10 erreicht sind, öffnet T3 und gibt das Relais frei. Unabhängig von der Stellung des Stand-by-Schalters bekommen die Endröhren nur dann Strom, wenn auch die Heizung entsprechende Betriebstemperatur erreicht hat und wenn nach dem erneuten Einschalten der Betriebsspannung etwas Zeit verstrichen ist.

Die Betriebsspannung der Treiberstufe wird direkt auf die Endstufenplatine geführt. Die relativ wenig Strom verbrauchende Treiberstufe bleibt damit auch im Stand-by-Betrieb unter Spannung. Dies hat den Vorteil, daß sich nicht alle Elkos und Koppelkondensatoren beim Einschalten aufladen müssen, was Knacken und Brummen beziehungsweise Blubbern zur Folge haben könnte. Die Endröhren werden einzeln pro Kanal abgesichert. Falls eine Endröhre durch Ionisationseffekte schlagartig Strom zieht, spricht die Schmelzsicherung an, bevor größerer Schaden entsteht.

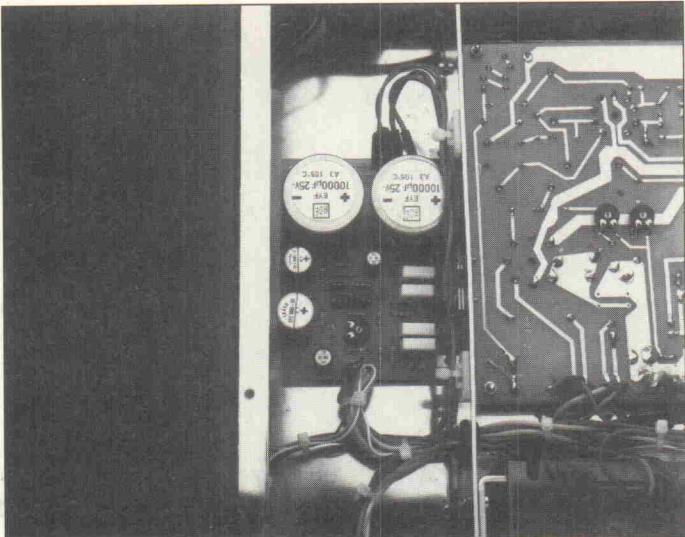
Die Betriebsspannung der Vorstufe wird über eine getrennte Halbleiterschaltung gesiebt und stabilisiert. Damit wird erreicht, daß, unabhängig von der Endstufe, der Vorstufe eine konstante Arbeitsspannung zur Verfügung steht. Im Stand-by-Betrieb geht die Spannung nach der Siebdrossel aufgrund der geringeren Last hoch, was den Arbeitspunkt des Vorverstärkers deutlich verschieben



Selbst die Rückseite ist hübsch anzusehen.



So werden die Einzelplatten im Gehäuse verteilt.

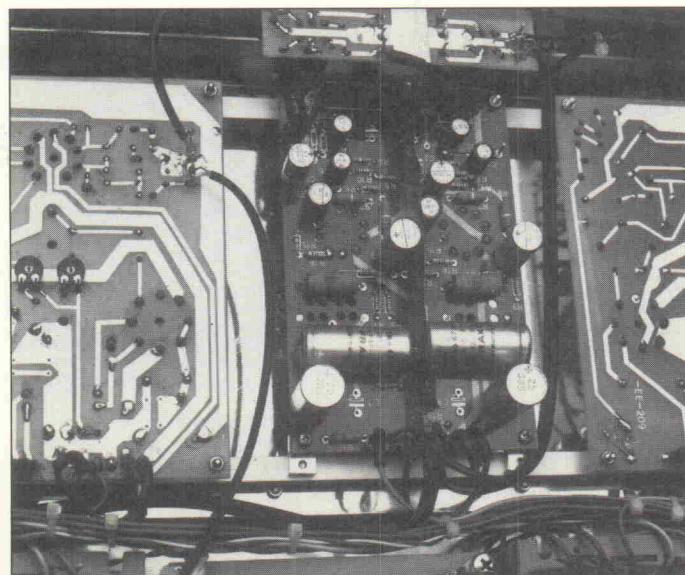


**Die Heizungsregelung findet an einer Schmalseite des Gehäuses Platz.**

würde. Andererseits würde bei ausgesteuerter Endstufe die Spannung an den Siebelkos im Takt des Signals schwanken, was Modulationseffekte auf die Vorstufe hätte. Als Siebglied wurde ein Hochspannungs-FET eingesetzt, der genauso wie eine Siebschaltung mit bipolaren Transistoren funktioniert. FETs in diesem Spannungsbe- reich sind leichter erhältlich, vergleichbare bipolare Transi- storen findet man hingegen kaum. Falls es doch passende Typen gibt, bekommt man sie kaum im handlichen TO-220-Gehäuse, und der Verstärkungs- faktor liegt sehr niedrig, meistens unter 10. In der Regel

handelt es sich um Schalttransi- storen, die für den hier benötig- ten Zweck ungeeignet sind. Hier fiel die Wahl auf den BUZ 92, der 600 V, 2,4 A und 75 W Verlustleistung verträgt, und das alles im praktischen TO-220-Gehäuse. Mit diesem FET ist ausreichende Betriebs- sicherheit gewährleistet. Wegen der hohen zulässigen Verlustleis- tung können sehr kleine Kühl- körper direkt auf die Netzteilplatine montiert werden. Damit erspart man sich aufwendige Isolationsmaßnahmen; größere Kühlkörper müßten aus Platz- und Stabilitätsgründen mit dem Chassis verschraubt werden.

**Zwischen den beiden Endstufen wird die Line-Verstärker-Platine montiert.**



# Für verwöhnte HiFi-Genießer.



**Oldie-CD 20**

Die außergewöhnliche HIFI VISION-Edition in limitierter Auflage. POP, OLDIES, KLAISIK. Klang pur.

1. Something In The Air Thunderclap Newman
2. Silence Is Golden The Tremeloes
3. Poor Boy The Lords
4. Apache The Shadows
5. There's A Kind Of Hush Herman's Hermits
6. My Little Lady The Tremeloes
7. Hollywood Waterloo & Robinson
8. Vincent Don McLean
9. Have A Drink On Me The Lords
10. Let's Work Together Canned Heat
11. What's Going On Taste
12. Something New\* John Mayall
13. Radar Love Golden Earring
14. Tales Of Brave Ulysees Cream
15. Took The Car\* John Mayall
16. Thinking Of My Woman\* John Mayall
17. Crossroads (Live At Fillmore) Cream
18. Strange Kind Of Woman Deep Purple
19. Child In Time Deep Purple

\* CD-Premiere

**DM 35,-**

Nutzen Sie die Bestellkarte in der Heftmitte.



eMedia GmbH  
Postfach 61 01 06 • 3000 Hannover 61

Einen Teil der Verlustleistung übernehmen die Widerstände R7, R8 und R9, die aus Platzgründen stehend eingelötet sind. Bei der EL 34-Version wird nur R7 liegend eingelötet, da hier mit niedrigerer Betriebsspannung gearbeitet wird.

Die negative Gittervorspannung für die Endröhren kann relativ einfach über einen Einweggleichrichter erzeugt werden. Die Spannung wird über zwei Elkos und einen Widerstand gesiebt. Eine weitere Entkopplung und Siebung erfolgt direkt auf den Endstufenplatten (siehe Bild 8). Die Schaltung ist in Bild 12 enthalten, in Bild 13 ist der Bestückungsplan der gesamten Netzteilschaltung gezeigt.

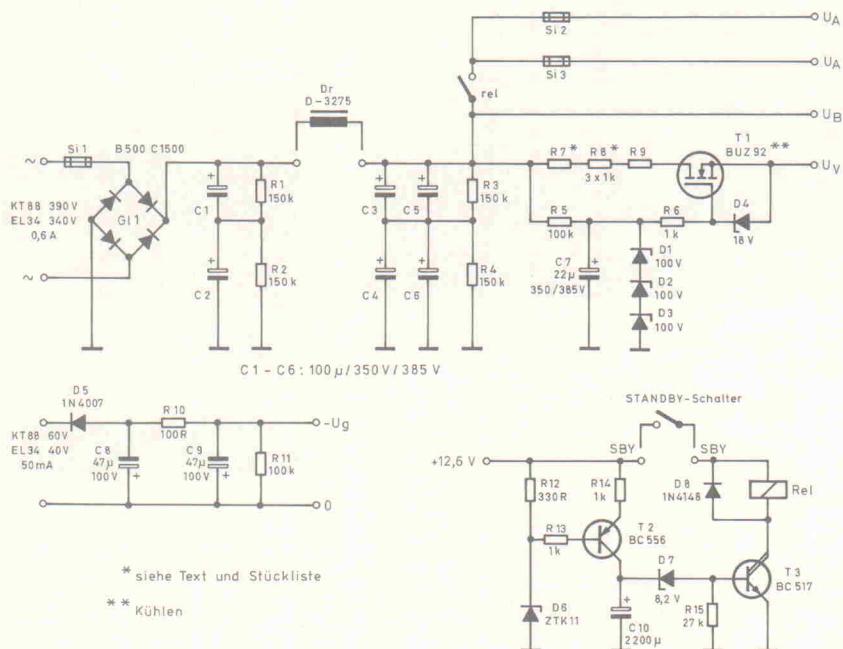
## Einschalten

Die Inbetriebnahme des Gerätes ist einfach, wenn alle schon öfters in Elrad im Zusammenhang mit Röhrenschaltungen gemachten Ratschläge befolgt werden. Die hohe Betriebsspannung ist auf jeden Fall gefährlich, so daß die notwendige Vorsicht wie auch ein sorgfältiger und mehrfach auf Richtig-

keit kontrollierter Aufbau unabdingbar sind. Wenn man sich davon überzeugt hat, daß alles korrekt verdrahtet ist, werden zuerst Heizspannung und negative Gittervorspannung überprüft. Die Anodenstromsicherung Si1 sowie die Sicherungen

Si2 und Si3 bleiben zunächst unbestückt. Die Heizspannung wird im Leerlauf auf circa 12,6 V eingestellt. Die negative Gittervorspannung muß direkt an den Röhrensockeln für die Endröhren mit circa -50 V anliegen und muß sich auf jeden

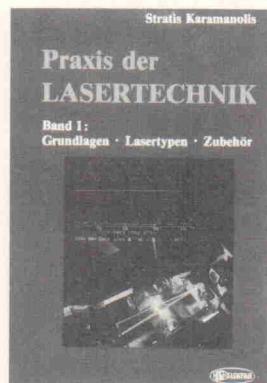
Fall mit P1 und P2 verstetigen lassen. Man stellt die Potis für den nächsten Prüfschritt so ein, daß am Gitterkontakt des Röhrensockels die maximal mögliche negative Spannung anliegt. Wenn diese erste Überprüfung erfolgt ist, schaltet man aus und



**Bild 12.**  
**Die Stromversorgung für die Anoden- spannungen und Gitter- vorspannung.**



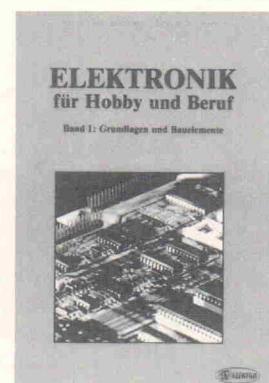
**Alles über Solarzellen**  
**Ein Hanbuch für Anwender**  
180 S., 125 Abb., DM 29,80



**Praxis der Lasertechnik**  
*Bd. I: 190 S., 130 Abb., DM 34,—  
Bd. II: 140 S., 80 Abb., DM 26,—*



Digitaltechnik für Einsteiger  
140 S., 99 Abb., DM 28.—



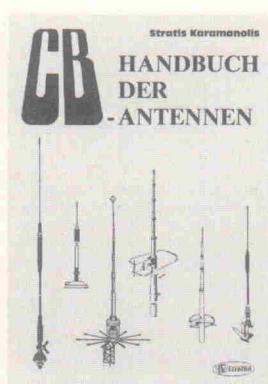
**Elektronik für Hobby und Beruf**  
326 S., 210 Abb., DM 36,—



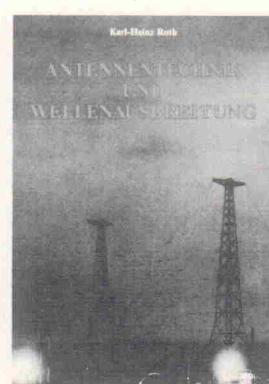
**Netzgeräte für Hobby-Elektroniker**  
90 S., 70 Abb., DM 19,80



**Alles über CB**  
**Ein Handbuch für den CB-Funker**  
8. Aufl., 180 S., 130 Abb., DM 29,80

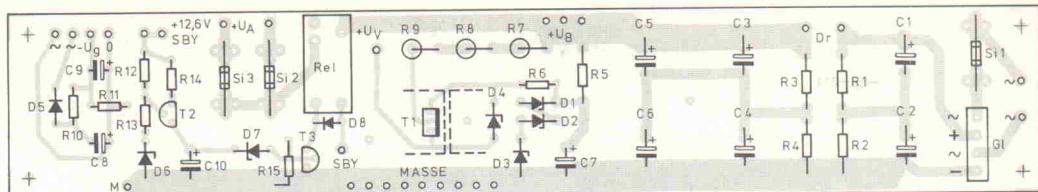


**Handbuch der CB-Antennen**  
160 S., 105 Abb., DM 28,—



**Antennentechnik und  
Wellenausbreitung**  
*156 S., 124 Abb., DM 29,80*

**Bild 13.**  
**Bestückungsplan der Stromversorgung.**



setzt alle Röhren ein. Danach wird wieder eingeschaltet. Nach einiger Zeit müssen die Röhrenheizungen sichtbar glühen. Die Heizspannung wird nochmals auf 12,6 V nachgeregt.

Ist auch dieser Versuch erfolgreich verlaufen, wird wieder abgeschaltet. Man setzt zuerst Si1 ein und schaltet wieder an. Mit dem Oszilloskop muß nach Anlegen eines Sinussignals am Eingang und nach der Aufheizzeit ein sauberer Sinus (Übersteuerung vermeiden) am Ausgang des Vorverstärkers meßbar sein. Man kann auch gleich die Relaisschaltung mit den Signalwegen auf richtige Funktion prüfen. Die Relais werden aus der Heizspannung gespeist. An Rö1a und Rö1b in den Endstufen müssen ebenfalls Sinussignale meßbar sein. Die Stand-by-Schaltung kann

auch geprüft werden, ob sie in der oben beschriebenen Weise funktioniert. Kurz nach dem Einschalten der Netzspannung darf das Relais unabhängig vom Stand-by-Schalter nicht anziehen.

Wenn diese Vorprüfungen erfolgt sind, wird zunächst nur eine der Anodensicherungen eingesetzt. Nicht vergessen, den Elkos nach dem Abschalten genügend Zeit zum Entladen zu lassen, sicherheitshalber immer die Spannung mit einem Meßgerät auf Ungefährlichkeit überprüfen! Nach der Aufheizzeit wird über Stand-by die Spannung auf die Endstufenröhren gegeben. Weiterhin muß unbedingt ein Lastwiderstand von  $2\Omega$ ,  $4\Omega$  oder  $8\Omega$  mit entsprechender Belastbarkeit am Übertrager angeschlossen sein! Dann werden abwechselnd beide Endröhren, je nach Röh-

## Stückliste

### Netzteil

Widerstände (0,7 W Metallschicht 1%; 4,5 W Metalloxid 5%; 1,5 W Metalloxid 5%):

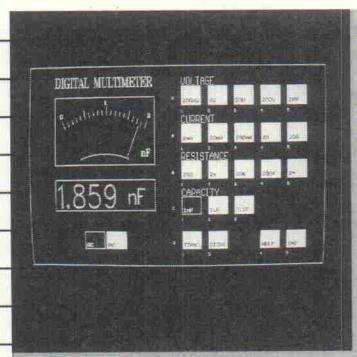
R1...4	150k; 1,5W
R5	100k; 1,5W
R6	1k
R7,8,9	1k; 4,5W/R7,8 entfällt bei EL 34
R10	100R
R11	100k
R12	330R
R13,14	1k
R15	27k

Halbleiter:

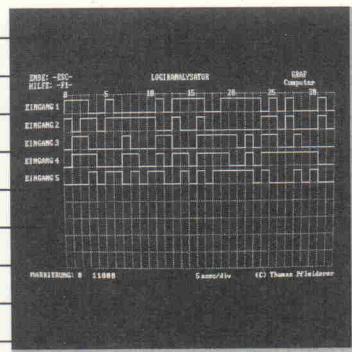
T1	BUZ 92
T2	BC 556
T3	BC 517
D1,2,3	Z-Diode; 100V/1,3W
D4	Z-Diode; 18V/1,3W
D5	1N 4007
D6	ZTK 11
D7	Z-Diode; 8,2V/1,3W
D8	1N 4148
G1	B 500 C 1500
Sonstiges:	
Si1	1,25A träge
Si2,3	0,2A träge
Dr	D-3275
1	Netztrafo NTR-12
Rel	Schrack RP010012, 12V, 1 × UM
	vergoldete Kontakte
	Kippschalter 1 × UM

### Kondensatoren:

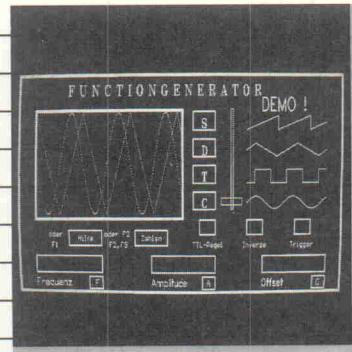
C1...6	100µF/350V/385V
C7	22µF/350V/385V
C8,9	47µF/100V
C10	2200µF/25V



Digital-Multimeter: DM 49,-



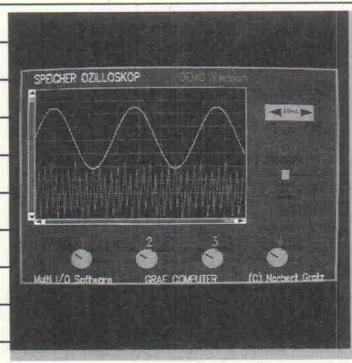
Logik-Analysator: DM 49,-



Funktionsgenerator: DM 49,-

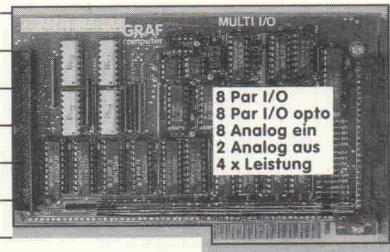
## Machen Sie mehr aus Ihrem PC!

**GRAF**<sup>®</sup>  
computer  
Tel.: (08 31) 6 30 11  
Fax: (08 31) 6 10 86  
Postfach 1610 · 8960 Kempten

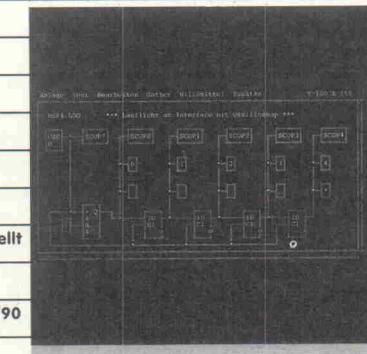


Speicheroszilloskop: DM 49,-

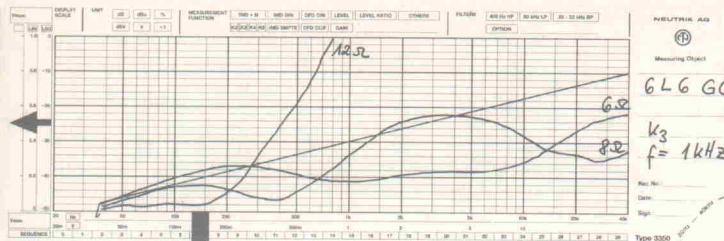
Mit unserem PC-Interface\* und den dazu passenden Programmen. Info kostenfrei - heute noch anfordern!



PC-Interface: DM 98,- bis DM 398,-



Logik-Simulator: DM 248,-



**Bild 14.**  
**Meßschriebe.**

renbestückung, auf den Nennruhestrom eingestellt. Dieser ergibt sich anhand des Spannungsabfalls an den Kathodenwiderständen. Man sollte auf jeden Fall erst eine Röhre, dann die andere, dann nochmals die erste und dann wieder die zweite einstellen. Die Ersteinstellung ist mit Sicherheit ungenau, da der Ruhestrom etwas davolauf, wenn das Netzteil mehr belastet wird. Nun gibt man wieder ein Sinussignal auf den Eingang und beginnt bis zur Clippinggrenze auszusteuren. Die Endstufe muß bis zur Aussteuerungsgrenze ohne Schwingneigung hochlaufen können. Man läßt die Endstufe etwa fünf bis zehn Minuten so laufen und schaltet das Sinussignal und den Verstärker wieder ab. Dasselbe wird nun mit der zweiten Endstufe gemacht. Ist auch dieser Vorgang beendet, sollte man beide Endstufen zugleich etwa halb aussteuern und für einige Zeit einbrennen. Nach etwa einer halben Stunde Aussteuerung wegnehmen, die Röhren einige Minuten ohne Signal laufen lassen und dann Heizspannung und alle Ruhestrome nochmals auf Sollwerte einstellen. Damit ist das Gerät abgeglichen.

Es kann sein, daß beim ersten Einschalten einer Endstufe sofort ein starkes Schwingen auftritt. Wenn die Gegenkopplungsschleife geöffnet wird und das Schwingen ist vorüber, deutet das auf einen verpolten Ausgangsübertrager hin. Die Anoden- und Schirmgitteranschlüsse müssen dann miteinander vertauscht werden, damit der Übertrager phasenrichtig liegt. Wenn dies nämlich nicht der Fall ist, wird aus der Gegenkopplung eine Mitkopplung und aus der Endstufe ein Leistungsgenerator. Es muß gegebenenfalls geprüft werden, ob beide Schirmgitteranzapfungen richtig liegen. Sind diese kreuzweise vertauscht, tritt ebenfalls Schwingen auf, auch wenn die Anodenanschlüsse richtig liegen. Man kann mit dem Ohmmeter leicht prüfen, wie die

Übertrageranschlüsse liegen. Von Anfang über Mitte bis Ende müssen die Ohmwerte aufsteigend liegen.

Das Mustergerät wurde in einem Vollaluminiumchassis aufgebaut, dessen Sichtteile poliert und hochglanzvernickelt wurden. Ein Röhrengenerator soll ja nicht nur ein akustischer, sondern auch ein optischer Leckerbissen sein. Anhand der Fotos kann man den prinzipiellen Aufbau erkennen. Damit die Optik perfekt wird, wurde das Mustergerät mit der formschönen Röhre KT 88 bestückt.

### Meßergebnisse

Bei der Entwicklung der Schaltung traten einige interessante Meßergebnisse zutage. Oft wird diskutiert, wie welche Röhre klingt, und so manche wird als Geheimtip gehandelt. In der vorliegenden Endstufe wurden mehrere pinkompatible Typen aus verschiedensten Fertigungen getestet. Kriterium waren die  $k_3$ -Werte über der Aussteuerung. Dabei wurde versucht, jeden Röhrentyp möglichst optimal abzugleichen. Wie die Meßkurven zeigen, kam es dabei zu recht kuriosen Ergebnissen. Lautsprecherboxen dürfen nach DIN Impedanzabweichungen bis -20 % unter dem Sollwert haben. Wieviel Abweichung nach oben zulässig ist, wird dabei nicht definiert. Nun gibt es jede Menge Boxen, die durchaus kräftige Impedanzspitzen haben. Was dabei zum Beispiel mit der 6L6GC passieren kann, geht aus den Meßschrieben in Bild 14 hervor. Alle drei Kurven wurden unter gleichen Voraussetzungen gemacht. Der Übertragerausgang war auf 8  $\Omega$  geschaltet, und dann wurde mit verschiedener Last  $k_3$  über der Aussteuerung gemessen. Was bei der 6L6GC stört, ist der schon relativ große Klirr bei kleiner Aussteuerung. Weiterhin ist bemerkenswert, daß bei korrektem Abschluß mit 8  $\Omega$  bei mittlerer Aussteuerung der Klirr kräftig ansteigt, um dann mit größerer Aussteuerung wieder

kleiner zu werden – ein sehr schlechtes Klirrverhalten! Bei Last unter 8  $\Omega$ , nämlich mit 6  $\Omega$ , wird die Tendenz geringfügig besser. Bei größeren Lastimpedanzen wird jedoch der Klirr unerträglich hoch.

Wenn Endstufen ein derartiges Verhalten haben, sind sie eventuell gut als Sounderzeuger für Gitarrenverstärker geeignet, nicht jedoch für HiFi-Zwecke. Man kann aus diesen Kurven einige Rückschlüsse ziehen. Sie erklären, warum manche Verstärker mit bestimmten Boxen gut klingen, mit anderen wiederum nicht. Die gut klingende Kombination beinhaltet eine Box mit relativ konstanter Impedanz. Grundsätzlich ist ein Verstärker jedoch schlecht, wenn er bei wechselnden Impedanzen seinen Klirrverlauf dermaßen stark ändert. Wer die endlosen Diskussionen über Klangverhalten und welches Gerät mit welchem harmoniert kennt, weiß, wieviel leeres Stroh gedroschen wird. Statt an der Quelle des Übels anzupacken, versucht man mit Kombinationen und mit High-End-Kabeln den Teufel mit dem Beelzebub auszutreiben. Dies nützt aber wenig, wenn die Grundsubstanz nichts oder nur wenig taugt. Bei High-End-Verstärkern kommt es nicht nur auf gute Datenblattwerte an,

sondern es muß vor allem unter Bedingungen gemessen werden, die der Praxis möglichst nahe kommen.

Das hier vorgestellte Konzept wurde so entwickelt, daß der Verstärker ohne Gegenkopplung und kompensatorische Maßnahmen in weiten Bereichen möglichst sauber arbeitet. Dies gilt auch für den Übertrager. Erst wenn die Schaltung weitestgehend gut ist, darf die sorgfältig dimensionierte Gegenkopplung und Kompensation leicht korrigierend eingreifen. Das ist die Kunst des NF-Verstärkerbaus. Mit hoher Leerlaufverstärkung und entsprechend starker Gegenkopplung gute Daten für das Meßblatt hinkriegen kann fast jeder. Derartige Verstärker sind jedoch nur für statischen Betrieb mit reinen Sinussignalen an reeller Last geeignet, nicht jedoch für Musikwiedergabe mit vollkommen unterschiedlichen Frequenz- und Amplitudenmischungen an komplexen Lasten, wie sie Lautsprecherboxen nun einmal darstellen. Das hier vorgestellte Konzept hat diesbezüglich absolut keine Probleme. Wie schon kurz angedeutet, wurden die Übertrager seit längerer Zeit mit verschiedenen Endröhren in ähnlich konzipierten Schaltungen ausgiebig getestet. Wer nach den erläuterten Vorgaben arbeitete beziehungsweise derartige Verstärker zu hören bekam, stufte sie in höchste Klassen ein. Ein sorgfältig aufgebautes und mit besten Bauteilen bestücktes Selbstbaugerät braucht deshalb keineswegs hinter industriell gefertigten Massenprodukten zurückzustecken.

### Technische Daten

Ausgangsleistung	35 W (50 W)
Eingangsspannung	>350 mV
Klirrfaktor bei $P_{Nenn}$	1 %
Fremdspannungsabstand	-70 dBm (-64 dBm)
Frequenzgang	-0,1 dB/20 Hz–20 kHz
Kanaltrennung	75 dB (10 kHz)

### Einstellung Ruhestrom

KT 88	EL 34
$I_k = 50 \text{ mA}$	$I_k = 44 \text{ mA}$

# Zehnkämpfer

## Neuer Meßplatz von Audio Precision



Preview

P. Schmitz

**Im Sport bezeichnet man die Zehnkämpfer als Könige der Leichtathleten, zuweilen aber auch als Meister der Mittelmäßigkeit.**

**Betrachtet man diverse Vielfachmeßgeräte unter diesem Aspekt, so scheint oft die zweite Umschreibung eher zuzutreffen. Nicht so bei einer neuen Generation von Geräten, die speziell für Messungen an professionellem Audio-Equipment entwickelt wurden und die – gemessen an ihrem Preis – eine geradezu unglaubliche Leistungsvielfalt versprechen. Grund genug, sich einen Vertreter dieser Gerätelasse, den Portable One von Audio Precision, einmal genau anzusehen.**

Jeder, der sich mit der Messung von HiFi- oder Audiogeräten gleich welcher Art beschäftigt, kennt das Problem: Aufgrund der Vielfalt und Komplexität der zu erfassenden Parameter ist eine Schar von einzelnen Spezialmeßgeräten zur Erfassung von Geräuschspannung, Klirrfaktor, Intermodulationsverzerrungen, harmonischen Verzerrungen, Übersprechen, Phasen und Phasenverhältnissen, Pegeln und Pegelverhältnissen et cetera notwendig. Außerdem gibt es für die meisten Meßverfahren Vorgaben zur Benutzung von A-, CCIR- oder anderen Bewertungsfiltern, die ihrerseits dann wieder RMS, Quasi-Peak- oder sonstige Zeitbewertungen aufweisen können.

Nach Verkabelung all dieser Geräte beispielsweise auf einem Steckfeld hat man dann schon ein nicht unbeträchtliches und damit störanfälliges Kabelnetz verlegt, das bei der Messung sehr niedriger Pegel im Geräuschspannungsbereich leicht zur Dokumentation der aktuellen Einstrahlungswerte einer Neonröhre in das Meßka-

bel führt. Hinzu kommt, daß selbst professionelle Servicelabors in manchen Fällen über einige dieser Meßgeräte nicht verfügen.

Schon die Ankündigung des Portable One ließ daher viele aufhorchen, die sich professionell oder semiprofessionell mit der Audiomeßtechnik befassen. Aber auch Ge- oder Verlegeneheitsmeßtechniker fühlen sich hier angesprochen, bietet das Gerät schon durch sein Konzept einen gewissen Schutz vor häufig gemachten Bedienfehlern.

### Bedienung

Nach einer kurzen Umgangszeit mit dem Gerät wird klar, daß die Entwickler des Portable One einige Energie in die Bedienfreundlichkeit der 'Benutzeroberfläche' investiert haben. Dabei wird konsequent ein Soft-Button-Konzept verfolgt. Oberhalb und unterhalb des zentralen Displays befinden sich insgesamt sieben Knöpfe. Sechs davon erhalten ihre Funktionszuweisung durch wechselnde Beschriftungen im

Display, und zwar kontextsensitiv. Dies führt dazu, daß nur die für die jeweilige Meßaufgabe wichtigen Parameter im Blickfeld des Betrachters liegen. Bekanntmaßen besteht eine der größten Schwierigkeiten der Meßtechnik darin, sich jederzeit klar vor Augen zu halten, was man messen will, und ob man bei der aktuellen Messung auch wirklich die richtigen Parameter erfaßt. Hierzu liefert das Soft-Button-Konzept eine sehr gute Hilfestellung, indem es die jeweils irrelevanten Parameter einfach ausblendet. Der siebente Knopf hat eine feste Funktion, er dient zum Festlegen des '0-dBr'-Pegels. Nach Anlegen eines Pegelsignals oder Aufschalten des internen Generators an einen Eingang wird der anliegende Pegel durch Drücken dieses dB-Zero-Knopfes als 0 dBr definiert.

Die sonstigen Bedienelemente sind im einzelnen die Multifunktions-Elemente für Frequenz und Amplitude, die je nach Status verschiedene Funktionen erfüllen (siehe oben), die Wahlknöpfe für die aktuelle

Meßfunktion, die Knöpfe zur Aktivierung der Ein- und Ausgänge, Elemente zur Wahl des Display-Status sowie die Elemente zur Einstellung des Displaykontrastes und der Monitorlautstärke.

Es stehen zwei Eingänge und zwei Ausgänge (alle XLR, symmetrisch) sowie ein Ausgang zum Anschluß eines Kopfhörers zur Verfügung.

Auf der Rückseite finden sich noch drei BNC-Anschlüsse:

1. SYNC – hier liegt ein Sinussignal mit der Frequenz des internen Generators und einer Amplitude von konstant 1 V an, das zum stabilen Triggern eines Oszilloskopes via externem Trigger gedacht ist.

2. INPUT – wie der Name schon sagt, liegt hier das Inputsignal des Portabel One an, und zwar vor dem ersten Voltmeter. Der Dynamikbereich dieses Ausgangs ist stark komprimiert, um eine Signalverfolgung mit einem Oszilloskop oder Spektrumanalyser ohne Bereichswechsel zu ermöglichen.

3. ANALYZER – hier liegt das Signal an, das alle Filterstufen des Gerätes, aber auch den IMD-Demodulator oder den Wow-and-Flutter-Discriminator durchlaufen hat. Es ist gleichzeitig das Signal unmittelbar vor der Anzeige.

## Meßfunktionen

**Amplitude/Noise:** Beide Funktionen messen die Amplitude des angewählten Signals (A/B). Bei Noise ist der interne Generator abgeschaltet und das Meßobjekt mit der am Generator aktuell gewählten Ausgangsimpedanz abgeschlossen. Der Generator kann aber jederzeit manuell wieder zugeschaltet werden, wenn dies erforderlich ist. Der erfaßte Meßwert kann wahlweise in V, dBu, dBV, dBm, dBr oder W angezeigt werden. Das ermittelte Signal kann man über IEC-A, CCIR-RMS, CCIR-quasi-peak, CCIR-ARM (modifizierte CCIR mit 0 dB bei 2 kHz) bewerten. Außerdem gibt es zwei freie Steckplätze, die mit optionalen Filtermodulen bestückbar sind, beispielsweise zur  $k_2/k_3$ -Messung bei Tonbandmaschinen. Konfiguriert man die Amplituden- und die Noise-Funktion mit verschiedenen Bewertungsfiltern (z. B. Amplitude mit A-

AC MAINS	THD+N	FREQ
119.4 V	2.9 %	59.994 Hz
110.0 V	AUTORANGE	120.0 V
LOAD	A	FREQ
571. OHM		1.0004 kHz
GEN: SINE	200.0 mV	1.000 kHz

Bewertung, Noise unbewertet), kann per Knopfdruck zwischen den beiden Meßvarianten umgeschaltet werden.

**Level:** Die Level-Funktion ist zweikanalig und mißt die Pegel der beiden Eingänge, die so dann simultan abgebildet werden. Hier kommt besonders schön die jederzeit zusätzlich zur digitalen Darstellung abrufbare Balkenanzeige zum Tragen, deren Endpunkte auf beliebige Werte eingestellt werden können, um die bestmögliche optische Auflösung für den jeweiligen Meßbereich zu erreichen. Zusätzlich ist im verbleibenden Feld der Anzeige wahlweise die Signalfrequenz oder die Phasenlage zwischen den beiden Kanälen einblendbar. Bei der Level-Funktion existiert keine Möglichkeit, die internen Bewertungsfilter einzuschleifen.

**THD + N:** Dieses Kürzel steht für 'Total Harmonic Distortion + Noise'. Hierbei setzt man ein steilflankiges Notch-Filter ein, um die jeweilige Frequenz des (Generator-)Grundtones herauszufiltern. Die herausgefilterte Frequenz erkennt der Portable One wahlweise automatisch, durch manuelle Eingabe oder gesteuert durch den eigenen Generator. Die hinter der Bandsperre verbleibende Signalkomponente ist somit ein Maß für die gesamte harmonische Verzerrung (THD) zuzüglich des unvermeidlichen Rauschanteils (N). Die resultierende Größe ist demnach das Pendant zur in Deutschland verbreiteten Klirrfaktor-Angabe, die eine Aussage über das Verhältnis der bei einer Verzerrung neu entstandenen Oberwellenspannungen zu der ge-

**AC-CHECK-Menü (oben) und Messung der Eingangsimpedanz (unten).** Wie man leicht sieht, fand die obere Messung in einem 'zölligen' Teil der Welt statt. Trotzdem ist es erstaunlich, wie niedrig der mit Motor-Generatoren erzeugte Klirrfaktor der Netzspannung ist.

samen verzerrten Spannung macht. THD + N kann in Prozent oder in dB ausgegeben werden.

**Sinad:** Sinad ist definiert als das Verhältnis von (Signal + Rauschen + Verzerrungen)/(Signal + Verzerrungen) am Ausgang eines FM-Empfängers und ähnelt von daher der THD + N-Angabe, abgesehen vom reziproken Vorzeichen der Pegelangabe. Auch hier wird ein Notch-Filter benutzt, allerdings mit einer festen Frequenz von wahlweise 400 Hz oder 1 kHz. Der Sinad-Wert wird immer in dB angegeben.

**Phase:** Die Phase zwischen den beiden Signalen an den Eingängen A und B wird gemessen. Es kann wahlweise die Phase (A/B) oder Phase (B/A) dargestellt werden, je nachdem, welcher Eingang als Referenz definiert wird. Durch Wahl des 'GEN'-Knopfes im Input-Auswahlfeld des Portable One kann der Generatorausgang des Gerätes als Referenz dienen, was im Display als PHASE A-G angezeigt wird. Dies kann zum Beispiel

benutzt werden, um die Signal-Phasenverschiebung durch ein Gerät oder eine Signalkette zu bestimmen (extrem wichtig bei der Konstruktion von aktiven Frequenzweichen, Speaker-Offset-Kompensation usw.).

**Intermodulationsverzerrungen:** Dieses Verfahren demoduliert die Amplitudenmodulation eines hochfrequenten Signals (3 kHz...20 kHz), die ein zweites, tieffrequentes Signal (40 Hz...250 Hz) hervorruft. Die Intermodulationsverzerrungen werden in Prozent der höherfrequenten Amplitude oder in dB unterhalb des entsprechenden Signals angezeigt. Die IMD-Messung ist nicht standardmäßig enthalten, sondern wird gegen Aufpreis installiert.

**Ratio:** Das Verhältnis der RMS-Signalwerte an den beiden Eingängen. Es kann entweder Ratio (A/B) oder Ratio (B/A) angezeigt werden.

**Wow + Flutter:** Dies ist diejenige Größe, die die Gleichlaufschwankungen eines Plattenspielers, Tape-Recorders oder CD-Players beschreibt. Sie kann gemäß der DIN-, NAB- oder JIS-Spezifikationen mit 3 kHz oder 3,15 kHz gemessen werden. Als dritte Meßgröße kann man wahlweise die Frequenz oder die Abweichung von der Sollgeschwindigkeit in Delta-Prozent ablesen.

**Crosstalk:** Um das Übersprechen von einem Kanal auf einen anderen zu messen, wird der erste Kanal mit einem Signal beaufschlagt. Anschließend prüft man, mit welchem Pegel dieses Signal in dem zweiten Kanal erscheint, in dem eigentlich Ruhe herrschen sollte. Um nun auch die bei hochwertigen Gerätschaften sehr geringen Übersprechpegel korrekt zu erfassen, greift man beim Portabel One zu einem Trick. Die Messung erfolgt nämlich über ein Bandfilter, das automatisch auf die am signalbetriebenen Kanal gemessene Frequenz abgestimmt wird. Dadurch unterdrückt man Verfälschungen durch das Eigenrauschen des betreffenden Kanals. Tauscht man Betriebskanal und Meßkanal, werden sowohl der Generatorausgang als auch die Filterzuteilung automatisch 'übernommen'.

**AC-Mains-Check:** Hiermit erfaßt man die drei Hauptparameter der lokalen Netzspannung:

Spannung, Verzerrungen (THD + N) und Frequenz. Diese drei Werte werden simultan in den oberen drei Feldern der Anzeige eingeblendet. Über ein Submenü dieser Funktion erhält man auch Zugriff auf die Selbsttest-Funktion des Gerätes. Hier wird ein umfassender Test der Funktionen des Gerätes vorgenommen, wobei die im Selbsttest gemessenen Werte mit den abgespeicherten Referenzen verglichen werden. Stellt das Gerät eine Abweichung außerhalb der Toleranzen fest, wird der Selbsttest gestoppt und eine Fehlermeldung ausgegeben. Eine Fortsetzung des Tests erfolgt erst nach Betätigung einer Taste.

**Generator-Load:** Als letztes in der langen Liste verfügt man über eine komfortable Möglichkeit, den Wechselstrom-Eingangswiderstand des an den internen Generator angeschlossenen Gerätes zu messen. Dies funktioniert aufgrund des verwendeten Verfahrens bis zu einem Eingangswiderstand von 20 kΩ. Standardmäßig wird für diesen Test eine Frequenz von 1 kHz angeboten. Die Frequenz kann man aber auch ändern, um beispielsweise zu überprüfen, ob sich dadurch Abweichungen des Widerstandes einstellen.

An einigen Punkten wurde schon angedeutet, daß der interne Generator als integraler Bestandteil einer Messung zu betrachten ist. Mit der Anwahl einer Funktion aus dem Angebot werden immer auch die notwendigen Generatorparameter für den folgenden Vorgang konfiguriert. Es versteht sich von selbst, daß der Generator auch stand-alone benutzt werden kann, mit vollem Zugriff auf Frequenz und Amplitude. Hier stehen dann hochwertige Sinus- und Rechtecksignale zur Verfügung, die man qualitätsmäßig durchaus mit guten 'Nur-Generatoren' vergleichen kann.

**Anwendungen:** Mit der Vielzahl von Funktionen des Audio Precision Portable One eröffnet sich dem Anwender das Tor zur Welt der exakten Daten und Fakten. Es läßt sich leicht vorstellen, daß jedes HiFi-Studio, das etwas auf sich hält, in Zukunft mit einem Audio-Vielfachmeßgerät dieser Art ausgerüstet sein möchte, um dem verwirrten Kunden einen objektiven Vergleich der beliebäugelten Anlagen zu ermöglichen. Gerade dadurch ergibt sich für

den engagierten HiFi-Händler eine Möglichkeit, sich deutlich vom Heer der Mitbewerber abzusetzen, zumal unter Umständen gleich zwei Fliegen mit einer Klappe erschlagen werden können. Die Hauptanwendung des Gerätes liegt nämlich eindeutig im Bereich des Geräteservices. Hier ersetzt der Audio Precision einen ganzen Meßgerätepark und geht zudem sehr sparsam mit dem Investitionsbudget des Käufers um. Mit einem zusätzlichen Oszilloskop kann ein Großteil der im Audio-Geräte-Service anfallenden Messungen bewerkstelligt werden, sei es im Consumer- oder im Professional-Bereich. Das Investitionsvolumen jedenfalls für einen so ausgestatteten Meßplatz bewegt sich deutlich unter 10 000 DM.

## Licht ...

Der Portable One ist ein ausgereiftes Gerät mit einer beispielhaften Bedienerfreundlichkeit zu einem sehr konkurrenzfähigen Preis, gemessen an dem, was für einen gleichwertigen Meßpark aus Einzelgeräten zu bezahlen wäre. Das Hauptproblem hierbei liegt nämlich in der Tatsache, daß die Hauptkonkurrenz Brüel & Kjaer aus Dänemark (deren neuen Audio-Analyser wir in einem der nächsten Hefte vorstellen) und Neutrik aus Liechtenstein die Marktpositionen besetzt halten. Der Fairneß halber sei aber gesagt, daß es nach wie vor Anwendungen gibt, bei denen der Kunde neben den Vorteilen des eingeführten Markennamens auch die bedingungslose Meßpräzision der dänischen Erzeugnisse zu würdigen weiß. Es gibt jedoch mindestens ebenso viele Fälle, wo die Vorteile eines Vielfachmeßgerätes den Nachteil einer kleinen Einbuße bei der Meßgenauigkeit leicht aufwiegen. Dies soll in keinem Falle bedeuten, daß der Portable One etwa ungenau wäre. Hierfür bürgt schon die Erfahrung des Herstellers mit dem High-End-Meßsystem 'System One', das eine breite Akzeptanz in der professionellen Audio-Industrie genießt. Wie zu hören ist, wurde ebendort auch der Portable One positiv aufgenommen.

Ein weiterer Interessentenkreis dürften Schaltungsentwickler in Labors sein, die mit wenig Aufwand jederzeit eine Aussage über die Auswirkung einer Schaltungsmodifikation auf

eine große Anzahl von Qualitätsparametern erhalten wollen.

Nicht zuletzt denkt man an solche Fälle, wo Verantwortung für das Funktionieren tontechnischer Anlagen zu tragen ist, wie beispielsweise in Theatern oder auf Bühnen. Hier wird dann das Portabel im Namen des Gerätes wichtig.

## ... und Schatten

Bei all den Vorzügen seien auch die Nachteile des Gerätes nicht verschwiegen. Hier wäre zum einen das Fehlen einer Computerschnittstelle zu nennen, die für einige Anwendungsfälle absolut obligat ist. Der Grund für diesen Mangel dürfte wohl mehr mit Marketing als mit technischen Gegebenheiten zu tun haben. Man möchte wahrscheinlich nicht zu sehr in den Markt für das dreimal so teure System One eindringen, das diese Schnittstelle natürlich standardmäßig anbietet wie auch den Ausdruck von Screen-copies, der beim Portable One ebenfalls fehlt. Außerdem fehlt eine Sweep-Funktion des Generators mit dazugehöriger Displaydarstellung des Pegels über die Frequenz. Dies ist sicherlich nicht für alle Anwender wichtig. Eine komfortable Möglichkeit der Frequenzgang-messung erweitert jedoch den Kreis der potentiellen Interessenten ganz enorm. Es wäre durchaus denkbar, daß auch diejenigen, die die Anschaffung eines Pegelschreibers erwägen, sich vom Portable One angesprochen fühlten, wenn es diese Funktion denn aufwiese.

## Fazit

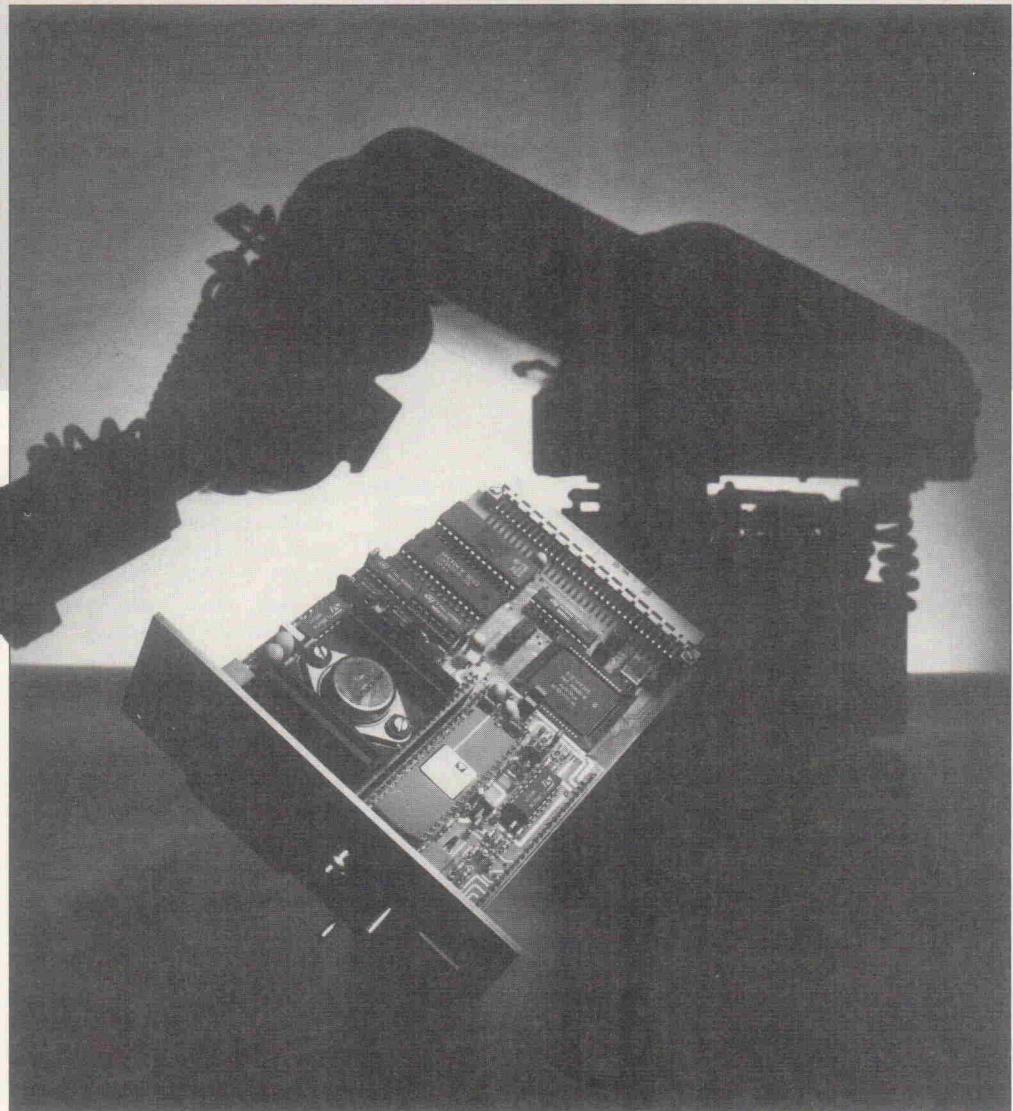
Derjenige, für den die wenigen angesprochenen Beeinträchtigungen von untergeordneter Bedeutung sind, verfügt mit dem Audio Precision Portable One über ein sehr kompaktes Meßgerät, das die meisten der wichtigen Messungen an Audiogeräten abdeckt. Die Erfassung vieler einzelner Qualitätsparameter ohne aufwendigen Meßpark und Strippensalat kommen dem Servicetechniker ebenso zugute wie demjenigen,

der vielfältige Funktionen in hoher Integration für portable Zwecke benötigt. Daß man es geschafft hat, dem Gerät dabei eine sehr gute Ergonomie mit auf den Weg zu geben, ist durchaus als ein weiterer Pluspunkt anzusehen.

BestNr	DM
<b>Pufferspeicher</b>	
00010 Katalog	0
22064 Centronics 64K	248
22256 Centronics 256K	498
22102 Centronics 1MB	998
88256 RS232 256K	598
88102 RS232 1MB	998
88409 RS232 4MB	2498
<b>Interfaces</b>	
00020 Katalog	0
42008 Druckerinterface 20mA 8K	348
72000 Druckerinterface Atari 800	248
92000 Druckerinterface C64/128	98
32000 Druckerinterface IEEE488	348
82008 Druckerinterface RS232 8K	248
82064 Druckerinterface RS232 64K	398
62008 Druckerinterface RS422 8K	348
24000 Centronics > 20mA	398
28000 Centronics > RS232	298
26000 Centronics > RS422	398
98064 C64/128 > RS232	298
86000 RS232 > RS422 0kV	298
86001 RS232 > RS422 1kV	348
86050 RS232 > RS422 50kV	348
84001 RS232 > 20mA 1kV	248
84050 RS232 > 20mA 50kV	298
11000 Selbstbautastatur an PC	298
81064 Eigenständiges Video-Interf.	348
<b>T-Switches, AutoSwitches</b>	
00030 Katalog	0
25210 Centronics 2 PC > 1 Drucker	248
25410 Centronics 4 PC > 1 Drucker	398
85211 RS232 > 2 PC > 1 Drucker	398
25120 Centronics 1 PC > 2 Drucker	248
25121 s.o. aber softwaregesteuert	798
25140 Centronics 1 PC > 4 Drucker	398
85125 RS232 1 PC > 2 Drucker	148
85121 s.o. aber softwaregesteuert	798
85145 RS232 1 PC > 4 Drucker	198
00040 Datenkabel Katalog	0
<b>Interface-Karten für PC</b>	
00050 Katalog	0
14201 2x20mA 500V isoliert	348
12100 Centronics (bis 100m!)	198
18200 2xRS232 normal	198
18200 2xRS232 500V isoliert	298
16201 2xRS422 500V isoliert	348
10601 Karte versorgt ext.Geräte	98
<b>PC schaltet Netzspannung</b>	
00060 Katalog	0
22520 Unterputz-Schalter	119
22521 Unterputz-Dimmer	119
22510 Zwischensteck-Schalter	148
22511 Zwischensteck-Dimmer	148
22503 Manuelle Fernbedienung	65
22502 Controller Centronics-Anschl.	248
Erweiterungen zum Selbst-	
00510 Installieren. Katalog	0
00520 UNIX-Install. Merkblatt	0
00530 Comp. richtig install. Merkblatt	0
<b>Leitungstreiber</b>	
00530 Katalog	0
20001 Centronics 1km 500V	498
80001 RS232 1kV 500V	498
<b>Optische Isolatoren</b>	
00530 Katalog	0
88001 RS232 1kV	248
88050 RS232 50kV	298
66001 RS422 1kV	248
66050 RS422 50kV	298
<b>Portable Buffer</b> Druck/ Maschinendaten mitnehmen	
00080 Katalog	0
22031 Centronics 32K	298
22127 Centronics 128K	598
88031 RS232 32K	598
88127 RS232 128K	898
00400 Kunstwerke extra für Computer-Spezialisten Katalog	0
<b>A: Basis</b> (0222) 9736366 <b>B: Brother</b> (02) 467 <b>C: Chi: Weber</b> (01) 9302003 <b>D: Wiesemann &amp;</b>	
<b>E: Theis</b> (0202) 505077 <b>DK: Jatec</b> (86) 408004 <b>E: Neol</b> 88.62.37.52 <b>NL: Cat&amp;Korsh</b> (010) 4507696 <b>USA: W&amp;T</b> 1-800-628-2086	
<b>Wiesemann &amp; Theis GmbH</b> Wittenstr. 312 5600 Wuppertal 2	
Tel.: 0202 505077 Fax.: 0202 511050	
<b>W&amp;T</b> PRODUCTS	

# FlexControl

## 80535-Controllerboard



**Ioannis  
Papadimitriou**

Mikrocontroller zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit, geringen Platzbedarf und niedrigen Entwicklungsaufwand aus. Sie sind hervorragend geeignet für die Bewältigung von Steuerungs- und Regelungsaufgaben sowie für die Informationsaufnahme und Verarbeitung. Darüber hinaus sind sie für den Betrieb in Mehrprozessor-systemen sowohl als autonome Einheiten als auch im Master/Slave-Betrieb sehr gut einsetzbar. Mit geringem Aufwand können Mikrocontroller an alle gängigen seriellen Bussysteme als intelligente, dezentrale Steuerungsbau-gruppen eingesetzt werden.

**D**as im Rahmen dieses Projektes beschriebene Mikrocontrollersystem ist in erster Linie für die Lageregelung hydraulisch angetriebener Handhabungssysteme konzipiert und entwickelt worden. Es wurde aber Wert darauf gelegt, daß das System auch für andere Regelungs- und Steuerungsaufgaben verwendet werden kann. Aus diesem Grund erfolgte sein Aufbau modular (Bild 1).

Es besteht aus einem Modul im Europakartenformat, das das eigentliche Mikrocontroller-System darstellt, und aus zwei weiteren Modulen, die sich auf das System aufstecken lassen. Es handelt sich dabei um ein

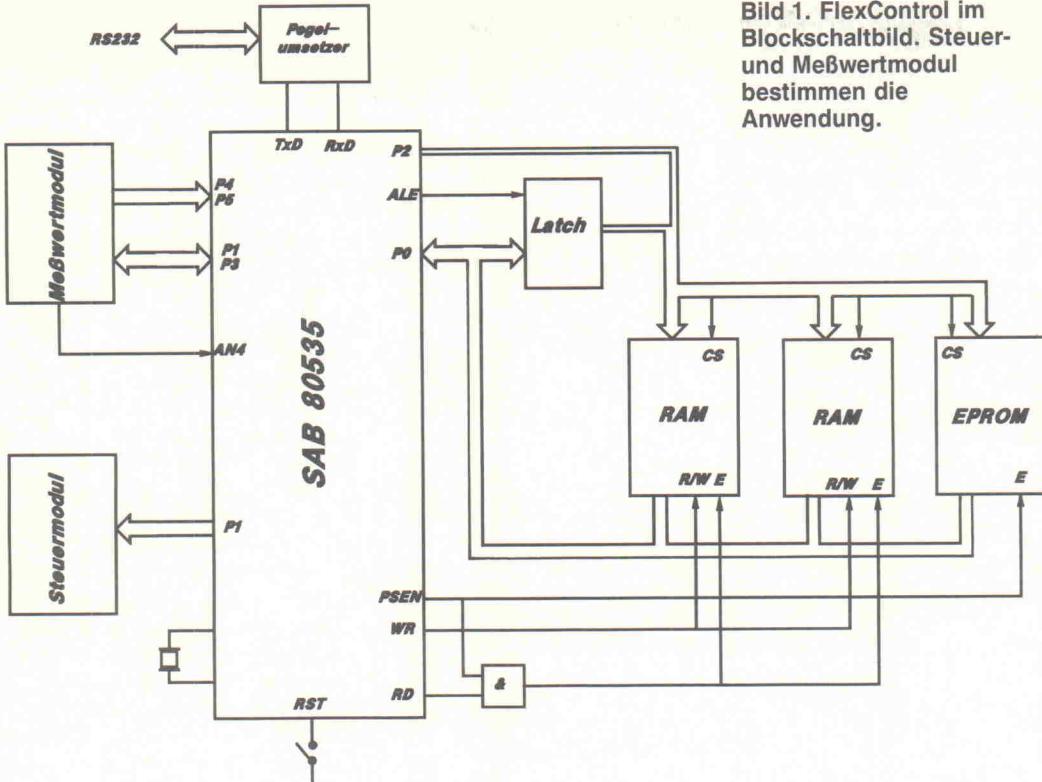
Steuer- und ein Meßwertmodul. Während das Steuermodul in dieser Anwendung für die Ansteuerung von Aktoren wie Ventile oder Gleichstrommotoren zuständig ist, liefert das Meßwertmodul Lageinformationen, die von einem Resolver/Digital-Wandler kommen.

Das Schaltungskonzept erhöht die Flexibilität des Systems und reduziert den Entwicklungsaufwand für den Einsatz in anderen Aufgabengebieten. Es reicht dann aus, eine neue 'Add-On'-Platine zu entwickeln und sich dabei an die Vereinbarungen (Größe, Versorgungsspannung, verfügbare Portbits) zu halten.

Weiterhin wird der Flexibilität durch die Software Mini-SPS Rechnung getragen. Mit ihr ist FlexControl im Stile einer SPS, ohne spezielle Programmierkenntnisse, für unterschiedliche Steuerungsaufgaben konfigurierbar.

### Auswahl des Mikrocontrollers

Jeder Halbleiteranbieter, der etwas auf sich hält, hat in seiner Produktpalette mindestens ein halbes Dutzend Mikrocontroller vorzuweisen. Deshalb war gleich am Anfang des Projektes die Frage zu klären, welcher Mikrocontroller für den vorlie-



**Bild 1.** FlexControl im Blockschatzbild. Steuer- und Meßwertmodul bestimmen die Anwendung.

nur für den internen Gebrauch vorgesehen (A/D-Wandler, Schnittstellen- oder Timer-0-2-Interrupt), die anderen sieben sind durch einzelne Bits der I/O-Ports pegel- oder flankengesteuert aktivierbar.

Die Interrupts können komplett und einzeln aktiviert oder gesperrt werden. Nach einem Reset sind alle Interrupts gesperrt. Jedem der 12 Interrupts ist eine feste Speicheradresse im Bereich 0003h...006Bh im Programmspeicher zugeordnet, zu der beim Auftreten eines Interrupts verzweigt wird. An diesen Adressen muß dann ein Sprungbefehl zum Beginn der entsprechenden Service-Routine stehen.

## A/D-Wandler

Der analoge Eingangsbereich verfügt über 8 Eingänge, die durch ein Kontrollregister selektierbar sind. Der Analogwert am Eingang wird innerhalb von 15 Maschinenzyklen in einen 8-Bit-Wert umgewandelt. Dazu sind zwei externe Referenzspannungen notwendig (für gewöhnlich die positive Betriebsspannung und Masse). Auf ihrer Basis können durch 2x4-Bit-Register die internen Referenzspannungen festgelegt werden. Auf diese Weise ist die A/D-Wandlung genau an den gewünschten Spannungsbereich anpaßbar. Der Wandler ist kontinuierlich oder im Einzelschrittverfahren steuerbar, am

genden Anwendungsfall am besten geeignet ist.

Abgesehen vom geringen Entwicklungsaufwand (sowohl für die Hard- als auch für die Software), sind folgende spezielle Anforderungen an die Hardware gestellt worden:

- Der Mikrocontroller muß in der Lage sein, ohne externen Schaltungsaufwand mindestens 64 KByte Arbeitsspeicher zu verwalten.
- Ein mehrkanaliger A/D-Umsetzer sollte integriert sein.
- Mindestens eine serielle Schnittstelle sollte vorhanden sein.
- Eine Hardware-Überwachung (Watchdog) muß im Mikrocontroller integriert sein.
- Der Controller muß mindestens über einen D/A-Umsetzer verfügen beziehungsweise Digital/Analog-Wandlungen unterstützen.

Jeder, der sich mit der Entwicklung von Mikroprozessorsystemen beschäftigt, wird wissen, welche wichtige Rolle leistungsfähige Entwicklungssysteme für die Erstellung fehlerfreier Programme spielen. Deshalb wurde als Auswahlkriterium neben den Fähigkeiten der Hardware ein besonders großes Augenmerk auf kostengünstige Möglichkeiten für die Softwareentwicklung gelegt.

Darüber hinaus wurde auf die allgemeine Applikationsunter-

stützung in Literaturform geachtet.

Die Wahl fiel letztendlich auf den SAB 80535. Dieser Mikrocontroller erfüllt die oben angeführten Forderungen am besten.

## Der SAB 80535

Der 80535 basiert auf dem 8-Bit-Controller 8051 von Intel. Neben dessen Struktur und Befehlssatz enthält er erhebliche Erweiterungen, durch die er sich besonders für Steuerungs- und Regelungssysteme eignet. Bild 2 zeigt seinen internen Aufbau.

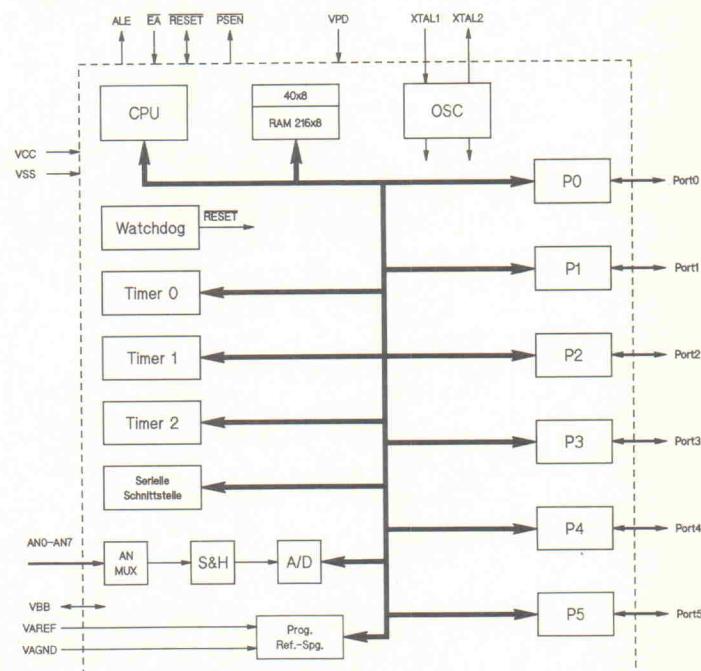
Der Mikrocontroller kann jeweils 64 KByte externen Programm- und Datenspeicher adressieren. Weiterhin verfügt er über 256 Byte internen Datenspeicher, den man als Stack oder Kontrollregister verwenden kann, und ermöglicht die direkte Adressierung von 256 Bit (Enable-Bits etc.). Außerdem besitzt er sechs bidirektionale I/O-Ports (8 Bit parallel), die man softwarmäßig konfigurieren kann, sowie einen A/D-Wandler mit 8-Bit-Auflösung und acht gemultiplexten Eingängen.

Zur weiteren Ausstattung zählen drei 16-Bit-Timer und ein 16-Bit-Watchdog-Timer sowie eine komfortable Interruptstruktur und eine serielle Schnittstelle, die man in vier Betriebsmodi mit variablen Baudraten betreiben kann.

Der 80535 hat eine Zykluszeit von 1 µs. Für die Abarbeitung von Additions- beziehungsweise Subtraktionsbefehlen benötigt er 1 µs, für Multiplikationen oder Divisionen bis 4 µs.

## Interruptstruktur

Der 80535 unterstützt bis zu 12 Interrupt-Quellen, die zu 6 Paaren zusammengefaßt sind. Jedem dieser Paare kann eine von vier Prioritäten zugeordnet werden. Fünf Interrupts sind



**Bild 2.** Der interne Aufbau des 80535 bietet eine Funktionsvielfalt, die kaum Wünsche offenläßt.

Wandlungsende kann ein Interrupt ausgelöst werden.

## 16-Bit-Timer 0...2

Die Timer 0 und 1 sind als Timer oder Ereignis-Zähler verwendbar. Im Timer-Betrieb wird der Registerinhalt bei jedem Maschinenzyklus inkre-

mentiert, im Betrieb als Zähler bei jedem High-Low-Übergang des entsprechenden Eingangspins. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die zwei 8-Bit-Register jedes Timers einzeln zu verwenden. Timer 2 besitzt darüber hinaus noch weitere Funktionen. Neben den zwei 8-Bit-Timer-Registern enthält er noch

4 Paare sogenannter Compare/Capture-Register, von denen eines zusätzlich als Reload-Register verwendet werden kann:

- Compare: Der Inhalt der Timer-Register wird mit dem Inhalt der aktivierten Compare-Register verglichen. Bei Gleichheit mit einem der Re-

gister wird das zugehörige Port-1-Bit gesetzt und gegebenenfalls ein Interrupt ausgelöst. Bei einem Überlauf des Timers werden die entsprechenden Bits zurückgesetzt.

- Reload: Eines der Register ist als Reload-Register einsetzbar. In dieser Betriebsart wird der Timer bei einem Überlauf mit dem Inhalt des Reload-Registers geladen, anstatt von Null hochzuzählen.

- Capture: In dieser Betriebsart werden die aktivierten Register bei einem externen Signal an den entsprechenden Bits von Port 1 mit dem aktuellen Inhalt des Timers geladen. Zusätzlich sind Interrupts generierbar.

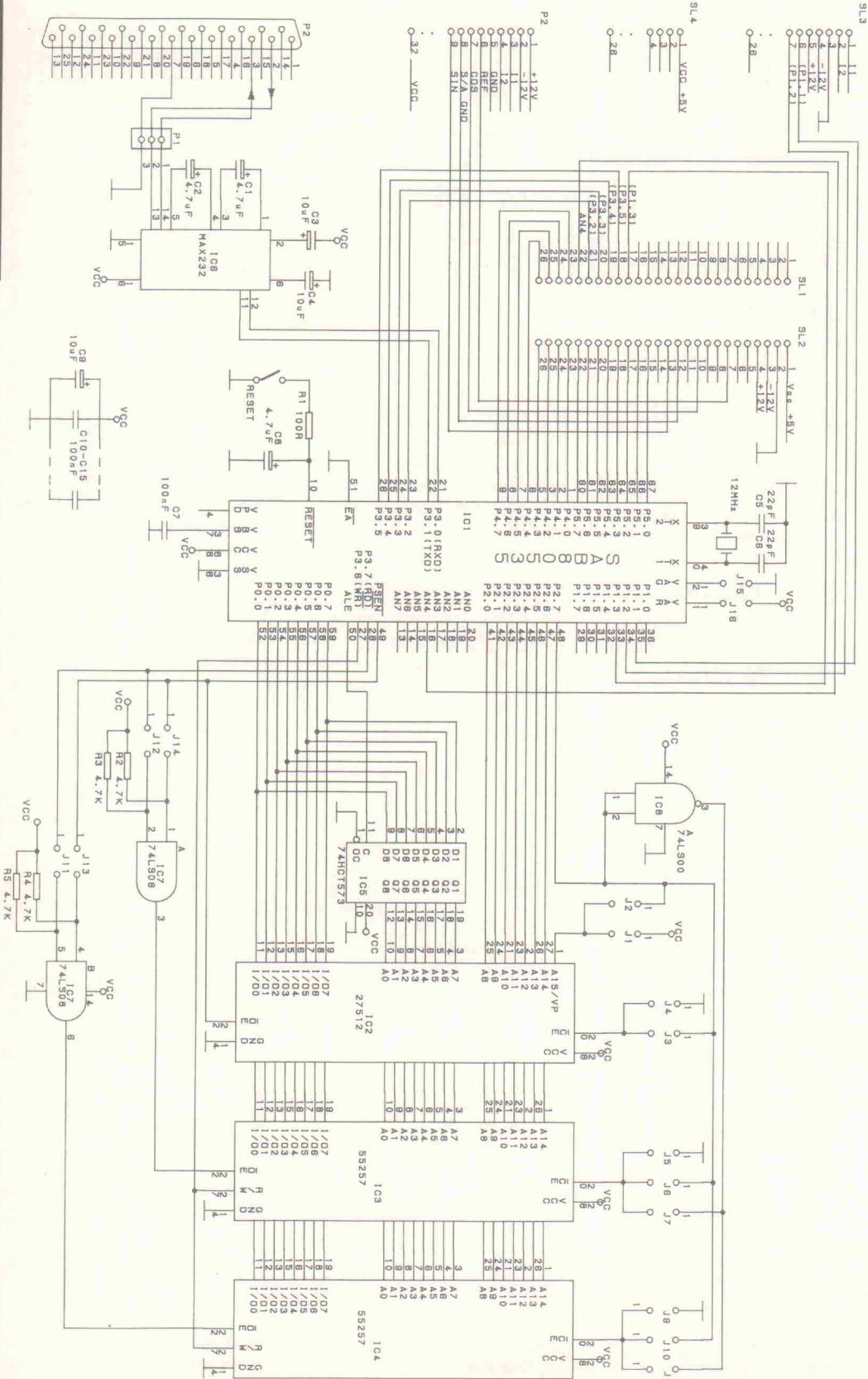
Timer 2 kann wahlweise bei jedem oder jedem zweiten Maschinenzyklus inkrementiert werden. Seine Verwendung ermöglicht, zum Beispiel in Kombination mit einem Reload- und einem Compare-Register, die Ausgabe eines pulsbreitenmodulierten Signals am Ausgang des entsprechenden Compare-Registers, ohne die CPU zu belasten.

Eine Pulsbreitenmodulation ist dabei folgendermaßen realisierbar: Die Periodendauer des Signals ist durch den Wert im Reload-Register festgelegt. Im Reload-Modus wird der Timer bei einem Überlauf auf einen Anfangswert gesetzt. Dadurch lässt sich die Zeit, die der Timer zum Hochzählen benötigt und die der Periodendauer des Signals entspricht, beliebig variieren. Im Compare-Modus wird der aktuelle Timer-Inhalt mit dem Inhalt des Compare-Registers verglichen. Beim Erreichen des Registerinhaltes wird der entsprechende Pin an Port 1 gesetzt. Dadurch ist das Tastverhältnis zwischen 'High'- und 'Low'-Pegel, das die eigentliche Information enthält, durch Vorgabe eines Compare-Wertes festgelegt.

## 16 Bit Watchdog-Timer

Der Watchdog-Timer bietet eine Möglichkeit, sich gegen

**Bild 3.** Der Schaltungsaufwand für das Mikrocontroller-Modul hält sich in Grenzen. Über SL 3...SL 4 werden Anwendungsmodule angeschlossen.



# Entwicklungsumgebung

Im vorliegenden Artikel wurde vorausgesetzt, daß eine geeignete Entwicklungsumgebung vorhanden ist, die die Kommunikation zwischen einem Rechner (in diesem Fall einem PC) und dem Mikrocontroller ermöglicht. Eine solche Entwicklungsumgebung soll Gegenstand einer kurzen Beschreibung in diesem Abschnitt sein.

## Assembler 51

Der Assembler 51 wandelt den mnemonischen 80535-Code in den entsprechenden Binärkode um. Es stehen für alle Ports, Kontrollregister, Flags und so weiter Konstanten zur Verfügung, so daß nicht deren physikalische Adressen verwendet werden müssen. Der Assembler unterstützt die Definition von Makros und die Verwendung von Pseudobefehlen, mit denen zum Beispiel innerhalb des Programms Segmente vereinbart (Variablenbereiche im internen oder externen Datenspeicher etc.) oder Anfangsadressen festgelegt werden können.

Die Assemblierung eines Programms (z. B. test.a51) wird durch folgenden Befehl gestartet: a51 test.a51.

Der Assembler erzeugt dann die Ausgangsdatei test.obj und die Listingdatei test.lst, in der unter anderem eventuell aufgetretenen Fehler dokumentiert sind.

## Linker 51

Der Linker L51 führt folgende Funktionen aus:

- Kombinieren von mehreren Programm-Modulen zu einem Programm-Modul, wobei aus Bibliotheksdateien automatisch die erforderlichen Module ausgewählt werden.
- Zusammenfügen von relokablen Teilssegmenten mit dem gleichen Segmentnamen zu einem Segment.
- Belegen und Verwalten des für die Segmente erforderlichen Speicherbereichs. Dabei werden alle (relokablen und absolute) Segmente bearbeitet.
- Externe Symbole werden mit Public-Symbolen gleichen Namens zur Deckung gebracht.
- Bestimmen der absoluten Objekt-Datei (Ausgabedatei), die das gesamte Programm enthält.
- Erzeugen einer Listing-Datei, die Informationen über den Link-/Locate-Prozeß gibt, die Symbole des Programms auflistet und eine Querverweisliste der Public-/External-Namen enthält.

Ein möglicher Programmaufruf wäre:

l51 test.obj, utility.lib

In diesem Fall wäre die Objekt-Datei 'test.obj' unter Ver-

wendung der Bibliothek 'utility.lib' in eine absolute Datei umgewandelt worden.

## Hex-Konvertierprogramm OHS51

Um ein vom Linker L51 erzeugtes absolutes Programm in den Speicher des Mikrocontrollers oder in einen EPROM-Laden zu können, muß man es vorher in ein Format umwandeln, das zum Beispiel bestimmte Positionierungsanweisungen enthält. Dies geschieht durch den Aufruf ohs51 test. Die dabei erzeugte Hex-Datei test.hex hat das gewünschte Format.

## Monitor 51

Man könnte die mit Hilfe der oben beschriebenen Programme erzeugte Hex-Datei nun in ein EPROM brennen, dieses auf dem Modul einsetzen und den Mikrocontroller durch einen Reset starten. Das Programm müßte dazu an der Adresse 0 im EPROM beginnen und könnte dann ausgeführt werden. Dies würde aber bedeuten, daß der gesamte Vorgang bei jeder Programmänderung wiederholt werden müßte, was einen erheblichen Zeit- und Materialaufwand erfordern würde. Außerdem hätte man keine Möglichkeit, Register- und Speicherinhalte zu kontrollieren. Aus diesen Gründen gibt es das in das EPROM des Mikrocontroller-Moduls brennbare Programm Monitor 51.

Es kann über die serielle Schnittstelle des Systems mit einem angeschlossenen Rechner oder Terminal kommunizieren und erlaubt das Laden und ausführliche Testen von Programmen. Auf dem vorliegenden Modul müssen dann folgende Jumper gesetzt sein:

J3, J7, J10, J11, J12 und J14

## Terminal-Interface MT

Das Terminal-Interface bietet die Möglichkeit, einen PC als Terminal zu verwenden, das mit dem Mikrocontroller-System kommuniziert. Zusätzlich zu den normalen Funktionen als Terminal steht jedoch das File-System des PC zur Verfügung. Auf diese Weise können Hex-Programme von der Festplatte in den Speicher des Mikrocontrollers übertragen oder die Ausgaben des Controller-Systems in einer Datei mitprotokolliert werden. Das geladene Programm kann mit dem Befehl G <Startadresse> gestartet werden. Ob die Kontrolle automatisch an den Monitor zurückgeht, hängt davon ab, ob im laufenden Programm Breakpoints definiert sind. Auf jeden Fall gelangt man durch einen Reset des Mikrocontrollers zum Monitor zurück. MT bearbeitet grundsätzlich alle Ein-/Ausgaben, die über die serielle Schnittstelle laufen. Dabei ist es gleich, ob der Monitor oder ein vom Monitor gestartetes Programm aktiv sind.

undefinierte Zustände, zum Beispiel aufgrund von kurzzeitigen Ausfällen der Versorgungsspannung, abzusichern. Im aktivierte Zustand muß der Watchdog-Timer innerhalb seiner Hochlaufzeit (ca. 65 ms bei 12 MHz) zurückgesetzt werden. Dies ist durch interruptgesteuerte Verwendung von Timer 0 oder 1 realisierbar. Wird der Watchdog nicht rechtzeitig zurückgesetzt, löst sein Überlauf einen Softwareinterrupt aus.

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Absicherung gegen einen Software-Absturz. In diesem Fall kann man an bestimmten

Stellen des Programms das Zurücksetzen des Watchdogs vorsehen. Dabei wird ein Softwareinterrupt dann ausgelöst, wenn keine der vorgesehenen Stellen rechtzeitig erreicht wurde.

## Beschaltung des Mikrocontroller-Moduls

Der Mikrocontroller benötigt keine sehr aufwendige Beschaltung (Bild 3).

Als Taktgeber genügt ein über zwei Kondensatoren an Masse gelegter Quarz. Im Fall eines

Resets muß der intern über Pull-up-Widerstände an  $V_{cc}$  liegende Reset-Pin mindestens zwei Oszillator-Perioden an 'Low' liegen. Um dies bei einem Power-On-Reset zu gewährleisten, benötigt man einen relativ großen Kondensator. Der Hersteller empfiehlt 4,7  $\mu$ F...10  $\mu$ F. Parallel dazu liegt der Taster für den manuellen Reset. Diese Schaltung arbeitet ohne Probleme bei Systemen, deren Versorgungsspannung sehr schnell ansteigt und wo es beim Betrieb keine Spannungseinbrüche gibt.

Für Anwendungen, die das nicht gewährleisten, sollte man

besser integrierte Schaltungen einsetzen, die die Versorgungsspannung überwachen. Beispielsweise einen MAX 691, der außer der Spannungsüberwachung noch weitere Funktionen wie Power-On-Reset, Watchdog und RAM-Select realisiert.

Da andere Mikrocontroller in identischem Gehäuse (z. B. SAB 80515) über internen Programmspeicher verfügen, besitzt auch der SAB 80535 einen EA-Pin, der den Zugriff auf internen und externen Speicher regelt. Da diese Schaltung für den SAB 80535 konzipiert ist, der generell externen Pro-

grammspeicher anspricht, wurde dieser Pin fest an Masse gelegt.

## Speicherzugriffe und Speicherkonfiguration

Nach einem Reset beginnt der 80535 an der Adresse 0 des (externen) Programmspeichers mit der Befehlausführung. Grundsätzlich können Befehle nur aus dem als Programmspeicher definierten Speicher ausgeführt werden, während nur der als Datenspeicher definierte Speicher Schreibzugriffe erlaubt. Der Zugriff auf die parallel liegenden internen und externen Datenspeicher wird durch die Verwendung unterschiedlicher 'move'-Befehle geregelt.

Für Zugriffe auf externe Speicher stehen die Ports 0 und 2 zur Verfügung. Port 2 wird für die höchsten 8 Bit des Adreßbus verwendet, Port 0 für die untersten 8 Bit des Adreßbus und für die 8 Bit des Datenbus. Dadurch werden nur 16 Bit für Speicherzugriffe benötigt, so daß ein Port mehr für den Benutzer zur Verfügung steht. Allerdings ist zusätzlicher Schaltungsaufwand erforderlich, um die gemultiplexten Signale von Port 0 entsprechend zu verarbeiten. Hierzu wird IC 5 (transparente Flipflops) verwendet, in dem die unteren 8 Adreßbits gespeichert werden. Sie liegen in der ersten Hälfte eines Speicherzugriffs an Port 0 an und werden bei fallender Flanke des Signals ALE (Address Latch Enable), das vom Mikrocontroller geliefert wird, in die Flipflops geschrieben. In der zweiten Hälfte des Speicherzugriffs steht dann der Port für Datentransfers zur Verfügung.

Der gesamte Speicher des Systems besteht aus einem 32-KB- beziehungsweise 64-KB-EPROM und zwei 32-KB-SRAMs. Das bedeutet, daß die beiden RAM-Bausteine als 32-KB-Blöcke zu selektieren sind. Da es bei einem Adreßraum von 64 KB nur zwei Möglichkeiten gibt, reicht das höchste Bit des Adreßbus für das Chip Select aus.

Über Jumper kann wahlweise das höchste Adreßbit oder dessen invertiertes Signal an die Chip-Select-Pins der jeweiligen Speicher gelegt werden. Ein NAND-Gatter von IC 8 ist für diese Signaldrehung zustän-

dig. Die Zugriffsmöglichkeiten auf den Speicher unterliegen gewissen Einschränkungen. Zum einen kann der Programmspeicherbereich nicht beschrieben werden, zum anderen sind aus dem Datenspeicher, der sowohl Lese- als auch Schreibzugriffe zulässt, keine Befehle ausführbar. Für den Betrieb fehlerfreier und ausgetester Programme sind diese Einschränkungen unwichtig. In diesen Fällen wird man das Programm in ein EPROM brennen und den Datenspeicher für Variablen verwenden. Während der Testphase sollte es jedoch möglich sein, Programme zu laden und dann auszuführen. Für diesen Anwendungsfall ist es notwendig, eines der beiden RAMs gleichzeitig als Daten- und Programmspeicher zu definieren.

Zunächst soll die Wirkungsweise von Speicherzugriffen beim 80535 erläutert werden. Zugriffe auf den externen Programmspeicher erfolgen durch das Signal PSEN, Zugriffe auf den externen Datenspeicher durch /RD und /WR.

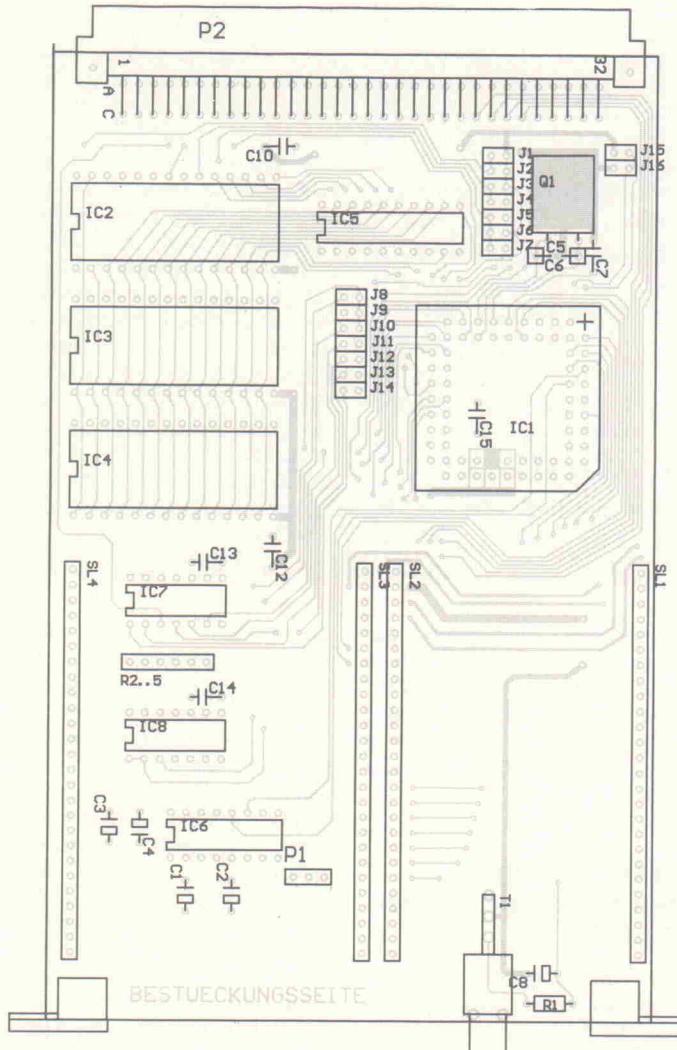
Wenn man nun auf einen der Datenspeicher durch beide Signale zugreifen kann, ist es möglich, auf ihn als Datenspeicher zuzugreifen, um das zu testende Programm zu laden und es dann durch Zugriff auf den gleichen Speicher als Programmspeicher zu benutzen.

Um eine solche Betriebsart zu gewährleisten, werden beide Signale über Jumper an zwei AND-Gatter (IC 7) gelegt. Die Ausgänge der Gatter liegen an den Enable-Pins der RAMs.

Für die Konfiguration der Speicher sind die Jumper J3...J14 zuständig. Dabei dienen J3...J10 zur Positionierung der drei Speicher im Adreßraum. J11...J14 legen die Zugriffart fest. Im überbrückten Zustand haben die einzelnen Jumper folgende Funktionen:

- J3: EPROM ab 0000h.
- J4: EPROM im gesamten Adreßraum selektiert (z. B. bei voller Ausnutzung eines 64-KByte-EPROMs).
- J5: RAM 1 (IC 3) immer selektiert.
- J6: RAM 1 ab 0000h.
- J7: RAM 1 ab 8000h.
- J8: RAM 2 (IC 4) ab 8000h.
- J9: RAM 2 immer selektiert.
- J10: RAM 2 ab 0000h.
- J11: RAM 2 als Datenspeicher adressierbar.
- J12: RAM 1 als Datenspeicher adressierbar.
- J13: RAM 2 als Programmspeicher adressierbar.
- J14: RAM 1 als Programmspeicher adressierbar.

Bei der Positionierung der Speicher im Adreßraum (J3...J10) ist zu beachten, daß nur jeweils ein Jumper je Speicher gesetzt sein darf und daß sich keine gleichkonfigurierten Speicher überlappen dürfen.



**Bild 4. Das Mikrocontroller-Modul ist für die Installation in 19"-Gehäusen ausgelegt.**

## Stückliste

### Mikrocontroller-Modul

#### Halbleiter:

IC1	SAB 80535
IC2	EPROM 27256
IC3, IC4	RAM 55257
IC5	74HCT573
IC6	MAX232
IC7	74LS08
IC8	74LS00

#### Widerstände:

R1	100R
R2...R5	4k7 in 6poligem Widerstandsarray

#### Kondensatoren:

C1, C2	4μ7, Tantal, 16 V
C3, C4	10μ, Tantal, 16 V
C5, C6	22pF, Keramik
C8	4μ7, Tantal, 10 V
C9	Tantal, 10μ, 10 V
C10...C15	100n, Keramik

#### Sonstiges:

J1-J10	10 Jumper
J11-J14	4 Jumper
J15, J16	2 Jumper
P2	VG-Steckerleiste, 64pol.
SL1-SL4	4 Steckerleisten, 26pol, weibl.
1 Quarz 12 MHz	
1 Taster	
1 Sub-D-Stecker, 25pol., weibl.	
1 Fassung PLCC 68	
3 Fassungen 28pol.	
1 Fassung 20pol.	
2 Fassungen 14pol.	
1 Fassung 16pol.	
1 Platine 'FlexControl'	

Bei der Definition eines Speichers (J11...14) als Programm- oder Datenspeicher müssen natürlich beide Jumper gesetzt sein. Neben den bereits beschriebenen Jumpern existieren noch vier weitere:

- J1: muß bei Verwendung eines 32-KByte-EPROMs gebrückt werden.
- J2: jumpert das höchste Adreßbit bei Verwendung eines 64-KByte-EPROMs.
- J15: führt die externe Referenzspannung  $V_{AGND}$  auf den entsprechenden 80535-Eingang.
- J16: verbindet die externe Referenzspannung  $V_{VAREF}$  mit dem entsprechenden Eingang.

## Serielle Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle wird durch Beschreiben des Ausgangsregisters oder Lesen des Eingangsregisters betrieben. Dabei stehen vier Betriebsmodi mit verschiedenen Baudaten zur Verfügung, mit denen sich alle gängigen Betriebsarten für serielle Schnittstellen einstellen lassen. Das Senden und Empfangen kann gleichzeitig erfolgen, wobei jeweils ein Interrupt ausgelöst werden kann.

Das System ist mit einem MAX 232 (IC6) ausgerüstet, der Pegelumsetzer auf RS-232-Niveau für die beiden Übertragungsrichtungen besitzt.

## Spannungsversorgung

Zur Spannungsstabilisierung werden ein  $10\text{-}\mu\text{F}$ -Tantal-Kondensator und jeweils ein  $100\text{nF}$ -Kondensator direkt an den Gattern, Speichern und dem Mikrocontroller verwendet. Das Modul ist in Bild 4 abgebildet. Es ist als Einschub konzipiert. Die Versorgung mit GND,  $V_{cc}$ ,  $\pm 12\text{ V}$  und den Signalen für die Add-On-Module erfolgt über einen zweireihigen 64poligen Bus-Stecker. An der Frontplatte sind neben den von den Steckmodulen benötigten Tastern der Reset-Taster sowie ein 25poliger Sub-D-Stecker für die serielle Schnittstelle herausgeführt.

## Modulschnittstellen

Die auf den beiden Add-On-Modulen benötigten Leitungen für  $\pm 12\text{ V}$ ,  $5\text{ V}$ , GND und die Ports sind auf 26polige Steckleisten (SL 1...SL 4) herausgeführt.

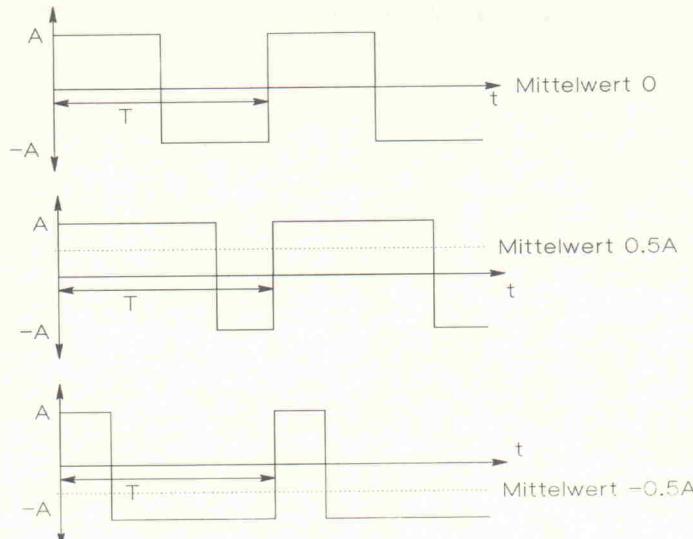


Bild 5. Analoge Signalpegel-Übertragung mittels Pulsbreiten-Modulation.

Von den sechs I/O Ports werden die Ports P 0 und P 2 als Daten- und Adreßbus verwendet und sind daher nicht für Ein- und Ausgaben verfügbar. Die Ports P 1 und P 3 sind multifunktional und können statt als Ein/Ausgabe-Pins auch für spezielle Funktionen verwendet werden (z. B. für externe Interrupts, Timer-Ein/Ausgang etc.).

Nach einem Reset sind alle Sonderfunktionen der Port-Bits gesperrt und die Leitungen auf 'High' gesetzt.

Für den Datentransfer zwischen Meßwert- und Mikrocontroller-Modul werden die beiden parallelen Ports P 4 und P 5 verwendet. Zusätzlich sind ein Analogeingang für eine zusätzliche Meßwerterfassung und fünf weitere Portbits zur Kontrolle des Resolver/Digital-Wandlers vorgesehen. Diese Portbits stellen P 1 und P 3 zur Verfügung, wobei vier davon reine Datenbits sind, während die anderen beiden (P 1.3, P 3.3) so initialisiert werden können, daß sie bei einem Flankenwechsel einen Interrupt auslösen (z. B. zur Einstellung eines Nullpunktes).

Für die Kommunikation zwischen Mikrocontroller-Modul und Steuermodul steht kein vollständiger Port mehr zur Verfügung. Eine gängige Lösung dieses Problems ist die Bereitstellung von parallelen Schnittstellen, die adressiert werden und über den Datenbus gelesen oder beschrieben werden können. In diesem Fall muß der für das Chip Select zuständige Baustein (üblicherweise

ein PAL o. ä.) bei bestimmten Adressen ein Enable-Signal für den entsprechenden Bustreiber (Transceiver) generieren. Auf den so adressierten Treiber kann dann mit R/W wie auf eine Speicherstelle zugegriffen werden. Diese Lösung führt jedoch zu einem relativ aufwendigen Chip Select (Dekodierung von bis zu 16 Adreßbits wird benötigt) und zu zusätzlichem Schaltungsaufwand, da für jede Schnittstelle ein Bustreiber benötigt wird. Außerdem muß bei der Programmierung berücksichtigt werden, daß bestimmte Speicherplätze nicht verfügbar sind, da sie sich mit den Treibern überlagern (Memory-Mapping).

Anstelle der oben beschriebenen Möglichkeit wird der Datentransfer mittels eines pulsbreitenmodulierten Signals realisiert, das von Timer 2 erzeugt wird. Bei dieser Art der Übertragung wird ein konkreter Wert nicht als Pegel oder als Binärwert übertragen, sondern ergibt sich als Mittelwert eines Signals, das nur aus High- und Low-Pegeln besteht. Variiert wird dabei durch das Tastverhältnis zwischen den beiden Pegeln. Bild 5 zeigt drei bipolare, pulsbreitenmodulierte Signale mit identischer Periodendauer T, die unterschiedliche Mittelwerte haben.

Ein solches Signal muß auf dem Steuermodul gefiltert werden, falls man ein glattes Signal benötigt. Man hat aber den Vorteil, jede Art von Ansteuerung ohne großen Aufwand realisie-

ren zu können. Die Pulsbreitenmodulation wird unter anderem zur Ansteuerung von nichtlinearen Bauteilen wie Transistoren, die in der Sättigung betrieben werden, verwendet. Ein weiterer Vorteil ist, daß nur zwei Leitungen (Puls und Richtung) notwendig sind, wodurch ohne großen Aufwand eine Entkopplung von digitaler und der folgenden analogen Schaltung realisierbar ist.

## Leistungsfähigkeit des Mikrocontroller-Systems

Der SAB 8053 benötigt  $1\text{ }\mu\text{s}$  pro Maschinenzzyklus. Verwendet man bei Regelungsanwendungen einen PID-Algorithmus, kann man ihn in Form von Differenzengleichungen folgendermaßen ausdrücken:

$$u(k) = u(k-1) + q^0 \cdot e(k) + q^1 \cdot e(k-1) + q^2 \cdot e(k-2)$$

mit:

$$q^0 = K (1 + T^0 / 2T^1 + T^0 / T^0)$$

$$q^1 = -K (1 + 2 T^0 / T^0) - (T^0 / 2T^1)$$

$$q^2 = K (T^0 / T^0)$$

K = Verstärkungsfaktor

$T^1$  = Nachstellzeit

$T^0$  = Vorhaltezeit

e = Regelabweichung

u = Stellgröße

Legt man für eine 16-Bit-Multiplikation mit 16-Bit-Ergebnis 20 Maschinenzzyklen, für eine 16-Bit-Division bis zu 200 Zyklen und etwa 50 weitere für Additionen und Speicherzugriffe zugrunde, erhält man für den aufgeführten Algorithmus einen Rechenaufwand von bis zu 370 Maschinenzzyklen.

Damit wäre beispielsweise eine Abtastrate von 2000 Hz möglich, wobei noch eine Reserve von 130 Maschinenzzyklen bestünde, die man zum Beispiel zur Ausgabe gepufferter Protokolle über die serielle Schnittstelle verwenden könnte.

Mit einer Abtastrate von 2000 Hz ist die Regelung einer Strecke möglich, die eine Grenzfrequenz von 1000 Hz hat. Dieser Wert ist relativ hoch und würde ein großes Spektrum von Regelungsaufgaben abdecken. So wurde bei der vorliegenden Anwendung von einer 300-Hz-Bandbreite der Regelstrecke ausgegangen, was nur eine Abtastrate von 600 Hz erfordert.

Hinsichtlich der Abtastrate sind daher keine Schwierigkeiten zu erwarten. Allerdings können sich bei Verwendung aufwendiger Regelalgorithmen aufgrund der Rechenzeit Verzögerungen der Stellgröße ergeben, die bei den Stabilitätsbetrachtungen als Totzeit berücksichtigt werden müssen.

## Initialisierungssoftware

Listing 1 enthält sämtliche Sequenzen, die zur Initialisierung und Benutzung der Hardware beschrieben.

LISTING DEMO.A51:

```
$ NOMOD51
; Assembleranweisung, daß nicht die
; Standard-Vereinbarungen für den 8051-
; Prozessor verwendet werden sollen.

$ INCLUDE (reg515.inc)
; Include-Anweisung zum Laden der
; Konstanten-Definitionen des 80515/80535
; Mikrocontrollers.

name init_demo
var segment data
basis equ 8000H
rseg var
buffer:
ds 4
cseg at basis

ljmp start
; Sprung zum Programmstart.

org basis + 6BH
ljmp int_service
; Zur Interrupt-Routine des externen
; Interrupts 6 verzweigen.

org basis + 70H
; Beginn des für die Routine verwendeten
; Speicherbereichs.

;***** Konstantendefinition: *****
;***** Konstantendefinition: *****
intro:
db 'Stringausgabe: ', 13, 10, 00
intspr:
db 'Interrupt !!', 13, 10, 00
start:
;***** Ausgabe eines Strings über die serielle Schnittstelle: *****
;***** Datenpointer auf den Stringanfang setzen
;***** Routine zur Stringausgabe aufrufen
mov DPTR, #intro
acall str_out
;***** Interruptfreigabe: *****
;***** Bit 7 des Interrupt Enable Registers
;***** (IENO) setzen, bedeutet generelle
;***** Interrupt-Freigabe.
setb EAL
;***** Externen Interrupt 6 freigeben
;***** (im Register IEN1).
;***** Der Interrupt ist positiv
;***** flankengesteuert.

;***** Initialisierung des A/D-Wandlers: *****
anl ADCON, #0F8H
; Bits im Converter Control Register zur
; Kanalauswahl ausblenden.
orl ADCON, #04H
; Analogkanal 4 wählen.
mov DAPR, #0H
; Vorgabe der Referenzspannungen für die
; Wandlung.
setb ADM
; Bit für kontinuierliche Wandlung setzen.

;***** Initialisierung des Timers 2 für Pulsbreitenmodulation: *****
mov CRCL, #00H
; Reload-Wert für eine Frequenz von etwa
```

benötigt werden. Sie sind zu einem lauffähigen Programm zusammengefaßt und können einen Einblick in die Programmierung des Mikrocontrollers geben. Außerdem kann ihnen entnommen werden, wie die Datentransfers mit der Peripherie (R/D-Wandler, Steuermodul etc.) programmiert werden müssen.

In der nächsten Ausgabe werden die beiden FlexControl-Anwendungsmodule R/D-Wandler und Leistungsverstärker beschrieben.

```
;***** 4 kHz setzen. Aus diesem Wert ergibt
; sich eine Genauigkeit von 8 bit.
; Höherwertiges Byte des Reload-Wertes.

mov CRCH, #0FFH
; Compare-Wert setzen. Dieser Wert
; bestimmt das Ausgangssignal.
; Die Verwendung des Registers CCL1 führt
; zu einem Ausgangssignal an Pin P1.1.

mov CCH1, #0FFH
setb T2IO
orl CCEN, #08H
setb T2RI
; Höherwertiges Byte des Compare-Wertes.
; Timer-Funktion enablen.
; Compare-Funktion enablen.
; Reload-Funktion enablen. Der
; automatische Reload setzt den Timer beim
; Überlauf auf den Anfangswert
; entsprechend dem Inhalt des CRC
; Registers.

idle:
jmp idle
; Leerlaufschleife, warten auf Interrupt.

;***** Routine zum Lesen der Resolverdaten (Winkel und
; Geschwindigkeit):
;***** get_data:
clr P3.4
; Inhibit aktivieren, verhindert Update
; der Ausgänge während des Lesevorgangs.
clr P3.2
; Enable aktivieren, ermöglicht den
; Datentransfer zu den Ausgangspins.
mov R0, P4
; Port 4 in Register R0 einlesen
; (High Byte).
mov R1, P5
; Port 5 in Register R1 einlesen
; (Low Byte).
setb P3.2
setb P3.4
mov R2, ADDAT
; Resolver-Geschwindigkeit aus A/D-Wandler
; in Register R2 einlesen.
ret
; Rücksprung.

;***** Routine zur Ausgabe eines Zeichens über die serielle
; Schnittstelle:
;***** cha_out:
jnb TI, $
; Warten bis evtl. frühere Übertragungen
; abgeschlossen sind, also das TI Flag
; gesetzt ist.
clr TI
; Löschen des Flags
mov SBUF, A
; Inhalt des Akkus A ausgeben.
; Nachdem das Zeichen vollständig
; übertragen wurde, wird das Flag
; automatisch wieder gesetzt.
ret
; Rücksprung

;***** Routine zur Eingabe eines Zeichens über die serielle
; Schnittstelle:
;***** cha_in:
jnb RI, $
; Warten bis evtl. frühere Übertragungen
; abgeschlossen sind, also das RI Flag
; gesetzt ist.
clr RI
; Löschen des Flags
mov A, SBUF
; Inhalt der Schnittstelle in den Akku.
ret
; Rücksprung

;***** Routine zur Stringausgabe über die serielle Schnittstelle:
;***** str_out:
clr A
; Löschen von A, nötig für die folgende
; Adressierung
movc A, @A + DPTR
; Pointerinhalt in A
inc DPTR
; Inkrementieren des Datenpointers
jz zurueck
; String-Ende prüfen
call cha_out
; Charakterausgaberooutine (Inhalt in A)
; Nächstes Zeichen ausgeben.
zurueck:
ret
; Rücksprung

;***** Demo Interrupt Service Routine:
;***** int_service:
push DPL
; Datenpointer auf den Stack (Low-Byte).
push DPH
; Datenpointer auf den Stack (High-Byte).
mov DPTR, #intspr
; DPTR auf Interruptspruch
acall str_out
; String-Ausgabe aufrufen
pop DPH
; Datenpointer restaurieren (High-Byte)
pop DPL
; Datenpointer restaurieren (Low-Byte)
reti
; Rücksprung, beenden des Interrupts
```

```

;*****
; Einlesen einer 2-stelligen Hexzahl, Ergebnis steht im Akku:
;*****
hex_in:
    call cha_in          ;Erstes Zeichen lesen.
    clr C                ;Carry löschen für nachfolgende
                        ;Subtraktion.
    subb A, #48
    cjne A, #0AH, in1
in1:
    jc in3              ;Springe, falls kleiner 0AH
    subb A, #7
    cjne A, #10H, in2
in2:
    jc in3              ;Springe, falls kleiner 10H
    subb A, #20H
                        ;Nochmal korrigieren (bei Kleinbuch-
                        ;staben).
in3:
    swap A              ;Nibbles vertauschen.
    mov R0, A
    mov R1, A
    call cha_in          ;Zweites Zeichen lesen.
    clr C                ;Carry löschen für nachfolgende
                        ;Subtraktion
    subb A, #48
    cjne A, #0AH, in4
in4:
    jc in6              ;Springe, falls kleiner 0AH
    subb A, #7
    cjne A, #10H, in5
in5:
    jc in6              ;Springe, falls kleiner 10H
    subb A, #20H
                        ;Nochmal korrigieren (bei Kleinbuch-
                        ;staben).
in6:
    orl A, R0            ;Oberes Nibble zu Akkuinhalt ergänzen.
    ret

;*****
; Ausgabe einer 4-stelligen Hexzahl, Zahl wird in
; R0 und R1 übergeben:
;*****
hex_out:
    Zahl in 4 Bit Format zwischenspeichern:
        mov DPTR, #buffer      ;Startadresse des Puffers in DPTR laden.
        mov A, R0              ;Hohes Byte in des Akkku.
        mov B, #10H             ;10H in B.
        div AB                ;Wert in Akku auf 4 Bit runterteilen.
        movx @DPTR, A          ;Resultat in den Puffer.
        inc DPTR              ;DPTR auf nächstes Byte.
        mov A, B              ;Divisionsrest in B zum Speichern in A.
        movx @DPTR, A          ;Rest in den Puffer.
        inc DPTR              ;DPTR auf nächstes Byte.
        mov A, R1              ;Niedriges Byte in den Akku.
        mov B, #10H             ;10H in B.
        div AB                ;Wert auf 4 Bit runterteilen.
        movx @DPTR, A          ;Resultat in den Puffer.
        inc DPTR              ;DPTR auf nächstes Byte.
        mov A, B              ;Divisionsrest in B zum Speichern in A.
        movx @DPTR, A          ;Rest in den Puffer.
        mov DPTR, #buffer      ;Startadresse des Puffers in DPTR laden.
        mov R0, #4              ;Zählindex in R0 (Anzahl der Stellen).

;Zahlenausgabe
loop:
    movx A, @DPTR          ;Aktuelle Stelle in A.
    inc DPTR              ;DPTR weitersetzen.
    add A, #48
    cjne A, #58, mark1
mark1:
    jc mark2              ;Springe, wenn A < 58.
    add A, #7               ;A > 9, also Korrektur.
mark2:
    acall cha_out          ;Zeichen ausgeben.
    djnz R0, loop           ;Zählindex dekrementieren. Falls das
                            ;Ergebnis Null ist, zu loop springen.

;Zeilenvorschub ergänzen
    mov A, #13
    acall cha_out
    mov A, #10
    acall cha_out
    ret                   ;Rücksprung

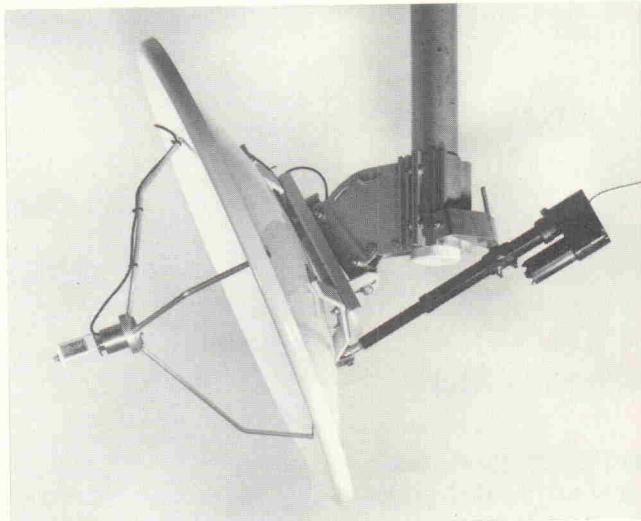
end                  ;Ende des Moduls. Eventuell folgende
                        ;Anweisungen würden von Assembler
                        ;ignoriert werden.

```

**Listing 1:** Sämtliche Sequenzen die zur Initialisierung und Benutzung der Hardware benötigt werden.

Endecken Sie den Satelliten Himmel mit:

## Tiny Sat TS300L



90 cm Spiegel aus 2mm Al  
Polarmount u. Standrohr Al  
Feedhalter gedreht Al  
LNB 1.0 dB max

Receiver STR300 AP

Steuerarm 12 Zoll  
15m Kabelsatz

Neu: ASTRA C60-84E  
frei Haus D DM 675,-

Aktuelle Liste : 6/91



Micro Wave Components GmbH

Brunnenstr. 33

Tel 0228 645061

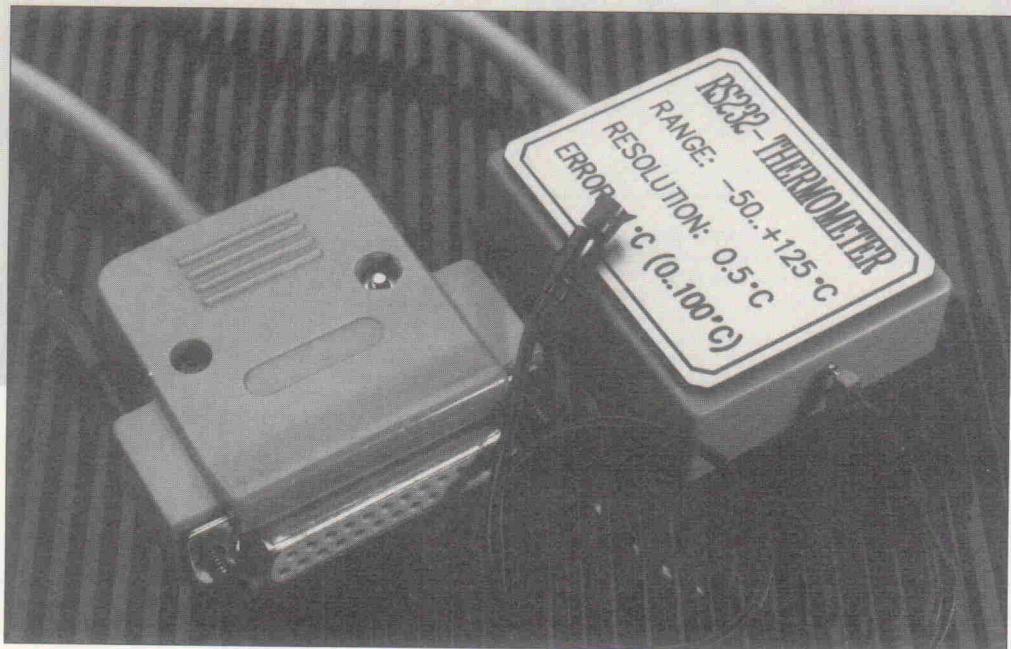
Fax 645063

D5305 Alfter / Bonn

# Temperatur-Monitor

## **Signalerfassung über die RS-232-Schnittstelle**

Meßtechnik



Johannes Sturz

Ein PC ist von Haus aus nicht in der Lage, eine physikalische Größe zu messen. Darum ist ein Interface notwendig, das die Umwandlung vornimmt. Die hier vorgestellte Schaltung erledigt diese Aufgabe mit minimalem Aufwand über den seriellen RS-232-Port. Zudem ist der Stromverbrauch so gering, daß die Meßelektronik durch eine Steuerleitung der Schnittstelle versorgt werden kann.

**A**uf den ersten Blick scheint es nicht möglich zu sein, daß die in Bild 1 abgebildete Schaltung, die eigentlich nur ein Monoflop ist, über die serielle Schnittstelle Temperaturen messen kann.

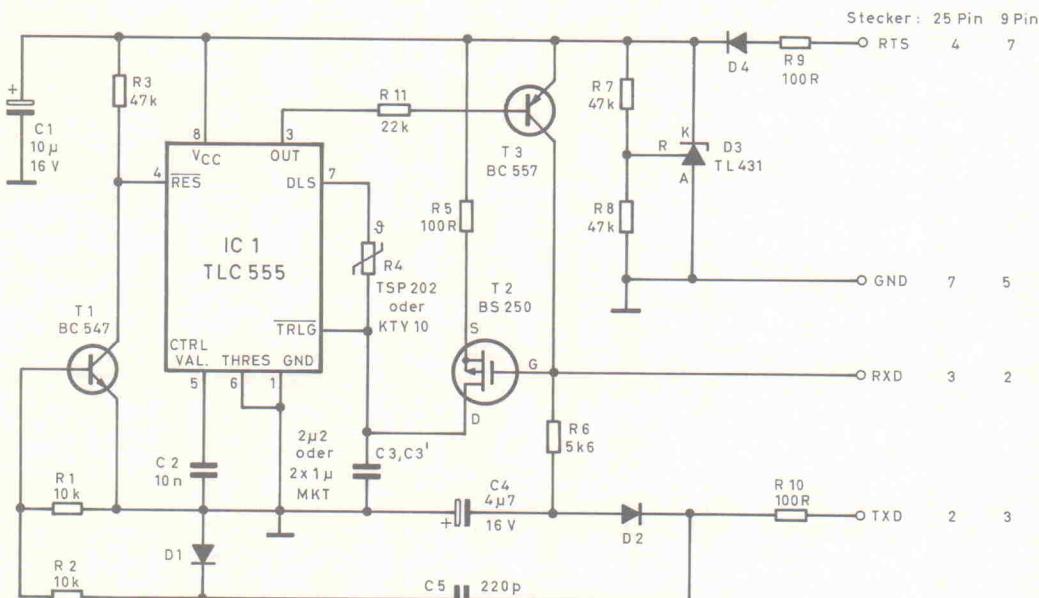
Gewöhnlich lässt sich die Baudrate der seriellen Schnittstelle nur in groben Schritten

programmieren (300, 600, 1200...19 200 Bit/s), was auch in den meisten Fällen ausreicht. Jedoch erlaubt der asynchrone Schnittstellen-Controller des PC (XT: 8250, AT: 16 450), die Baudrate in sehr kleinen Schritten einzustellen. Dadurch ist die Impulsänge des Monoflops mit einer Auflösung von 13,02 µs meßbar.

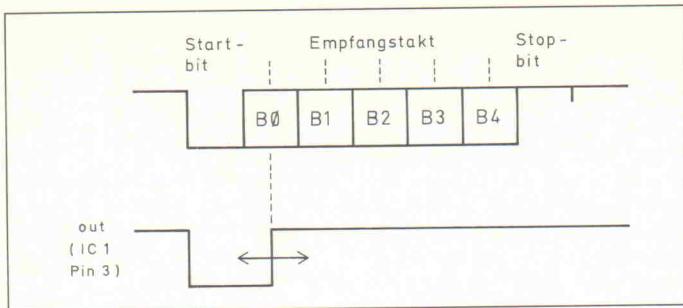
Wie kommt diese Auflösung zustande? Der Portbaustein liefert die Baudrate von einem 1,8432-MHz-Quarz ab. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Baudrate} = \frac{1,8432 \text{ MHz}}{16 \cdot \text{Divider}}$$

Der Teiler (Divider) wird in das Baudatenregister des ASC ge-



**Bild 1.** Die Schaltung des Temperatur-Monitors; trotz sparsamsten Bauteileeinsatzes erreicht man eine 8-Bit-Genauigkeit. Wenn für D3 die Referenzdiode LM336-5.0 verwendet wird, entfallen die Widerstände R7 und R8.



**Bild 2.** Mit dem Divider-Register wird die Bitlänge so eingestellt, daß die Impulslängen 1,5 übertragenen Bit entspricht.

schrieben. Weil sich sein Wert zwischen 1 und 65 535 bewegen darf, erhält man eine maximale Übertragungsrate von 115,2 kBit/s und eine minimale Baudrate von etwa 1,758 Bit/s. Oder anders ausgedrückt: Die Bitlänge – der Kehrwert der Baudrate – beträgt minimal 8,68 µs (1/115,2 Bit/s). Demzufolge kann die Bitlänge in 8,68 µs-Schritten von 8,68 µs... 0,569 s programmiert werden. Um nun die Impulslänge zu messen, stellt man die maximale Bitlänge ein und verringert diese, bis der Maximalwert in das Empfangsregister eingelesen wird. Bei 5 Datenbits ist

das 1Fh. Aus dem letzten Divider-Wert lässt sich die Impulslänge berechnen. Wie in Bild 2 zu sehen ist, entspricht die Impulslänge 1,5 Bitlängen, weil der ASC die Daten um eine halbe Bitlänge versetzt einliest. Mit der Formel

$$\begin{aligned} \text{Impulslänge} &= \frac{1,5}{\text{Baudrate}} \\ &= \frac{24 \cdot \text{Divider}}{1,8432 \text{ MHz}} \end{aligned}$$

steht der Berechnung der Temperatur durch eine Geraudengleichung nichts mehr im Weg.

Das Programm in Listing 1 ermittelt die Impulslänge nicht, wie oben beschrieben, durch kontinuierliches Erniedrigen der Bitlänge, sondern durch sukzessive Approximation (Wägverfahren). Damit verkürzt sich die Meßzeit auf 10 Impulse, was einer Auflösung von 10 Bit oder 1024 Stufen entspricht. Grundsätzlich ist eine Auflösung von 16 Bit möglich,

weil sich aber die Meßzeit mit jedem Bit verdoppelt, wurde mit einer 10-Bit-Auflösung ein Kompromiß zwischen Meßzeit und der Linearität des Monoflops eingegangen.

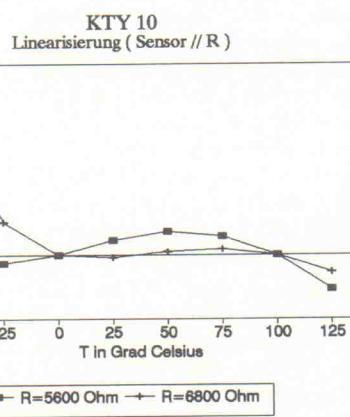
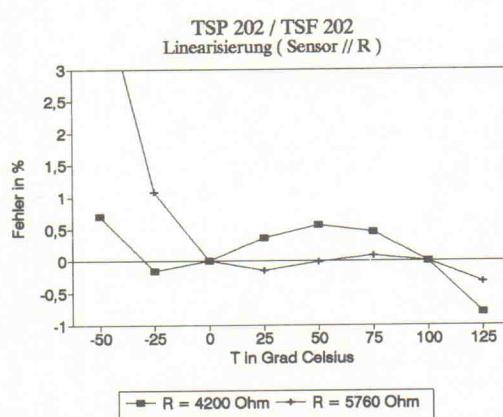
## Die Schaltung

Zentrales Bauelement bildet IC 1, der CMOS-Timer TLC 555. Gestartet wird eine Messung, indem man den Wert 1Fh in das Senderegister des ASC schreibt. Dieser Wert bewirkt einen 1 Bit langen positiven Impuls auf der TxD-Leitung (negative Logik). Die ansteigende Flanke des Impulses schaltet den Transistor T 1 durch und setzt damit den Timer zurück. Der Ausgang (Pin 3) des Timers schaltet auf Masse, was am RxD-Ausgang der Schaltung zu einem High-Pegel führt, da Transistor T 3 den Pegel am Timerausgang invertiert. Der P-Kanal-MOSFET T 2 ist nun gesperrt. Die Kondensatoren C 3 und C 3' werden jetzt über den Temperatursensor R 4 entladen, weil der Ausgang (Pin 7, Discharge) Massepotential führt. Sobald die Spannung am Triggereingang (Pin 2) ein Drittel der Versorgungsspannung unterschritten hat, wird das interne RS-Flipflop gesetzt. Womit der Ausgang (Pin 3) wieder auf Betriebsspannungspotential liegt, was zur Folge hat, daß Transistor

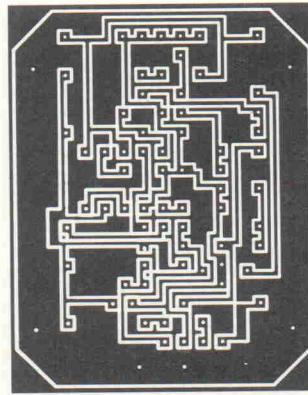
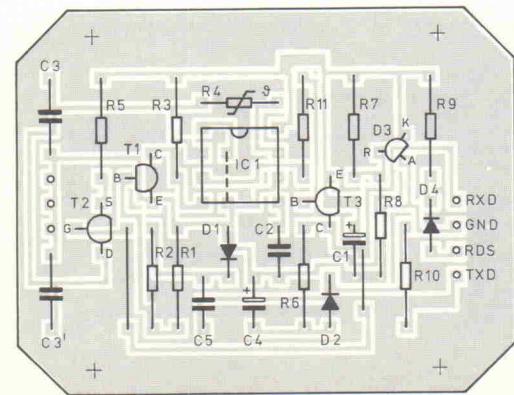
T 3 sperrt, Transistor T 2 leitet und sich die Kondensatoren C 3, C 3' über den Widerstand R 5 wieder aufladen.

Der Transistor T 2 ist notwendig, um die Ladephase der Kondensatoren auf ein Minimum zu reduzieren. Anstatt des MOSFETs kann auch ein bipolares PNP-Transistor eingesetzt werden, das führt aber wegen des höheren Leckstroms zu einer schlechteren Linearität der Schaltung. Der Widerstand R 5 ist zur Strombegrenzung erforderlich. Mit dem Shuntregler TL 431 erhält man eine gute Stabilisierung der Versorgungsspannung, der dynamische Innenwiderstand ist kleiner 1Ω. Ein Spannungsregler vom Typ 7805 ist nicht geeignet, da sein Referenzstrom die RTS-Leitung zu stark belasten würde.

Zur Erzeugung der negativen Hilfsspannung wird die Empfangsleitung herangezogen. Die Stromaufnahme der Schaltung liegt bei 2 mA. Aus der RTS-Steuерleitung können maximal 7 mA bei 5 V entnommen werden. Messungen mit mehreren Schaltungen, bei denen der Temperatursensor durch Referenzwiderstände ersetzt wurde, ergaben Linearitätsfehler von 0,2%...0,4%. Das entspricht einer Genauigkeit von 8...9 Bit. Die Impulslänge kann



**Bild 3.** Linearisierung von Sensorkennlinien durch Parallelschalten eines Widerstandes.



**Bild 4.** Layout (1:1) und Bestückungsplan des Temperaturmonitors. Wenn für T2 ein BC 557 verwendet wird, muß die Brücke neben R2 ein Widerstand von 22 kΩ sein.

## Stückliste

Halbleiter:	
D1, D2, D4	1N4148
D3	TL431 oder LM336-5.0
T1	BC547
T2	BS250 oder BC557
T3	BC557
IC1	TLC555

Widerstände (1/4 W, 1%):	
R1, R2	10k
R3, R7, R8	47k
R4	KTY 10 oder TSP 202
R5, R9, R10	100R
R6	5k6
R11	22k

Kondensatoren:	
C1	10µ/16V
C4	4µ7/16V
C2	10n
C5	220p
C3, C3'	2µ2 oder 2 · 1µ, MKT

Sonstiges:  
1 Platine 'Temperatur-Monitor'

TSP202F 1 % Texas Instruments	KTY10-6 1 % Siemens
T/°C	R/Ω
0	1629
25	2000
50	2419
100	3400
	1645
	2000
	2390
	3273

**Tabelle 1.**  
**Temperatur/Widerstands-**  
**beziehungen von zwei**  
**gebräuchlichen Sensoren.**

recht einfach näherungsweise bestimmt werden:

$$t = 1,1 \cdot R_4 \cdot (C_3 + C_3')$$

## Die Software

Mit dem abgedruckten Turbo-Pascal-Programm (Listing 1) kann die Temperatur angezeigt und der Temperatursensor abgeglichen werden. In der Datei TEMPSEN.INS, die das Programm anlegt, wenn man es beendet, werden die Sensordaten und die verwendete Schnittstelle (COM 1 oder COM 2) gespeichert.

Nachdem man das Programm gestartet hat, fragt es nach der Schnittstelle (oder gleich Tempsen X schreiben, das X steht für 1 oder 2).

Als dann erscheint auf dem Bildschirm ein Menü aus fünf Punkten, und in einem Fenster – unterhalb des Menüs – werden fortlaufend die gemessene Temperatur, die Impulslänge und der ermittelte Divider angezeigt. Einen Menüpunkt wählt man durch Drücken der Tasten 1...5. Die Prozedur *MeasureTemp* führt die A/D-Wandlung durch und berechnet mit Hilfe zweier Koeffizienten die Temperatur.

Wie schon erwähnt, wird die Impulslänge durch sukzessive Approximation ermittelt. Dazu setzt man das MSB des Divider-Registers auf '1' (hier Bit 9), wenn der eingelesene Wert größer als 1Eh ist, andernfalls bleibt es '0'. Dieser Vorgang wiederholt sich bis Bit 0. Der Inhalt des Divider-Registers repräsentiert nun die Impulslänge.

## Software-Linearisierung

Silizium-Temperatursensoren (z. B. KTY 10 oder TSP 202) haben einen positiven Temperaturkoeffizienten, und die Kennlinie ist leicht gekrümmkt. Sie kann aber mit einem Serien- oder Parallelwiderstand einer

Geraden angenähert werden. Bild 3 zeigt die Linearitätsfehler verschiedener Sensoren respektive unterschiedlicher Parallelwiderstände.

Weil sich durch einen Linearisierungswiderstand die Empfindlichkeit ( $R/^\circ C$ ) des Sensors verringert, ist es günstiger, seine Kennlinie durch Software-Einsatz zu begradigen.

Ein weiterer Vorteil: Wenn der Sensor gewechselt oder in einem anderen Temperaturbereich eingesetzt werden soll, ist keine Hardware-Änderung notwendig.

## Der Abgleich

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Schaltung abzulegen: Ein Verfahren besteht darin, daß man aus dem Datenblatt des Sensorherstellers die Widerstandswerte für  $0^\circ C$  und  $100^\circ C$  entnimmt und anstatt des Sensors Referenzwiderstände, die die genannten Temperaturen repräsentieren, anschließt. Mit den Menüpunkten 2 und 3 des Programms kann der Abgleich erfolgen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß trotz einprozentiger Genauigkeit des Sensors die erreichbare Systemgenauigkeit bei mehreren Prozent liegen kann, wenn die Toleranzen für den Nullpunkt und dem Steigungsfehler ungünstig liegen. Einige typische Werte zeigt Tabelle 1.

Beim zweiten Abgleichverfahren setzt man den Sensor zwei unterschiedlichen, aber bekannten Temperaturen aus. Da bieten sich der Schmelz- ( $0^\circ C$ ) sowie Siedepunkt ( $100^\circ C$  bei einem Luftdruck von 1013 hPa) des Wassers an. Recht genau reproduzierbar ist der Schmelzpunkt durch Eiswasser.

Der Sensor wird in eine Plastiktüte gesteckt und in Eiswasser getaut. Wenn sich die Anzeige auf dem Bildschirm nicht mehr ändert, kann der erste Referenzpunkt durch Wahl des Menüpunktes 2 übernommen werden.

Weil die Siedetemperatur wesentlich vom Luftdruck abhängt, ist dieser zu berücksichtigen.

$$\text{Siedetemperatur} = 0,0282 \cdot (P - \text{Höhe}/8) + 71,41$$

Diese Formel wurde nach einer in [1] veröffentlichten Tabelle abgeleitet. P ist der Luftdruck in hPa (oder mbar) und auf Meereshöhe bezogen.

Am besten, man stülpt dem Sensor wieder eine Plastiktüte über

und taucht ihn in einen Topf mit kochendem Wasser. Es ist aber nicht notwendig, den PC zum Herd zu schleppen. Wenn ein genaues Ohmmeter zur Verfügung steht (Fehler  $<1\%$ ), kann man den Sensorwiderstand bei Siedetemperatur messen und anstatt des Sensors einen Referenzwiderstand an die Schaltung anschließen. Mit Menüpunkt 3 und Eingabe der Siedetemperatur ist der Abgleich beendet.

## Literatur

[1] Kuehmann, Taschenbuch physikalische Formeln, Verlag Harry Deutscher, Thun und Frankfurt/Main, S. 607

[2] Wolfgang Hartung, Michael Felsmann, Andreas Stiller: PC-Bausteine: Der UART 8250 als Tor zur seriellen Welt, c't 5/1988, S. 204

[3] E. Schräfer, Elektrische Meßtechnik, 1988, S. 254

```
(*****)
(*      Temperaturmessung mit dem PC (XT,AT)      *)
(*      in Verbindung mit der RS-232 Schnittstelle   *)
(*      Turbo Pascal 4.0 - 6.0 J. Sturz Version 2.0   *)
(*****)

Program TempSen;

Uses Dos,Crt;

Const
  FileName = 'TEMPSEN.INS';

Type Dat = Record
  Temp,Time,Temp1,Time1,
  Temp2,Time2,CompTime,
  CompRes,a,b : Real;
  ComAddr : Word;
  LinOn,TimeOut : Boolean;
End;

Var SFile : File of Dat;
MDat : Dat;
Err : Integer;
RestTemp,
RestTime,RRef : Real;
XOff,YOff,ComNr,
Dummy : Byte;
Item : Char;
Ende,Change : Boolean;
S : String;

Procedure MeasureTemp(Var MDat:Dat; N:Byte);
{MDat:Meßwert; N:Anzahl der Messungen;}
Var I,J,Dat : Byte;
T,D,LinTime : Real;
Divider,OrMask : Word;

Function ReadCom:Byte;
Var T1,T2 : Byte;
Begin
  With MDat Do
    Begin
      T1:=Mem[$0040:$006C]; { Ermittlung der System - }
      Repeat
        T2:=Mem[$0040:$006C];
        If T2>T1+2 Then Timeout:=True; { Timeout 3*55ms }
        If (T1>T2) And (T2+256>T1+1) Then Timeout:=True;
        Until (Port[ComAddr+5] and 1)=1 Or Timeout;
      ReadCom:=Port[ComAddr];
    End;
End;

Begin
  With MDat Do
    Begin
      T:=0; D:=0; Timeout:=False;
      For J:=1 To N Do
        Begin
          OrMask:=$200; Divider:=OrMask;
          For I:=0 to 9 Do
            Begin
              Port[ComAddr+3]:=80; { Selektion des Baudrateregisters }
              Port[ComAddr]:=Lo(Divider);
              Port[ComAddr+1]:=Hi(Divider);
              Port[ComAddr+3]:=0; { 5Bits, No Parity, 1Stop Bit }
              Port[ComAddr]:=FF; { Messung starten }
              Dat:=ReadCom;
              If (I=9) And Timeout Then Exit;
              If Dat>$1E Then { Wenn Impuls (Com) zu kurz ist }
                Divider:=Divider And Not OrMask; { wird im Divider }
                OrMask:=OrMask Shr 1; { Reg., das mit der OrMaske adres- }
                Divider:=Divider Or OrMask; { sierte Bit zurückgesetzt }
              end; {For I}
              D:=D+Divider; { Summe der Teiler }
              T:=T+(Divider/115200)*1.5; { Summe der Impulslängen }
            End; {For J}
          Divider:=Trunc(D/N); { Mittelwert des Teilers }
          Time:=T/N; { Impulslänge für eine Messung }
          If LinOn Then Begin
            LinTime:=(Time*CompTime)/(Time+CompTime); { Zeit der eine Compen- }
            Temp:=a+b*LinTime; { sationszeit parallel ge- }
          End; { schaltet wird - vgl. }
        Else
          LinTime:=Time; { Rsensor parallel Rlin }
        End;
      End;
    End;
  End;
```

```

    Temp:=a+b*Time;
End;
End;

Procedure CalcCoefab(Var MDat:Dat);
{Aus den Meßpunkten Time1/Temp1 und Time2/Temp2 werden die Koeffizienten}
{a und b berechnet.}
Function Time_(T:Real):Real;
Begin
  With MDat Do
    If LinOn Then
      Time_:=(T*CompTime)/(T+CompTime)
    Else
      Time_:=T;
End;

Begin
  With MDat Do
    Begin
      If Time2<>Time1 Then
        Begin
          b:=(Temp2-Temp1)/(Time_(Time2)-Time_(Time1));
          a:=Temp1-b*Time_(Time1);
        End
      Else
        Begin
          Writeln('Fehler: Berechnung der Koeffizienten ist');
          Writeln(' ungültig ! (Time1=Time2)');
          Write (' weiter durch drücken einer Taste');
          Repeat Until KeyPressed;
        End;
    End;
  End;
End;

{ Geradengleichung: }
{   Y2-Y1 }
{ Y= b*X+a, b----- }
{   X2-X1 }
{ a=Y1-b*X1 }

Procedure SelCom(Var MDat:Dat; ComNr:Byte);
Begin
  With MDat Do Begin
    If ComNr=1 Then
      ComAddr:=memw [$0040:$0000] { Ermittlung der Adressen von Com1 }
    Else
      ComAddr:=memw [$0040:$0002]; { und Com2 }
  End;
  End;

Begin
  Change:=False; ComNr:=0;
  If ParamCount>0 Then
    Begin
      Val(ParamStr(1),ComNr,Err);
      If Err=0 Then
        If ComNr in [1..2] Then
          SelCom(MDat,ComNr)
        Else
          Begin Writeln('Fehler: ComNr = 1 oder 2 !'); Exit; End
      Else
        Begin Writeln('Fehler: falsche Parameter !'); Exit; End;
    End;
  Assign(SFile,FileName);
  {$I-} Reset(SFile); {$I+}
  If IOResult<>0 Then
    With MDat Do
      Begin
        If ComNr=0 Then Begin
          Writeln('Welche Schnittstelle soll verwendet werden (Com1=1,
Com2=2)?');
          Read(ComNr);
        End;
        SelCom(MDat,ComNr);
        Temp1:=0; Temp2:=100; Time1:=1.5E-3; Time2:=3E-3; CompTime:=8E-3;
        CompRes:=5760; LinOn:=False;
        Change:=True;
        Writeln('Achtung: Der Temperatursensor muß neu kalibriert werden !');
        Writeln('-----');
        Write ('----- weiter durch drücken einer Taste -----');
        Repeat Until KeyPressed;
      End;
    Else
      Begin
        Read(SFile,MDat);
        Close(SFile);
        If ComNr<>0 Then SelCom(MDat,ComNr);
      End;
    CalcCoefab(MDat);
    With MDat Do
      Begin
        { init. 8250/16450 }
        Port[ComAddr+1]:=0; { keine Interrupts }
        Port[ComAddr+4]:=$03; { RTS=1, DTR=1 }
        Dummy:=Port[ComAddr];
        ClrScr; Ende:=False;
        XOff:=18; YOff:=1;
        GotoXY(XOff,YOff); Write(' TEST - UND KALIBRIERPROGRAMM ');
        GotoXY(XOff,YOff+1); Write(' J. Sturz Ver. 2.0 3/91 ');
        GotoXY(XOff,YOff+2); Write('-----');
        GotoXY(XOff,YOff+4); Write('[1] Linearisierung ');
        GotoXY(XOff,YOff+6); Write('[2] Testtemperatur 1 einstellen ');
        GotoXY(XOff,YOff+7); Write(' oder Referenzwiderstand 1 einsetzen');
        GotoXY(XOff,YOff+9); Write('[3] Testtemperatur 2 einstellen ');
        GotoXY(XOff,YOff+10); Write(' oder Referenzwiderstand 2 einsetzen');
        GotoXY(XOff,YOff+12); Write('[4] Auflösung in °C und in µs ');
        GotoXY(XOff,YOff+14); Write('[5] Ende ');
        GotoXY(XOff,YOff+16); Write('-----');
        GotoXY(XOff,YOff+17); Write('Temperature/°C t/ms Teiler');
        GotoXY(XOff,YOff+18); Write('-----');
      End;
    End;
  End;
End;

```

```

GotoXY(XOff,YOff+24); Write('-----');
Window(XOff,YOff+19,XOff+39,YOff+23);
Repeat
  If KeyPressed Then
    Begin
      Item:=ReadKey;
      Case Item of
        '1':Begin
          ClrScr;
          Write('Linearisierung (Ein=1/Aus=0):');
          Readln(Item);
          If Item='1' Then
            Begin
              LinOn:=True;
              Writeln('Parallelwiderstand (wird durch die');
              Writeln('Software simuliert) (4k-10k):');
              Write(' R in Ohm =');
              Readln(CompRes);
              Writeln('Referenzwiderstand einsetzen (1k-4k):');
              Write(' R in Ohm =');
              Readln(RRef);
              Writeln('Bitte warten!');
              MeasureTemp(MDat,10);
              CompTime:=Time*CompRes/RRef;
            End
          Else
            LinOn:=False;
            CalcCoefab(MDat);
            Change:=True;
          End;
        '2':Begin
          ClrScr;
          Writeln('Erste Testtemperatur in °C eingeben');
          Write(' T1=');
          Readln(Temp1);
          Writeln('Wenn der Temperatursensor ',Temp:3:1);
          Writeln('erreicht hat (oder ein Referenz-');
          Writeln('widerstand eingesetzt wurde) auf');
          Writeln('<RETURN> drucken');
          Readln(S);
          Writeln('Bitte warten!');
          MeasureTemp(MDat,10);
          Time1:=Time;
          If TimeOut Then
            Writeln('TimeOut!');
          Else
            CalcCoefab(MDat);
            Change:=True;
          End;
        '3':Begin
          ClrScr;
          Writeln('Zweite Testtemperatur in °C eingeben');
          Write(' T2=');
          Readln(Temp2);
          Writeln('Wenn der Temperatursensor ',Temp:3:1);
          Writeln('erreicht hat (oder ein Referenz-');
          Writeln('widerstand eingesetzt wurde) auf');
          Writeln('<RETURN> drucken');
          Readln(S);
          Writeln('Bitte warten!');
          MeasureTemp(MDat,10);
          Time2:=Time;
          If TimeOut Then
            Writeln('TimeOut!');
          Else
            CalcCoefab(MDat);
            Change:=True;
          End;
        '4':Begin
          ClrScr;
          RestTime:=1.5/115200;
          RestTemp:=(Temp2-Temp1)/Round((Time2-Time1)/RestTime);
          Writeln('Die Auflösung beträgt ',RestTemp:3:1,' °C (' ,
             RestTime*1E+6:2:2,' µs)');
          Writeln('Ende durch drücken einer Taste!');
          Repeat Until KeyPressed;
        End;
        '5':End:=True;
      End:{Case}
    End;
  Else
    Begin
      MeasureTemp(MDat,1);
      If Not TimeOut Then
        Writeln(Round(Temp2)/2:5:1,Time*1000:18:3,Round(Time/(1.5/115200)):15)
        Else
          Writeln('***** TimeOut *****'); (* Wenn die Schaltung nicht *)
          (* angeschlossen oder die *)(* falsche Schnittstelle ge- *)
          (* wählt wurde. *)
    End;
  If Change Then
    Begin
      Assign(SFile,FileName);
      Rewrite(SFile);
      Write(SFile,MDat);
      Close(SFile);
    End;
  Window(1,1,80,25);
  ClrScr;
End.

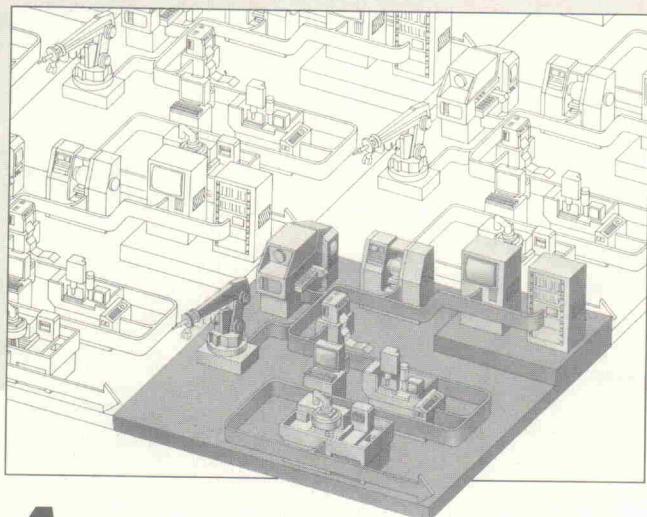
```

**Listing 1.** Das Listing des vollständigen Anwendungsprogramms. Es führt sowohl die Messungen als auch die Kalibrierung der Schaltung durch.

# Der Bitbus

'The next Generation' mit neuer EPROM-Software

Ludwig Brackmann



**Der Bitbus, ein Industriestandard für die serielle Datenübertragung im unteren Kilometerbereich, wurde Ende letzten Jahres in den USA unter der Bezeichnung IEEE 1118 genormt. Der vorliegende Grundlagenbeitrag berücksichtigt bereits die verbesserten Leistungsmerkmale des neuen CMOS-Bitbus-Prozessors 80C152, der vor wenigen Wochen von Intel und Phoenix Contact der Öffentlichkeit vorgestellt wurde.**

**A**utomatisierung bedeutet: immer mehr Sensoren, immer mehr Aktoren und eine zunehmende Anzahl von Rechnern, die steuernd und regelnd in Prozeß- und Fertigungsabläufe eingreifen. Und sie bedeutet eine steigende Anzahl von Signalleitungen.

Wenn es für die Fortentwicklung der Automatisierung ein Hindernis gibt, sind es die mit jedem weiteren Signal anschwellenden Kabelbäume, die für die heute noch vielerorts übliche Parallelverdrahtung charakteristisch sind. Die Kabelstrassen quellen über; Steuerungen stehen an logistisch ungünstigen Stellen, nur um die Kupfermenge der Parallelverkabelung in vertretbaren Grenzen zu halten.

Den Ausweg aus diesem Dilemma liefert die serielle Feldbus-Technik. Sie ermöglicht eine deutliche Reduzierung der Parallelverdrahtung auf die Distanz zwischen Sensor/Aktor und dem Klemmenkasten an Maschine oder Anlage. Der Rest der Datenübertragungsstrecke lässt sich von hier aus seriell überbrücken.

Feldbusse weisen mittlere Datenübertragungsraten (um 100 kBit/s) bei Entfernungen im unteren Kilometerbereich auf und sollen robust und preiswert sein, um die parallele Einzelverdrahtung ersetzen zu können. Sie sind in industrieller Umgebung vielfach erhöhtem elektro-

magnetischen Störpegel ausgesetzt und müssen im Hinblick auf Installation, Test und Wartung einfach zu handhaben sein.

Im Gesamtrahmen der rechnergestützten Prozeßautomatisierungs- und Fertigungstechnik bilden die Feldbusse die unterste Ebene, die Meßwerterfassungs-, Steuerungs- und Regelungsebene. Feldbusse sind Zubringerbusse für die nächsthöhere Ebene, die Prozeßbusse.

Ein Bussystem, das im Bereich der Feldbusse angesiedelt ist, ist der von Intel angebotene Bitbus. Über mehrere Jahre hinweg hat sich der Bitbus weltweit zu einem Industriestandard entwickelt und wurde kürzlich unter der Bezeichnung IEEE 1118 in den USA genormt. Die deutsche Normung wird erfahrungsgemäß einer internationalen Normung folgen.

## Wenn es echt Zeit wird, den richtigen Bus nehmen!

Will man ein Bussystem nicht nur zur Meßdatenerfassung,

sondern auch zur Prozeßregelung einsetzen, sollte es sinnvollerweise echtzeitfähig sein. Das heißt, innerhalb einer vorgegebenen Zeit müssen Istwerte vom Prozeß abgefragt und Stellbefehle zum Prozeß zurückgesandt werden.

Viele, darunter Fachleute, antworten auf die Frage nach der Bedeutung der Begriffe Echtzeit und Echtzeitfähigkeit etwa folgendes: 'Ein echtzeitfähiger Rechner muß äußerst schnell sein, so mit einer Taktfrequenz am besten größer als 100 MHz.' Oder:

'Der CAN-Bus mit einer Bruttodatenrate von 1 MBit/s – na klar ist der echtzeitfähig.' Er ist es nicht.

Ein Bussystem darf als echtzeitfähig bezeichnet werden, wenn es zwei Bedingungen erfüllt:

### 1. deterministischer Buszugriff

Hinter diesem Begriff verbirgt sich folgender Zusammenhang: Alle an den Bus angeschlossenen aktiven Teilnehmer (Master) können innerhalb einer festgelegten Zeitspanne (deterministisch) davon ausgehen, daß sie mindestens einmal das Buszugriffsrecht und damit die Möglichkeit zum Datentransfer erhalten.

### 2. genügend hohe Datenrate

Das zweite, oft als einziges angesehenes Kriterium für Echtzeitfähigkeit ist das Verhältnis zwischen Datenrate und dem zu regelnden Prozeß. Allgemein gesprochen muß der Informationsprozeß (hier: die Datenrate) des Regelungssystems mit den energetisch-stofflichen Prozessen des Objektprozesses (Maschine oder Anlage) Schritt halten können.

Bussysteme, deren Zugriffsverwaltung durch bitweise Arbitration geregelt wird (wie beim CAN-Bus), sind weder theoretisch noch praktisch echtzeitfähig. Bei der Busverwaltung mittels bitweiser Arbitration beginnt jedes Telegramm mit einer Kennung, die unter anderem auch als Priorität des Telegramms ausgewertet wird.

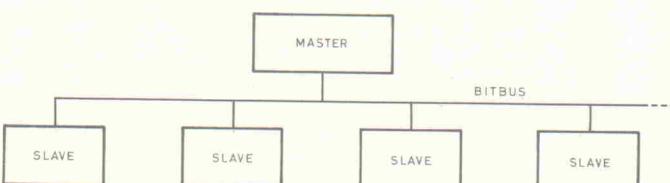


Bild 1. Die Master-Slave-Struktur beim Bitbus.

Systemgröße Systemmodus	Datenrate (kBit/s)	maximale Distanz zw. Repeatern (m)	maximale Anzahl Knoten je Segment	maximale Anzahl Repeater	maximale Systemstrecke (m)
synchron	500...2400	30	28	0	30
selbstgetaktet	375 62,5	300 1200	28 28	2 10	900 13 200

**Bild 2. Je nach Datenrate können mit dem Bitbus bis zu 13,2 km überbrückt werden.**

Durch bitweisen Vergleich mehrerer, von unterschiedlichen Mastern gleichzeitig auf den Bus gelegter Kennungen wird die Busvergabe entschieden. Wenn demnach ein beliebiger Teilnehmer wiederholt, unmittelbar nacheinander, Telegramme mit der Höchstprioren Kennung sendet, so blockiert er damit den Buszugriff für alle anderen Teilnehmer auf unbestimmte, unberechenbare Zeit. Die Forderung nach deterministischem Buszugriff ist nicht erfüllt. Für ein echtzeitfähiges Bussystem ist daher eine andere Art der Busverwaltung zu finden.

## Herren und Diener

Eine einfache Möglichkeit zur Realisierung eines deterministischen Bussystems ist die Master-Slave-Struktur. Dies ist eine streng hierarchische Struktur mit nur einem übergeordneten, agierenden Teilnehmer (Master) sowie einer Anzahl untergeordneter, reagierender Teilnehmer (Slaves). Nach diesem Prinzip ist auch die Zugriffsberechtigung beim in Bild 1 dargestellten Bitbus konzipiert.

Der Master hat ständig die Kontrolle über den Datenverkehr auf dem Bus. Er initiiert jede Kommunikation mit den Slave-Teilnehmern, die lediglich auf Anfrage Daten an den Master senden. Durch dieses Verfahren werden die Antwortzeiten zwischen Master und Slave berechenbar und folglich auch die Antwortzeit des Gesamtsystems.

## Datenrate: 2,4 MBit/s

Die Bitbus-Grundkonfiguration besteht aus einem Master und bis zu 27 Slaves. Eine solche Anordnung mit bis zu 28 Teilnehmern wird als Bitbus-Segment bezeichnet. Der Bitbus kann in zwei Betriebsmodi ar-

beiten: Im synchronen Modus (synchronous mode) können 28 Teilnehmer über eine Entfernung von maximal 30 m bei einer maximalen Datenrate von 2,4 MBit/s miteinander vernetzt werden. Da in diesem Beitrag der Schwerpunkt auf der Überbrückung größerer Entfernungen liegt, wird auf die Eigenarten des synchronen Modus nicht weiter eingegangen.

In der zweiten Betriebsart, dem selbsttaktenden Modus (self-clocked mode), kann ein Bitbus-Segment eine Ausdehnung von bis zu 300 m oder bis zu 1200 m haben. Abhängig von der zu überbrückenden Entfernung sind die zugehörigen Datenraten 375 kBit/s und 62,5 kBit/s (Bild 2).

## Bitbus mit Coprozessor

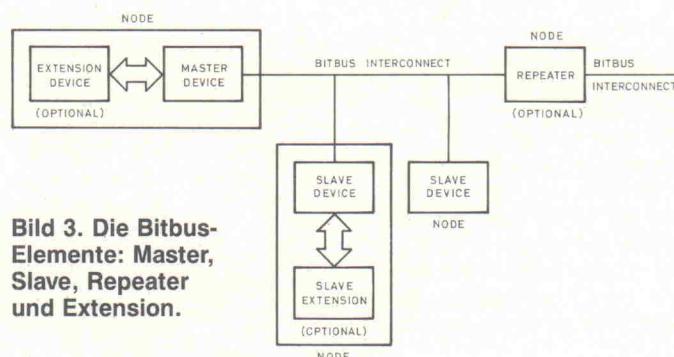
Die verschiedenen Elemente am Bitbus werden unter dem Begriff Knoten (node) zusammengefaßt: Ein Knoten kann aus einem Device ('Gerät'; also Master oder Slave), einem Device mit 'Erweiterung' (Extension) oder aus einem Repeater bestehen. Unter einer Extension ver-

steht man einen zweiten Applikationsmikroprozessor, der, wie aus Bild 3 hervorgeht, zusätzlich zum Bitbus-Prozessor lokale Rechenleistung bereitstellt.

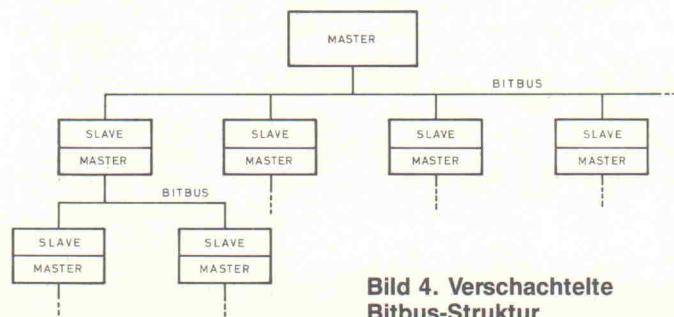
Das Bitbus-Protokoll gestattet es auf einfache Weise, Daten vom Bitbus auf den 'Co'-Prozessor weiterzuleiten. Implementiert man in einem Knoten zwei Bitbus-Prozessoren, so kann einer als Slave in einem übergeordneten System dienen, der andere kann sich eine eigene, ihm untergeordnete Hierarchie aufzubauen (Bild 4). Diese Möglichkeit läßt sich außerdem dazu nutzen, Gateways (Übergänge) zwischen Bitbus-Segmenten mit unterschiedlichen Übertragungsraten zu realisieren.

## Gegen wohlgeformten Sinus: Repeater

Die elektrische Kapazität des Übertragungsmediums steigt mit der Anzahl der Busteilnehmer (Knoten) sowie mit der Kabellänge. Damit wächst auch der Tiefpaßcharakter, und die idealen Rechteckimpulse degenerieren mehr und mehr



**Bild 3. Die Bitbus-Elemente: Master, Slave, Repeater und Extension.**



**Bild 4. Verschachtelte Bitbus-Struktur.**

zu formschönen Sinuskurven. Damit keiner der Empfänger in Versuchung kommt, neben logischen Einsen und Nullen auch halbe und dreiviertel Bits zu erkennen, werden Repeater (Zwischenverstärker) zur Regenerierung des Bussignals eingesetzt.

Dies ist laut Spezifikation notwendig, wenn mehr als 28 Knoten in einem Bitbus-System betrieben werden sollen oder die zu überbrückende Distanz größer ist, als die für die gewählte Baudrate pro Segment zugelassene.

Bei einer Datenrate von 375 kBit/s dürfen mit Hilfe von zwei Repeatern drei Bitbus-Segmenten verbunden werden. Ein solches Bussystem mit maximal 81 untergeordneten Stationen kann sich dann über 900 m erstrecken. Die größte Teilnehmerzahl erreicht man bei der niedrigsten Datenrate (62,5 kBit/s). Mit zehn Repeatern können elf Segmente verknüpft werden, die auf einer möglichen Entfernung von 13 200 m genügend Platz für alle 250 adressierbaren Teilnehmer bieten.

Repeater können bei entsprechender Ausführung auch zur elektrischen Potentialtrennung zweier Bussegmente dienen. Die Verstärkungsrichtung ist so geschaltet, daß die Signale vom Master zu allen nachfolgenden Slaves verstärkt werden, solange kein Slave-Teilnehmer sendet. Beginnt ein Slave-Teilnehmer mit einer Antwort, kehrt sich die Verstärkungsrichtung aller Repeater im System für die Dauer der zu übertragenden Nachricht um. Zur Steuerung der Verstärkungsrichtung ist ein weiteres Adernpaar (transceiver control pair, RTS) erforderlich. Damit werden alle jene Knoten verbunden, die, vom Master aus gesehen, hinter einem Repeater angeordnet sind (Bild 5).

## Das richtige Medium

Als Übertragungsmedium benutzt man in der Feldbus-Technik vornehmlich verdrillte Zweidrahtleitung (twisted pair) und Koaxialleitungen. Lichtwellenleiter (LWL) werden aufgrund des höheren Systempreises und der aufwendigeren Ankopplungstechnik für neu hinzukommende Busteilnehmer vornehmlich nur dort eingesetzt, wo zum Beispiel die Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern oder die Potentialtrennung von Sender und

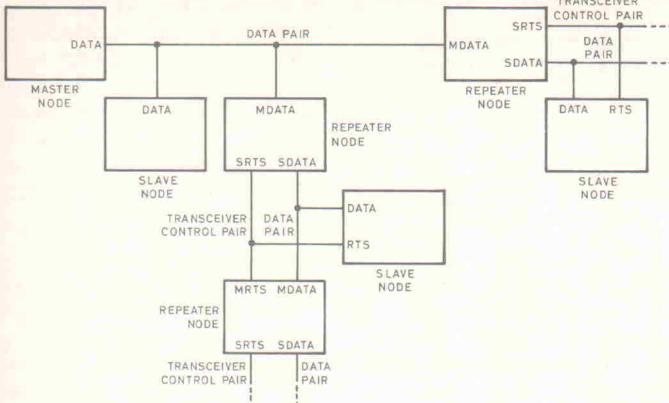


Bild 5. Hinter einem Repeater benötigt der Bitbus zwei Adernpaare.

Empfänger eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Je nach elektromagnetischer Umgebung und Leitungslänge kann beim Bitbus ungeschirmte oder geschirmte Zweidrahtleitung Verwendung finden. Das Bitbus-Kabel kann man zwar in weiten Grenzen wählen; Leitungsparameter wie charakteristische Impedanz, Dämpfung und ohmscher Widerstand müssen jedoch bei der Auswahl berücksichtigt werden. Ein typischer Wert der Impedanz ist  $120\Omega$ . Alle Bitbus-Leitungen werden am Leitungsende (an Master, Repeatern und am letzten Slave) mit einem Widerstand dieses Wertes abgeschlossen, um Reflexionen gering zu halten.

Die für die beiden angegebenen Datenraten spezifizierten Entferungen basieren auf Werten handelsüblicher, verdrillter Zweidrahtleitung. Kabel mit besseren Eigenschaften erlauben auch das Verlassen der durch die Spezifikationen vorgegebenen Grenzen bezüglich Entfernung und Datenrate.

Für den Bitbus benutzt man sinnvollerweise sechsadrige Kabel: zwei Adern für die Datenübertragung, zwei zur Repeatersteuerung (transceiver control pair) und zwei zur Spannungsversorgung der angeschlossenen Knoten. Sechsadrige, paarig versiegte (verdrillte) Kabel sind, je nach Aufwendigkeit der Abschirmung, zu Preisen in der Größenordnung zwischen 100

DM und 1000 DM je 100 m Kabellänge erhältlich.

### Der Bitbus tickt

Die Betriebsart für größere Kabellängen heißt selbsttaktender Modus. Im folgenden wird dieses Prinzip erläutert.

Bei der seriellen Datenübertragung setzt ein Sender einen binären Datenstrom in eine Reihe von Spannungsimpulsen um. Diesen Vorgang nennt man Signalformatierung. Das bekannteste Format trägt die Bezeichnung NRZ (Non Return to Zero). Dabei werden die logischen Werte null und eins jeweils durch einen – während der Bitdauer konstanten – Spannungswert repräsentiert (wie zum Beispiel bei RS-232).

Zum korrekten Empfang der seriellen Daten muß der Empfänger wissen, zu welchem Zeitpunkt er das Bussignal abtasten und für die Rücktransformation in ein Datenbit verwenden darf. Der Empfänger muß sich also auf das ankommende Telegramm synchronisieren. Hierzu bietet sich der Telegrammanfang an, der als Polaritätswechsel des Bussignals nach relativ (zur Dauer eines Bits) langer Zeit ohne Busaktivität hardwaremäßig einfach zu erkennen ist.

Da die Datenrate zwischen Sender und Empfänger abgesprochen ist, kann der Empfänger den Abtastzeitpunkt für jedes

Bit, vom Telegrammanfang aus gezählt, präzise berechnen. Dies ist beim Bitbus die zeitliche Mitte jedes Bits.

### Telegrammlänge: 2000 Bit

Die Treffsicherheit des Abtastzeitpunkts hängt von der Frequenzdifferenz der im Sender und Empfänger vorhandenen Zeitnormale (Systemtakt) ab. Unterschiede ergeben sich in der Regel immer, und zwar durch Bauteiltoleranzen sowie Temperatureinflüsse. Ist die Periodendauer des Empfängertaktes ein wenig kürzer als die des Senders, tastet der Empfänger die Bits mit zunehmender Entfernung vom Telegrammanfang jedesmal etwas eher ab. Die ersten Übertragungsfehler treten auf, wenn sich der Abtastzeitpunkt dem Bereich des Einschwingvorgangs am Bitanfang zu sehr nähert. Weiter hinten im Telegramm kann sogar Doppelabtastung eines Bits eintreten.

Bei kurzen Telegrammen und niedrigen Datenraten ist das Telegrammende bereits erreicht, bevor die beschriebenen Fehler auftreten. Beim Bitbus mit Telegrammlängen bis zu 2000 Bit ist diese Problematik bei der Auswahl der Signalformatierung für den selbsttaktenden Modus zu berücksichtigen.

### NRZI – bei High-Bits tut sich gar nichts

Da die Systemtakte von Sender und Empfänger im Laufe eines langen Telegramms zunehmend zeitlich versetzt sind, ist es erforderlich, den Empfängertakt während des Übertragungsvorgangs nachzusynchronisieren. Dazu bieten sich alle Signalflanzen innerhalb des Telegramms an. Um das genügend häufige Auftreten von Polaritätswechseln sicherzustellen, wurde für den Bitbus die Formatierungsart *Non Return to Zero (NRZI) mit Einfügen von logischen Nullen* als Stuff-Bits (Füllbits) ausgewählt. Dabei wird jede logische Null durch einen Signalspannungswechsel dargestellt, siehe Bild 6. Der Wechsel findet am

Anfang des Bit-Zeitfensters statt, so daß der Abtastzeitpunkt in der Mitte des Bits liegt. Während der Übertragung einer logischen Eins tritt keine Veränderung der Signalspannung im Vergleich zum letzten übertragenen Bit auf.

Nach Auftreten von fünf aufeinanderfolgenden Einsen wird jeweils eine Null als Füllbit in den Datenstrom eingefügt. Damit ist sichergestellt, daß während der Übertragung von sechs Bits mindestens eine Signalfalte auftritt, die zum Nachsynchronisieren des Empfängers genutzt werden kann.

Durch diese Art der Signalformatierung überträgt jedes Telegramm neben den Daten auch den Takt; daher die Bezeichnung 'selbsttaktend'.

Die einzelnen Bits werden nun nach der Norm RS-485 in elektrische Signale umgesetzt und übertragen.

Das Einfügen von Füllbits hat beim Bitbus noch eine weitere Bedeutung: Beginn und Ende jedes Telegramms wird hier durch Begrenzungsflags (frame delimiting flags) der Form 0111 1110 symbolisiert. Um die Einzigartigkeit dieser Flags gegenüber Datenbytes zu gewährleisten, werden hier keine zusätzlichen Nullen eingefügt.

Der Empfänger entfernt alle Füllbits nach den gleichen Regeln, so daß er die Daten unverfälscht an den angeschlossenen Mikrocontroller weiterleiten kann.

Damit sich die digitale PLL (Phase Locked Loop) im Empfangsteil eines Bitbus-Teilnehmers exakt auf die Sendefrequenz abstimmen kann, wird jedem Telegramm ein Synchronisationssignal (PreFrame Sync, PFS) vorangeschickt, das aus mindestens acht Nullen (Polaritätswechseln) besteht.

### Bitbus-Telegramme

Die allen Bitbus-Telegrammen (data frames) gemeinsame Grundstruktur ist in Bild 7 dargestellt. Eingerahmt von zwei Begrenzungsflags findet man zunächst ein jeweils ein Byte langes Adress- und Steuerfeld (Control), gefolgt von dem 7...255 Byte langen Informationsfeld. Den Schluß bildet die Prüfsumme (Frame Check Sequence, FCS) mit einer Länge von 2 Byte.

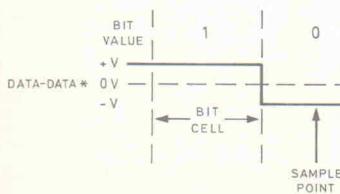


Bild 6.  
Kombinierte  
Takt- und  
Datenüber-  
tragung durch  
Signal-  
formatierung  
nach NRZI.

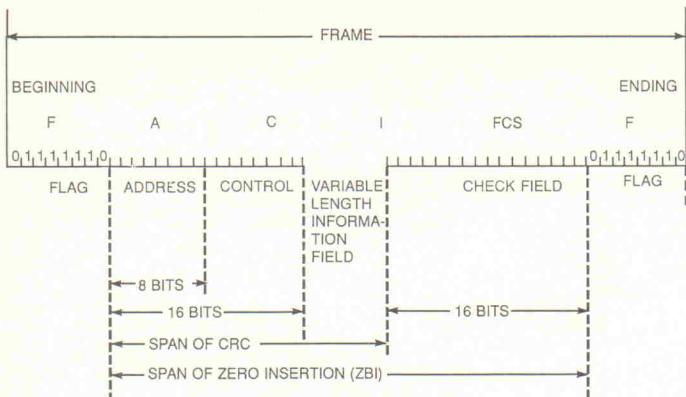


Bild 7. Das Bitbus-Telegrammformat besitzt ein maximal 255 Byte langes Informationsfeld.

Das Adressfeld enthält immer die Adresse des an der Kommunikation beteiligten Slave-Teilnehmers. In der einen Richtung adressiert der Master damit den anzusprechenden Slave. Sendet ein Slave seine Antwort, gilt der im Adressfeld eingetragene Wert als Absenderadresse. Mit acht Bits lassen sich theoretisch 256 Adressen darstellen. Da jedoch die Werte 0 und 251...255 von Intel für Weiterentwicklungen reserviert wurden, vermindert sich die Anzahl der adressierbaren Teilnehmer auf 250.

Das Steuerfeld legt den Typ eines Telegramms fest. Zum einen gibt es Telegramme, mit denen die Bitbus-Teilnehmer (Slaves) zurückgesetzt (Reset) beziehungsweise in den empfangsbereiten Modus geschaltet werden können. Außerdem gibt es zwei kurze Telegramme zum Austausch von Statusinformationen (Supervisory-Telegramme). Es sind die beiden Meldungen Receiver Ready (RR) und Receiver Not Ready (RNR).

Bei diesen Telegrammen hat das Informationsfeld die Länge null. Der Master verwendet die Nachricht RR, um vom angesprochenen Slave ein Informationstelegramm anzufordern (Polling). Der Slave bestätigt mit einer RR-Meldung den Erhalt einer gültigen Nachricht (Acknowledge).

Mit einem RNR-Telegramm teilt ein Slave dem Master mit, daß ein korrekt empfangenes Telegramm aufgrund fehlenden Speicherplatzes nicht aufgenommen werden konnte. Der Master benutzt die Nachricht RNR, um einen Slave zum Senden von Statusinformationen aufzufordern. Die eigentliche Nutzdatenübertragung ge-

schieht mit Hilfe der Informationstelegramme.

### Bus mit Buchführung

Jeder Bitbus-Teilnehmer führt genauestens Buch darüber, mit wem er wie oft Daten (Informationstelegramme) austauscht. Die Anzahl der Telegramme wird jeweils in einem Sendezählern ( $N_s$ , s = send) und einem Empfangszähler ( $N_r$ , r = receive) mit einer Breite von drei Bit festgehalten. Im Master existiert eine lange Liste mit Einträgen über jeden Slave-Teilnehmer.

Das Steuerfeld eines Supervisory-Telegramms (RR, RNR) bietet ebenfalls Platz für ein Empfangszählerfeld  $N_r$ , in dem der Absender die Anzahl der empfangenen Telegramme überträgt. Der Empfänger eines RR- oder RNR-Telegramms kann durch Vergleich von  $N_r$  mit seinem Sendezählern  $N_s$  feststellen, ob alle von ihm gesendeten Telegramme ihr Ziel erreicht haben. Das  $N_r$ -Feld entspricht praktisch einem Acknowledge.

Informationstelegramme bieten im Steuerfeld neben einem Empfangszählerfeld  $N_r$  auch Platz für ein Sendezählertfeld  $N_s$ . Der Sender übermittelt darin die Zahl der von ihm abgeschickten Telegramme. Der Empfänger vergleicht diese Zahl mit der Anzahl der bei ihm eingetroffenen Telegramme. Ein Unterschied zwischen  $N_s$  und  $N_r$  läßt auf ausstehende oder verlorengegangene Telegramme oder auf einen Hardware-Reset des Slaves schließen. Abhängig vom Ausmaß der Unstimmigkeit wird die Übertragung wiederholt oder ein Protokollfehler gemeldet.



Xaruba®

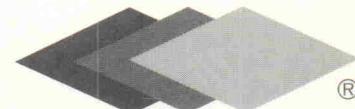


Im neu erschienenen Fachhandels-Katalog zeigt Pop ein umfassendes Programm hervorragender, preiswerter Elektronik:

- mechanische Bauteile (Knöpfe, Griffe)
- Opto-Elektronik (stark erweitert)
- sehr umfangreiches Meßgeräte-Programm
- Lötgeräte, Laborzubehör, Werkzeug (NEU!)
- Telefone, Anrufbeantworter und Zubehör (NEU!)
- Mischpulte, Mikrofone, Kopfhörer
- Alarmanlagen und Zubehör

Händler fordern den Katalog bitte schriftlich oder per Fax an (bitte Fotokopie der Gewerbeanmeldung beifügen).

**POP electronic GmbH**  
Postfach 22 01 56 · D-4000 Düsseldorf 12  
Tel. 02 11/2 00 02 33-34 · Fax 02 11/2 00 02 54  
Telex 8 586 829 pope d



**ALCRON**

IHR ZUVERLÄSSIGER PARTNER

Elektronische  
Bauelemente

**ALCRON**

Digitale  
Meßgeräte

**HI-TEC**

Kippschalter

**MIYAMA**

Einbauinstrumente

**ACRO-METER**

Lade- und  
Netzgeräte

**MINWA**

TELEKOM-Zubehör

TAE-/ADO-Dosen und Stecker, Kabel mit ZFF-Nr. der DBP

BITTE FORDERN SIE UNSERE KOSTENLOSEN  
KATALOGE AN. NUR HÄNDLERANFRAGEN.

**Horst Boddin · Import-Export**

Postfach 10 02 31  
Steuerwalder Straße 93  
D-3200 Hildesheim

Telefon: 0 51 21/51 20 17  
Telefax: 0 51 21/51 20 19  
Telex: 927165 boddin d

## Timeout

Damit die Antwortzeit einer untergeordneten Station auch im Fehlerfall berechenbar ist, wartet der Master nach seiner Sendaufforderung maximal 10 ms auf eine Antwort (Acknowledge- oder Informationstelegramm) vom Slave. Bleibt sie aus, wird ein Timeout-Fehler registriert und ein zweiter Sendeversuch gestartet. Ist dieser auch erfolglos, wird ein Protokollfehler gemeldet. Timeout-Fehler treten auf beim Ansprechen einer nicht existierenden Slave-Adresse oder beim Feststellen eines Prüfsummenfehlers durch Master oder Slave.

Weil komplizierte Dinge durch Beispiele anschaulich werden, sollen an dieser Stelle zwei Beispiele den Bitbus-Datenaustausch mit der zugehörigen 'Buchführung' erhellern. Die Vorgänge lassen sich Schritt für Schritt anhand von Bild 8 nachvollziehen. Zum besseren Verständnis besitzen die Variablennamen der Zählerstände eine doppelte Indizierung, zum Beispiel:  $N_{s,Ma}$ , die auf ihre Herkunft (Ma = Master, Sl = Slave) schließen lassen.

1. Datentransfer, wie er von den RAC-Kommandos (siehe weiter unten) bei Zugriffen auf Speicher oder Port eines Slaves abgewickelt wird

Zum Lesen eines I/O-Bereichs (Port) auf einem Slave-Modul wird ein Informationstelegramm vom Master zum Slave mit einem Informationsfeldinhalt nach Bild 9 übertragen. Das Telegramm beinhaltet auch die Sende- und Empfangszählerinhalte  $N_{s,Ma} = 0$  und  $N_{r,Ma} = 0$ . Die Datenfelder (Data Byte 1, 2, ...) sind leer beziehungsweise ungültig. Der Slave überprüft die Übereinstimmung zwischen an kommendem  $N_{r,Ma}$  und seinem  $N_{s,Sl}$  sowie zwischen dem eingetroffenen  $N_{s,Ma}$  und seinem  $N_{r,Sl}$ . Danach inkrementiert der Slave seinen Empfangszähler  $N_{r,Sl}$ , um anzugeben, daß er das Informationstelegramm aufgenommen hat, und schickt ein RR-Telegramm mit  $N_{r,Sl} = 1$  als Acknowledge zurück. Nach dem Empfang des Slave-Zählerstands  $N_{r,Sl} = 1$  erkennt der Master, daß sein Telegramm korrekt empfangen wurde, erhöht seinen Sende zähler auf  $N_{s,Ma} = 1$  und gibt seinen Sendespeicher für das nächste zu sendende Telegramm frei.

Danach fordert der Master vom Slave mittels eines RR-Tele-

gramms das Zurücksenden des vervollständigten Informationstelegramms. Nach dem Empfang des RR-Telegramms kontrolliert der Slave den ankommenden  $N_{r,Ma}$ -Zählerstand und antwortet mit dem gewünschten Telegramm. Dies enthält im Kontrollfeld die Zählerstände  $N_{s,Sl} = 0$  und  $N_{r,Sl} = 1$ .

Der Master vergleicht nach dem Empfang des Informationstelegramms seine Zählerstände  $N_{r,Ma}$  und  $N_{s,Ma}$  mit den Werten im Telegramm. Danach inkrementiert er sein  $N_{r,Ma}$  um festzuhalten, daß er ein Informationstelegramm erhalten hat. Bei der nächsten Sendung zum Slave übermittelt der Master seinen Zählerstand  $N_{r,Ma} = 1$  und bestätigt damit den Empfang des Informationstelegramms. Wenn der Slave das erkennt, erhöht er seinen Sende zähler  $N_{s,Sl}$  und gibt seinen Sendespeicher frei.

2. Kombination von Empfangsbestätigungen und Sendaufforderungen im Informationstelegramm

Im zweiten Beispiel wird die Effektivität der Übertragung durch Einbindung von Empfangsbestätigungen (Acknowledges) und Sendaufforderungen in die Informationstelegramme gesteigert. Bei beiden, beim Master und beim Slave, beinhaltet ein eintreffendes Telegramm ein  $N_r$ -Feld. Ist dessen Inhalt größer als der  $N_s$ -Zählerstand im Empfänger, leitet der Empfänger daraus ein Acknowledge für sein zuletzt gesendetes Informationstelegramm ab. In diesem Fall erhöht er seinen Sende zähler  $N_s$  und gibt den Sendespeicher frei. Außerdem bewirkt ein ankommendes Informationstelegramm, daß der  $N_r$ -Zähler erhöht wird. Diese Ergebnisse werden mit dem nächsten Telegramm zurückgeschickt.

## Protokollchips

Für die Realisierung eines Bitbus-Knotens stand ursprünglich nur der NMOS-Controller 8044, ein Mitglied der 8051-Familie zur Verfügung. Dieser Baustein besitzt eine integrierte, auf Bitbus-Anwendungen zugeschnittene serielle Schnittstelle, die die gesamte Kommunikation (Physical Link Layer und Data Link Layer des OSI-Referenzmodells) nahezu ohne Belastung der CPU abwickelt. Dazu gehören die automatische

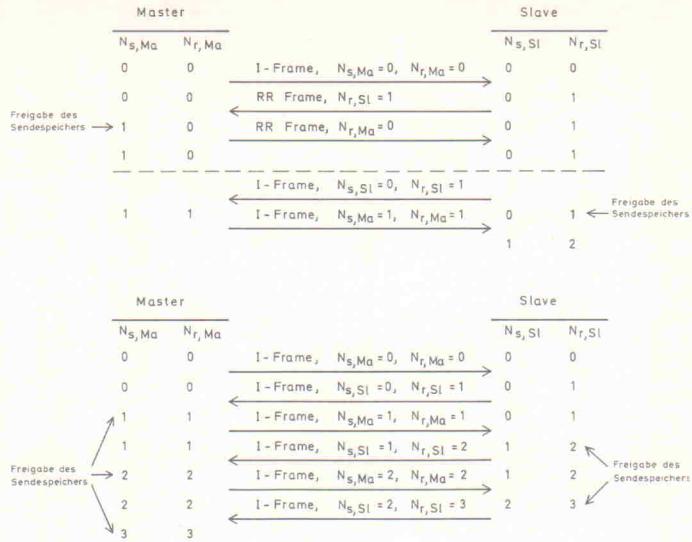


Bild 8. Datentransfer mit Buchführung. Oberes Beispiel: Datentransfer, wie er von den RAC-Kommandos bei Memory- und I/O-Zugriffen abgewickelt wird. Darunter: Kombination von Empfangsbestätigungen und Sendaufforderungen im Informationstelegramm.

Taktrückgewinnung aus dem seriellen Datenstrom, das Einfügen und Entfernen von Füllbits (zero bit insertion/deletion), Adreßerkennung sowie die Berechnung und Überprüfung der Prüfsumme.

In der Ausführung 8044BEM (Bitbus Enhanced Mikrocontroller) enthält der Mikrocontroller zusätzlich als Firmware das Echtzeitbetriebssystem DCX 51, dessen Task 0 (Bitbus-Kommunikationstask) bereits vordefiniert ist.

## Power on Diagnostics

Eine für den industriellen Einsatz interessante Option des 8044BEM ist eine Diagnosерoutine, die nach jedem Reset (und beim Power on) die Integrität (Funktionsfähigkeit) des Befehlssatzes, des ROMs sowie des internen und externen RAMs überprüft. Schließt man zwei Leuchtdioden an Pin 0 und Pin 1 des Controllerports 1 an, kann man den Verlauf des Diagnosevorgangs beobachten. Beim Auftreten eines Fehlers hält die Testroutine an, und anhand der LED-Zustände läßt sich der Bereich der Fehlerquelle einkreisen.

## DCX 51 – Echtzeit und Multasking

Bei Echtzeitanwendungen müssen vielfach mehrere Aktivitäten

(Tasks) in Abhängigkeit von externen oder internen Bedienanforderungen (Interrupts) quasi gleichzeitig ausgeführt werden.

Ein Echtzeitbetriebssystem übernimmt dabei die Verwaltung der Prozessorressourcen und steuert die Abarbeitung der einzelnen Tasks. Dazu zählen auch die Bedienung der Prozessorperipherie sowie Zeitdienste (Timer-Interrupts), das Einbeziehen von Hardware-Interrupts und das Austauschen von Nachrichten zwischen einzelnen Tasks. Der Bitbus weist ein besonderes Merkmal auf:

Nachrichten können nicht nur zwischen den Tasks eines Knotens, sondern auch mit beliebigen Tasks anderer Knoten ausgetauscht werden.

## Auf die Plätze ...

Das Echtzeitbetriebssystem hat die Aufgabe, alle durch Interrupts aufgerufenen Tasks vollständig, rechtzeitig und damit quasi gleichzeitig abarbeiten zu lassen. Da ein Prozessor zur Zeit nur ein Anwendungsprogramm ausführen kann, muß eine Task beim Bitbus verschiedene Zustände annehmen können. Die gerade vom Prozessor bearbeitete Task wird 'running' (laufend) genannt. Eine bereits aufgerufene, aber noch in der Warteschlange stehende Task trägt die Bezeichnung 'ready' (bereit). Alle anderen Tasks werden als 'asleep' (schlafend) bezeichnet.

Um die relative Dringlichkeit der Tasks untereinander zu kennzeichnen, kann das Betriebssystem DCX 51 vier verschiedene Prioritätsstufen unterscheiden. Somit ist die Abarbeitung der Warteschlange nicht ausschließlich durch das zeitliche Auftreten der Bedienanforderungen bestimmt.

DXC 51 eröffnet dem Anwender die Möglichkeit, neben der Task 0 weitere sieben Tasks zur Realisierung von beliebigen Steuer- und Regelungsfunktionen zu definieren. Eine in 8051-Assembler, C51 oder PL/M51 geschriebene und komplizierte Task kann entweder nichtflüchtig in einem EPROM untergebracht werden oder während des Betriebs über den Bitbus vom Master auf den Slave-Knoten heruntergeladen werden (Download).

Das Betriebssystem DCX 51 gestattet auch das Unterbrechen der momentan laufenden Task (preemption) durch ein externes Ereignis. Dies ist erforderlich, wenn ein Echtzeitbetriebssystem auch auf außerordentliche Ereignisse (Alarrrmeldungen) angemessen reagieren soll. Der Befehl RQ\_WAIT unterbricht die Ausführung einer Task, bis ein für die weitere Abarbeitung notwendiges Ereignis (Ankunft einer Nachricht, Hardware-Interrupt oder Timer-Interrupt) eingetreten ist. DCX 51 lässt zwei Hardware- und zwei Timer-Interrupt-Quellen zu, die jeweils einer Task zugeordnet werden können. Beim Auftreten eines Interrupts wird die zu-

gehörige Task aktiviert beziehungsweise in die Warteschlange eingereiht.

## Zugriff aus der Ferne

Um die Projektierung eines Bitbus-Systems zu vereinfachen, enthält die Firmware des 8044BEM neben dem Betriebssystem DCX 51 die Kommunikationstask 0, die es dem Anwender ermöglicht, die Dienste des Betriebssystems auch als Remote-Funktion über die Bitbus-Leitung aufzurufen. Diese Task trägt auch die Bezeichnung RAC-Task, was für *Remote Access and Control* steht. Das Duo aus Betriebssystem und vordefinierter Task 0 trägt die Bezeichnung DCM 44. Zu den RAC-Kommandos zählen Lese- und Schreibzugriffe auf externe Ein-/Ausgabekanäle, logische Verknüpfungen von

Daten mit den Zuständen der Ein-/Ausgabekanäle, Schreib- und Lesezugriffe auf internen und externen Speicher sowie das Erzeugen und Löschen von Tasks.

## Bitbus und Echtzeit

Einleitend wurden bereits einige Bemerkungen zu echtzeitfähigen und nicht echtzeitfähigen Bussystemen gemacht. Ist der Bitbus nun ein Bussystem, das das Attribut echtzeitfähig zu Recht tragen darf?

Echtzeitfähigkeit lässt sich beim Bitbus auf verschiedenen Ebenen finden. Die unterste echtzeitfähige Ebene innerhalb eines Bitbus-Systems findet sich auf jedem Slave-Teilnehmer, sofern ein Echtzeitbetriebssystem, zum Beispiel DCX 51, installiert ist.

Echtzeitfähigkeit auf der nächsthöheren Ebene bezieht auch die Busverbindung über den Bitbus mit ein: Ein im Busmaster installiertes Echtzeitbetriebssystem kann mit den Slave-Teilnehmern einen deterministischen Datenverkehr aufnehmen. Unter DCX 51 können eine oder mehrere Tasks Regelungsvorgänge in Echtzeit ausführen. Die Tasks können dazu per Timer-Interrupt im Master aufgerufen werden.

Als weitere Ebene ist ein Leitrechner, zum Beispiel ein PC denkbar, der mit einem echtzeitfähigen Betriebssystem oder Programm den Master-Mikrocontroller nur als Kommunikationsrechner (Protokollwandler)

benutzt und selbst einen deterministischen Datenaustausch mit den Slave-Teilnehmern realisiert.

Beispielsweise kann es im Leitrechner einen Speicherbereich geben, der verwaltet von einer Task, ständig das aktuelle Systemabbild sämtlicher Slave-Zustände enthält. Hierzu werden einerseits die Slave-Zustände über den Bitbus abgefragt. Diese von der Prozeßebene eingelesenen Daten können von einer weiteren Task benutzt werden, um mit Hilfe eines Regelalgorithmus einen Stellwert zu generieren, der nach der Eintragung in das Systemabbild von der erstgenannten Task zum entsprechenden Slave-Teilnehmer übertragen wird. Eine dritte Task kann auf den Speicherbereich zugreifen und erhält so zum Beispiel Daten für die Prozeßvisualisierung.

Jetzt ist noch die eingangs als zweite Voraussetzung für ein echtzeitfähiges Bussystem aufgestellte Bedingung der genügend hohen Datenrate zu verifizieren.

Mit der in Bild 8, Beispiel 2 vorgestellten, aufwendiger zu programmierenden Kopplung von Informationsübertragung und Handshake lässt sich die Zykluszeit um die zwei RR-Telegramme verkürzen.

Benötigt man bei einem Teil der Systemteilnehmer kürzere Antwortzeiten zum Abfragen bestimmter Zustandsänderungen, kann man einen Event-De-

MSB	LSB
LENGTH	
MT	SE
DE	TR
RESERVED (4 BITS)	
NODE ADDRESS	
SOURCE TASK	DESTINATION TASK
COMMAND/RESPONSE	
Port Address 1	
Data Byte 1	
Port Address 2	
Data Byte 2	
Port Address 3	
Data Byte 3	
Port Address 4	
Data Byte 4	
Port Address 5	
Data Byte 5	
Port Address 6	
Data Byte 6	

Bild 9. Informationsfeld für RAC-I/O-Befehle.

## Buchreihe Elektronik

Amateurfunk  
Unterhaltungselektronik  
EDV-Bücher  
Populäre Elektronik

**frecch-verlag**

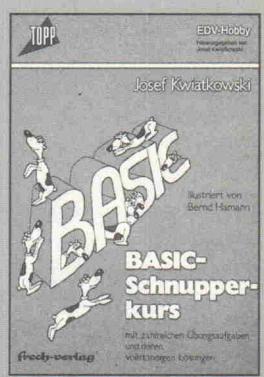
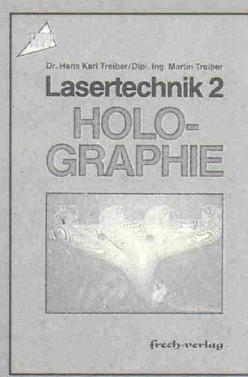
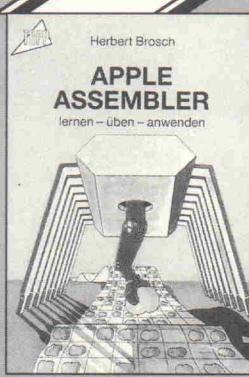
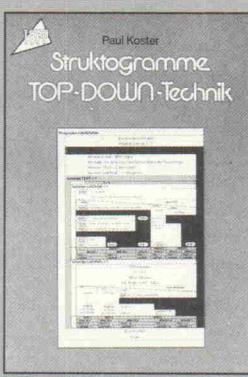
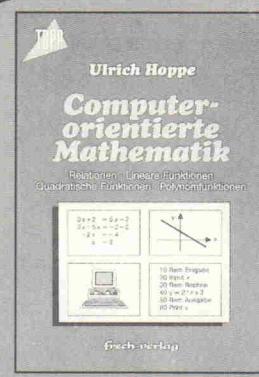
GmbH + Co. Druck KG

Turbinenstraße 7 · 7000 Stuttgart 31

Tel. (0711) 8 30 86-0 · Fax (0711) 8 38 05 97

Telex 7 252 156 fr d

Neues Gesamtverzeichnis  
1991 liegt vor!



Best.-Nr. 376 DM 32,-

Best.-Nr. 359 DM 28,-

Best.-Nr. 397 DM 25,60

Best.-Nr. 410 DM 36,-

Best.-Nr. 394 DM 16,-

tect-Mechanismus programmieren. Dazu erhalten die entsprechenden Slaves den Auftrag, den Master beim Pollen eines Informationstelegramms so lange immer wieder mit kurzen RR-Acknowleges zu vertrösten, bis die Zustandsänderung eintritt. Hierdurch läßt sich die Zykluszeit je nach Problemstellung in der Größenordnung auf bis zu einem Zehntel der oben errechneten Zeit verkürzen.

Ob der Bitbus zur Lösung eines vorliegenden Echtzeitregelungsproblems einsetzbar ist, läßt sich nun durch Vergleich der erreichbaren Zykluszeit mit der Regelzeitkonstanten des zu regelnden energetisch-stofflichen Prozesses herausfinden.

### Der 'Neue'

Für Neuentwicklungen wird der CMOS-Prozessor 80C152 verwendet, der neben dem Bitbus-Protokoll (SDLC, Synchronous Data Link Control) auch CSMA/CD und anwenderdefi-

nierte Protokolle unterstützt. Die Signalformatierung kann in Manchester-Code, NRZ und NRZI erfolgen; es stehen zwei verschiedene Prüfsummen zur Verfügung und vieles mehr.

Für Bitbus-Implementationen bietet der 80C152 folgende Vorteile: Der in einem DIP44 oder PLCC68-Gehäuse untergebrachte Controller arbeitet bei einer Taktfrequenz bis 16 MHz (statt 12 MHz) und bietet bis zu sieben parallele 8-Bit-Ports. Beim 8044 war die realisierbare Bitbus-Telegrammlänge durch seine geringe interne RAM-Kapazität von 192 Byte auf 50 Byte beschränkt. Zweimal 50 Bytes wurden als Sende- und Empfangsspeicher benötigt, den Rest des RAMs belegten das Betriebssystem und die Kommunikationstask. Mit dem 80C152 lassen sich die laut Bitbus-Spezifikation möglichen 255 Byte voll nutzen, denn der Sende- und der Empfangsspeicher können durch Benutzung

der zwei verfügbaren DMA-Kanäle in das externe RAM (bis zu 64 KByte) verlagert werden. Damit läßt sich beim Übertragen von größeren Datensätzen (Parametersätze, Download von Programmen) eine höhere Nettodatenrate erzielen.

Dank der CMOS-Technologie ist die Verlustleistung des Chips im Vergleich zum 8044 auf ein Fünftel (32 mA) reduziert, so daß der Einbau von Bitbus-Teilnehmern in geschlossene Gehäuse (wg. IP 65) erleichtert wird. Zusätzlich ermöglichen diverse Stromsparmodi auch ein sparsames Haushalten mit Energie aus Batterien oder regenerativen Energiequellen.

Ein Schönheitsfehler des 80C152: Es gibt (noch?) keine Version mit der oben beschriebenen Firmware on chip. Der Entwickler muß also einige Quadratzentimeter Platinenplatz für ein EPROM spinden, um das Betriebssystem

DCX 51 mit der RAC-Task verfügbar zu haben.

Seit der Controller 80C152 auf den Markt kam, haben diverse Bitbus-Fremdanbieter die Entwicklung von Firmware für diesen Baustein in Angriff genommen. Vor drei Monaten wurde eine jetzt von Intel angebotene und in einer Kooperation mit Phoenix Contact entstandene Bitbus-Software vorgestellt. Sie erfüllt die Forderungen der Bitbus-Norm IEEE 1118 und ist als EPROM-Code von Intel erhältlich.

### Weiterführende und benutzte Literatur:

*Intel: The Bitbus Interconnect Serial Control Bus Specification*

*Intel: Distributed Control Modules Databook*

*Intel: 8-Bit Embedded Controller Handbook 1991*

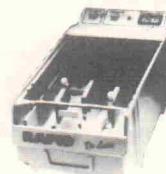
*Schnieder, E.: Prozeßinformatik, Braunschweig, 1986*

## Köster-Elektronik fertigt Geräte für ...



### ... Belichten

UV-Belichtungsgeräte  
**UV I** Nutzfl. 460 x 180 mm  
 DM 229,-  
**UV II** Nutzfl. 460 x 350 mm  
 u.a.m. DM 298,-



### ... Ätzen

Rapid de Luxe  
 Nutzfl. 165 x 230 mm DM 229,-  
**Rapid III A**  
 Nutzfl. 260 x 400 mm DM 279,-  
 u.a.m.



### ... Siebdrucken

Siebdruckanl. 27x36 cm ab DM 198,-  
 Siebdruckanlage Profi 43x53 cm  
 ab DM 279,-  
 Verschiedene Ausführungen  
 Sämtl. Anlagen werden m. kpl. Zubehör,  
 z.B. Farben, Rakel usw. geliefert.

### Kennen Sie schon unsere Leiterplattenfertigung?

Wir fertigen für Sie in folgenden Spezifikationen.

einseitig	Positionsdruck
zweiseitig	Lötstopplack
zweiseitig durchkontaktiert	CNC-Bohren
Leiterplatten für SMD	CNC-Fräsen
in den Materialien FR2-FR3-FR4-Epoxyd Blau	Repro- und Filmerstellung
Blei-Zinnumschmelzen	Muster Service für Kleinststückzahlen
Lötstick / Glanzzinn	Eldienst
Fotodruck / Siebdruck	

### Lieferzeit — Preis?

Anruf genügt!



... außerdem EPROM-Löschergeräte - Fotopositiv beschichtetes Basismaterial  
 Kostenloser Katalog mit technischen Daten und Beschreibungen bitte anfordern!  
**Köster-Elektronik, Siemensstr. 5, 7337 Albershausen** · Tel. 07161/3694 · Fax 07161/3690

# ELRAD

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

## Einzelheft-Bestellung

**ELRAD** können Sie zum Einzelheft-Preis von DM 6,80 — plus Versandkosten — direkt beim Verlag nach bestellen. Bitte beachten Sie, daß Bestellungen nur gegen Vorauszahlung möglich sind. Fügen Sie Ihrer Bestellung bitte einen Verrechnungsscheck über den entsprechenden Betrag bei.

**Die Ausgaben bis einschließlich 4/90 sind bereits vergriffen.**

Die Kosten für Porto und Verpackung: 1 Heft DM 1,50; 2 Hefte DM 2,-; 3 bis 6 Hefte DM 3,-; ab 7 Hefte DM 5,-.

**Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG**  
 Postfach 6104 07, 3000 Hannover 61

# Echtzeit'91

Kongreß und Ausstellung  
 für Echtzeit-Datenverarbeitung  
 in Automation, Meßtechnik, Simulation  
 11. bis 13. Juni 1991, Messehalle Sindelfingen

**Wir sind dabei!**

# ELRAD

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

— Galerie · Stand F 3 —

## Information + Wissen



Verlag Heinz Heise  
 GmbH & Co KG  
 Helstorfer Straße 7  
 3000 Hannover 61

**ct** magazin für  
 computer  
 technik



MULTUSER  
 MULTITASKING  
 MAGAZIN

**ELRAD**  
 Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

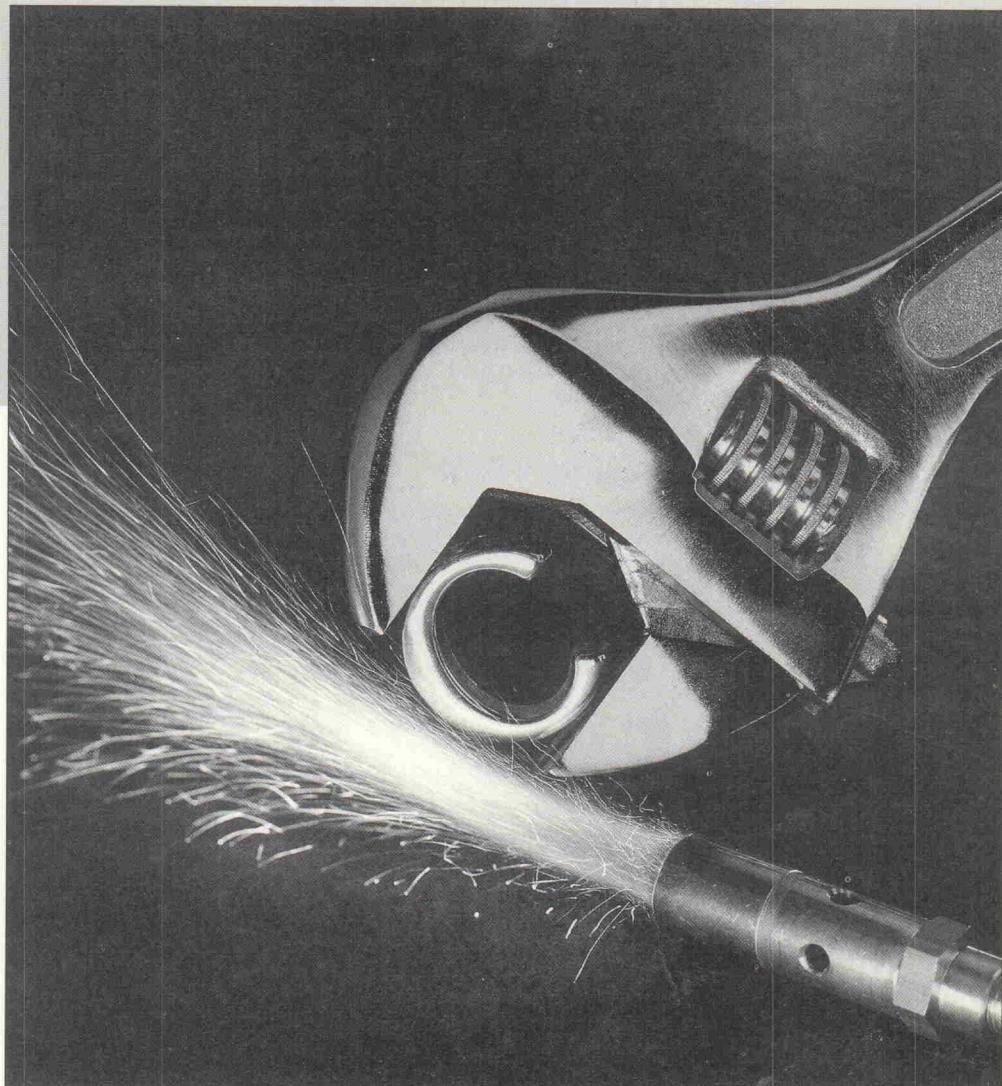
**INFVISION**  
 Magazin für Infotainment und multimediale Technologien

# Signalverarbeitung in C

## Teil 2: Schleifen und Analogdatenerfassung

Howard Hutchings

Schleifen tauchen in den meisten Programmen auf. C unterstützt einige, teilweise sehr elegante Schleifenkonstruktionen, mit denen das berüchtigte 'Goto' vermieden wird. Weiterhin kommen in diesem C-Kurs-Teil die ersten Analogdaten in den Rechner.



In Bild 2.1 ist das Flußdiagramm eines Programms gezeigt, das aus bereits beschriebenen Programmteilen besteht und sich unendlich oft wiederholt. Eine Möglichkeit, das berüchtigte Goto zu vermeiden, wäre:

```
for(;;)
{
*****  
C-Code, der in einer Endlos-Schleife ausgeführt werden soll  
*****/}
```

Das Programm in Listing 2.1 wurde geschrieben, um einen Wert von der Tastatur einzulesen und den Binärwert an Port A auszugeben. Der Inhalt

von Port C wird daraufhin eingelesen und auf dem Bildschirm angezeigt. Die Schleife ist als Flußdiagramm in Bild 2.1 dargestellt.

Alternativ kann das Programm auch die Geschwindigkeit eines kleinen Gleichstrommotors steuern. Eine Schaltung zeigt Bild 2.2.

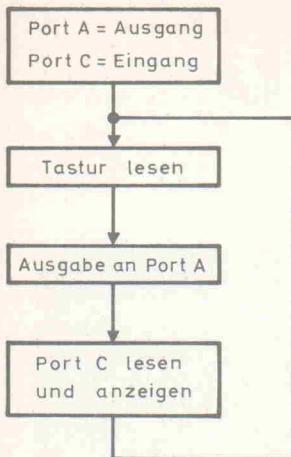
Wenn man auf der Tastatur Zahlen zwischen 0...15 eingibt, werden diese von dem 4-Bit-Digital-Analog-Wandler und einem Leistungsverstärker verarbeitet. Das ermöglicht, 16 unterschiedliche Geschwindigkeiten einzustellen. Diese einfache, unidirektionale Steuerung

stellt die Basis für einen komplizierteren Regelkreis dar.

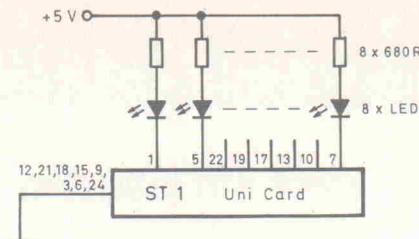
### Aussagekräftige Konstanten mit `#define`

Das Programm in Listing 2.2 erzeugt eine Rechteckspannung von etwa  $5 V_{SS}$  und einer Frequenz von 500 kHz, indem es den Port-Ausgang C7 ständig zwischen den Zuständen High und Low hin- und herschaltet.

Als Beispielprogramm zeigt es außerdem, wie man Konstanten durch aussagekräftige Namen ersetzen kann, um die Lesbarkeit des Programms zu er-



**Bild 2.1.**  
Eine einfache Schleife, die in Listing 1.6 ausgeführt ist.



**Bild 2.3.**  
Diese LED-Kette ergibt mit Listing 2.4 einen 'Binär-Monitor'.

### Listing 2.1

```
*****
Schreib-Lese-Schleife
*****
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
main()
{
int port_A = 768;
int port_C = 770;
int control_reg = 770;
int x;
int word = 139;
unsigned int contents_C;
outp(control_reg,word);
/* Variablen-Deklaration */
for(;;)
{
    /* Unendliche Schleife */
    printf("Eingabe einer Zahl\n");
    scanf("%d",&x);
    /* Eingabe von der Tastatur */
    outp(port_A,x);
    contents_C = inp(port_C);
    printf("Inhalt Port C:%d\n",
          contents_C);
}
}
```

sollte beachten, daß die Zeile mit dem `#define` im Gegensatz zum üblichen Verfahren nicht mit einem Semikolon abgeschlossen wird.

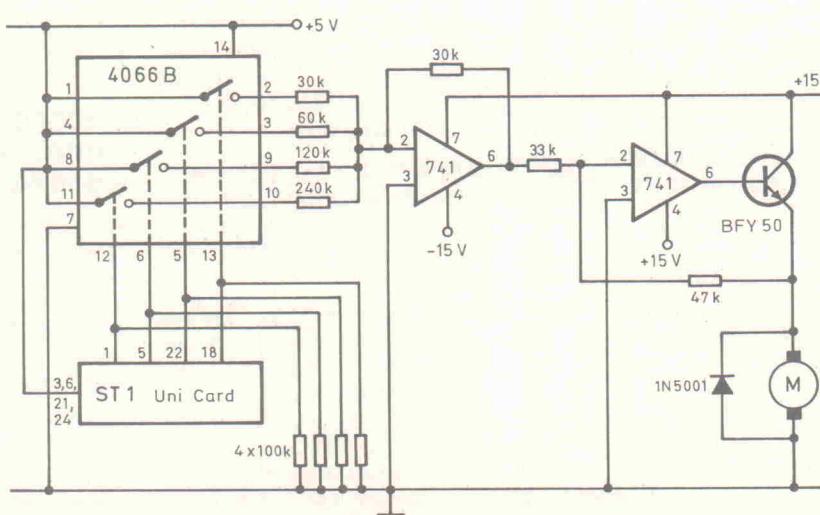
### Berüchtigt: Goto

Die primitive Natur der Wiederholung in Programm 2.2 soll entschuldigen, daß die unmittelbare Sprunganweisung anhand eines *Goto* demonstriert wurde. Viele Lehrbücher über die Sprache C drängen darauf, das *Goto* weitgehend zu vermeiden und nur mit größter Vorsicht einzusetzen. Das ist ein gutgemeinter Ratschlag, da die Verwendung von Sprungbefehlen unstrukturierte Programmierung begünstigt und die Programme damit schwer lesbar werden. Der Kurs zeigt natürlich, wie man *Goto* durch eine Endlosschleife mittels *for()* ersetzen kann.

Wenn das *goto* ausgeführt wird, läuft das Programm an der Stelle weiter, die dem Label 'start' folgt. Ein Label wird immer mit einem Semikolon abgeschlossen.

höhen. Die meisten C-Programmierer verwenden bei der Vergabe von Konstantennamen Großbuchstaben. Dies hilft dabei, Variablen und Konstanten zu unterscheiden. Man

**Bild 2.2.**  
Die Hardware für eine Geschwindigkeits-Steuering mit dem Computer ist einfach. Der größte Teil der Arbeit wird von der Software übernommen.



### For-Schleifen in einem Binär-Zähler

Listing 2.3 ist äußerst lehrreich, weil es verschiedene Schleifenkonstruktionen in einem Programm demonstriert. Verbindet man Port A mit einer 'Datenanzeige'-Schaltung (Bild 2.3) und konfiguriert ihn als Ausgabeport, kann dort der Inhalt des Zählers binär abgelesen werden. Der Dezimalwert kommt mit dem *printf()*-Befehl auf den Bildschirm. Das Zählen von 0...255 geschieht, indem man den 'Post-Increment-Operator' (*i++*) verwendet. Es ist eine recht flexible Anweisung, die

nichts anderes als '*i = i + 1*' bedeutet.

Ein Blick auf die Programmstruktur zeigt, wie das Programm auf verschachtelte Schleifen reagiert. Die äußere Schleife

```
for(;;)
{ }
```

bewirkt, daß sich die Prozedur endlos wiederholt. Den eigentlichen Zähler bildet die Konstruktion:

```
while(Bedingung)
{ }
```

/\* C-Code, der so lange wiederholt werden soll, wie die angegebene Bedingung wahr bleibt \*/

}

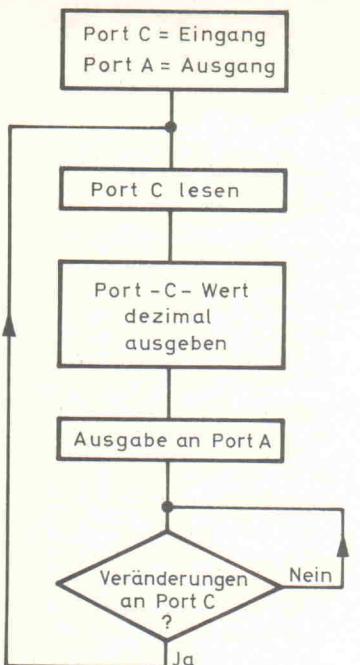
Der kurze Ausdruck *i++<= 255* bedarf einer ausführlichen Erläuterung. Er bedeutet: Prüfe, ob 'i' kleiner oder gleich 255 ist, und addiere dann 1 hinzu. Zwei nützliche Features in C sind der Increment- und der Decrement-Operator. Die Flexibilität von C erlaubt es, mit dem Post-Increment-Operator *i++* zunächst den Wert von *i* zu testen und danach 1 zu addieren oder zuerst die Addition auszuführen und danach zu testen, indem man den Pre-Increment-Operator *+i* verwendet. Eine vergleichbare Konstruktion gibt es natürlich auch für die Subtraktion mit 1, dort werden anstatt der beiden Pluszeichen zwei Minuszeichen verwendet.

Es war erforderlich, eine Zeitverzögerung in die Schleife einzubauen, um eine ablesbare Anzeige zu erhalten. Dieser Umstand wurde gleich dazu genutzt, die *for*-Schleife ausführlicher zu beschreiben.

```
for(Ausdruck1; Ausdruck2; Ausdruck3)
```

```
{ /* C-Code, der ausgeführt wird, solange Ausdruck 2 wahr ist */ }
```

Die *For*-Schleife ist in C sehr elegant gelöst. Drei Elemente,



**Listing 2.3**

```

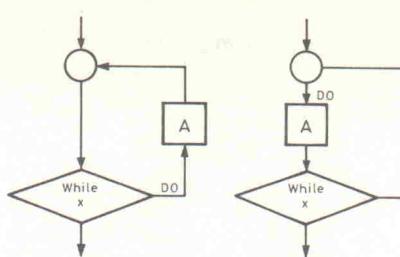
*****
Binaerzaehler
*****
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
main()
{
int port_A = 768;
int control_reg = 771;
int word = 139;
int i, k;
outp(control_reg, word);
for(;;)
{
i = 0;
while(i++ <= 255)
/*-----*
i testen und
eins addieren
-----*/
{
outp(port_A, i - 1);
printf("%d\n", i - 1);
for(k = 0; k <= 1000; k++)
/*
3 Teile der Schleife
Initialisierung:Test:Increment
-----*/
}
}
}

```

Initialisierung, Test und Inkrementierung, stehen in einem einzigen eingeklammerten Ausdruck. Ausdruck 1 wird beim Eintritt in die Schleife ausgeführt, und man kann daher an dieser Stelle leicht eine Initialisierung der Parameter vornehmen. Ausdruck 2 stellt die Bedingung dar, die wahr sein muß, damit das Schleifeninnere ausgeführt wird. Ausdruck 3, die Inkrementierung von k, wird am Ende der Schleife ausgeführt.

Im Beispielprogramm aus Listing 2.4 liest das Programm

**Flußdiagramm für Listing 2.4.**



**Bild 2.4.**  
**Die Anatomie einer strukturierten Programmkontrolle.**

**Listing 2.4**

```

*****
Den Status von Port C
anzeigen, dezimal
ausgeben und in Port A
schreiben
*****
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
main()
{
int port_A = 768;
int port_C = 770;
int control_reg = 771;
int word = 139;
unsigned int old_contents;
unsigned int new_contents;
/*-----*
Variablen-Deklaration
-----*/
outp(control_reg, word);
for(;;)
{
old_contents = inp(port_C);
/*-----*
Lesen von Port A
-----*/
printf("Port C enthält%d\n", old_contents);
outp(port_A, old_contents);
do
{
new_contents = inp(port_C);
/*-----*
Anzeigen von Port C
-----*/
}
while(new_contents == old_contents);
/*-----*
Hat sich der Inhalt
des Ports geändert?
-----*/
}
}

```

die Zustände an Port C ein und zeigt den Dezimalwert auf dem Monitor an, bevor dieser Wert als Binärwert auf die LEDs an Port A gegeben wird. Die Do-While-Konstruktion stellt sicher, daß der Schleifenrumpf immer mindestens einmal ausgeführt wird. Und zwar vor Überprüfung der Bedingung in der While-Anweisung.

Abhängig davon wird die Wiederholung fortgeführt, bis der Test der Bedingung den Wert 'falsch' ergibt. Im Beispielprogramm beobachtet die Do-While-Schleife den Eingabe-Port und vergleicht den aktuellen Inhalt *newcontents* mit dem Wert *oldcontents*. Wenn dieser Ausdruck falsch ist (die doppelten Gleichheitszeichen '==' bedeuten in C 'ist gleich'), bekommt der auf While folgende Befehl die Kontrolle.

C bietet außerdem eine While-Do-Schleife an, die zunächst eine Bedingung testet. Ist diese Bedingung wahr, wird der Schleifenrumpf so lange wiederholt, bis das Testergebnis falsch ist. In diesem Fall fährt das Programm mit dem nächsten Befehl hinter der Schleife fort. Die Flußdiagramme zu diesen Schleifentypen zeigt Bild 2.4.

### Lauflichteffekte

Das Programm in Listing 2.5 soll einen Lauflichteffekt der an Port A angeschlossenen LEDs bewirken. Es berechnet Potenzen von 2 und schreibt die Ergebnisse in den als Ausgabe

konfigurierten Port. Es soll keine Spielerei sein, sondern zeigen, wie man eigene C-Funktionen schreibt. Das Programm besteht aus dem Hauptprogramm, das die Kontrolle des Programmablaufs hat, und einer externen Funktion, die *power(x,n)* heißt. Diese Funktion wird mit einer einzigen Anweisung vom Hauptprogramm aus aufgerufen.

### Kommunikation mit Peripheriegeräten

Die Sprache C unterstützt keine Ein-/Ausgabe-Befehle. Um externe Peripheriegeräte anzusprechen, muß man Funktionen schreiben. Es wurde jedoch bereits intensiver Gebrauch von

den Funktionen *scanf()* und *printf()* gemacht, um Werte von der Tastatur zu lesen und auf den Bildschirm auszugeben. Beim Übersetzen eines Programms, das diese Funktionen verwendet, sucht der Compiler nach deren Definitionen. Dies ist der Grund, warum es in den meisten Programmen notwendig ist, die Anweisung *#include <stdio.h>* einzufügen, damit der Compiler die Definitionen der Ein-/Ausgabe-Operationen finden kann.

Als Microsoft den C-Compiler für den IBM PC entwickelte, erkannte die Firma die Notwendigkeit zusätzlicher Funktionen für portadressierte Ein-/Ausgabe-Operationen und stellte die benötigten Funktionen zur Ver-

**Listing 2.5**

```
*****  
Lauflicht  
Das Schreiben eigener  
C-Funktionen  
*****  
#include<stdio.h>  
#include<conio.h>  
main()  
{  
int port_A = 768;  
int control_reg = 771;  
int word = 139;  
unsigned int contents;  
int i,k;  
outp(control_reg,word);  
for(;;)  
{  
for(i = 0;i <= 7;i++)  
{  
contents = power(2,i);  
/* Aufruf der Funktion  
*/  
outp(port_A,contents);  
for(k = 0;k <= 6000;k++)  
{  
/*  
Die Verzögerung bestimmt  
den visuellen Effekt  
*/  
}  
}  
}  
}  
}  
}  
}  
}  
}  
Berechnung von x hoch n  
n >= 0  
-----  
power(x,n)  
int x,n;  
{  
int i,p;  
p = 1;  
for(i = 1;i <= n;i++)  
p = p * x;  
return(p);  
}
```

fügung. Da der typische Anwender meist kein erfahrener Assembler-Programmierer ist, sind die Funktionen von unschätzbarem Nutzen. In den meisten Programmen wurden bereits die Funktionen *inp()*

**Listing 2.6**

```
*****  
Das Lesen von I/O  
Adressen über Zeiger  
*****  
int *port_x;  
unsigned char contents;  
/*  
*port_x ist ein Zeiger auf einen  
Integer. Die Variable contents ist  
ein unsigned character.  
*/  
port_x = (int*)768;  
/*  
Diese Konstruktion bestimmt die  
Adresse des Zeigers  
*/  
*port_x = 255;  
/*  
Wenn * als Prefix einer Integer  
Variablen verwendet wird, ist  
der Inhalt dieser Adresse gemeint  
*/  
contents = *port_x;  
/*  
Mit dem Indirektions-Operator  
wird der Inhalt der Adresse angesprochen  
*/
```

und *outp()* verwendet, deren Definitionen im Header-File *conio.h* zu finden sind.

Das Ansprechen einer Adresse in C erfordert einen Adress-Operator. Die Konstruktion besteht aus einem Zeiger und einer Indirektion. Listing 1.1 liest und zeigt den Inhalt einer bestimmten Speicherstelle mit Hilfe einer solchen Kombination. Um die Anatomie des Programms zu verstehen, betrachtet man am besten das Codefragment in Listing 2.6.

In diesem Programm stellt die Deklaration *int\*port\_x* einen Zeiger auf eine Integer-Variablen dar. Wie der Name sagt, deuten Zeiger auf irgend etwas, in die-

sem Fall auf die Speicherstelle 768. Die benötigte Anweisung ist:

*port\_x=(int\*)768;*

Wenn ein Sternchen als Präfix einer Integer-Variablen verwendet wird, verhält sie sich als Indirektions-Operator. Er bewirkt, daß der Ausdruck

*\*port\_x=255;*

den Wert 255 in die Speicherstelle mit der Adresse 768 schreibt. In BASIC würde der entsprechende Befehl *POKE 768,255* lauten. Lesen der an dieser Stelle stehenden Daten ist einfach, es geschieht, indem der Inhalt mit

*contents=\*port\_x;*

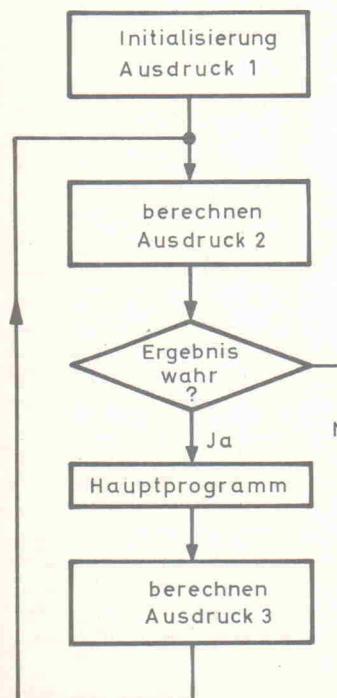
in die Variable *contents* geschrieben wird. Der analoge BASIC-Befehl ist *CONTENTS=PEEK(769)*.

**Analog-Digital-Wandler**

Beim Zusammenschalten eines Computers und eines A/D-Wandlers muß man nicht unbedingt die Funktionsweise der Schaltung kennen. Wenn das Interface sorgfältig konfiguriert wurde, erscheint die Funktion für den Anwender transparent.

Wie auch immer, effektive Wandlung von Daten erfordert mehr, als einen A/D-Wandler an den PC-Bus anzuschließen. Minimale Kenntnisse über das Design sollten vorhanden sein: zum Beispiel über die Auflösung, die Genauigkeit und die Sample-Rate. Anwender können anhand dieser Daten die Eigenschaften des Signals hinterfragen, das erfolgreich verarbeitet werden soll. Kurz gesagt, man sollte das Offensichtliche nicht ignorieren.

Viele Multifunktionskarten-Hersteller beschreiben den Eingangsspannungsbereich ihrer Boards mit 0...2,5 V, 0...5 V, 0...10 V oder den bipolaren Äquivalenten. Ein Genauigkeitsverlust wird vermieden, wenn man das Maximum des Eingangssignals so weit wie möglich mit dem Eingangsbe- reich des A/D-Wandlers in Einklang bringt. Dies hängt natürlich mit der geforderten Auflösung zusammen. Reicht eine



Flußdiagramm für eine For-Schleife.

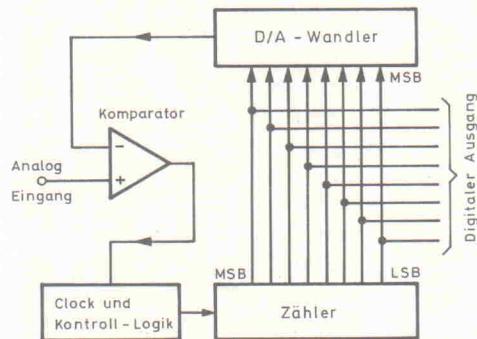
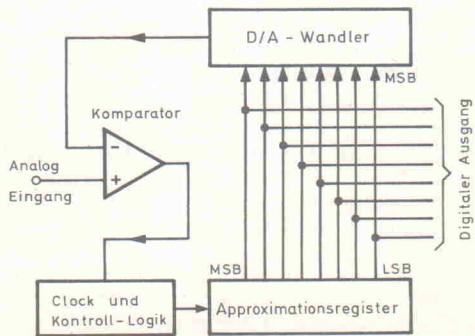
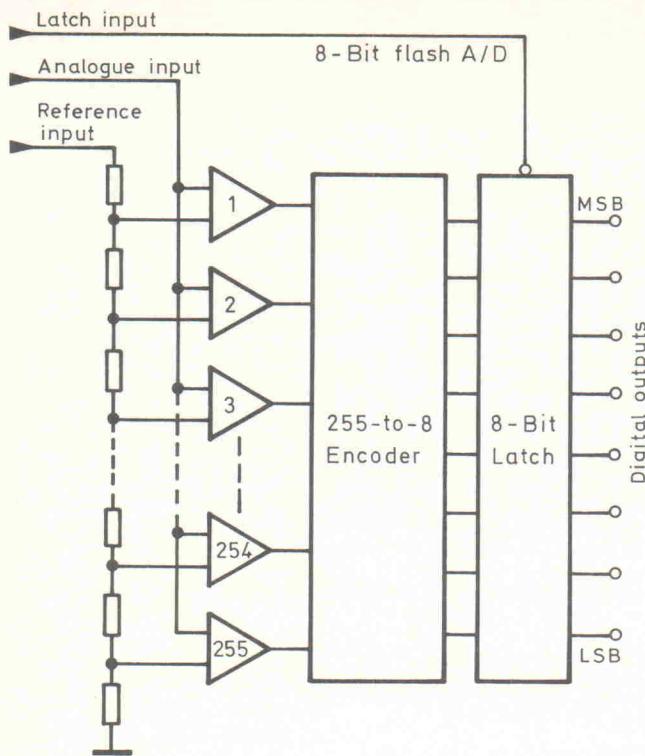


Bild 2.5:  
Blockschaltbild eines Rampen-Zähler-A/D-Wandlers.

**Bild 2.6.**  
Sukzessive Approximation erhöht die Wandlungsgeschwindigkeit auf Zeiten zwischen 400 ns und 25 s. Die Anzahl der Wandlungsschritte, die benötigt werden, ist gleich der Anzahl der Datenbits plus eins.





**Bild 2.7. Flash-Wandler erledigen ihre Aufgabe in nur einem Schritt.**

Auflösung von 8 Bit aus, oder sollte sie 12, 14, oder gar 16 Bit betragen? Welche Auswirkungen hat die 8-Bit-Breite des Datenbus auf die gewählte Auflösung? Ist die Geschwindigkeit, zum Beispiel für Echtzeitanwendungen, ausreichend, wenn der Datenzugriff in zwei Teilen erfolgen muß?

Die Sample-Rate, die von der Architektur des Konverter-Chips bestimmt wird, ist ein weiterer wichtiger Faktor bei der Wahl des Wandlers. Die Mehrheit der kostengünstigen Chips verwenden Rampen-Generatoren oder die sukzessive Annäherung. Flash-Wandler können 8-Bit-Wandlungen in weniger als 50 ns ausführen.

### Rampen-Zähler-A/D-Wandler

Das Blockschaltbild eines Rampen-Zähler-A/D-Wandlers zeigt Bild 2.5. Beim Anschluß an einen Computer setzt ein Startimpuls für den Wandler den Zähler zurück. Der analoge Ausgang des Wandlers, verbunden mit dem invertierenden Eingang eines Komparators, ist ebenfalls Null. Jeder Takt-Impuls inkrementiert den Zähler. Das Digitalsignal wird von einem D/A-Wandler verarbeitet, der daraus ein treppenförmiges Ausgangssignal erzeugt.

Wenn die Amplitude des Treppensignals den Wert des Eingangssignals erreicht, ändert der Ausgang des Komparators seinen Zustand und erzeugt einen Impuls, der den Taktgenerator stoppt und das Ende der Wandlung anzeigen. Das digitale Äquivalent des Analogsignals am Eingang steht nun an den parallelen Ausgängen des Zählers zur Abholung bereit.

Eine fundamentale Beschränkung dieses Systems ist die relativ lange Verarbeitungszeit, besonders bei großen Amplituden. Die Verarbeitungszeit ist proportional zur Amplitude des Eingangssignals und errechnet sich aus:

$$T = (U_i \cdot 2^n) / (U_{max} \cdot F_{clk})$$

Dabei ist  $n$  die Bit-Breite,  $U_i$  die Amplitude des Eingangssignals,  $U_{max}$  die maximale Eingangsspannung und  $F_{clk}$  die Taktfrequenz.

### Sukzessive Approximation

Das Ersetzen des Zählers in der Rückkopplungsschleife beim Rampenverfahren durch ein sukzessives Approximationsregister SAR erlaubt schnellere Wandlungszeiten (siehe Bild 2.6). Zu Beginn setzt hier der Startimpuls das SAR auf Null. Der nächste Impuls akti-

### Listing 2.7

```
*****
Synchronisierte 12-BIT-A/D
Wandlung mit der UniCard
*****
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#define BASE 772

-----
Basisadresse des portadressierten
gemultiplexten A/D Wandlers
-----

main()
{
unsigned int lower_bits,upper_bits,word,flag;

for(;;)
{
outp(BASE,8);

/*
Kanal Nr.0 und Wahl des 12-Bit-Modus,
gleichzeitig Start der Wandlung.
*/

do
{
flag = inp(BASE);
} while(64 & flag);

/*
Flag gesetzt?
-----*/

lower_bits = inp(BASE+2);
upper_bits = inp(BASE+1);
word = ((15 & upper_bits) * 256) + lower_bits;
/*
Das 12 bit Wort wird in 2 Teilen gelesen
*/
printf("Digitaler Wert:%d\n",word);
}
}
```

viert das höherwertige Bit und schaltet damit den Ausgang des D/A-Wandlers auf den halben Maximalwert. Wenn diese Spannung kleiner oder gleich dem Eingangssignal ist, erzeugt der Ausgang des Komparators ein Signal, das das höchstwertige Bit dazu veranlaßt, den Zustand logisch eins beizubehalten. Ist das Ausgangssignal des D/A-Wandlers größer als das Eingangssignal, setzt die Schaltung das korrespondierende Bit zurück auf Null. Dieser Prozeß wiederholt sich bei jedem Taktimpuls für die übrigen Bits, bis das gesamte Register geprüft wurde.

Es läßt sich sagen, daß eine  $n$ -Bit-A/D-Wandlung nach dieser Methode einen Taktimpuls benötigt, um das Register zu initialisieren, und  $n$  Zyklen, um jedes Bit zu testen. Die gesamte Wandlungszeit beträgt damit  $(n+1)$  Taktzyklen und ist von der Amplitude des Eingangssignals unabhängig.

### Flash-Wandler

Wie Bild 2.7 zeigt, umgeht diese Methode der A/D-Wandlung alle Verzögerungen, weil

$2^n - 1$  Komparatoren zum Einsatz kommen, um ein  $n$ -Bit-Wort direkt zu wandeln. Da nur ein einziger Schritt für die Wandlung erforderlich ist, ist dieses Verfahren viel schneller als die Zähler-Rampen- oder die Sukzessive-Approximation-Methode.

## Synchronisation und Programmsteuerung

Synchronisation ist der Schlüssel zu einem disziplinierten digitalen Schaltungsentwurf. Fest verdrahtete Systeme basieren häufig auf getakteten Flipflops, die den digitalen Leim bilden, um asynchrone Systeme zusammenzufügen. Digitale Signalverarbeitung in Echtzeit erfordert gewöhnlich, daß die Zeiträume zwischen den erfaßten Werten konstant bleiben und daß genügend Werte erfaßt werden, um Shannons Abtasttheorem zu erfüllen. Da A/D-Wandler extern generierte Startimpulse benötigen und selbst Impulse generieren, die eine beendete Wandlung signalisieren, ist raffinierte Software erforderlich, um die Synchronisation des Computerprogramms

**Listing 2.8**

```
*****
 Software-Komparator
 mit UniCard
 ****
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#define BASE 772
#define START 8
#define DANGER 2.0
main()
{
unsigned int lower_bits;
unsigned int upper_bits,word,flag;
float volts;

for(;;)
{
outp(BASE,START);
/*
 Start der Wandlung für Kanal 0
 */
do
{
flag = inp(BASE);
} while(64 & flag);

/*
Flag gesetzt?
*/
lower_bits = inp(BASE+2);
upper_bits = inp(BASE+1);
word = ((15 & upper_bits) * 256) + lower_bits;
volts = (float)10 * word / 4095;
/*
Gewichtung der Eingabe
in Bereich 0 - 10 V
*/
if(volts >= DANGER)
/*
Test ob Eingabe 2.0 V
erreicht
*/
{
printf("Danger\n");
}
else
{
printf("Spannung = %f V\n",volts);
}
}
}
```

mit der Peripherie in den Griff zu bekommen.

Synchronisierte Programmkontrolle des A/D-Wandlers erfordert das strenge Einhalten eines Protokolls. Dieses Protokoll enthält normalerweise einen Startimpuls für die Wandlung, dem ein Test auf die Beendigung der Wandlung folgt. Diese Operationen erfordern Kenntnisse der Charakteristiken des Wandlers, des Interface und des PC-Bus.

**12-Bit-Wandlung**

Diese Artikelserie verwendet als Demonstrationsobjekt die Multifunktionskarte UniCard. Schaltung, Baubeschreibung und Funktion wurden in Elrad 4/91 veröffentlicht.

Ein programmgesteuerter Multiplexer, der im A/D-Wandler ( $\mu$ PD 7002) der UniCard integriert ist, erlaubt es, bis zu 4 analoge Eingangssignale einzulesen. Der Baustein kann wie

ein Speicher beschrieben und ausgelesen werden.

Mit Adresse 304h der UniCard wählt man das Steuerregister des  $\mu$ PD, über das der Eingangskanal und der Betriebsmodus festgelegt werden.

Die Bits 0 und 1 sind die Steuerbits für den Kanalmultiplexer. Es gibt folgende Kombinationen:

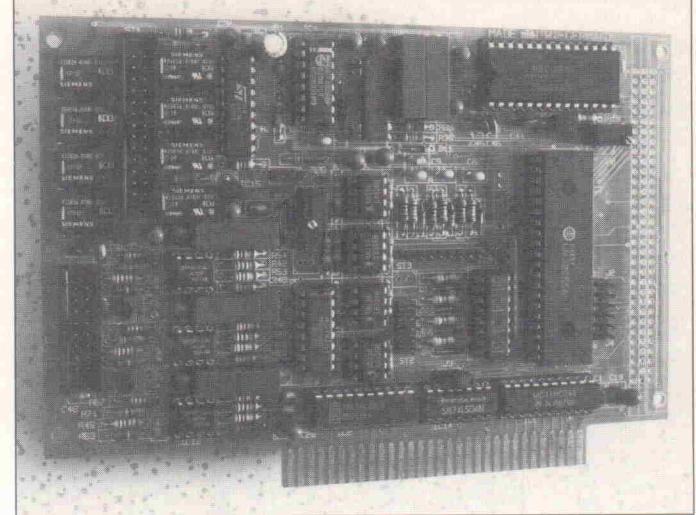
00 = Kanal 0,  
01 = Kanal 1,  
10 = Kanal 2,  
11 = Kanal 3.

Bit 3 legt die Auflösung des Wandlers fest:

1 = 12-Bit-Modus,  
0 = 8-Bit-Modus.

Lesen von Bit 6 gibt Auskunft über den Wandlungsstatus (1 = EOC). Über die Adressen 305h und 306h kommt man an die Datenregister:

305h = Highbyte,  
306h = Lowbyte.

**Gut zum Ausprobieren: die UniCard mit entkoppelten I/Os.**

In der UniCard-Applikation erreicht der  $\mu$ PD 7002 eine Umsetzzeit von etwa 6 ms.

Das Programm in Listing 2.7 synchronisiert die Operationen einer unipolaren A/D-Wandlung und bewirkt, daß Daten im Bereich 0...10 V erfaßt und angezeigt werden.

Da der 7002 ein 12-Bit-Datenwort generiert, muß das Lesen der Daten in zwei Teilen erfolgen. Man kann den Computer dazu verwenden, das resultierende Datenwort zu berechnen, indem der folgende Algorithmus verwendet wird:

$word = ((15 \& upper\_bits) * 256) + lower\_bits;$

Das gesamte Protokoll wird im Programm erläutert. Es soll einfach nur den A/D-Wandler aktivieren und danach in zwei Stufen die generierten Daten einlesen. Doch C ist schnell, und wenn das Programm die Daten ausliest, bevor die Wandlung abgeschlossen ist, dann kann das katastrophale Konsequenzen haben. Daher wurde eine Polling-Routine hinzugefügt,

die den Status von Bit 6 an der Basisadresse überprüft. Dadurch, daß der Status mit einer Maske (dezimal 64) innerhalb einer Do-While-Schleife UND-verknüpft wird, ist sichergestellt, daß der Test mindestens einmal ausgeführt wird. Wenn das Flag gesetzt ist, kann die Schleife verlassen und die konvertierten Daten können eingelesen werden. Das Programm gibt den Dezimalwert des Eingabesignals (0...10 V) aus.

Normalerweise existiert kein Programm, das nicht verbessert werden kann. Beispielsweise

wäre es besser, anstatt des dezimalen Äquivalents des analogen Eingangssignals (0...4095) die aktuelle Spannung auszugeben. Dies kann man durch eine einfache Änderung der *printf()*-Funktion erreichen:

*printf("Volt = %f\n", (float) 10 \* word / 4095);*

Das Scrollen des Bildschirms kann störend wirken. Eine bessere Kontrolle der Ausgabe ist erforderlich, die den Bildschirm nur modifiziert, wenn sich das Eingangssignal ändert.

Keine doppelten Anstrengungen sind eine Regel der Softwareentwicklung. Das Problem kann durch die Do-While-Konstruktion aus Listing 2.4 gelöst werden.

Eine interessante Erweiterung des A/D-Programms besteht darin, eine Warnmeldung einzubauen, die auf dem Schirm erscheint, sobald das Signal eine vorgegebene Schwelle überschreitet. Im Beispielprogramm 2.8 wurde diese Schwellenspannung mit dem folgenden Statement auf +2,0 V gesetzt:

#define DANGER 2.0

Den bedingten Sprung kann man durch folgende Struktur erreichen:

```
if (contens >= DANGER)
{
printf("danger\n");
}
else
{
printf("Volt = %f\n",volts);
}
```

Die nächste Folge 'Signalverarbeitung in C' wird sich näher mit der grafischen Aufbereitung von Meßwerten befassen.



**ELRAD-Abonnement****Abrufkarte**

Abgesandt am \_\_\_\_\_

199\_\_\_\_\_

zur Lieferung ab

Heft \_\_\_\_\_ 199\_\_\_\_\_

**Verlag Heinz Heise  
GmbH & Co. KG  
Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 61 04 07**

**3000 Hannover 61**

Bitte mit der  
jeweils gültigen  
Postkartengebühr  
freimachen

**Antwortkarte**

Absender (Bitte deutlich schreiben!)

Vorname/Name \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

PLZ Ort \_\_\_\_\_

**Veröffentlichungen nur gegen Vorauskasse.**  
Bitte veröffentlichen Sie umstehenden Text in  
der nächsterreichbaren Ausgabe von **ELRAD**. Den Betrag buchen Sie bitte von meinem  
Konto ab.

Kontonr. \_\_\_\_\_

BLZ: \_\_\_\_\_

Bank: \_\_\_\_\_

 Den Betrag habe ich auf Ihr Konto über-  
wiesen,

Postgiro Hannover, Kontonr. 9305-308

Kreissparkasse Hannover,

Kontonr. 000-019 968

 Scheck liegt bei.Datum \_\_\_\_\_ rechtsverb. Unterschrift  
(für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsb.)Absender  
(Bitte deutlich schreiben)

Vorname/Name \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

PLZ Ort \_\_\_\_\_

Telefon Vorwahl/Rufnummer \_\_\_\_\_

Bitte mit der  
jeweils gültigen  
Postkartengebühr  
freimachen

**Antwort**

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

**Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Postfach 61 04 07**

**3000 Hannover 61**

**ELRAD-Kleinanzeige****Auftragskarte**

**ELRAD**-Leser haben die Möglichkeit,  
zu einem Sonderpreis Kleinanzeigen  
aufzugeben.

Private Kleinanzeigen je Druckzeile  
DM 4,25

Gewerbliche Kleinanzeigen je Druck-  
zeile DM 7,10

Chiffregebühr DM 6,10

Bitte mit der  
jeweils gültigen  
Postkartengebühr  
freimachen

**Postkarte****eMedia GmbH****Postfach 61 01 06**

**3000 Hannover 61**

**eMedia Bestellkarte**

Abgesandt am \_\_\_\_\_

1991\_\_\_\_\_

an eMedia GmbH \_\_\_\_\_

Bestellt/angefordert \_\_\_\_\_

Abbuchungserlaubnis erteilt am:  
\_\_\_\_\_

## **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.

## **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.

## **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.

## **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!

## **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!

## **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!

**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

**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

**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

## TELEFAX-VORLAGE

Bitte richten Sie Ihre Telefax-Anfrage direkt an die betreffende Firma, nicht an den Verlag.

\*

### Kontrollabschnitt:

Ich habe angefragt  
am \_\_\_\_\_  
bei \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
erl.: \_\_\_\_\_

Ich habe angefragt  
am \_\_\_\_\_  
bei \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
erl.: \_\_\_\_\_

Ich habe angefragt  
am \_\_\_\_\_  
bei \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
erl.: \_\_\_\_\_

Ich habe angefragt  
am \_\_\_\_\_  
bei \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
erl.: \_\_\_\_\_

Ich habe angefragt  
am \_\_\_\_\_  
bei \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
erl.: \_\_\_\_\_

Ich habe angefragt  
am \_\_\_\_\_  
bei \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
erl.: \_\_\_\_\_



Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

**TELEFAX**  
**Direkt-Kontakt**

Der *ELRAD*-Service für Direkt-Informationen vom Hersteller

### Fax-Empfänger

Telefax-Nr.: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Abt./Bereich: \_\_\_\_\_

In der Zeitschrift **ELRAD**, Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen, Ausgabe \_\_\_\_\_, Seite \_\_\_\_\_, fand ich Ihre

Anzeige

Beilage über

Ich bitte um:  Zusendung ausführlicher Angebots-Unterlagen, u. a.  
 Datenblätter/Prospekte    Applikationen  
 Preislisten \*    Consumer-,    Handels-  
 Telefonische Kontaktaufnahme  
 Besuch Ihres Kundenberaters  
 Vorführung    Mustersendung

Gewünschtes ist angekreuzt.

### Fax-Absender:

Name/Vorname: \_\_\_\_\_

Firma/Institut: \_\_\_\_\_

Abt./Bereich: \_\_\_\_\_

Postanschrift: \_\_\_\_\_

Besuchsadresse: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_                      Telefax: \_\_\_\_\_



**ELRAD-Fax-Kontakt:** Der fixe Draht zur Produktinformation

Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG · Telefax 49-511-53 52 129

# 1 : 10 000

## Linear steuerbarer Sinusoszillator mit extrem weitem Frequenzbereich

Ing. Harro Kühne

**Lineare Frequenzänderung im Verhältnis von 1 : 10 000 – das ist die Stärke dieses harmonischen Oszillators. Er eignet sich deshalb besonders als Baugruppe eines PLL-Systems zur phasenstarren Wandlung einer Rechteck- in eine frequenzgleiche Sinusspannung für den NF-Bereich bis 100 kHz.**

Die Steuerkennlinie des Generators verläuft linear. Ihre auf die Sollfrequenz bezogene Abweichung beträgt maximal  $\Delta f_0/f_0 = 1,5\%$ . Steuerspannungen im Bereich von  $U_{ST} = 1 \text{ mV} \dots 10 \text{ V}$  führen zu Oszillatorenfrequenzen von  $f_0 = 10 \text{ Hz} \dots 100 \text{ kHz}$ . Dabei stabilisiert eine Regelschaltung die Amplitude der Ausgangsspannung des Generators auf  $u_{a\text{eff}} = 2 \text{ V} \pm 0,2\%$ .

Die in Bild 1 dargestellte Schaltung zeigt den spannungsgesteuerten harmonischen Oszillator. Der OTA1 (IC2a) arbeitet mit dem Spannungsfolger T1 sowie IC2c als stromgesteuerter Allpaß und bildet die frequenzbestimmende Baugruppe des Generators. Die verwendete Allpaßschaltung stellt mittels der parallel geschalteten Widerstände R16 und R17 als Ausgangssignal einen Strom zur Verfügung, der in den Summationspunkt des OTA2 (IC2b) fließt.

Im Vergleich zu anderen Allpaß-Oszillator-Konzepten reduziert diese Allpaßvariante die Zahl der im Mitkopplungskreis nötigen aktiven Bauelemente. Wichtig ist aber nicht nur der ökonomische Vorteil. Vielmehr verursachen wenige aktive Bauelemente auch einen entsprechend kleinen Phasenfehler. Und das ist die Voraussetzung dafür, daß auch der obere

Frequenzbereich des harmonischen Oszillators eine ausreichende Linearität erreicht.

Die Mitkopplung des Allpasses übernimmt ein nichtinvertierender Integrator mit steuerbarer Verstärkung (IC2b), dem ein Pufferverstärker (T2 und IC2d) nachgeschaltet ist.

### Dioden-Maßnahme

Für die OTAs (Operational Transconductance Amplifier) empfiehlt es sich, Typen zu verwenden, deren technische Daten eine lineare Steuerung der Steilheit über mehr als fünf Dekaden garantieren. Zwei integrierte Dioden linearisieren die Übertragungskennlinien der beiden OTAs (IC2a und IC2b). Die Dioden-Maßnahme mindert Verzerrungen und hat noch einen weiteren wesentlichen Vorteil: Die Frequenz des Oszillators ist in erster Näherung von der Sperrsichttemperatur des OTA IC2a unabhängig.

Als linearisierende Dioden werden entsprechend Bild 2 die Dioden D1 und D2 verwendet. Es handelt sich hierbei jedoch um Transistoren mit kurzgeschlossenen Kollektor-Basis-Dioden und identischen geometrischen Abmessungen. Da alle vier Transistoren (D1, D2, T1 und T2) auf einem Chip integriert sind, stimmen die Basis-Emit-

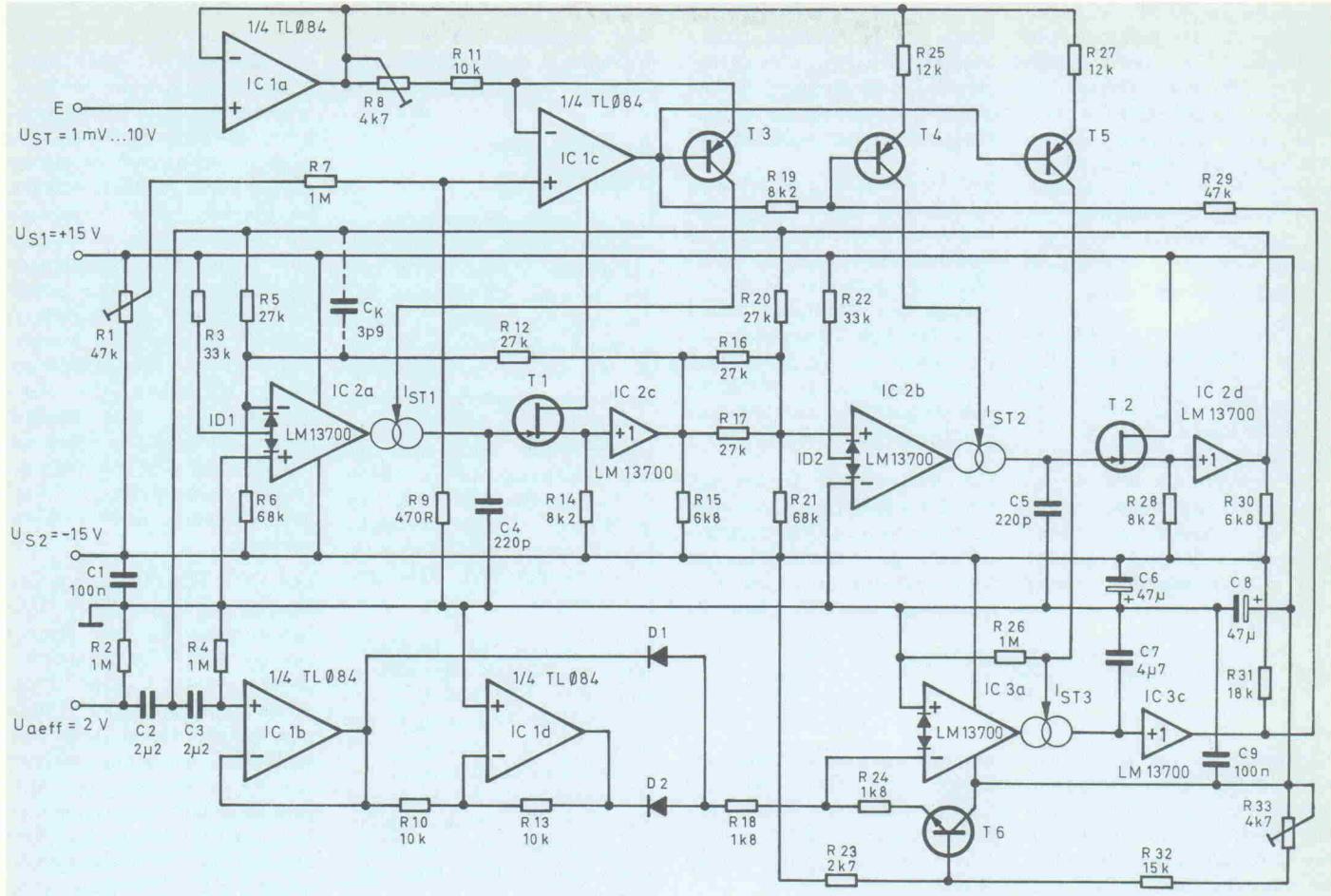
ter-Kennlinien der vier Halbleiter weitgehend überein – auch dann, wenn die Chiptemperatur variiert.

Wenn man die Verbindung der beiden Anoden von D1 und D2 unbeschaltet läßt, sind die Linearisierungsdioden unwirksam und beeinträchtigen die normale Funktion des OTAs nicht. Fließt dagegen durch die Dioden D1 und D2 ein Strom in Durchlaßrichtung, so bewirken sie eine Vorverzerrung der Steuerspannung für den Differenzverstärker. Dadurch werden die Nichtlinearität der Steuerkennlinie sowie der Temperaturabhängigkeit weitgehend kompensiert. Da der Eingangswiderstand in dieser Betriebsweise des OTAs relativ niedrig liegt, betreibt man ihn nicht spannungs-, sondern stromgesteuert [1].

In der Praxis darf der linearisierte OTA nur so weit ausgesteuert werden, daß die Linearisierungsdioden D1 und D2 nicht sperren. Für den Betrag des Signalstromspitzenwertes  $|\hat{I}_s|$  muß deshalb grundsätzlich gelten:

$$|\hat{I}_s| < \frac{I_D}{2} \quad [1]$$

Unter dieser Voraussetzung folgt der Ausgangsstrom  $I_a$  des OTAs mit guter Genauigkeit der nachstehenden Gleichung:



**Bild 1.**  
Der Stromlaufplan des  
spannungsgesteuerten  
Sinusoszillators für einen  
Frequenzbereich von  
 $f_0 = 10 \text{ Hz} \dots 100 \text{ kHz}$ .

### Stückliste

Widerstände	
R1	47k Trimmer
R2,4,7,26	1M
R3,22	33k
R5,12,16,17,20	27k
R6,21	68k
R8,33	4k7 Trimmer
R9	470R
R10,11,13	10k
R14,19,28	8k2
R15,30	6k8
R18,24	1k8
R23	2k7
R25,27	12k
R29	47k
R31	18k
R32	15k
Kondensatoren	
C1,9	100n
C2,3	2μ2
C4,5	220p
C6,8	47μ
C7	4μ7
Ck	3p9
Halbleiter	
D1,D2	1N 4148
T1,T2	BFW 11
T3...5	BC 309 C
T6	BC 238
IC1	TL 084
IC2,3	LM 13700

$$I_a = \frac{2 \cdot I_{ST} \cdot I_S}{I_D} \quad [2]$$

Der linearisierte OTA verhält sich entsprechend Formel 2 wie ein Stromverstärker, dessen Verstärkungsfaktor innerhalb der genannten Grenzen proportional zu seinem Steuerstrom  $I_{ST}$  verläuft. Gleichzeitig erreicht man mit der Linearisierung eine weitgehende Unabhängigkeit der Steuerkennlinie von der Chiptemperatur.

In der praktischen Schaltung sind aktive Stromquellen für Q1 und Q2 meist nicht nötig. In Bild 1 übernehmen deshalb die Widerstände R3 und R6 beziehungsweise R22 und R21 deren Aufgaben.

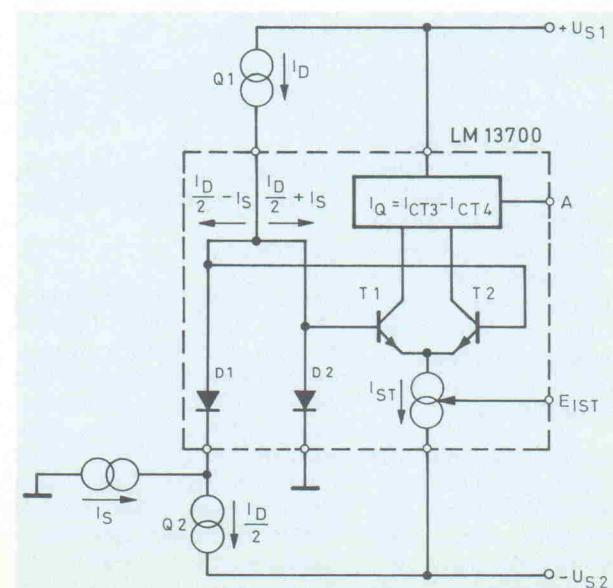
C4 und C5 wirken als Lastimpedanzen von IC2a und IC2b. Die beiden Pufferstufen (T1 mit IC2c und T2 mit IC2d) tasten den Spannungsverlauf an den beiden Kondensatoren ab.

Natürlich können statt dessen auch gegengekoppelte OPs die Spannungsfolger ersetzen. Erforderlich sind in dem Fall Typen mit SFET- oder MOSFET-Eingangsstufe, da sie eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit und einen geringen Phasenfehler erreichen.

### Phasenschieberei

Die hier vorgestellte Lösung nutzt die vom LM 13700 gegebenen Features optimal und hat

den Vorteil einer nur minimalen zusätzlichen Phasenverschiebung. Die integrierten Pufferstufen IC2c und IC2d sind Darlingtonfolger, die einen Spannungsversatz in negativer Richtung von  $2 \cdot U_{BE} \approx 1,3 \text{ V}$  verursachen. Diese Pegelverschiebung lässt sich ausgleichen, indem man den Arbeitspunkt der vorgeschalteten SFET-Sourcefolger so festlegt, daß die für T1 und T2 notwendige Gate-Source-Spannung gerade  $-U_{GS} = 1,3 \text{ V}$  beträgt.



**Bild 2.**  
Das Prinzip der  
Linearisierung der OTA-  
Übertragungskennlinie mit  
Hilfe der integrierten  
Dioden.

Bestimmend für die erzeugte Frequenz  $f_0$  des harmonischen Oszillators ist der Allpaß (IC2a). Für hohe Frequenzen stellt der Kondensator C4 praktisch einen Kurzschluß dar. In den Summationspunkt des Integrators IC2b fließt deshalb dann nahezu ausschließlich ein der Eingangsspannung des Allpasses und dem Widerstand R20 proportionaler Strom.

Im Fall niedriger Signalfrequenzen dominiert dagegen der durch die parallelgeschalteten Widerstände R16 und R17 fließende Strom. Unter der Voraussetzung  $R16 = R17 = R20$  folgt deshalb der den Allpaß kennzeichnende Winkel  $\varphi_{IC2a}$  für die Phasenverschiebung zwischen Eingangsspannung und Ausgangstrom dieser Gleichung:

$$\varphi_1 = -180^\circ - 2 \cdot \arctan \frac{\pi \cdot f_0 \cdot I_{D1} \cdot R12 \cdot C4}{I_{ST1}} \quad [3]$$

Die Ströme  $I_{D1}$  und  $I_{ST1}$  benennen in dieser Formel die Stromsumme der durch die Linearisierungsdioden fließenden Ströme beziehungsweise den Steuerstrom des IC2a. Die vom nichtinvertierenden Integrator verursachte Phasenverschiebung ist im betrachteten Frequenzbereich konstant  $\varphi_2 = -90^\circ$ . Gilt für den Betrag der Kreisverstärkung  $|V| = 1$ , so schwingt der Oszillator mit der Frequenz  $f_0$ , bei der der Allpaß eine Phasenverschiebung  $\varphi_1 = -270^\circ$  beziehungsweise  $\varphi_2 = 90^\circ$  verursacht.

$$f_0 = \frac{U_{ST} \cdot R3}{(R8 + R11) \cdot \pi \cdot R12 \cdot C4 \cdot (U_{S1} - U_{BE})} \quad [4]$$

In Formel 4 bezeichnen  $U_{BE}$  den über den Linearisierungsdioden abfallenden Spannungsbetrag – er beträgt etwa  $U_{BE} = 620 \text{ mV}$  – und  $U_{ST}$  die Steuerspannung des harmonischen Oszillators. In Gleichung 4 steht der Quotient  $(U_{S1} - U_{BE})/R3$  für den Strom durch die Linearisierungsdioden. Natürlich ist die Flussspannung  $U_{BE}$  eine Funktion der Chip- und damit auch der Umgebungstemperatur, was sich entsprechend auf die Oszillatorkreisfrequenz auswirkt.

$U_{BE}$  ist in erster Näherung nur dann unabhängig von der Chiptemperatur (IC2a), wenn eine temperaturstabile Stromquelle den Widerstand R3 ersetzt. Bei vielen Anwendungen ist dieser

Aufwand aber überflüssig, weil schon ein hinreichend großes Verhältnis  $U_{S1}/U_{BE}$  eine ausreichende Unabhängigkeit der Oszillatorkreisfrequenz von der Umgebungstemperatur gewährleistet.

Die Voraussetzung  $|V| = 1$  muß im Interesse einer stabilen Arbeitsweise und einer Ausgangsspannung mit niedrigem Klirrfaktor im gesamten Frequenzbereich des Generators erfüllt sein. Der hier verwendete Allpaß liefert als Ausgangssignal einen Strom, der in den Summationspunkt des nichtinvertierenden Integrators fließt.

Die verstärkenden Eigenschaften dieser Baugruppe kann man deshalb mit dem Übertragungsleitwert  $g_{AP}$  charakterisieren. Vernachlässigt man den Frequenzgang von IC2a, dann ist

$$|g_{AP}| = \frac{1}{R20} \quad [5]$$

unter den gegebenen Voraussetzungen ( $R5 = R12$  und  $R20 = R16 = R17$ ) der Betrag des Übertragungsleitwertes  $|g_{AP}|$  von der Frequenz unabhängig.

Der Integrator setzt den Eingangsstrom in eine Ausgangsspannung um. Es ist deshalb zweckmäßig, die Verstärker-eigenschaften dieser Baugruppe mit Hilfe des Übertragungswiderstands  $R_{INT}$  zu kennzeich-

nern, dessen Betrag aus Gleichung 2 folgt:

$$|R_{INT}| = \frac{I_{ST2} \cdot R22}{(U_{S1} - U_{BE}) \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C5} \quad [6]$$

Die Amplitudenbedingung des Oszillators ist erfüllt, wenn gilt:

$$|g_{AP}| \cdot |R_{INT}| = 1 \quad [7]$$

Entsprechend der Gleichung 6 ist der Betrag des Übertragungswiderstands des Integrators proportional zum Kehrwert der Frequenz seines Eingangsstroms. Ohne zusätzliche Maßnahmen kann deshalb bei einer Frequenzänderung die Gleichung 7 nicht erfüllt werden. Abhilfe ermöglicht eine Regelschaltung. Sie vergleicht die Ausgangsamplitude des Inte-

grators mit einer Referenzspannung und beeinflußt den Steuerstrom  $I_{ST2}$  derart, daß die Bedingung 7 eingehalten wird.

## Amplitudenbedingung

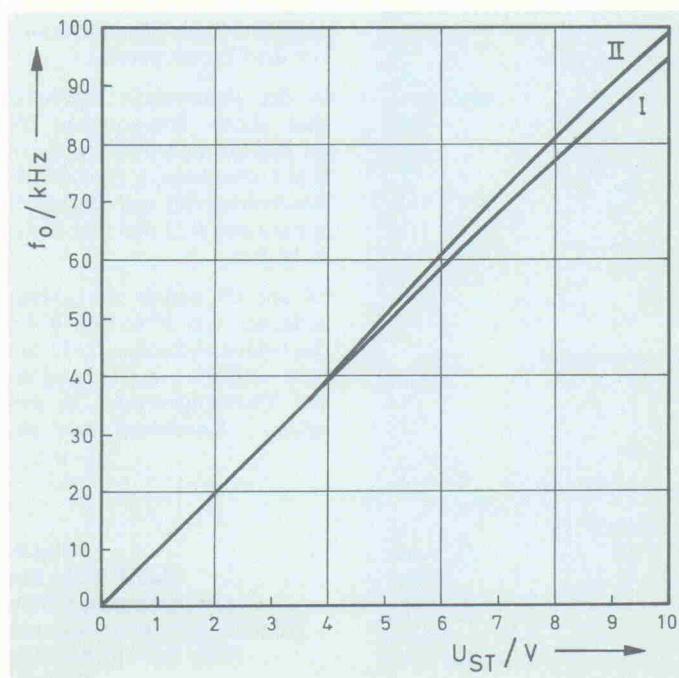
Die Ausgangsspannung des Integrators leiten der kapazitiv gekoppelte Puffer IC1b und der Inverter IC1d den als Zweiweggleichrichter arbeitenden Dioden D1 und D2 zu, die den Istwert der Oszillatorkreisfrequenz ermitteln. Denkbar ist natürlich auch ein aktiver Gleichrichter. Nutzt man für ihn preiswerte OPVs, dann sind an der Obergrenze des angestrebten Frequenzbereichs Gleichrichter- und damit Amplitudenfehler nicht mehr auszuschließen.

Den Sollwert der Ausgangsspannung leitet der Spannungsteiler R33, R32 und R23 aus der positiven Versorgungsspannung ab. Die Flussspannungen der Gleichrichterdioden D1 und D2 kompensiert der Transistor T6. Für die Ausgangsspannung amplitudensamplitude  $u_{aeff}$  des Oszillators gilt deshalb unter der Voraussetzung  $u_{aeff} > U_{BE}$  von T6 mit ausreichender Genauigkeit:

$$u_{aeff} = \frac{U_{S1} \cdot R23}{R23 + R32 + R33} \quad [8]$$

Der extreme Abstimmungsbereich des harmonischen Oszillators von  $f_0 = 10 \text{ Hz} \dots 100 \text{ kHz}$  stellt an den Regelverstärker besondere Anforderungen. Als sehr

Bild 3.  
Steuerkennlinie des Generators mit (II)  
beziehungsweise ohne (I)  
Kompensationskondensator  $C_k$





# Aktuelles für Aus- und Weiterbildung

## Starkes Update 'Electronics Workbench' mit neuen Features

Die im Beitrag 'Die Fitmaucher', Elrad Heft 1/91, unter dem Namen 'Arbeitsplatz Elektronik' vorgestellte Software für die Elektronik-Aus- und Weiterbildung wird, wie sich erst später herausstellte, auch in Deutschland unter der Originalbezeichnung 'Electronics Workbench' vertrieben. Inzwischen liegt die Version 1.5 vor, die folgende Neuerungen aufweist:

Unterstützung von EGA, VGA und MCGA bis  $640 \times 480$ , Farbselektion der Vordergrund-, Hintergrund- und Mauszeigerfarbe, Glühlampe, Relais und Sicherung als neue Bauelemente, erweiterte Simulationsarten im Analogteil, erweiterter Booleplotter in der Analogsimulation.

Die Software ist vollständig ins Deutsche übersetzt, das englische, 160seitige Handbuch wird, sobald die deutsche Version vorliegt, kostenlos ersetzt. Zum Lieferumfang zählen ein Dongle und eine Tastaturschablone für die Funktionstasten. Eine Demoversion ist verfügbar. Beim Erwerb der Vollversion steht jedem registrierten Käufer ein kostenloser Hotline-Service zur Verfügung. Darüber hinaus bietet die Firma Com Pro Schulungen für die 'Workbench' an.

Der Preis für die Einplatz-Version wird mit 2467,- DM zuzüglich Mehrwertsteuer angegeben. Eine Studenten-Version ist in Vorbereitung.

Das Programm wurde speziell für Schulen und Universitäten

entwickelt und wird im Ursprungsland Kanada unter einer landesweiten Lizenz an allen Hochschulen eingesetzt.

Com Pro  
Vogelsangstraße 12  
W-7000 Stuttgart  
Tel.: 07 11/62 82 75  
Fax: 07 11/61 35 16

**Meßgerätedarstellungen in Electronics Workbench, Beispiele. Von oben:**  
**Oszilloskop, Spektrumanalysator, Logikanalysator, Logikkonverter.**

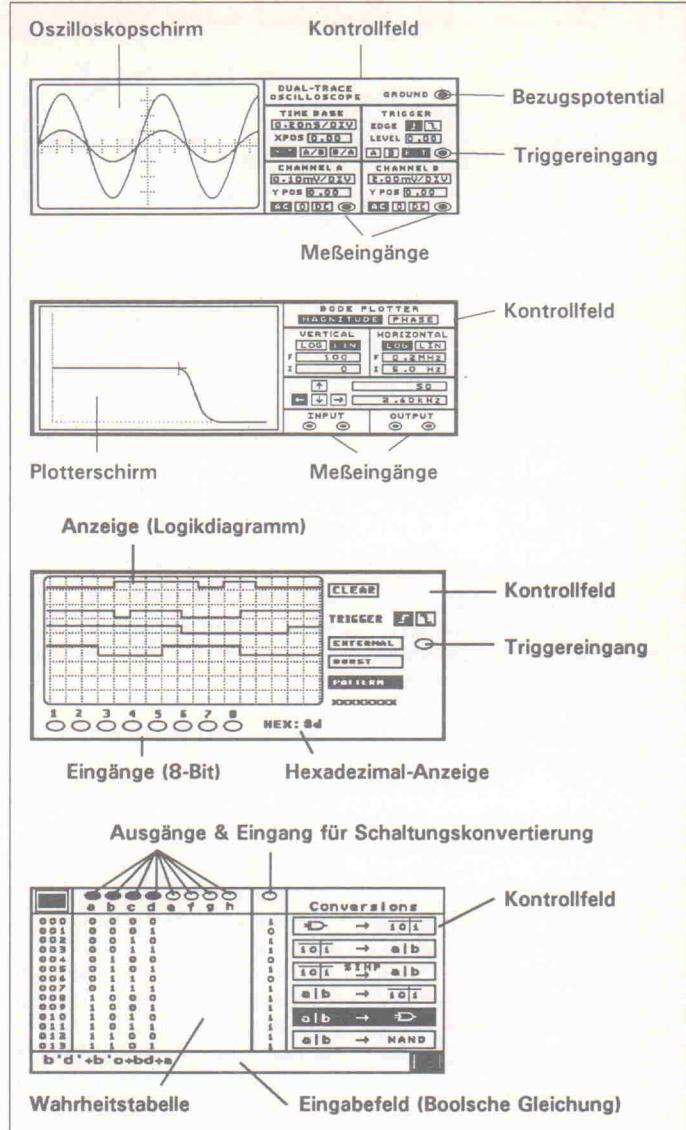
## Software

## Vorzugspreise für Hochschulen

In einem Rahmenvertrag mit dem Land Nordrhein-Westfalen vereinbarte die GfS, Aachen, 'extrem günstige Preise' – so der Wortlaut der Meldung – für ihre Standard-Software zur Meßdatenverarbeitung für die Hochschulen des Landes. Damit erleichtere sich, heißt es weiter, der Zugang zu den in der industriellen Praxis erprobten Software-Paketen DIA und DAGO für die Hochschulforschung- und -Lehre.

GfS mbH  
Pascalstraße 17  
W-5100 Aachen  
Tel.: 0 24 08/60 11  
Fax: 0 24 08/60 19

Die Patzschke + Rasp GmbH, Wiesbaden, ermöglicht ab sofort Hochschulen und Forschungseinrichtungen, die objekt-ori-



tierte Entwicklungsumgebung DataViews in der Version 8.0 mit 50 % Rabatt auf den jeweils gültigen Listenpreis zu erwerben. Das Produkt dient primär zur Entwicklung von dynamischen, grafischen Benutzeroberflächen für industrielle Anwendungsprogramme unter Unix oder VMS. Einsatzgebiete sind zum Beispiel Prozeßüberwachung, Instrumentensimulation oder die Implementation grafischer Mensch-Maschine-Schnittstellen zu Datenbanken.

Patzschke + Rasp GmbH  
Bierstädter Straße 7  
W-6200 Wiesbaden  
Tel.: 0 61 21/17 31-0  
Fax: 0 61 21/17 31-31

Die CSI, CAD Solutions Inc., München, räumt Hochschulen einen Universitätsrabatt von

50 % auf SUSIE 6.0 ein, um diesen Digital-Simulator im Bereich Forschung und Lehre noch attraktiver zu machen. Das CAD-Werkzeug erlaubt laut CSI die selektive Simulation eines großen Leiterplatten- oder PLD-Entwurfs am PC und gibt zugleich die Wirkung auf den Gesamtentwurf wieder. SUSIE 6.0 wird über die CSI-Händler Peschges (Aachen), Neumüller (München) und Tecnotron (Weißensberg) vertrieben; der reguläre Preis (ohne Rabatt) der Grundversion beträgt 4440,- DM zuzüglicher Mehrwertsteuer.

CAD Solutions GmbH  
International Division  
Leopoldstraße 28a/II  
W-8000 München 40  
Tel.: 0 89/34 96 28  
Fax: 0 89/33 57 31

## Lehrgänge, Kurse, Seminare

Die Technische Akademie Esslingen, In den Anlagen 5, W-7302 Ostfildern, bietet unter anderem folgende Lehrgänge an:

11.-14.06.1991  
Lehrgang Nr. 13991.1/71.265  
**Operationsverstärker,**

**Teil B/I + II**

11.06.1991

**Teil I: Allgemeine Grundlagen für Teil II**

12.-14.06.1991

Lehrgang Nr. 13991.2/71.266

**Teil II: Anwendungen**

Teilnahmegebühr: Teil I + II:  
DM 835,-

Teil II: DM 680,-

12.-14.06.1991  
Lehrgang Nr. 14001/41.306  
**Praktikum der Dehnungsmeßstreifen-Technik**

Teilnahmegebühr: DM 790,-

19.-21.06.1991  
Lehrgang Nr. 14018/73.293  
**Hochfrequenz- und Mikrowellenmeßtechnik, Teil B**

Teilnahmegebühr: DM 694,-

24.+25.06.1991  
Lehrgang Nr. 14028/41.311  
**Mikrosensoren und Sensorsysteme**

Teilnahmegebühr: DM 598,-

24.-26.06.1991 in Sarnen (CH)  
Lehrgang Nr. 14030/74.182  
**Einführung: Digitale Signalprozessoren – Eigenschaften – Einsatz in der Praxis**

Teilnahmegebühr: sfr 680,-

01.-03.07.1991 in Berlin  
Lehrgang Nr. 14043/73.273  
**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)**

Teilnahmegebühr: DM 800,-

Die Technische Akademie Wuppertal, Hubertusallee 18, W-5600 Wuppertal 1, führt zum Tehmenbereich Elektrotechnik/Elektronik die folgenden Seminare durch:

12.-14.06.1991 in Nürnberg  
Seminar-Nr. 811240021  
**Meßtechnik für die EMV – Messung und Simulation geleiteter Störgrößen – Funkstörmeßtechnik**

Teilnahmegebühr: DM 1050,-

13.-14.06.1991 in Wuppertal  
Seminar-Nr. 511250131  
**Digitale Filter – Grundlage, Entwurf und Anwendungen**

Teilnahmegebühr: DM 715,-

20.-21.06.1991 in Zürich  
Seminar-Nr. 311250101  
**Meßdatenerfassung mit dem Personalcomputer –**

Funktionsweise und schaltungstechnische Realisierung  
Teilnahmegebühr: DM 745/sfr 645,-

20.-21.06.1991 in Nürnberg  
Seminar-Nr. 812110131  
**Optimierung der Wärmeableitung von elektronischen Geräten durch konstruktive Maßnahmen**

Teilnahmegebühr: DM 720,-

24.-25.06.1991 in Wuppertal  
Seminar-Nr. 510310081  
**Temperatursensorik und Signalverarbeitung**

Teilnahmegebühr: DM 750,-

Die Pepperl + Fuchs Kolleg GmbH, Königsberger Allee 87, W-6800 Mannheim 31, bietet die nachstehenden Seminare an:

12.06.1991

**Induktive und kapazitive Sensoren in der Automatisierung**

Teilnahmegebühr: DM 350,-\*

13.06.1991  
**Optische und Ultraschall-Sensoren in der Automatisierung**

Teilnahmegebühr: DM 350,-\*

\* Preise für Teilnehmer aus den fünf neuen Bundesländern nach Absprache.

Von **Phoenix Contact**, Flachmarktstraße 8-28, W-4933 Blomberg, werden die nachstehenden Innovations-Seminare durchgeführt:

**Serielle Steuerungsverkabelung: Feldbus kontra Kabelverhau**

Teilnahmegebühr: DM 120,- + MwSt.

**Termine:**

06.06.1991 in Bielefeld

11.06.1991 in Aachen

12.06.1991 in Köln

13.06.1991 in Hagen

25.06.1991 in Berlin

26.06.1991 in Dresden

27.06.1991 in Leipzig

**Programmierbare Feldbusse: Dezentrale Bus-Intelligenz**

Teilnahmegebühr: DM 120,- + MwSt.

**Termine:**

11.06.1991 in Walldorf

12.06.1991 in Hilbronn

Das **IAM – Institut für angewandte Mikroelektronik e.V.**, Richard-Wagner-Straße 1, 3300 Braunschweig, führt unter anderem die folgenden Seminare durch:

05.-06.06.1991

**C51 für Umsteiger: C51-Compiler, Unterstützung der**

Besonderheiten des 8051, Ähnlichkeiten mit C, Modulverbindungen, Test von C51-Programmen  
Teilnahmegebühr: DM 760,-

10.-12.06.1991  
**Meßtechnik mit dem PC:**  
Meßkarten, Eigenschaften von Meßkarten, Problemanalyse, Konfiguration der Meßkarte mit Hochsprache und Assembler  
Teilnahmegebühr: DM 1120,-

Folgende Veranstaltungen finden im **Haus der Technik e.V.**, Hollestraße 1, W-4300 Essen 1, statt:

12.+13.06.1991  
Tagung Nr. T-30-620-075-1  
**Elektronik im Kraftfahrzeug**  
Teilnahmegebühr: HDT-Mitglieder: DM 720,- Nichtmitglieder: DM 790,-

17.06.1991  
Seminar Nr. S-10-621-031-1  
**Neue Methoden der Informationsbeschaffung für Technik und Wissenschaft – Eine Einführung in die Nutzung von Online-Datenbanken**  
Teilnahmegebühr: HDT- und VDE-Mitglieder: DM 450,- Nichtmitglieder: DM 485,-

27.+28.06.1991  
Die **Technische Akademie Ulm e.V.**, Schillerstraße 18, führt in Zusammenarbeit mit **Keithley Instruments GmbH**, Heiglhofstraße 5, München, ein Weiterbildungsseminar zum Thema **Meßwert erfassung und -verarbeitung mit dem PC** durch. Weitere Informationen von Sabine Wohlgemuth, Keithley.

## Elektronik-Übungsplätze

**NEU**

**ETS 2020 »Praxis-Trainer«  
... Ein Superboard.**

Vergoldete 2mm-/4mm-Buchsen \* Reale Bauteile direkt stecken \* vom Widerstand bis zur CPU  
Zubehör: EUROCARDS/MESSPLATINEN/PRÜFADAPTER

**Fordern Sie jetzt  
unsere INFO's an**

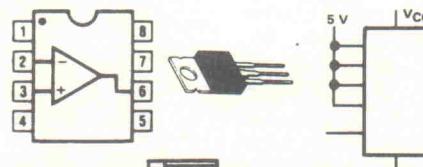
**Tel. 02324-71191**

**LABOREINRICHTUNGEN + LEHRSYSTEME**

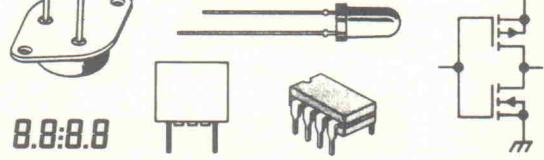
**ATLAS micro**

Wuppertaler Str. 22  
D-4322 Sprockhövel 1

**NEU**



**... für die Praxis**



**8.8:8.8**



Hinweis: Fortsetzung aus Heft 5/91.

## Motorsteuerungen mit VMOS-Leistungstransistoren (2)

**Die Vorteile der VMOS-Transistoren kommen erst dann voll zur Geltung, wenn man das vom PWM-Generator gelieferte Steuersignal über einen niederohmigen Treiber ankoppelt. Derartige Treiber kann man in verschiedenen Schaltungstechniken realisieren.**

Bei einer kapazitiven Einspeisung des PWM-Steuersignals kann man die Schaltungen aus Bild 6 und Bild 7 auch mit höheren Betriebsspannungen betreiben. In Bild 17 und Bild 18 sind die entsprechend modifizierten Schaltungsvarianten dargestellt. Die in Bild 17 wiedergegebene Anordnung arbeitet mit einer symmetrischen Doppelspannung, die in Bild 18 mit einer Einzelspannung. Bei beiden Varianten handelt es sich um Treiber für Reihenschlußmotoren.

Die Zeitkonstante der beiden beziehungsweise vier Eingangs-RC-Glieder beträgt jeweils 0,47 ms. Durch Klemmung an der Z-Diode entsteht am Gate eines angesteuerten VMOS-Transistors wieder das am jeweiligen Eingang anliegende PWM-Signal, aber mit dem erforderlichen Spannungsversatz. Voraussetzung ist dabei, daß die PWM-Frequenz groß gegenüber dem Kehrwert der Zeitkonstante ist. Bei der hier gewählten Zeitkonstante von 0,47 ms muß die PWM-Frequenz mindestens 10 kHz betragen.

Ohne Ansteuersignal beziehungsweise bei konstantem Eingangssignal sperren die jeweiligen Transistoren. Das bedeutet aber, daß diese auch nie völlig eingeschaltet werden können, da für eine korrekte Funktion der Klemmschaltung eine zwar nur kurze, aber von null ab-

weichende Sperrzeit erforderlich ist. Bei einer Umkehr der Drehrichtung müssen außerdem alle Eingangssignale kurzzeitig – bei der angegebenen Dimensionierung mindestens 5 ms – auf konstantem H- oder L-Pegel verharren, damit wegen der Umladezeitkonstante die jeweils komplementären Transistoren nicht eingeschaltet werden.

Betriebsspannungen, Transistoren und Gleichrichter (D3...D6) sind an den vorgesehenen Motor anzupassen. In Bild 17 muß jeder Transistor die Spannungsdifferenz zwischen  $+U_b$  und  $-U_b$  verkraften, während für den Motor und die Dioden nur die einfache Spannung maßgebend ist. Für die Transistoren und Dioden der Vollbrückenschaltung in Bild 18 genügt eine Spannungsfestigkeit mit einem Wert von  $U_b$  plus einer Sicherheitsreserve von mindestens 20 % der Betriebsspannung. Die Kondensatoren C3 und C4 unterdrücken die durch die Motorinduktivität bedingten Schaltspitzen; im allgemeinen haben diese Kondensatoren eine Kapazität aus dem Bereich 22 nF...220 nF.

Eine bedeutend einfachere Ansteuermöglichkeit bei höheren Spannungen bietet auch hier die Schaltung nach Bild 9. Natürlich sind die Wechselspannungsquelle sowie die VMOS-Transistoren an die Daten des eingesetzten Motors anzupassen. Auf dem in Bild 16 dargestellten Ansteuerverfahren basiert die extrem einfache Drehrichtungs- und Drehzahlsteuerung nach Bild 19. Wie zu erkennen ist, benötigt man für Reihenschlußmotoren infolge der phasenabhängigen Steuerung lediglich einen Vollweggleichrichter. Betreibt man die in Bild 9 und Bild 19 wiedergegebenen Motorsteuerungen am 230-V-Netz, muß die Ansteuerung galvanisch getrennt erfolgen – darüber später mehr.

### VMOS-Treiber

Wie bereits erwähnt, liegt der Wert der Eingangskapazität zwischen Source und Gate von Leistungs-VMOS-Transistoren in der Größenordnung von 1000 pF. Will man die kurzen Schaltzeiten (5 ns...20 ns) von VMOS-Transistoren nutzen, müssen diese aus einer möglichst niederohmigen Quelle angesteuert werden. Dies ist besonders dann wichtig, wenn man zur Leistungserhöhung mehrere VMOS-Transi-

storen und somit auch deren Eingangskapazitäten parallel schaltet.

Die Ausgangswiderstände von digitalen Schaltkreisen der 4000-Reihe liegen im Bereich 100 Ω ...1000 Ω; mit einer Eingangskapazität von 1000 pF erhält man somit eine Zeitkonstante  $\tau$  von kleiner als 1 μs, also eine maximale Umladezeit von etwa  $5 \cdot \tau = 5 \mu\text{s}$ . Für netzfrequente Anwendungen ist dieser Wert zumeist ausreichend. In allen anderen, höherfrequenten Anwendungen sollte man einen Treiber zwischen den CMOS-Impulsgenerator und den Gate-Anschluß des VMOS-Transistors schalten. Ge-

eignet sind beispielsweise die CMOS-ICs 4049 (invertierender Treiber) und 4050 (nichtinvertierender Treiber), deren Pinbelegung in Bild 20 abgebildet ist. Jeder der in diesen Bausteinen enthaltenen Treiber weist einen Ausgangswiderstand von 4 Ω (L-Pegel) beziehungsweise 15 Ω (H-Pegel) auf. Schaltet man alle sechs Treiber eines Bausteins parallel, reduzieren sich diese Werte auf etwa 0,7 Ω (L-Pegel) und 2,5 Ω (H-Pegel). Zumeist genügen ein bis zwei der in diesen ICs enthaltenen Treiber; für hohe Umschaltgeschwindigkeiten kann man aber auch alle sechs Treiber parallel schalten.

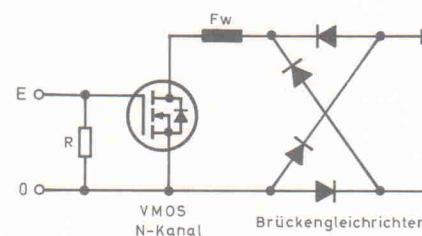


Bild 19. Steuerschaltung für einen wechselstrombetriebenen Reihenschlußmotor.

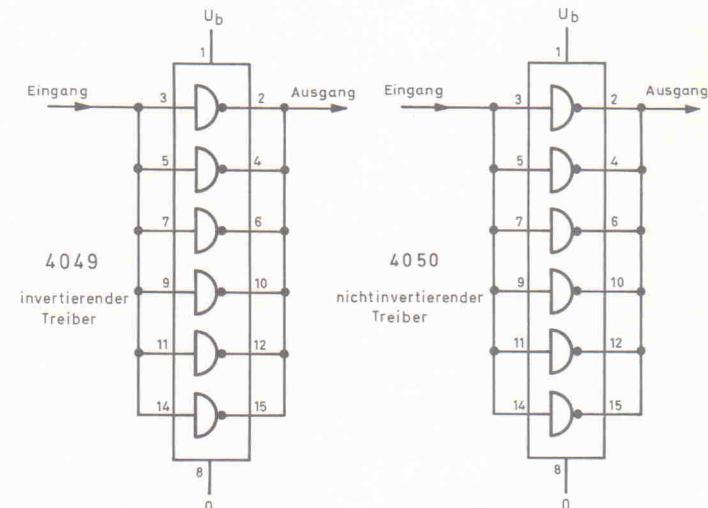


Bild 20. Um einen Treiber mit einem möglichst niedrigen Innenwiderstand zu realisieren, kann man die jeweils sechs Inverter beziehungsweise Buffer eines CMOS-Bausteins 4049 oder 4050 problemlos parallel schalten.

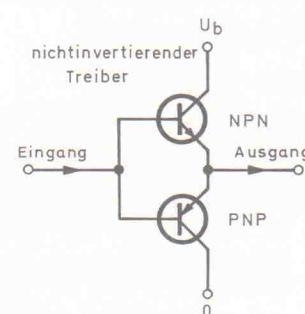


Bild 21. Komplementärer Emitterfolger als nichtinvertierender Treiber.

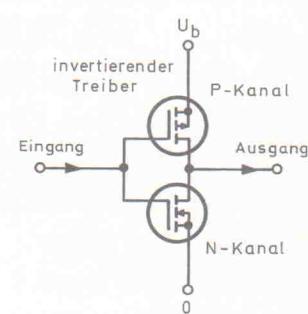


Bild 22. Kleineleistungs-VMOS-Transistoren in Komplementärschaltung als invertierender Treiber.

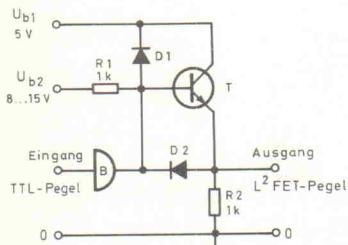


Bild 23. Nichtinvertierender Treiber für TTL-Pegel.

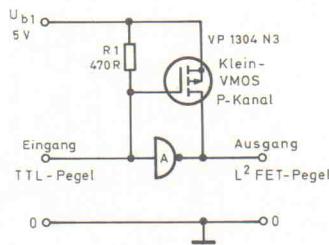


Bild 24. Invertierender Treiber für TTL-Pegel.

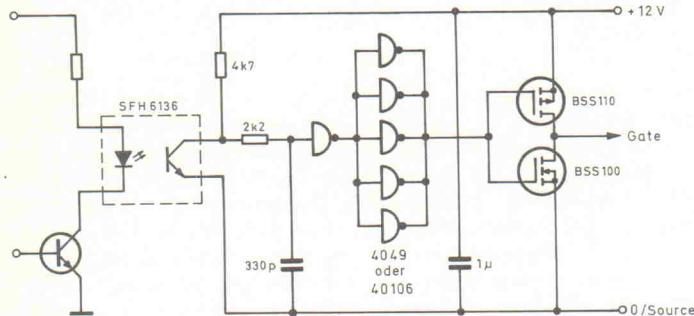


Bild 25. Treiber mit galvanischer Trennung durch Optokoppler. Die beiden VMOS-Transistoren sind nur bei einer relativ hohen Steuerfrequenz erforderlich.

Mit bipolaren Einzeltransistoren lässt sich nach Bild 21 ein nichtinvertierender Treiber in Form eines Doppelmitterfolgers realisieren. Bild 22 zeigt hingegen einen invertierenden Treiber mit Kleinleistungs-VMOS-Transistoren. Diese Schaltungen sind in erster Linie für Signalpegel von 8 V...15 V (CMOS-Pegel) geeignet; für TTL-Pegel verwendet man sinnvollerweise integrierte 50- $\Omega$ -Leitungstreiber oder die nichtinvertierende Treiberschaltung nach Bild 23 beziehungsweise die invertierende Variante nach Bild 24. Ersetzt man in Bild 23 den Buffer durch einen Inverter, so arbeitet die Schaltung invertierend.

## Treiber mit galvanischer Trennung

Mit einem Optokoppler kann man relativ günstig eine galvanische Trennung durchführen. Bild 25 zeigt eine geeignete Schaltung zur potentialfreien Übertragung eines Steuersignals mit beliebigem Tastverhältnis. Bei hohen Signalfrequenzen und steilflankigem Signalverlauf kann die Übertragung jedoch gestört werden. Aus diesem Grund setzt man die Schaltung vorzugsweise bei niedrigen Taktfrequenzen ein.

Beim Ansteuern über einen Transistor unterscheidet man zwis-

schen dem direkten Verfahren und dem Impulsübertragungsverfahren. Für relativ langsame Schaltvorgänge (beispielsweise beim Phasenanschnitt in netzgekoppelten PWM-Stufen) ist die Schaltung aus Bild 26 geeignet, die nach dem direkten Verfahren arbeitet. Die Ansteuerung des VMOS-Transistors erfolgt hier über einen Übertrager, so dass man den VMOS-Transistor als Sourcefolger beschalten kann und somit über die Möglichkeit verfügt, die Last einseitig an Masse zu legen oder auch schwebend anzuschließen. Der Übertrager, die beiden bipolaren Transistoren sowie einige passive Bauelemente bilden einen Sperrschwinger. Eine Diode richtet die an der Sekundärseite des Sperrschwingers stehende Wechselspannung gleich, am Gate des VMOS-Transistors steht als steuerndes Signal somit eine Gleichspannung an. Im Ausschaltfall entlädt der 4,7-k $\Omega$ -Widerstand die Eingangskapazität des VMOS-Transistors. Für den Übertrager verwendet man in der Praxis im allgemeinen eine Ringkernausführung. Mit einer zweiten Sekundärwicklung kann man einen weiteren VMOS-Transistor schalten.

In Bild 27 ist der zeitliche Verlauf des Einschaltvorgangs dargestellt, in Bild 28 der des Ausschaltvorgangs. Aus den Diagrammen ist er-

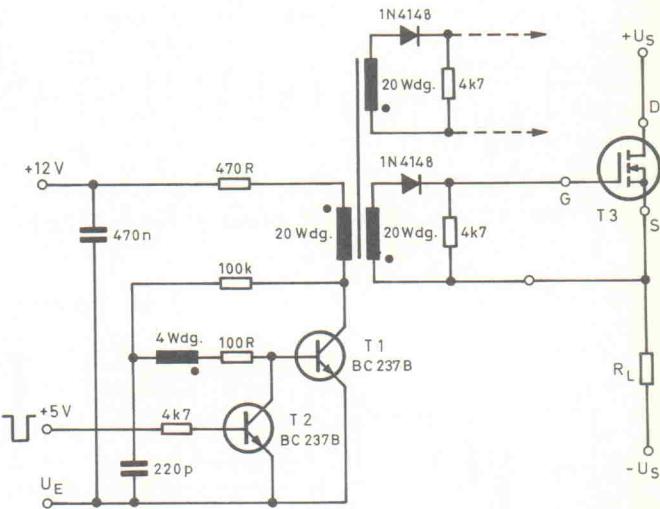


Bild 26. Treiber mit galvanischer Trennung durch Transformator.

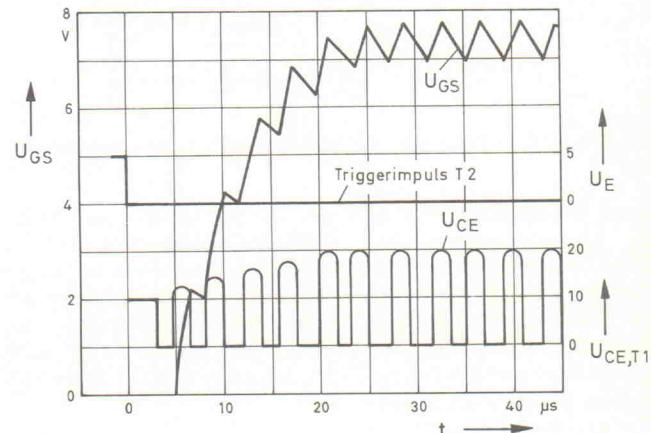


Bild 27. Verlauf des Einschaltvorgangs für die Schaltung aus Bild 26.

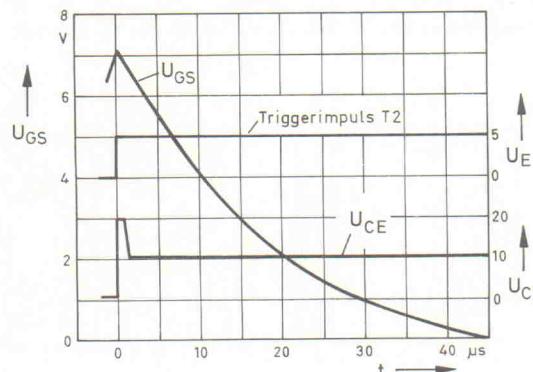


Bild 28. Verlauf des Ausschaltvorgangs für die Schaltung aus Bild 26.

sichtlich, daß die Einschaltzeit etwa 20  $\mu$ s beträgt, die Ausschaltzeit hingegen rund 30  $\mu$ s. Die durch die Schaltvorgänge hervorgerufene Verlustleistung des VMOS-Transistors lässt sich in vertretbaren Grenzen halten, indem man für die Frequenz des Ansteuersignals einen Wert unter 1000 Hz wählt.

Bei Ansteuerung über einen Impulsübertrager werden über den Trans-

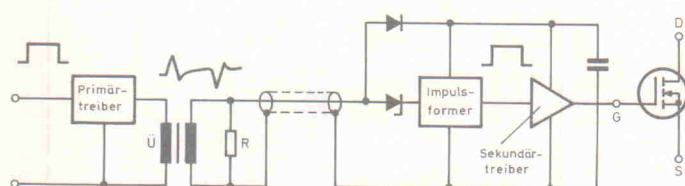


Bild 29. Prinzip einer potentialfreien Ansteuerung mit Impulsübertrager.

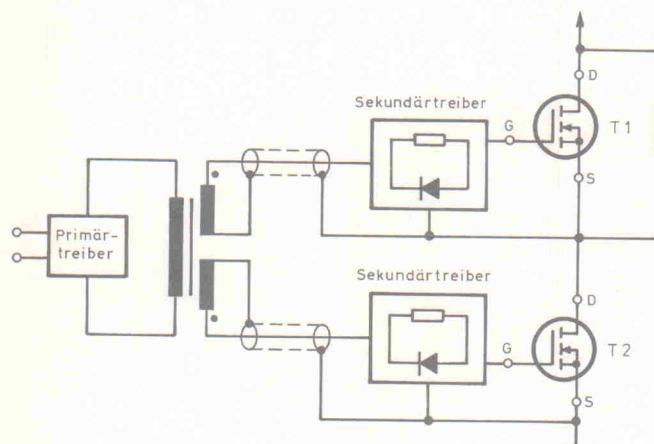


Bild 30. Prinzip einer potentialfreien Halbbrücken-Gegentakt-Ansteuerung.

Trennung der Impulse erfolgt mit einem Ringkernübertrager. Der über eine Z-Diode angesteuerte Impulsformer speichert den positiven Impuls, regeneriert das Originalsignal und steuert den MOSFET über den Sekundärtreiber an. Zugleich nutzt man die positiven Impulse zum Laden eines Kondensators, der die sekundärseitige Stromversorgung sicherstellt. Bild 30 zeigt eine modifizierte Anordnung, in der ein Primärtreiber eine Halbbrücke steu-

ert. Die mit jeweils einer Diode überbrückten Serienwiderstände in den Sekundärtreibern führen zu geringen Einschaltverzögerungen bei unverzögertem Ausschalten. Auf diese Weise erzielt man ein nicht überlappendes Schalten beider Stufen.

Eine auf dem zuvor erläuterten Prinzip beruhende und in der Praxis bewährte Schaltung ist in Bild 31 zu sehen. Die ansteigende

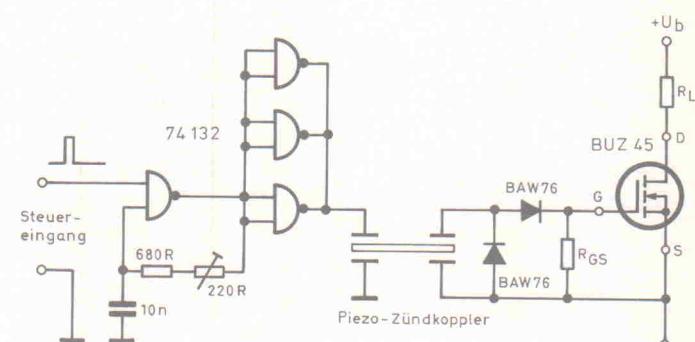


Bild 32. Potentialfreie Ansteuerung eines VMOS-Transistors über einen Piezokoppler.

Flanke des Steuersignals schaltet über Kondensator C2 kurzzeitig den Transistor T2 ein, die abfallende Flanke über C1 den Transistor T1. Sekundärseitig erfolgt das Speichern der Signale durch Kondensator C3. Wegen der Leckströme arbeitet die Schaltung mit PWM-Steuersignalen ab einer unteren Grenzfrequenz von etwa 1000 Hz.

Besonders einfach gestaltet sich die potentialfreie Ansteuerung von VMOS-Transistoren bei Einsatz eines Piezokopplers. Bild 32 zeigt die entsprechende Grundschaltung. Die Frequenz des Burstgenerators wird auf etwa 90 kHz eingestellt, wobei der absolute Wert unkritisch ist. Der Generator schwingt an, sobald der Steuereingang H-Potential führt. Der Piezokoppler PZK 20 weist eine Spannungsübersetzung mit einem Wert von etwa 3 auf, so daß die angeschlossenen VMOS-Transistoren auch bei einem Steu-

ersignal mit TTL-Pegel sicher eingeschaltet werden. Die Isolationsspannung der Piezokoppler beträgt 4000 V, sie sind folglich für Netzanwendungen prädestiniert. Allerdings sind die Anstiegs- und Abfallzeiten der Gate-Spannung in der gezeigten Schaltung mit einem Wert von 60 µs relativ lang. In Bild 33 ist der sich beim Ein- und Ausschalten einstellende Verlauf der Drain-Source-Spannung in Abhängigkeit vom Gate-Source-Widerstand dargestellt. Ein Standard-TTL-Baustein – hier ein Vierfach-NAND-Schmitt-Trigger des Typs 74132 – stellt genügend Steuerleistung zum Treiben des Piezokopplers zur Verfügung. Eines der Gatter dieses Bausteins ist als schaltbarer Oszillator beschaltet, die anderen drei dienen als parallel geschaltete Treiber für den Piezokoppler.

Hinweis: Fortsetzung in Heft 7/91.

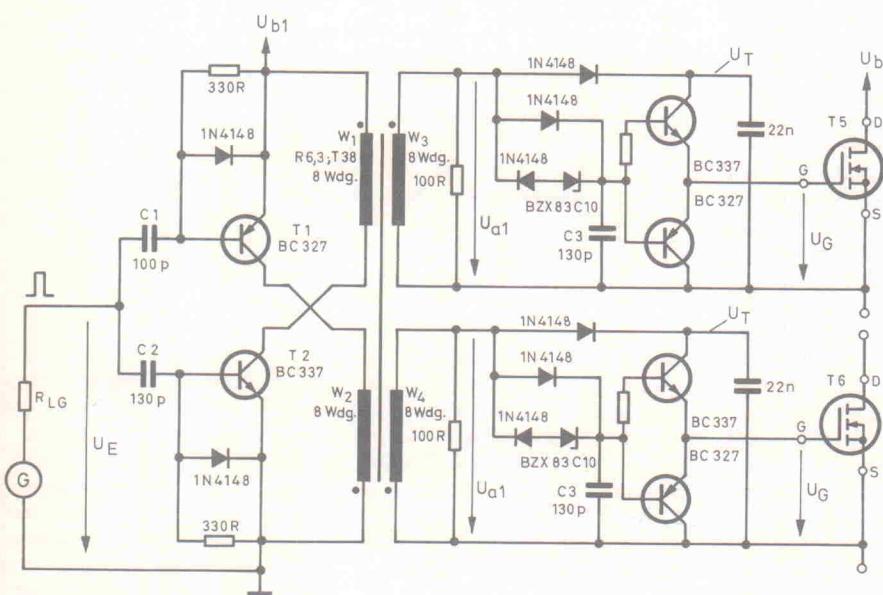


Bild 31. Praktische Schaltung zum potentialfreien Ansteuern einer Gegentakt-Halbbrücke mit Impulsen.

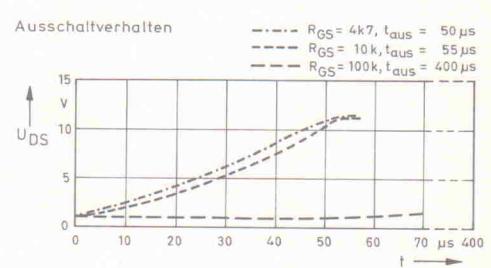
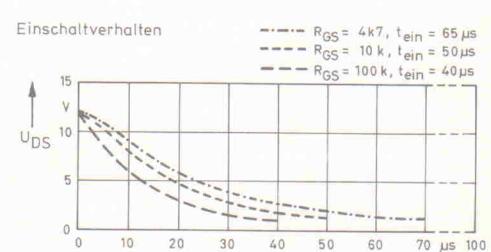


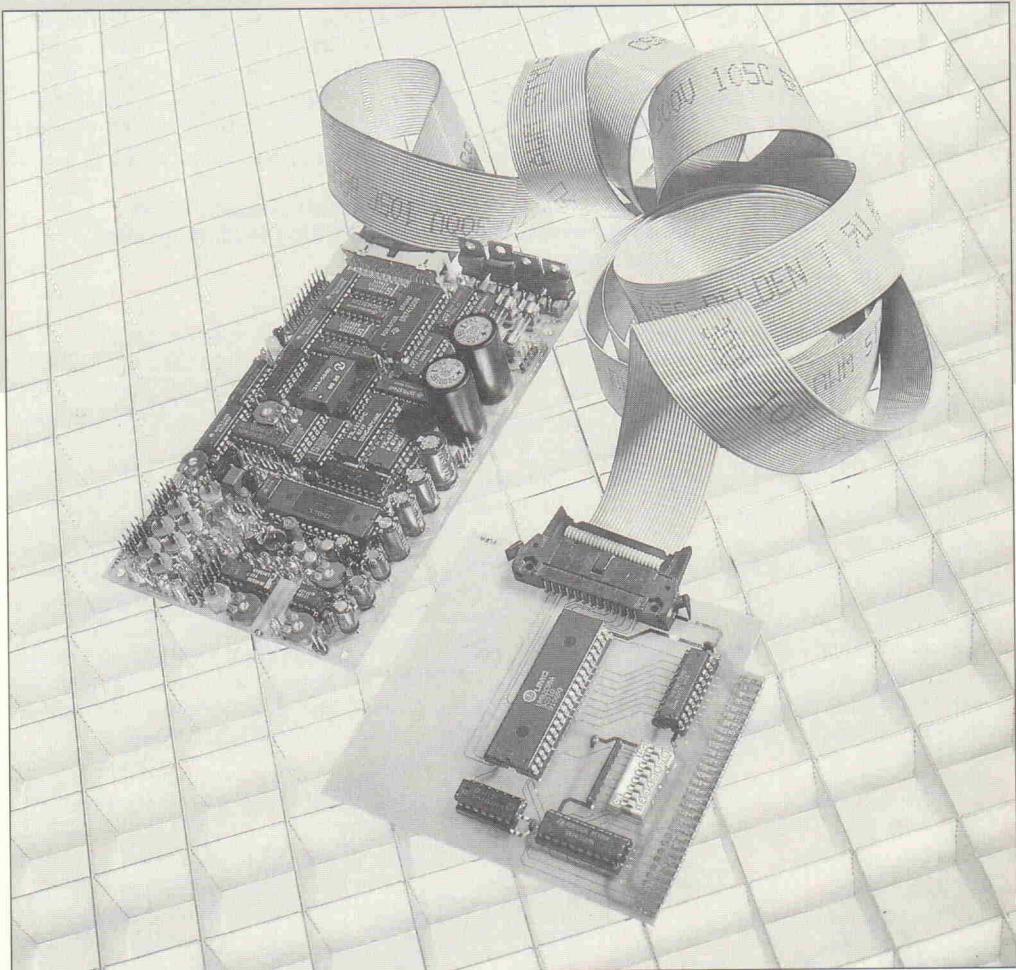
Bild 33. Ein- und Ausschaltverhalten des VMOS-Transistors aus Bild 32 bei verschiedenen Gate-Source-Widerständen R<sub>GS</sub>.

# PC-Scope (2)

## Interface und Bedienung

Günter Vogel  
Hans G. Schreck

Wenn es darum geht, mehrere I/O-Leitungen zu verwalten, führt kein Weg am 8255 vorbei. So ist dieser Baustein auch Hauptbestandteil des Interface im PC-Scope. Von selbst schüttelt der Port jedoch keine Hand, daher geht der 2. Teil auch auf die hier benötigte Ansteuerung ein.



Zuvor ist jedoch noch die letzte Baugruppe der Hauptplatine – das Netzteil – zu besprechen. Es versorgt sämtliche Baugruppen des alleinstehenden Hauptgeräts; das Interface dagegen wird direkt vom PC-Slot gespeist. Die Interface-Platine stellt aufgrund ihrer geringen Stromaufnahme von etwa 100 mA keine besondere Belastung für den PC-Bus dar.

Um den Störeinfluß der digitalen Schaltkreise auf die analogen Schaltungsteile zu verringern, sind zwei getrennte Massen vorgesehen. Die analoge Masse liegt an sämtlichen meßsignalverarbeitenden Komponenten, die digitale Masse hingegen an den Schaltkreisen und den sonstigen Komponenten, die die Qualität der Analogmasse negativ beeinflussen können. Zusätzlich sind die digita-

len Versorgungsspannungen mit 100-nF-Kondensatoren gestützt.

Das Netzteil liefert folgende Spannungen:

±5 V gegen digitale Masse;  
±12 V gegen analoge Masse;  
±5 V gegen analoge Masse;  
+6,2 V Referenzspannung gegen analoge Masse.

Festspannungsregler stabilisieren die Hauptversorgungsspannungen ±5 V (digital) sowie ±12 V (analog), Z-Dioden 'erzeugen' dagegen die Referenzspannung und die Hilfsspannungen ±5 V (analog) aus der Spannung +12 V (analog). Die Leuchtdiode D9 dient zur Betriebsanzeige.

Der Transformator muß eine Wechselspannung von 2 × 12 V bei 30 VA liefern. Um das

Streufeld gering zu halten, empfiehlt sich die Verwendung eines Ringkerntrafos. Der Festspannungsregler IC2 benötigt ein Kühlblech von 6 K/W oder besser, für die restlichen Regler sind Aufsteckkühlkörper von 25 K/W ausreichend. Natürlich können auch alle vier Regler auf ein ausreichend großes Kühlblech geschraubt werden, auf jeden Fall jedoch sind die 79xx-Typen zu isolieren! Für die Referenzspannung wurde der Wert 6,2 V festgelegt, da es für diesen Spannungswert eine Vielzahl von temperaturstabilen Referenzdioden gibt.

Das Interface stellt die Kommunikationsschnittstelle zwischen Computer und externer Hardware dar, es nimmt also bidirektionale Steuer- und Datentransfераufgaben wahr. Zum Verständnis der Konzeption soll

zuerst die Systemseite zum externen Gerät hin betrachtet werden. Es werden die in Tabelle 1 dargestellten Signale übertragen.

Zur Steuerung der 19 ankommenden und 4 abgehenden Leitungen eignet sich der parallele I/O-Baustein 8255, hier ist allerdings die C-Version einzusetzen. Er stellt auf seiner Peripherieseite zwei Tore à 8 Bit und ein Tor mit  $2 \times 4$  Bit zur Verfügung, die sich unabhängig als Ein- oder Ausgabe schalten lassen.

Auf der Seite zum IBM-Bus hin besitzt der Baustein acht Datenleitungen, die auf den unteren 8 Bit des IBM-Bus arbeiten und bidirektional verkehren können. Weiterhin existieren die Anschlüsse 'Read' RD, 'Write' WR und 'Chip Select' CS, die die Ansteuerlogik im Baustein treiben, sowie die beiden Adressierungsbits A 0 und A 1, welche die drei Peripherietore A, B, C und ein Kontrollregister adressieren. Schließlich kann der Baustein über den Resetanschluß initialisiert werden. Die interne Ansteuerlogik schaltet je nach Zustand der Leitungen RD und WR die Richtung des internen Daten-

Art	Zweck	Anzahl	Richtung
Datenleitungen	Daten	8 Bit	kommand
Handshake	Finish	1 Bit	kommand
	Start	1 Bit	gehend
	Clear	1 Bit	gehend
	Clock	1 Bit	gehend
	WR/RD	1 Bit	gehend
Dienstleitungen	Zeitbasis	4 Bit	kommand
	Eingangsteiler	3 Bit	kommand
	ON-Schalter	1 Bit	kommand
	Y-POS-Schalter	1 Bit	kommand
	INV-Schalter	1 Bit	kommand

Tabelle 1. Für den Datenaustausch zwischen dem Hauptgerät und der Interface-Platine sind insgesamt 23 Leitungen nötig.

bustreibers um und aktiviert den Baustein, falls er mit CS selektiert ist.

Der IBM-Bus kontrolliert seine I/O-Operationen mit Hilfe der Leitungen I/O-RD, I/O-WR und AEN (Address Enable). AEN gibt an, ob die CPU aktiv ist oder eine DMA-Operation stattfindet. I/O-RD und I/O-WR signalisieren dagegen, ob es sich um eine Ein- oder Ausgabeoperation der CPU handelt.

Da man die Interface-Karte im Betriebssystem mit einer spezi-

fischen Adresse anspricht, wird zur Ansteuerung ein digitaler Komparator eingesetzt. Die I/O-Verwaltung im PC läuft mit einer Breite von 10 Bit (Adresseleitungen A 0...A 9). Da die zwei niedrigstwertigen Bits (A 0 und A 1) für die Adressierung innerhalb des 82 C 55 benutzt werden, reicht zur Selektion der 8-Bit-Komparator IC2 aus. Der 74 LS 688 vergleicht die auf dem Bus anstehenden Adressen mit der auf der Schalterbank SW1 eingestellten Basisadresse.

Das Schaltwerk IC3A, IC3C selektiert den 82 C 55, wenn auf dem Adressbus die mit der Schalterbank eingestellte Adresse A 2...A 9 erscheint und die CPU eine RD/WR-Operation durchführt. IC1 puffert den Datenbus.

Um den 82 C 55 nun so zu programmieren, daß Port A, B und C 4...7 als Eingabe und C 0...3 als Ausgabe fungieren, ist in das Kontrollregister folgendes Steuerwort zu schreiben:

$$1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0 = 154 \text{ dez.}$$

Diese Bitfolge setzt sich wie folgt zusammen:

1: Programmierung der Arbeitsweise

0,0: Gruppe A Modus 0

1: Tor A Ausgabe

1: Tor C High Nibble Eingabe

0: Gruppe B Modus 0

1: Tor B Eingabe

0: Tor C Low Nibble Ausgabe

Unter den Gruppen A sind Port A und die oberen 4 Bit von Port C, unter Gruppe B dagegen Port B und das Low Nibble von Port C zusammengefaßt. Der Modus 0 legt den einfachen Ein-/Ausgabemodus fest. Um dem Low Nibble von Port C Ausgabedaten zu erreichen, benötigt das Port-C-Register ein weiteres Steuerwort. Es sieht wie folgt aus:

$$0\ X\ X\ X\ C2\ C1\ C0\ S$$

0: Port C Datenausgabe Modus

X: beliebig

Cn: Port C Datenleitung (C0...7)

S: Auszugebendes Datum (0/1)

Da unter DOS die Portadressen für Prototypenkarten im Bereich 0300 h...031F h vereinbart sind, nutzt das Programm die Basisadresse 0300 h. Der Adressbereich des Portbausteins umfaßt zwei Bit = vier Adressen für die Festlegung, ob mit Port A, B, C oder dem Kontrollregister kommuniziert wird. Daher 'rutscht' die an der Schalterbank einzustellende Adresse um 2 Bit – oder auf  $1/2^2 = 1/4$  – herunter. Für die gewünschte Basisadresse 300 h ist demnach der Wert 300 h / 4 = C0 h = 1100 0000 b einzustellen. Unter der Adresse 303 h kann die Software also das Steuerregister erreichen. Sollte die Basisadresse schon anderweitig vergeben sein, lassen sich softwaremäßig Änderungen vornehmen.

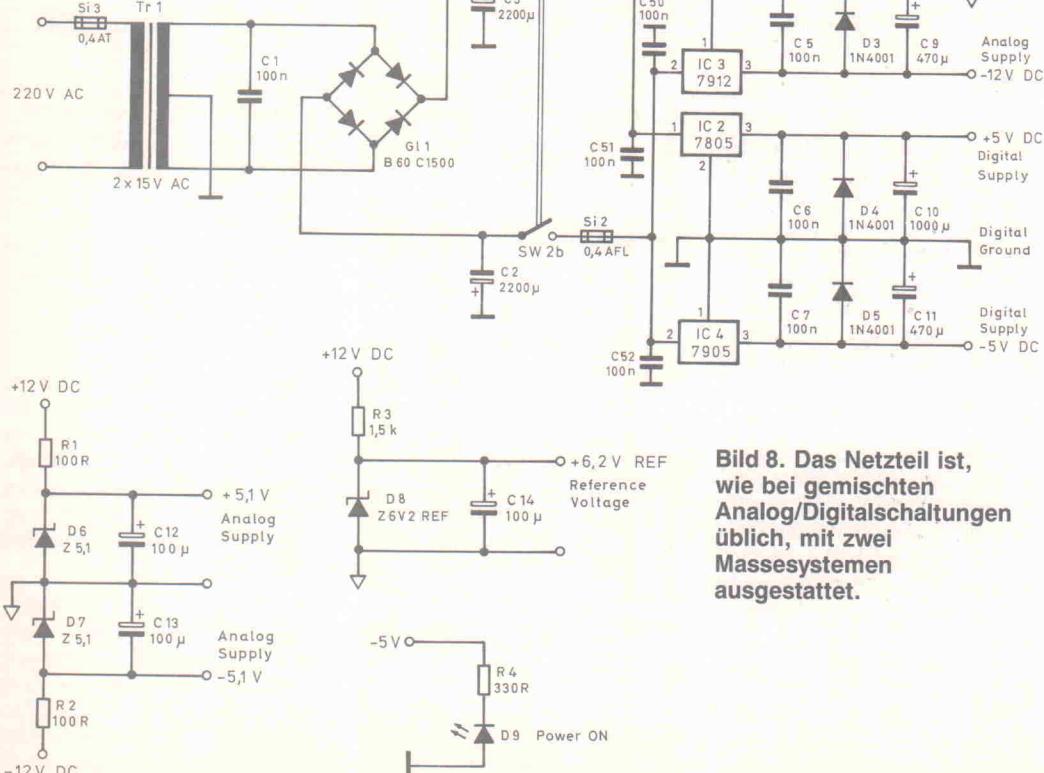


Bild 8. Das Netzteil ist, wie bei gemischten Analog/Digital-Schaltungen üblich, mit zwei Massesystemen ausgestattet.

Die Konzeption der Schaltung ist so ausgelegt, daß der Abgleich der einzelnen Baugruppen in einer bestimmten Reihenfolge vollzogen werden kann. Wird die vorgeschriebene Reihenfolge der Einstellarbeiten exakt eingehalten, beeinflußt kein Abgleich die vorangegangenen Abgleicharbeiten. Die Einstellarbeiten sollten bei Betriebstemperatur erfolgen; vor dem erstmaligen Einschalten des Gerätes sind alle einstellbaren Bauelemente in ihre Mittelstellung zu bringen, der ADC sollte noch nicht eingebaut sein, da der erste Punkt der folgenden Abgleichliste für sein Überleben entscheidend sein kann.

Zuerst ist mit dem Trimmer R58 die Spannung am Testpunkt 2 auf exakt  $-2,00\text{ V}$  abzugleichen. Diese Spannung dient dem Wandler als Bezug zur analogen Eingangsspannung. Danach ist mit dem Trimmer R59 die Spannung am Testpunkt 3 auf  $-1,00\text{ V}$  einzustellen. Hierbei wird eine etwaige Linearitätsabweichung der internen Widerstandsteilerkette des Wandlers ausgeglichen. Am Pin 27 (VRM) ist ein Mittelabgriff der Teilerkette nach außen geführt. Die Spannungsmessungen sind mit einem hochohmigen Labormultimeter der Klasse 1 (oder besser) vorzunehmen, um den späteren Spannungsangaben und der Fourier-Analyse eine gewisse Glaubwürdigkeit zu verleihen. Nach dieser Voreinstellung kann man IC27 in das dazu kurz abgeschaltete Gerät einsetzen und den Abgleich wiederholen. Der nächste Punkt widmet sich der Abschwächereinheit: Mit diesem Abgleich werden die Kompensationskondensatoren des Teilernetzwerks

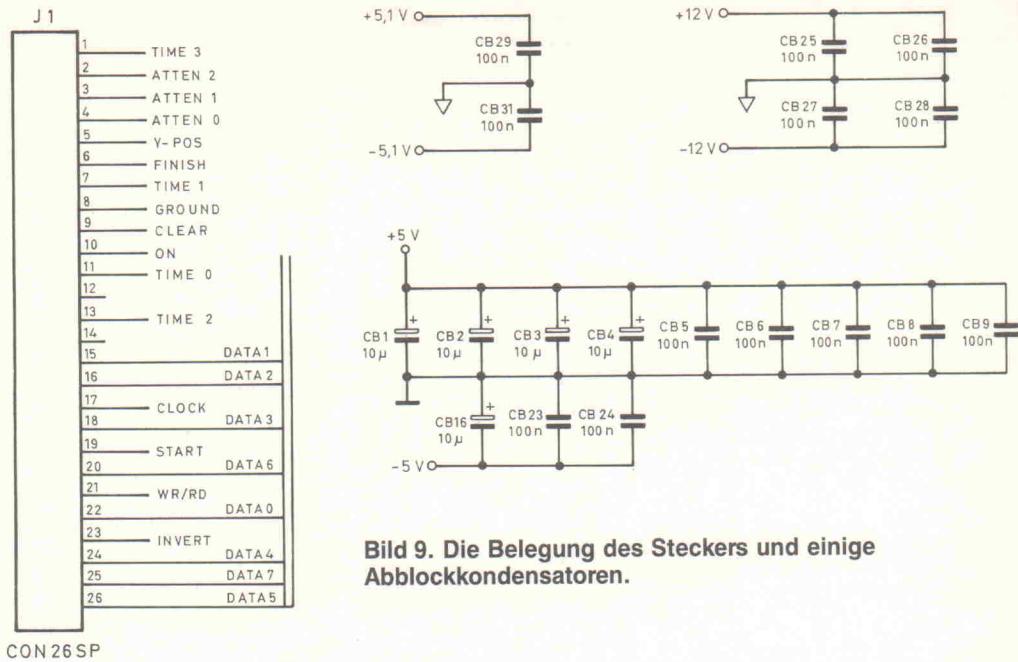


Bild 9. Die Belegung des Steckers und einige Abblockkondensatoren.

eingestellt. Zuerst ist die Lastkapazität der Abschwächereinheit mit der Kapazität C35 abzugleichen; dazu sind folgende Voreinstellungen vonnöten: Den Abschwächer auf den Bereich  $50\text{ mV/div}$  stellen; Eingangsschalter AC/GND/DC in die Position DC bringen; Rechteck (bipolar,  $U_{SS} = 400\text{ mV}$ ,  $f = 1\text{ kHz}$ ) an den Eingang.

Am Testpunkt 1 (Eingang des A/D-Wandlers) ist das resultierende Signal mit einem Oszilloskop zu messen. Das Oszilloskop sollte den Testpunkt 1 mit nicht mehr als  $200\text{ pF}$  belasten. Die zu erwartende Spannungshöhe beträgt etwa  $1,2\text{ V}$  (Spitzen-Spitzen-Spannung).

Verfälschungen der Rechtecksignalform infolge Über- oder Unterkompensation des Teilers lassen sich mit dem Kondensator C35 abgleichen.

Die Grundbereiche – also  $20\text{ mV/div}$  und  $50\text{ mV/div}$  – sind somit kompensiert, die anderen Bereiche werden nach dem gleichen Schema abgeglichen. Die jeweils 'zuständigen' Trimmer sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Dabei sind folgende Schritte auszuführen:

1. Abschwächer auf abzugleichenden Bereich stellen;
2. Eingangsschalter AC/GND/DC auf DC stellen;
3. Meßsignalspannung entsprechend der Dämpfung erhöhen;
4. Signalform des Meßsignals am Testpunkt 1 mit dem jeweiligen Kondensator abgleichen, bis der jeweilige Teiler kompensiert ist.

**Tabelle 2. Für jeden Eingangsteiler ist ein eigener Abgleichtrimmer nötig. Der Abgleich erfolgt sinnvollerweise 'von unten nach oben' so, daß ein eingespeistes Rechteck hinter den Verstärkern auch noch rechteckig ist.**

Der darauf folgende Abgleich betrifft die Triggereinheit. Hierbei ist der Eingangsteiler des externen Triggereingangs und der Offset des Triggers einzustellen. Dazu ist zunächst der Abschwächer auf den Bereich  $20\text{ mV/div}$ , der Eingangsschalter AC/GND/DC auf GND, Trigger-Source auf INT und Triggerkopplung auf DC zu stellen. Der eigentliche Abgleich beginnt dann damit, daß mit Trimmer R45 der Trigger-Unit die Spannung am Testpunkt 4 auf null Volt eingestellt wird.

Um den Eingangsteiler abzulegen, ist zuerst der Trigger-Source-Schalter wieder auf EXT zu stellen, die Kopplung bleibt auf DC.

Ein Signal (Rechteck bipolar,  $U_{SS} = 4\text{ V}$ ,  $f = 1\text{ kHz}$ ) am externen Triggereingang muß am Testpunkt 4 eine Spitzen-Spitzen-Spannung von etwa  $8\text{ V}$  erzeugen. Das Signal wird mit einem Scope ( $C_{Leitung(max)} = 200\text{ pF}$ ) gemessen. Wichtiger als der exakte Wert der Spannung ist auch hier wieder die Flankensteilheit; zum Einstellen ist C40 vorgesehen.

Damit die Verstärkerinheit einwandfrei arbeitet, müssen die Frequenzkompensation, die Offsetspannung sowie die Verstärkung abgeglichen werden. Zum Abgleich der Offsetspannung und der Verstärkung wird das Scope an den Computer angeschlossen. Zur Kompensation des Frequenzgangs sind folgende Voreinstellungen nötig: Abschwächer in den Bereich  $2\text{ V/div}$  bringen; Eingangsschalter AC/GND/DC auf DC stellen;

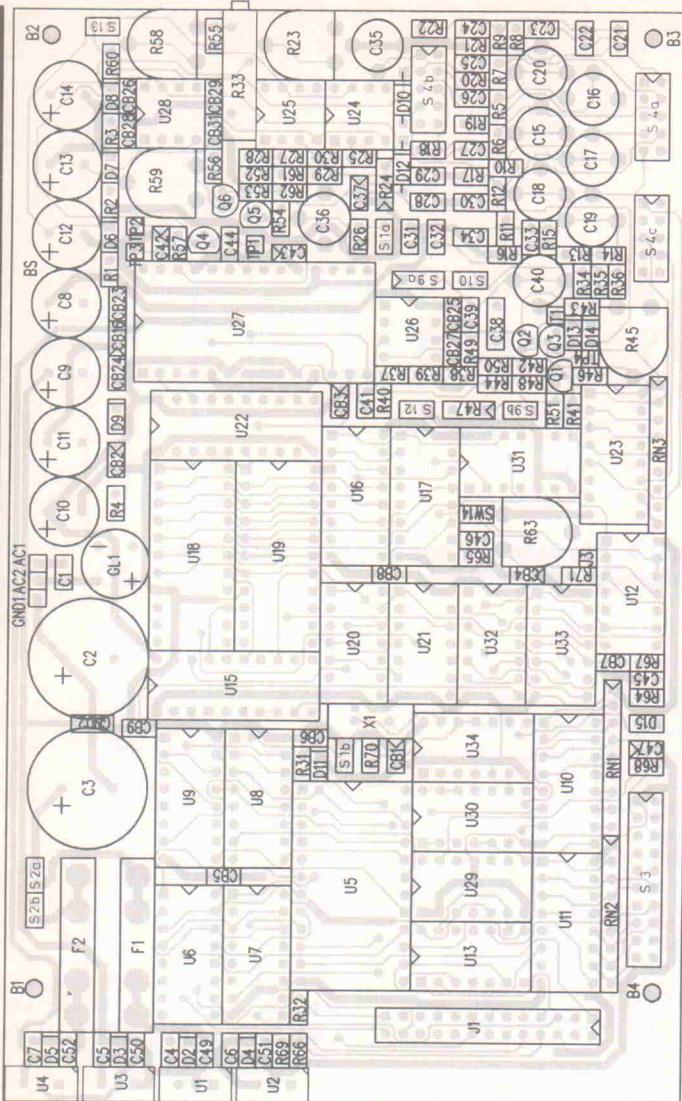
Kompensationskapazität C36 auf minimalen Kapazitätswert drehen, und schließlich ist ein Meßsignal (Rechteck bipolar,  $U_{SS} = 16\text{ V}$ ,  $f = 100\text{ kHz}$ ) an den Signaleingang zu legen.

Am Testpunkt 1 muß eine Spitzen-Spitzen-Spannung von etwa  $1,2\text{ V}$  liegen (Messung mittels Oszilloskop;  $C_{Leitung(max)} = 50\text{ pF}$ ). C36 ist nun so zu justieren, daß das Rechtecksignal gerade nicht mehr überschwingt.

Zum Offsetabgleich ist zunächst der Abschwächer in den Bereich  $20\text{ mV/div}$  und der Eingangsschalter AC/GND/DC auf GND zu stellen. Weiterhin ist der Signalinvertierschalter INV in die Position OFF zu bringen, der Single-Schalter der Triggereinheit auf Position OFF zu stellen und die Y-Verschiebung abzuschalten.

Mit dem Widerstand R33 wird dann die Freilauflinie des Schirmbildes mit der Mittellinie (Nulllinie) des Rasterschirms zur Deckung gebracht. Die Offsetspannung ist dann richtig eingestellt, wenn die Freilauflinie ein Minimum an Unregelmäßigkeiten aufweist.

Die Genauigkeit des Verstärkungsabgleichs bestimmt die Spannungsgenauigkeit des PC-Oszilloskops. Dazu wird eine fein einstellbare Gleichspannungsquelle benötigt. Die Höhe der Gleichspannung muß mit einem genauen Spannungsmeßgerät eingestellt und überwacht werden. Die zunächst durchzuführenden Voreinstellungen umfassen den Abschwächer



**Bild 10.** Kondensatoren im Rastermaß 2,5 mm, aufrechte Widerstände und vor allem ein 100prozentiges Layout ermöglichen den Aufbau des DSOs auf einer Europakarte.

(Bereich 1 V/div), den Eingangsschalter AC/GND/DC (DC), den Signalinvertierungsschalter (OFF), den Single-Schalter der Triggereinheit (OFF) sowie die Y-Verschiebung (OFF).

Der eigentliche Abgleich beginnt mit dem Anlegen einer Gleichspannung von +4,00 V an den Eingang. Das Meßsignal muß die Freilauflinie um exakt vier Rastereinheiten in positiver Richtung auslenken. Mit dem Widerstand R23 ist die Freilauflinie mit der entsprechenden Gitterlinie zur Deckung zu bringen, bis die Unregelmäßigkeiten der Deckung minimal sind. Danach sollte man den Abgleich zunächst mit einer negativen Gleichspannung von -4,00 V und dann mit anderen Referenzspannungen kontrollieren. Bei starker Abweichung gegebenenfalls etwas nachglei-

chen, bis die Meßgenauigkeit 1,5 % vom Meßwert  $\pm 1$  Bildschirmstufe erreicht.

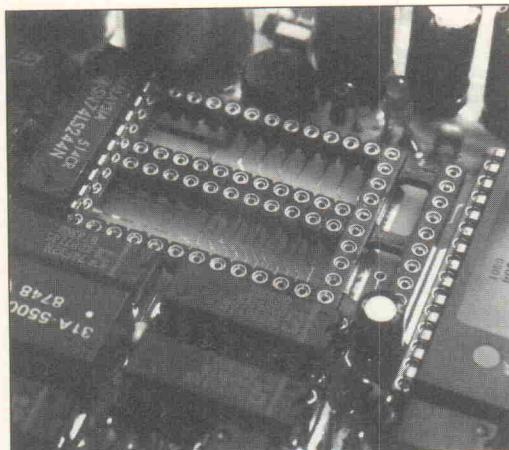
Abschließend besteht die Möglichkeit, die Ausgangsspannung des Kalibrierausgangs CAL OUT mit dem Trimmer R63 einzustellen. Es steht ein Spannungsbereich von etwa 0...5 V zur Verfügung. Der Abgleich der Ausgangsspannung auf den gewünschten Wert erfolgt bereits mit dem kalibrierten PC-Oszilloskop.

### Die 'weiche Seite' des Scopes

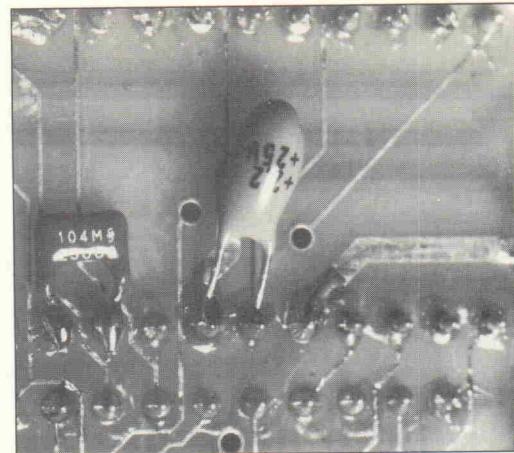
Eine der wesentlichen Stärken des PC-Scopes liegt darin, daß die Fähigkeiten des Rechners dazu genutzt werden, viele ansonsten mit Hardware realisierte Funktionen durch Software zu ersetzen. Sie kann nun durch den Zugriff auf die Regi-

### Stückliste

Hauptgerät	C37,42,43,47	10 $\mu$		
Widerstände (alle Metallfilm, 1%, falls nicht gekennzeichnet: 1/4 W):	C38	470n, RM 5		
R1,2	C39	150p*		
R3,32,35,69	C41,44	100p		
R4	C46	330p		
R5	CB1...4,16	10 $\mu$ /25V Tant.		
R6	CB5...9,23,...31	100n		
R7,34	* 3% oder besser			
R8,13	wenn nicht anders vermerkt, alle Kondensatoren Rastermaß 2,5 mm, zum Beispiel Baureihe MKS 02 oder MKS 022!			
R9	Trimmkondensatoren:			
R10	C15...20,35,40	47p		
R11	C36	10p		
R12	alle Trimmer Durchmesser 7,5 mm			
R13	Halbleiter:			
R14	G11	B 60 C 1500		
R15	D1...5	1 N 4001		
R16,29,39,57,60	D6,7	BZX 79 C5V1		
R17	D8 Z 6V2, TK 10ppm/K (1 N 822)			
R18	D9,11	Led, 3 mm		
R19,37,68	D10,12,...14	1 N 4148		
R20,36	D15	2-Pin-Duoled, 5 mm		
R21	T1,2	BF 245		
R22	T3	BC 558		
R23,30,43,65	T4	BC 107		
R26,28	R31,61	BC 177		
R27	R38	R40,46,67	IC1	7812
R28	R41	IC2	78 05	
R29	R42,71	IC3	7912	
R30	R44	IC4	7905	
R31	R48,49	IC5	74 150	
R32	R50	IC6...9	74 LS 390	
R33	R51	IC10,11,23	74 LS 148	
R34	R52,54	IC12	74**HC**132	
R35	R53	IC13,30	74**F**08	
R36	R55	IC15	74**LS**244	
R37	R56,66	IC16,17	74**F**161	
R38	R62	IC18,19	93**L**422	
R39	R64	IC20,32	74**F**32	
R40	R70	IC21	Newport 31**A**-5500	
R41	RN1...3	IC22	74**S**374	
R42	Trimmer und Potis:	IC24,28	LF**356	
R43	R23	IC25	LM**6364	
R44	R24	IC26	LM**311	
R45	R33	IC27	ADC**304	
R46	R45	IC29	74**LS**122	
R47	R47	IC31	74**F**86	
R48	R58	IC33	74**F**74	
R49	R59,63	IC34	74**HC**04	
R50	Kondensatoren:	Schalter:		
R51	C1,4...7,45,49...52	Power	2:xEIN	
R52	C2,3	SW <sub>EIN</sub>	1:x3	
R53	C8,9,11	SW1	2:xEIN	
R54	C10	SW3	1:x16	
R55	C12...14	SW4	3:x8	
R56	C21,24,25	SW9	2:xUM	
R57	C23	SW10,12,13,14	1:xEIN	
R58	C22,34	Sonstiges:		
R59	C26	Platine PC-DSO;		
R60	C27	Trafo: 2 x 12 V/30 VA;		
R61	C28	26polige Pfostenstiftleiste, doppelreiwig, 90°		
R62	C29	2 x BNC-Buchsen, Kühlkörper, Gehäuse, Netzkabel, Montagematerial, Litze, abgeschirmte Leitung		
R63	C30...32			
R64	C33			
R65				



An dieser Stelle ist das Layout der Platine für 'normale' IC-Sockel zu eng: Die ICs 18 und 19 sitzen auf Kontaktstreifen.



Datel empfiehlt, die Versorgung des ADC-304 direkt am Sockel (6,10) mit 1 µF und 10 nF (Keramik) zu blocken.

ster des Interface gezielt die nach außen gehenden Leitungen manipulieren. Ebenso lassen sich die Zustände auf den ankommenden Leitungen auswerten. Das Programm ist dadurch in der Lage, den Meßablauf freizugeben und das Meßende zu erkennen. Weiterhin kann es auf das RAM des Gerätes zugreifen und dessen Daten auslesen. Zusammen mit den Informationen über die eingestellte Zeitablenkung sowie Abschwächung lassen sich so die absoluten Zeit- und Amplitudenangaben errechnen.

Bei der Erstellung des Bildes wird mit dem 'Page-Switching'-Verfahren gearbeitet. Hierbei werden zwei Videoseiten eingesetzt: während die Vordergrund-Videoseite auf dem Bildschirm sichtbar ist und das letzte Meßbild zeigt, wird mit den neu ankommenden Daten das nächste Bild generiert. Es wird auf der im Hintergrund unsichtbaren Videoseite aufgebaut. Dann erfolgt das Umschalten der Videoseiten, die alte Seite wird in den Hintergrund geschaltet, die neue Seite in den Vordergrund. So bleibt der Bildaufbau dem Auge

verborgen, und der Betrachter sieht nur die kontinuierliche Veränderung des Meßbildes.

### Der Betrieb

Nach dem Start der Software mittels 'DSO-EGA' beziehungsweise 'HERCULES'; 'DSO-HERC' erscheint auf dem Bildschirm die Meldung 'Device not present!', solange das Hauptgerät noch nicht eingeschaltet ist. Im Betrieb zeigt der PC einen 10 × 10 Einheiten großen Rasterschirm, zusätzlich werden die gewählten Einstellungen für

Zeitablenkung und Eingangs-empfindlichkeit eingeblendet.

Zur näheren Untersuchung eines Meßsignals betätigt man die Space-Taste. Das gerade aktuelle Schirmbild 'friert ein', es erscheint eine Leiste mit Funktionstasten sowie eine Reihe von Zusatzinformationen. Ab hier ist die weitere Bedienung über die Funktionstasten geführt. Ein erneutes Drücken der Space-Taste aktiviert wieder den Run-Modus. In mehreren Fenstern links des Rasterschirms erscheinen zusätzliche

## NUTZEN SIE IHR ELRAD-ARCHIV MIT SYSTEM

**Das Gesamtinhaltsverzeichnis aller *ELRAD*-Ausgaben (1/78—12/90) gibt's jetzt auf Diskette.  
(Rechnertyp umseitig)**

**— FÜR ABONNENTEN ZUM VORZUGSPREIS! —**

Bestellcoupon



Absender (bitte deutlich schreiben)

Firma

Vorname/Name

Straße/Nr.

PLZ/Ort

Telefon

eMedia GmbH  
Bissendorfer Str. 8  
D-3000 Hannover 61

Angaben über das Meßsignal wie Maximal-, Minimal- und Spitzen-Spitzen-Wert; diese Angaben sind unabhängig von der Signalförm.

Die Software versucht nun, eine Periode zu ermitteln. Hierzu wird ein Schwellenwert aus dem arithmetischen Mittel gebildet. Es werden nun alle Durchgänge durch diesen Schwellenwert ermittelt und zur Erhöhung der Genauigkeit interpoliert. Sind mindestens drei Durchgänge festzustellen, so wird der Abstand zwischen der ersten und der letzten 'Nullstelle' als Periodendauer festgelegt. Bei mehr als drei Durchgängen wertet das Programm zur Wahrung der Genauigkeit jeweils die äußersten Nullstellen aus und rechnet sie entsprechend um; zur Anzeige kommen die Periode und die Frequenz des Meßsignals.

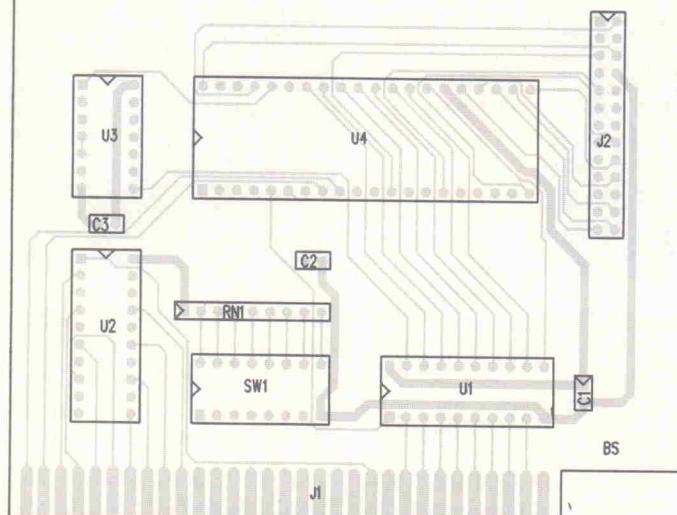
Der Gleichanteil (DC) und der echte Effektivwert (TRMS) eines beliebigen Signals sind als bestimmte Integrale definiert. Die Grenzen dieser Integrale sind Anfang und Ende einer Periode. Ist die Periode bestimmbar, werden diese Integrale nu-

merisch gelöst und deren Lösung angezeigt. Dabei ist die Genauigkeit am größten, wenn eine Signalperiode möglichst den gesamten Schirm einnimmt. Ist keine Festlegung einer Periode möglich, werden nur die Extremwerte ausgegeben, in den

beiden anderen Fenster erfolgen dann keine Angaben.

Im Freeze-Modus ist der Rasterschirm in einzelne Sektoren geteilt. Mit den Funktionstasten F1...F6 lassen sich diese Sektoren (jeweils 25 % oder 50 %

**Bild 12. Eine 'kurze' Slotkarte beherbergt das Interface.**



### Stückliste

#### Interface

Widerstände:

RN1 8 × 10k

Kondensatoren:

C1 10µ/10V Tant

C2,3 100n Ker

Halbleiter:

IC1 74 LS 245

IC2 74 LS 688

IC3 74 LS 00

IC4 82 C 55 (!)

Sonstiges:

Platine Interface, DIL 8-Schalter, 26polige Pfostenstiftleiste, doppelfreiheitig, 90°

26adrige Flachbandleitung, 2 × 26polige Stecker

des Vollbildes) auf den ganzen Schirm spreizen, Einzelheiten von Kurven sind so besser zu untersuchen.

Über die Funktionstaste Memo (F7) verzweigt man in das Memory-Menü. Hier lassen sich

## GROSSER ELRAD-WEGWEISER AUF DISKETTE

### Für Abonnenten zum Vorzugspreis

**Das *ELRAD*-Gesamtinhaltsverzeichnis von der ersten Ausgabe 1/78 bis Ausgabe 12/90.**

**Dreizehn Jahrgänge auf einer Diskette + Definitionsdatei  
zum Erstellen einer Datenbank + 3 Textdateien mit Stichwortregister.**

(Lieferung nur gegen Vorauszahlung)

#### Bestellcoupon

Ja, ich will mein *ELRAD*-Archiv besser nutzen.  
Bitte senden Sie mir das *ELRAD*-Gesamtinhaltsverzeichnis  
mit Definitionsdatei + 3 Textdateien auf Diskette zu.

#### Rechnerformat/Diskettenformat:

- Atari ST (3,5") unter Adimens
- Apple-Macintosh unter Hypercard
- PC (5,25") unter dBase
- PC (3,5") unter dBase

#### Absender nicht vergessen!

Für Besitzer des *ELRAD*-Gesamtinhaltsverzeichnisses (1/78—12/89)  
bieten wir ein Update für 1990 an. Preis DM 10,—. Bitte die Original-  
disketten mit einreichen.

einen Verrechnungsscheck über DM 38,— lege ich bei.

ich bin *ELRAD*-Abonnent.

Meine Kundennummer: \_\_\_\_\_  
(auf dem Adressaufkleber)

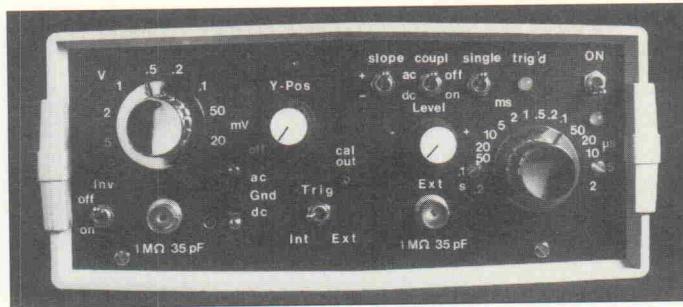
Einen Verrechnungsscheck über DM 32,— lege ich bei.

ich bin bisher noch nicht Abonnent, möchte aber  
den Vorzugspreis nutzen. Leiten Sie beiliegende  
Abo-Abrufkarte an die *ELRAD*-Abonnementverwaltung  
weiter. Einen Verrechnungsscheck über DM 32,—  
lege ich bei.

**Datum/Unterschrift** (Für Jugendliche unter 18 Jahren der Erziehungsberechtigte)

einzelne Messungen intern speichern.

Ausgehend vom Freeze-Menü gelangt das 'eingefrorene' Bild mit in das Memory-Menü und kann dort mit dem Befehl Write (F1) beliebig in vier verschiedenen Speichern (A...D) abgelegt werden. Der Kurvenzug erscheint verkleinert und – bei vorhandener Farbgrafik – in der spezifischen Farbe des Speichers, am Rand erscheint wieder der Zeit- und Amplitudenmaßstab. Weiter lassen sich auch gespeicherte Messungen mit dem Read-Befehl (F2) auf den Hauptschirm bringen, die Add-Funktion (F3) überlagert Kurven auf dem Hauptschirm; nacheinander gemessene Signale erscheinen dann quasi gleichzeitig auf dem Schirm. Wird nun bei der Messung auf ein gemeinsames Bezugssignal getriggert, existiert ein Zeitbezug zwischen den Messungen: man erhält also einen Quasimehrkanalbetrieb. So stehen zugleich bis zu fünf Kanäle (vier Spei-



Der AC/GND/DC-Schalter wird direkt an der Frontplatte verdrahtet.

cher plus Hauptschirm) zur Verfügung. Nach einem Auslesevorgang (Read, Add) ist die Schreibfunktion (Write) gesperrt.

### Zwei Cursor

Im Memory-Menü steuern die Tasten F4...F6 einige Cursorfunktionen. Es sind zwei voneinander unabhängige Cursor implementiert, die die Tasten 'X-Cursor' (F4) und 'O-Cursor' (F5) aktivieren. Die jewei-

lichen Koordinaten der einzelnen Cursor und deren Differenzbeträge sind in drei Fenstern neben dem Rasterschirm eingeblendet. Die Anzeige der Differenz der Cursorkoordinaten erfolgt natürlich nur dann, wenn beide Cursor auf Kurven arbeiten, die im selben Zeit- und Amplitudenmaßstab aufgenommen wurden. Die Steuerung der Cursor erfolgt über die Cursortasten der Tastatur. Je nach Anzahl der im Hauptschirm enthaltenen Kurven ar-

beiten die Cursor gemeinsam auf eine Kurve (1 Kurve), getrennt (2 Kurven) oder gar nicht (mehr als zwei Kurven). So lassen sich Meßkurven explizit auswerten. Mit der 'No Cursor'-Taste F6 gelangt man zurück in das Memory-Menü, oder man kehrt mit der Exit-Funktion F10 in das Freeze-Menü zurück.

### Fourier-Analyse

Ist wie oben beschrieben eine Signalperiode bestimmbar, so ist das Fourier-Integral numerisch zu lösen. Die im Integral zu bestimmende Funktionsfläche lässt sich durch die vorhandenen Stützstellen (Meßwerte) approximieren, und daraus wiederum können die einzelnen Fourier-Koeffizienten berechnet werden. Da der Zeit- und Amplitudenmaßstab bekannt ist, lassen sich auch absolute Angaben über die Beträge der einzelnen Spektralanteile der Messung machen. Das PC-Oszilloskop stellt also gleichzeitig einen kleinen Spectrum Analyzer dar. Die Ergebnisse der Analyse sind genauer, wenn – bei genügend ausgesteuerter Amplitude – eine Signalperiode möglichst den gesamten Schirm einnimmt.

Das Fourier-Menü präsentiert die ersten 20 Harmonischen der gemessenen Funktion. Diese werden auf zwei getrennten Bildschirmseiten dargeboten. Die Darstellung erfolgt – wie in der Telekommunikation üblich – normiert, das heißt, die Amplitudenwerte sind auf die Amplitude der Grundschwingung bezogen, ebenso die Frequenzwerte auf die Grundfrequenz. Als Anzeigeformate stehen wahlweise die logarithmische Darstellung (dB) durch Betätigen der Taste Log (F1) oder das lineare Maß durch die Taste Lin (F2) zur Verfügung. Die Tasten A1-10 (F3) und 11-20 (F4) schalten zwischen den zwei Seiten mit den Oberwellen 1 bis 10 und 11 bis 20 um. Durch die Taste A/V (F5) wird ein Fenster eingeblendet, in dem die unnormierten Amplitudenwerte der Oberwellen 1 bis 10 oder 11 bis 20 abzulesen sind. Ebenso lassen sich mit 'f/Hz' (F6) die absoluten Frequenzwerte aller Harmonischen abrufen. Durch Betätigen der Taste Disto (F7) wird der Klirrfaktor (Distortion) des Signals angezeigt. Grundlage hierfür ist die Kenntnis aller Amplituden des Spektrums.

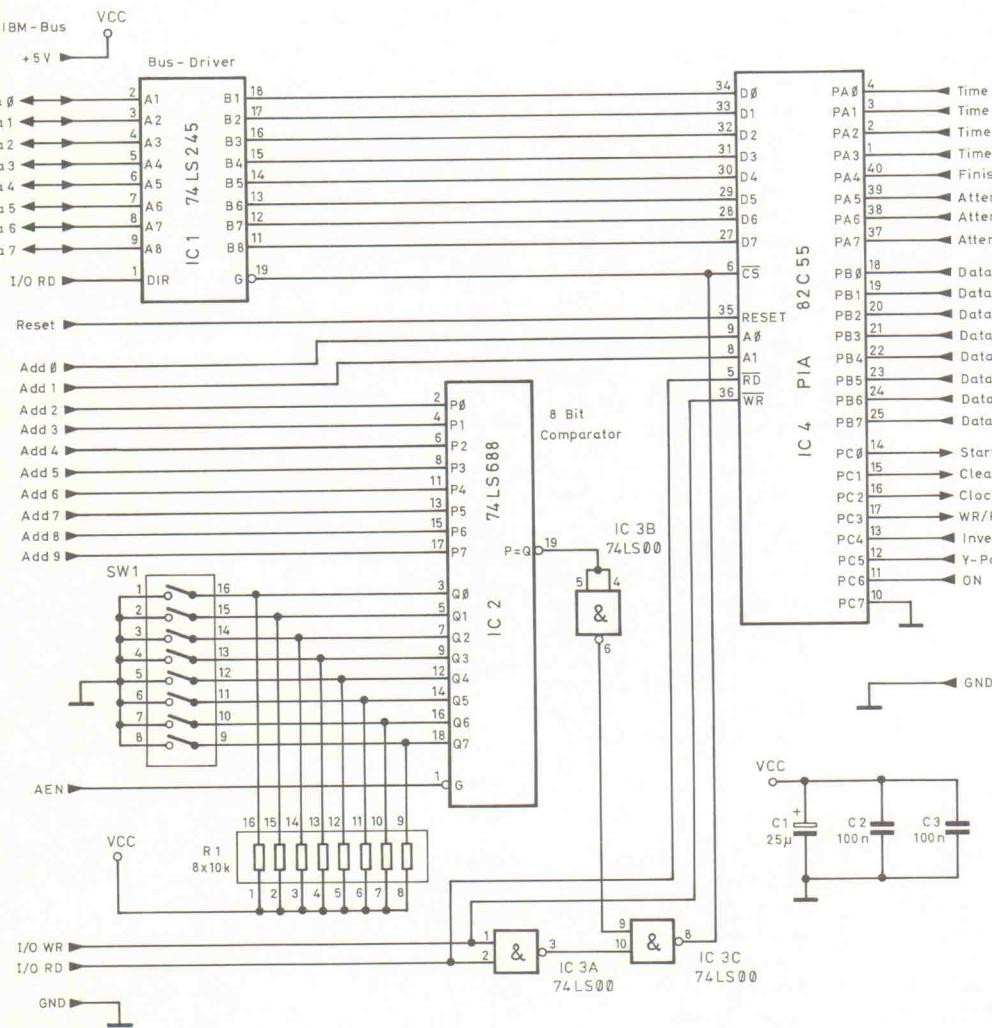


Bild 11. Die ICs 1...3 'ermitteln' in Zusammenarbeit mit der Schalterbank und dem Array, wann der PC das Scope zu erreichen wünscht.

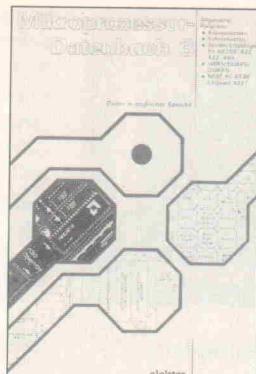


## Digitale Regelung elektrischer Antriebe

Geregelte elektrische Antriebe sind ein wichtiges Glied bei der Prozeßautomatisierung. Die Anwendung moderner digitaler Regelalgorithmen führt zu einer Erhöhung von Qualität und Leistungsfähigkeit der verwendeten Antriebe. Der Autor hat den Schwerpunkt dieses Buches auf die informationstechnische Betrachtung der Regelung gelegt.

Einer Einführung in die digitale Signalverarbeitung folgt die Beschreibung digitaler Verfahren zur Messung von Position, Drehzahl sowie Motorstrom und anschließender Realisierung mit Hilfe unterschiedlicher Prozessoren.

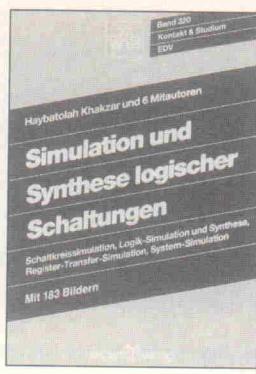
Beim Leser werden fundiertes mathematisches und regelungstechnisches Wissen sowie Grundkenntnisse der Digital- und Mikroprozessortechnik vorausgesetzt. Das Buch zielt auf Studenten der Fachrichtungen Antriebs- und Regelungstechnik sowie auf Entwickler elektrischer Antriebe. ip



## Mikroprozessor-Datenbuch 3

Band 3 der µP-Datenbücher aus dem Elektor-Verlag beschäftigt sich mit allgemeinen Peripheriebausteinen der Computertechnik, wie Coprozessoren, Echtzeituhren, Seriell-Treiber-/Empfänger, UARTs, Baudaten-Generatoren und Chipsätzen für ATs. Wie auch in den ersten beiden Bänden dieser Reihe handelt es sich bei der Beschreibung der ICs um den Abdruck der jeweiligen Datenblätter des Herstellers, ergänzt von Distributoren-Adressen.

Mit den Mikroprozessor-Datenbüchern existiert eine 'Datenblatt-Quelle', die es auch dem Privatmann erlaubt, problemlos auf Originalinformationen (in englisch) zuzugreifen. hr



## Simulation und Synthese logischer Schaltungen

Den Schwerpunkt des Buches bilden Verfahren zur Simulation logischer Schaltungen. Die Überprüfung des Schaltungsentwurfs kann auf Transistor-, Gatter-, Register- oder Systembeschreibungsebene erfolgen, auch Mixed-Mode-Simulationen werden besprochen.

Zwei der neun Kapitel beschäftigen sich mit Synthese beziehungsweise Verifikation auf der Basis Log/I/C, einem sehr leistungsfähigen und (PLD-)Herstellerübergreifenden CAD-Werkzeug, das auch mehrstufige Schaltungen wie Gate Arrays unterstützt. PLDs können so als kostensparende Prototypen einer späteren Gate-Array-Entwicklung eingesetzt werden.

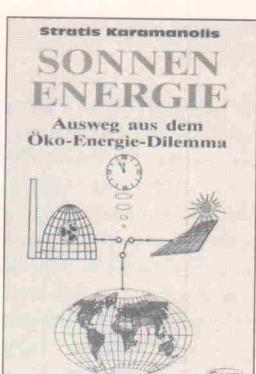
Das Buch, das in Zusammenarbeit zwischen Verlag und der Technischen Akademie Esslingen in der Reihe Kontakt & Studium herausgegeben wird, besteht leider im ersten Kapitel praktisch nur aus Zeichnungen und Bildunterschriften ohne textliche Erläuterungen. fb



## Industrielle Temperatur-, Meß- und Regeltechnik

Messungen der Temperatur spielen bei Prozeßsteuerung, Regelung und Überwachung sowie für die Qualitätssicherung eine wesentliche Rolle. Im ersten Abschnitt gehen die Autoren auf den Stand der Technik der industriellen Temperaturmessung ein und bringen dann detaillierte Darstellungen besonderer Anforderungen in der Infrarotmeßtechnik und beim Einsatz von Mikroprozessoren sowie Meßumformern. Weiterhin findet der Leser jeweils Abschnitte über die in der Meßtechnik eingesetzten Bussysteme und Schnittstellen. Ein breites Feld ist neuen Verfahren für die Niedrigtemperaturmessung gewidmet. Für die Umrechnung thermischer Größen sind ausführliche Tabellen beigelegt.

Das Buch ist für alle, die sich mit der industriellen Fertigung und Qualitätsprüfung beschäftigen, sowie für Studenten der Fachrichtungen Meß- und Verfahrenstechnik eine wertvolle Hilfe. ip



## Sonnenenergie

An die 40 durchweg erfolgreiche populärtechnische und -wissenschaftliche Bücher hat Stratis Karamanolis, von Haus aus Dipl.-Ing. der Elektrotechnik, inzwischen geschrieben. Der vorliegende Titel paßt harmonisch in diese Reihe, soweit er die Technik der Energiegewinnung aus Sonnenenergie und ihr Umfeld, also Solarwasserstoff, das Elektro-Auto et cetera behandelt. Die Berichte über Projekte wie das jetzt fertiggestellte Solardorf bei Athen, Solarkraftwerke in der Schweiz und in Deutschland oder über Solarcontainer sind sehr aktuell. Die Anschriften einschlägiger Firmen und Institutionen (im Anhang) sind eine nützliche Informationsquelle.

Der Buchuntertitel 'Ausweg aus dem Öko-Energie-Dilemma' signalisiert jedoch bereits, daß der Autor diesmal mehr als Technik im Sinn hat. Er engagiert sich für Sonnen- und gegen Atomenergie. 'Wäre die Politik dem Kapital weniger eng verbunden, so gäbe es bereits heute ...' heißt es auf Seite 204. Da ist leider nichts zu machen, Herr Karamanolis: In Deutschland werden immer wieder die Altparteien gewählt, auch wenn demnächst, wie jetzt Ihr Athen, deutsche Städte sterben. fb

Stratis Karamanolis  
Sonnenenergie  
Neubiberg 1991  
Elektra Verlags-GmbH  
250 Seiten  
DM 34,-  
ISBN 3-922238-91-2

Rolf Schönfeld  
*Digitale Regelung elektrischer Antriebe*  
Heidelberg 1990  
Hüthig Verlag  
247 Seiten  
DM 68,-  
ISBN 3-7785-1904-2

Paul Hogenboom  
*Mikroprozessor-Datenbuch 3*  
Aachen 1990  
Elektor Verlag  
464 Seiten  
DM 39,80  
ISBN 3-921608-94-5

Haybatolah Khakzar  
und Mitautoren  
*Simulation und Synthese logischer Schaltungen*  
Ehningen 1991  
Expert Verlag  
240 Seiten  
DM 79,-  
ISBN 3-8169-0542-0

Herbert Fischer  
und Mitautoren  
*Industrielle Temperatur-, Meß- und Regeltechnik*  
Ehningen 1991  
Expert Verlag  
388 Seiten  
DM 89,-  
ISBN 3-8169-0623-0

# Differentiationsregeln

Wie bei jeder praxisorientierten Rechentechnik sind auch für die Differentialrechnung zunächst die Rechenregeln abzuklären. Erst dann ist die Differentialrechnung mit einem vertretbaren Zeitaufwand zum Lösen technischer Probleme anwendbar.

Die im folgenden aufgeführten Regeln sollte man einfach als praktische Anwendungsformeln auffassen. Die mathematische Beweisführung entfällt, da in dieser Artikelreihe die technische Praxis im Vordergrund steht. Wie die jeweiligen Rechenbeispiele verdeutlichen, sind die einzelnen Formeln relativ unkompliziert anzuwenden.

Die erste Regel betrifft das Differenzieren einer Konstanten  $K$ . Im kartesischen Koordinatensystem ist der Graph der Funktion  $y = f(x) = K$  eine horizontale Gerade, ihre Steigung beträgt Null. Die Ableitung einer Konstanten weist stets den Wert Null auf; für  $f(x) = K$  gilt somit  $f'(x) = 0$ . Beispiel:  $y = 12$  führt zu  $y' = 0$ .

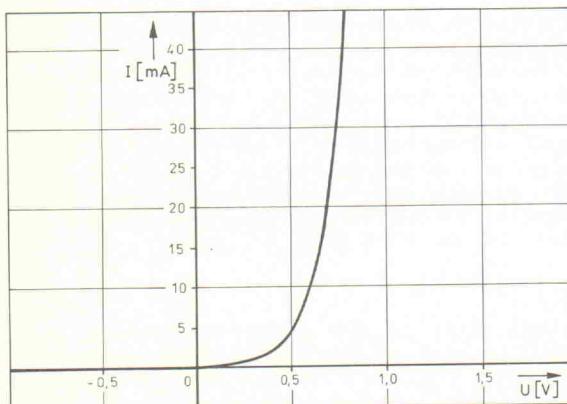


Bild 1. Typischer Verlauf der Kennlinie  $i = f(u)$  einer Diode.

Beim Differenzieren eines konstanten Faktors  $k$  ist hingegen zu beachten, daß konstante Faktoren erhalten bleiben. Allgemein lautet die Ableitung der Funktion  $f(x) = k \cdot g(x)$  somit  $f'(x) = k \cdot g'(x)$ . Das Differenzieren der Funktion  $y = 5 \cdot \sin(x)$  beispielsweise führt unter Benutzung der Tabelle 1 in Folge 26 zu  $y' = 5 \cdot \cos(x)$ .

Für Funktionen, die aus Summen und Differenzen zusammengesetzt sind, gilt, daß die Summanden einzeln zu differenzieren sind. Die Ableitung der Funktion  $f(x) = u(x) \pm v(x)$  lautet folglich  $f'(x) = u'(x) \pm v'(x)$ . Beispiel: Bei der Funktion  $y = x^2 + 3x - 4 + 5 \cos(x)$  erhält man durch das Differenzieren der einzelnen Terme folgende Ausdrücke:  $x^2$  wird zu  $2x$ ,  $3x$  zu  $3$ , die Konstante  $-4$  nimmt den Wert Null an, und aus  $5 \cos(x)$  wird  $-5 \sin(x)$ . Somit lautet das Endergebnis  $y' = 2x + 3 - 5 \sin(x)$ .

Bei der Ableitung einer Funktion, die man durch das Produkt zweier Teilfunktionen beschreiben kann, gilt die sogenannte Produktregel:

$$f(x) = u(x) \cdot v(x)$$

$$f'(x) = u'(x) \cdot v(x) + u(x) \cdot v'(x)$$

Beispiel: Die Funktion  $y = x^2 \cdot \sin(x)$  ist das Produkt aus den beiden Funktionstermen  $x^2$  und  $\sin(x)$ . Somit gilt:

$$u(x) = x^2$$

$$u'(x) = 2x$$

$$v(x) = \sin(x)$$

$$v'(x) = \cos(x)$$

Damit erhält man das Ergebnis:

$$y' = 2x \cdot \sin(x) + x^2 \cdot \cos(x)$$

Aber auch für Funktionen, die sich als Quotient zweier Teilfunktionen darstellen lassen, existiert eine Differentiationsregel. Gegeben sei eine Funktion  $y = u(x)/v(x)$ . Unter der Voraussetzung, daß  $v(x)$  ungleich Null ist, gilt die Quotientenregel:

$$f'(x) = \frac{u'(x) \cdot v(x) - v'(x) \cdot u(x)}{v^2(x)}$$

Beispiel: In der Funktion

$$y = \frac{3x^3 - 5}{x^3 + 2}$$

setzt man  $u(x) = 3x^3 - 5$  sowie  $v(x) = x^3 + 2$ . Über die Ableitungen

$$u'(x) = 9x^2$$

$$v'(x) = 3x^2$$

erhält man als differenzierte Funktion den Ausdruck:

$$y' = \frac{9x^2 \cdot (x^3 + 2) - 3x^2 \cdot (3x^3 - 5)}{(x^3 + 2)^2}$$

$$y' = \frac{33x^2}{(x^3 + 2)^2}$$

Die bislang vorgestellten Ableitungsregeln ermöglichen es, relativ einfache Funktionen ohne größere Schwierigkeiten zu differenzieren. Sie führen jedoch nicht zum Erfolg, wenn man vor dem Problem steht, zusammengesetzte Funktionen abzuleiten; derartige Funktionen bezeichnet man auch als ineinander verschachtelte oder mittelbare Funktionen. Handelt es sich bei den Funktionen  $u(x)$  und  $v(x)$  um differenzierbare Funktionen, so ist die Funktion

$$f(x) = u(v(x))$$

ebenfalls differenzierbar, und es gilt die als Kettenregel bezeichnete Beziehung:

$$f'(x) = u'(v(x)) \cdot v'(x)$$

Die Ableitung einer zusammengesetzten Funktion ist somit das Produkt aus der inneren Ableitung – hier  $v'(x)$  – und der äußeren Ableitung – hier  $u'(v(x))$ . Die praktische Anwendung der Kettenregel ist nur halb so kompliziert, wie man vielleicht zunächst vermutet. Als Beispiel sei die Ableitung der folgenden zusammengesetzten Funktion zu berechnen:

$$y = (2x + 3)^3$$

Zum Bilden der inneren Ableitung betrachtet man lediglich den Klammerinhalt. Für diesen gilt:

$$v = 2x + 3$$

$$v' = 2$$

Bei der äußeren Ableitung wird der Klammerinhalt ignoriert:

$$u = v^3$$

$$u' = 3v^2$$

Nun ist nur noch das Produkt zu bilden. Als Ergebnis erhält man dann:

$$y' = 3v^2 \cdot 2$$

$$y' = 6(2x + 3)^2$$

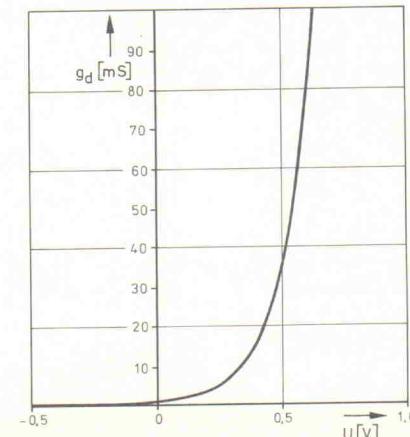


Bild 2. Verlauf des dynamischen Leitwertes  $g_d = f(u)$ . Qualitativ besteht kein Unterschied zu der in Bild 1 dargestellten Kennlinie, da die Eulersche Funktion bei der Differentiation erhalten bleibt.

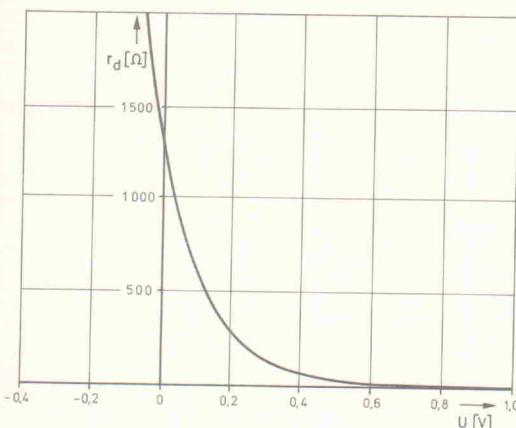


Bild 3. Verlauf des differentiellen (= dynamischen) Widerstandes  $r_d = f(u)$ .

Mit den genannten wenigen Grundregeln ist man bereits in der Lage, die Mehrzahl der in der Praxis auftretenden Probleme bei der Differentiation zu meistern. Auch die Lösung bestimmter elektrotechnischer Problemstellungen gestaltet sich dadurch wesentlich einfacher. Das gestellte Ausgangsproblem, die Funktionsberechnung des dynamischen Widerstandes  $r_d$  einer Diode, ist nun ebenfalls beherrschbar. Allerdings lag die Diodenkennlinie bislang noch nicht in Form einer Funktion vor. Dies soll nun nachgeholt werden; die in Bild 1 beispielhaft dargestellte Diodenkennlinie folgt dem Ausdruck:

$$i = f(u) = 0,0001 \text{ A} \cdot \left( e^{\frac{u}{0,13 \text{ V}}} - 1 \right)$$

Durch Differenzieren kann man nun die Steigung und damit den dynamischen Leitwert der Diode ermitteln. Gemäß der in Folge 26 wiedergegebenen Tabelle bleibt die Eulersche Funktion nach dem Differenzieren erhalten. Um die Rechnung zu vereinfachen, formt man den obigen Ausdruck durch Auflösen der Klammer um:

$$i = f(u) = 0,0001 \text{ A} \cdot e^{\frac{u}{0,13 \text{ V}}} - 0,0001 \text{ A}$$

Diese Funktion setzt sich aus zwei Summanden zusammen, die gemäß der oben angegebenen Formeln einzeln zu betrachten sind. Bei dem Ausdruck 0,0001 A handelt es sich um eine Konstante. Im ersten Term bleibt diese Konstante erhalten, da sie hier als Faktor zu einem Produkt gehört. Da der zweite Term aber nur aus dieser Konstanten besteht, nimmt er beim Ableiten den Wert Null an. Bei der Ableitung des Exponentialterms kann man die Kettenregel anwenden, oder man benutzt die bereits erwähnte Tabelle aus Folge 26. Als Ergebnis erhält man:

$$\begin{aligned} i' &= f'(u) = 0,0001 \text{ A} \cdot \frac{1}{0,13 \text{ V}} \cdot e^{\frac{u}{0,13 \text{ V}}} \\ i' &= \frac{0,0001 \text{ A}}{0,13 \text{ V}} \cdot e^{\frac{u}{0,13 \text{ V}}} \end{aligned}$$

Wie man an der resultierenden Einheit A/V dieser Formel erkennt, beschreibt diese eindeutig einen Leitwert. Die Ableitung der Funktion  $i = f(u)$  führt zum differentiellen Leitwert  $g_d = f'(u)$ . In Bild 2 ist der zugehörige Funktionsgraph dargestellt. Da jedoch der dynamische Widerstand  $r_d$  gesucht ist, ist nun noch der Kehrwert des Leitwerts zu bilden. Es gilt:

$$\begin{aligned} r_d &= \frac{1}{g_d} = \frac{1}{i'} = \frac{0,13 \text{ V}}{0,0001 \text{ A}} \cdot e^{-\frac{u}{0,13 \text{ V}}} \\ r_d &= 1300 \Omega \cdot e^{-\frac{u}{0,13 \text{ V}}} \end{aligned}$$

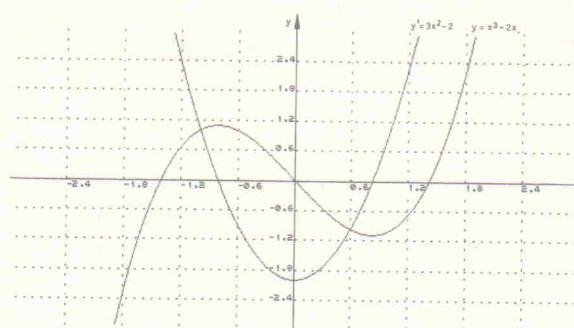


Bild 4. Hardcopy mit Kurvenverlauf der Ursprungsfunktion  $y = x^3 - 2x$  und deren Ableitung, die vom Programm Punkt für Punkt numerisch errechnet wurde.

Diese Gleichung erlaubt die arbeitspunktabhängige Berechnung des dynamischen Widerstandes  $r_d$  der Beispieldiode. Für die Spannung  $u$  ist dabei der Gleicheilanteil der anliegenden Mischspannung einzusetzen. In Bild 3 ist der Funktionsverlauf von  $r_d$  dargestellt. Wie erwartet ist der Widerstandswert zunächst relativ groß, nimmt aber nach Überschreiten der Flussspannung sehr schnell ab; mit zunehmender Spannung  $u$  strebt er gegen Null. Dieses Verhalten war zu erwarten, denn die Steilheit der Kennlinie in Bild 1 nimmt kontinuierlich mit der Spannung  $u$  zu.

Datenbücher geben die Kennlinien elektronischer Bauteile nur höchst selten als mathematische Funktion wieder. Will man aus einer Bauteilkennlinie die zugehörige Funktion in analytischer Form bestimmen, erfordert dies umfangreiche Berechnungen. Die Vorstellung eines entsprechenden Verfahrens erfolgt in einem späteren Beitrag dieser Reihe. Um bereits jetzt die Berechnung des differentiellen Widerstandes an praktischen Bauelementen zu erproben, sind im folgenden die Funktionen der Kennlinien für zwei gängige Bauteile wiedergegeben. Bei einer Umgebungstemperatur von  $25^\circ\text{C}$  gilt für die Germaniumdiode AA 118 im Definitionsbereich  $0,2 \text{ V} < u < 1,8 \text{ V}$  folgende Gleichung:

$$i = f(u) = 3 \text{ mA} \cdot \left( e^{\frac{97 \cdot u}{70 \text{ V}}} - 1 \right)$$

Für die Basis-Emitterstrecke der Transistoren BC 107, BC 108 und BC 109 gilt im Definitionsbereich  $0,48 \text{ V} < u < 0,68 \text{ V}$  die Funktion:

$$i = f(u) = 2,679 \mu\text{A} \cdot \left( e^{\frac{29 \cdot u}{V}} - 1 \right)$$

Der Anwendung des vorgestellten mathematischen Verfahrens für Schaltungen mit diesen Bauteilen steht nun nichts mehr im Wege.

Den Abschluß dieses Beitrages bildet ein kleines BASIC-Programm, das zum einen die grafische Darstellung von Funktionsverläufen erlaubt, und zum anderen in der Lage ist, die eingegebenen Funktionen numerisch zu differenzieren. Dabei wird für jeden zu berechnenden Funktionspunkt die Differenz  $\Delta x = (x + d) - (x - d)$  beziehungsweise  $\Delta f(x) = f(x + d) - f(x - d)$  gebildet. Aus diesen Werten ist dann die Berechnung der Steigung im untersuchten Funktionspunkt mit guter Näherung möglich. Die Annäherung an die Tangente im betrachteten Punkt ist natürlich um so genauer, je kleiner man  $d$  wählt. Dieses Verfahren ist allerdings sehr rechenintensiv, so daß sich zum Erreichen akzeptabler Rechenzeiten der Einsatz eines Computers anbietet. Das vorgestellte Programm bewirkt eine grafische Darstellung des Ergebnisses am Monitor. Voraussetzung ist allerdings, daß die eingegebenen Funktionen im zu untersuchenden Teil differenzierbar sind. Die Hardcopy in Bild 4 zeigt als Beispiel den Verlauf der Funktion  $y = x^3 - 2x$  sowie deren Ableitung; die Funktionsgleichung der Ableitung lautet  $y' = 3x^2 - 2$ .

#### GFA-BASIC-Programm zum Darstellen von Funktionsverläufen und den zugehörigen Ableitungen.

REM Funktionenplotter mit numerischer Differentiation REM von F.-P. Zantis REM Programmiersprache: GFA-Basic 2.0 DATA 70, 0, 117, 0, 110, 0, 107, 0, 116, 0, 105, 0, 111, 0, 110, 0, 101, 0, 110, 0, 112, 0, 108, 0, 111, 0, 116, 0, 116, 0, 101, 0, 114, 208 DATA 118, 111, 110, 208 DATA 70, 46, 45, 80, 46, 0, 90, 97, 110, 116, 105, 115, 208 DATA 65, 108, 115, 100, 111, 114, 102, 44, 0, 105, 109, 0, 68,	i% = 1 DO READ a% EXIT IF a% = 208 PRINT AT(i%+13, 5):CHR\$(a%) INC i% LOOP i% = 0 DO READ a%	101, 122, 101, 109, 98, 101, 114, 0, 49, 57, 57, 48, 208 101, 122, 101, 109, 98, 101, 114, 0, 49, 57, 57, 48, 208	DO READ a% EXIT IF a% = 208 PRINT AT(i%+25, 7):CHR\$(a%) INC i% LOOP i% = 0 DO READ a%
--	--	--	--

```

EXIT IF a%>208
PRINT AT(i%+22, 9);CHR$(a%)
INC i%
LOOP
i%=0
DO
  READ a%
  EXIT IF a%>208
  PRINT AT(i%+17, 11);CHR$(a%)
  INC i%
LOOP
PRINT AT(22, 13); "Version 07"
PRINT AT(17, 15); "Sprache: GFA-Basic 2.0"
PAUSE 150
CLS
HIDEM
GOSUB menue
PROCEDURE 1
  y=SIN(x^3-2*x)
RETURN
PROCEDURE 2
  y=COS(x)
RETURN
PROCEDURE 3
  y=COS(x)-2*SIN(1/COS(x))
RETURN
PROCEDURE menue
CLS
PRINT AT(10, 5); "Funktionsgraph zeichnen und diffe-
  renzieren"
PRINT AT(10, 6); "-----"
PRINT AT(10, 10); "F ... Funktion definieren"
PRINT AT(10, 12); "G ... Graphen für f(x) und f'(x)"
PRINT AT(10, 14); "Q ... Quit"
z%=INP(2)
IF z%=70 OR z%=102
  GOSUB funktion_definieren
ENDIF
IF z%=71 OR z%=103
  z%=-999
  GOSUB graphen
ENDIF
IF z%=81 OR z%=113
  QUIT
ENDIF
GOSUB menue
RETURN
PROCEDURE funktion_definieren
CLS
PRINT AT(10, 2); "Funktion definieren"
PRINT AT(10, 3); "-----"
PRINT AT(5, 6); "Können drei Funktionen definiert
  werden, die unter den"
PRINT AT(5, 7); "Prozeduren 1, 2, und 3 am Anfang des
  Programms in GFA-Basic"
PRINT AT(5, 8); "abgespeichert werden müssen."
PRINT AT(20, 20); "Taste drücken!"
z%=INP(2)
RETURN
PROCEDURE graphen
REPEAT
  IF z%=-999
   CLS
    x0=-1
    x1=1
    y0=-1
    y1=1
    p1x=50
    p1y=37
    p2x=588
    p2y=281
    GOSUB koordinatensystem
    PRINT AT(37, 1); "Graphen"
    PRINT AT(37, 2); "-----"
  ELSE
    ENDIF
    PRINT AT(1, 20); "Bitte eingeben:
      Xmin, Xmax, Ymin, Ymax"
    INPUT x0, x1, y0, y1
  UNTIL x0<x1 AND y0<y1
  CLS
  p1x=50
  p1y=37
  p2x=588
  p2y=281
  GOSUB koordinatensystem
  GOSUB funktionswahl
RETURN
PROCEDURE funktionswahl
  PRINT AT(1, 22); " ..Funktion zeichnen";
  " G...Andere Grenzen"; " M...Menue"
  PRINT AT(1, 23); " L...Funktion löschen";
  " S...Bild speichern"; " C...Schirm
  löschen"
  PRINT AT(1, 24); " D...Funktion differenzieren";
  " A...Ausdruck"
z%=INP(2)
GOSUB löschen(0, 639, 304, 399)
IF z%>67 OR z%<99
  CLS
  GOSUB koordinatensystem
  GOSUB funktionswahl

```

```

ELSE
ENDIF
IF z%==77 OR z%==109
    GOSUB menue
ELSE
ENDIF
IF z%==83 OR z%==115
    GOSUB bildspeichern
    GOSUB funktionswahl
ELSE
ENDIF
IF z%==71 OR z%==103
    GOSUB graphen
ELSE
ENDIF
IF z%==90 OR z%==122
    GOSUB plotwahl
    GOSUB funktion_zeichnen
    GOSUB funktionswahl
ELSE
ENDIF
IF z%==76 OR z%==108
    GOSUB plotwahl
    COLOR 0
    GOSUB funktion_zeichnen
    COLOR 1
    GOSUB kreuz
    GOSUB funktionswahl
ELSE
ENDIF
IF z%==65 OR z%==97
    HARDCOPY
    GOSUB funktionswahl
ELSE
ENDIF
IF z%==68 OR z%==100
    GOSUB plotwahl
    GOSUB differenzieren
    GOSUB funktionswahl
ELSE
ENDIF
ENDIF
GOSUB funktionswahl
RETURN
PROCEDURE differenzieren
dx=(x1-x0)/(p2x-p1x)
quot=dx
DO
    EXIT IF ABS(quot)<0.1
    quot=quot/10
LOOP
x=x0
pyalt=-1
FOR i=p1x TO p2x
    xretten=x
    x=x-quot
    x=x
    ON z% GOSUB 1,2,3
    y=y
    x=xretten
    xb=x+quot
    x=xb
    ON z% GOSUB 1,2,3
    yb=y
    y=(yb-ya)/(xb-xa)
    PRINT AT(1,23);"
    PRINT AT(1,23);"Y'(";x;")=";y
    pypy=p2y-p1y/(y1-y0)*y
    IF py>pypy AND py<p2y
        DRAW i,py
        IF pyalt<p2y AND pyalt>pypy
            DRAW TO i-1.pyalt
        ENDIF
    ENDIF
    pyalt=py
    x=xretten
    x=x-dx
NEXT i
PRINT AT(1,23);"
RETURN
PROCEDURE koordinatenistem
p0x=p1x*(p2x-p1x)/(x1-x0)*(-x0)
p0y=p2y*(p2y-p1y)/(y1-y0)*(-y0)
pox=p0x
poy=p0y
IF p0x<p1x
    pox=p1x
ENDIF
IF p0y>p2y
    poy=p2y
ENDIF
IF p0y>p2y
    poy=p2y
ENDIF
DEFTEXT 1,0,0,4
DEFNUM 3
DEFLINE 3,1,0,0
g=(x1-x0)/10
IF pox=p2x
    x=x1
ELSE

```

```

x=0
ENDIF
FOR i=pox TO plx STEP -(p2x-p1x)/10
  DRAW i,ply TO i,p2y
  IF i>pox AND i<plx
    TEXT i,poy+6,(0),x
  ENDIF
  x=x-d
NEXT i
IF pox=p1x
  x=x0
ELSE
  x=0
ENDIF
FOR i=pox TO p2x STEP (p2x-p1x)/10
  DRAW i,ply TO i,p2y
  IF i>pox AND i<p2x
    TEXT i,poy+6,(0),x
  ENDIF
  x=x+d
NEXT i
d=(y0-y1)/10
IF poy=p2y
  y=y0
ELSE
  y=0
ENDIF
FOR i=poy TO ply STEP -(p2y-p1y)/10
  DRAW plx,i TO p2x,i
  IF i<poy AND i>ply
    TEXT pox-18,i,(0),y
  ENDIF
  y=y-d
NEXT i
IF poy=ply
  y=y1
ELSE
  y=0
ENDIF
FOR i=poy TO p2y STEP (p2y-p1y)/10
  DRAW plx,i TO p2x,i
  IF i>poy AND i<p2y
    TEXT pox-24,i,(0),y
  ENDIF
  y=y+d
NEXT i
DEFNUM 5
GOSUB kreuz
RETURN
PROCEDURE kreuz
  DEFINE 1,1,0,0
  IF p0y=p1y AND p0y<=p2y
    DRAW pix,p0y TO p2x,p0y
  ENDIF
  IF p0x>=p1x AND p0x<=p2x
    DRAW p0x,p0y TO p0x,p2y
  ENDIF
RETURN
PROCEDURE loeschen(plx,p2x,ply,p2y)
  COLOR 0
  FOR j=ply TO p2y
    DRAW plx,j TO p2x,j
  NEXT j
  COLOR 1
RETURN
PROCEDURE plotwahl
  PRINT AT(2,21); "wähle Funktion 1 bis 3"
  REPEAT
    z$=INP(2)
    z%z-48
  UNTIL z%>0 AND z%<4
  GOSUB loeschen(0,639,304,399)
RETURN
PROCEDURE funktion_zeichnen
  dx=(x1-x0)/(p2x-plx)
  x=x0
  pyalt=-1
  FOR i=plx TO p2x
    ON z% GOSUB 1,2,3
    PRINT AT(1,23);
    PRINT AT(1,23);":Y(\";x;\")=";y
    py$p0y-(p2y-ply)/(y1-y0)*y
    IF py$p0y AND py$p2y
      DRAW i,py
      IF pyalt<p2y AND pyalt>ply
        DRAW TO i-1,pyalt
      ENDIF
    ENDIF
    pyalt=py
    x=x+dx
  NEXT i
  PRINT AT(1,23);
RETURN
PROCEDURE bildspeichern
  FILESELECT "\.*.*" .PIC",z$
  IF z$="" THEN
    GOSUB funktionswahl
  ELSE
    OPEN "O",#1,z$
    EPUT #1,XBIOS(3),32000
    CLOSE #1
  ENDIF
RETURN

```

# P L A T I N E N

ELRAD-Platinen sind aus Epoxid-Glashartgewebe, sie sind gebohrt und mit Lötkontaktplastik versehen bzw. verzint. Alle in dieser Liste aufgeführten Leiterplatten 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. M — Multilayer, E — elektronisch geprüft. Eine Gewähr für das fehlerfreie Funktionieren kann nicht übernommen werden. Technische Auskunft erteilt die Redaktion jeweils mittwochs von 10.00—12.30 und 13.00—15.00 Uhr unter der Telefonnummer 0511/47 47-0.

Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM
Byte-Brenner (Epromer)	018-616	30,00	— PAN-535-Schächte	020-784	6,00	— Empfänger	120-865	7,00
C64-Sampler	118-682	12,00	— PC-8255-Interface	020-785/ds/E	52,00	RÖHRENVERTÄRKER:		
EVU-Modem	118-683	35,00	— PC-PAN-Schacht	020-786/ds/E	28,00	„DREI STERNE...“		
MASSNAHME			RIAA direkt	010-781/ds/E	18,00	— Treiberstufe	100-851/ds	56,00
— Hauptplatine	128-684	48,00	LADECENTER (nur als kpl. Satz)			— Hochspannungsregler	100-852	32,00
— 3er-Karte	128-685	35,00	— Steuerplatine	020-783A		— Gleichstromheizung	100-853	14,00
100-W-PPP (Satz f. 1 Kanal)	128-688	100,00	— Leistungsplatine	020-783B		— Endstufe	100-854	13,00
Thermostat mit Nachtabsenkung	128-690	18,00	— Netzteil	020-783C	78,00	MultChoice		
TV-Modulator	128-691	7,00	— Schalterplatine	020-783D/ds/E		— PC-Multifunktionskarte incl. 3 GALs		
Universelle getaktete			— Schalterplatine	020-783E/ds/E		und Test-/Kalibrier-Software (Source)		
DC-Motorsteuerung	128-692	15,00	AUTOSCOPE I			auf 5,25"-Diskette	100-857/M	350,00
IEEE488-PC inkl. GAL	019-695/ds/E	73,00	— VA-Modul	020-787	32,00	µPA	011-867/ds	14,00
Halogen-Dimmer	029-696	10,00	— TZ-Modul	020-788	10,00	LowOhm	011-868/ds	32,00
Halogen-Unterwasser-Leuchte	029-697	10,00	— HA-Modul	020-789	32,00	ELEKTRONISCHE SICHERUNG (2-Plat.-Satz)		
Black-Devil-Brücke	029-701	12,00	— B-Modul	020-790	32,00	— Stromversorgung	031-872A	
Spannungswächter	039-702	7,00	AUTOSCOPE II			— Elektronische Sicherung	031-872B	64,60
z-Modulationsadapter	039-703	3,00	— Hochspannungs-Modul	030-802	32,00	Freischalter	031-873	24,00
Frequenz-Synthesizer	039-704/ds	30,00	— C-Modul	030-803	32,00	ST-Uhr	041-875	7,50
4½-stelliges Panelmeter	039-707/ds	40,00	— Netzteil	030-804	16,00	BattControl	041-876	3,50
Byte-Logger	039-709/ds/E	64,00	AUTOSCOPE III			UniCard	041-877	70,00
SMD-Puffer	039-710	16,00	— Verteiler	040-818	16,00	Lüfterregelung	89 101 36B	9,00
BREITBANDVERSTÄRKER			— Relais-Zusatz (VT)	040-819	7,00			
— Einbauversion	049-712	6,00	AUTOCHECK I					
— Taskkopfversion	049-713	6,00	— VT-Modul	050-820	32,00			
Antennen-Verteiler	049-714	11,00	— PRZ-Modul	050-821	6,00			
Metronom	049-715	26,00	— N-Modul	050-822	23,00			
DSP-Systemkarte 3210	039-708/ds/E	64,00	— W-Modul	050-823	23,00			
DSP-Speicherkarte/E	049-716/ds	64,00	AUTOCHECK II					
DSP-AD/DA-Wandlerkarte/E	049-717	64,00	— P-Modul	060-828	32,00			
DSP-Backplane (10 Plätze)	8805132MBE	138,00	— E-Modul	060-829	22,00			
DSP-Backplane (5 Plätze)	8805133MBE	88,00	— PRI-Modul	060-830	7,00			
DSP-Erweiterungskarte	049-718/ds	64,00	— B-Modul	060-831	32,00			
Universeller Meßverstärker	049-719/ds	64,00	AUTOCHECK III					
KAPAZITATIVER ALARM			— DPZ-A-Modul	070-840	32,00			
— Sensorplatine	059-720	9,00	— DPZ-NBV-Modul	070-841	32,00			
CAR DEVIL	059-721	10,00	AUTOCHECK IV					
— Wandler (70µ Cu)	059-722	40,00	— DPZ-DIA-Modul	080-843	26,00			
— Limiter	059-723	38,00	19"-POWER-PA					
PAL-Alarm	059-724	10,00	— Control-Platine	030-805	30,00			
SZINTILLATIONS-DETEKTOR			— Treiber-Platine	030-806	26,00			
— Hauptplatine	069-727/ds/oB	34,00	— PTC-Bias-Platine	030-807	3,00			
— DC/DC-Wandler	069-728	16,00	— Netz-Platine	030-808	16,00			
C64-Relaisplatine	079-734	20,00	— Ausgangs-Platine	030-809	7,50			
C64-Überwachung	079-735	15,00	— LED-VU-Meter	030-810	15,00			
SMD-Meßwertgeber	079-736/ds/oB	20,00	— Symmetrier-Platine	030-811	4,50			
HEX-Display	079-737	15,00	DemoScope	030-812	14,00			
Universelles Klein-Netzteil	079-738	15,00	Rauschverminderer	040-815	80,00			
RÖHREN-VERSTÄRKER			EPROM-Simulator	040-816/ds/E	68,00			
— Ausgangs-, Line- u.			50/100-W-PA bipolar	050-824	18,00			
Kopfhörer-Verstärker	079-739/ds	45,00	Antennenverstärker	050-825	7,50			
— Entzerrer Vorverstärker	079-740	30,00	TV-TUNER					
— Gleichstromheizung	079-741	30,00	— Videoverstärker	060-826	32,00			
— Hochspannungsplatine	079-742	30,00	— StereoDecoder	070-839	18,00			
— Fernstarter	079-743	30,00	— Netzteil	080-846	32,00			
— 24-V-Versorgungs- und Relaisplatine	079-744	15,00	— Controller	080-847/ds/E	64,00			
— Relaisplatine	079-745	45,00	— Tastatur	080-848/ds/E	42,00			
SMD-Pulsföhler	099-749	13,00	VHF/UHF-Weiche	060-827 oB	7,00			
SMD-Lötstation	099-750	32,00	20-KANAL-AUDIO-ANALYZER					
Universal-Interface ST	109-759/ds	56,00	— Netzteil	060-832	13,50			
MIDI-MODE (Platinen, Manual, Software im EPROM) komplett	119-763	128,00	— Filter	060-833	30,00			
SESAM			— Zeilentreiber (2-Plat.-Satz)	060-834	13,00			
— Systemkarte	119-765/ds/E	64,00	— Matrix	060-835/ds/oB	34,00			
— A/D-Karte	030-813/ds/E	64,00	HAL.L.O.					
— Anzeige-Platine	030-814/ds/E	9,50	— Lichtstation	060-836	78,00			
UF/F-Wandler PC-Slotkarte	119-766/ds/E	78,00	— Controller	060-837	46,00			
DCF-77-ECHTZEITZEITUHR	129-767/ds/E	28,00	MOSFET-Monoblock	070-838	25,50			
— Interface	129-768/ds/E	58,00	Beigeordnete	080-842	35,00			
LEUCHTLAUFSCRIFT			FÜR HALOGEN-LAMPEN					
— LED-Platine	129-769/ds	128,00	— Sender	080-844	12,00			
— Tastatur/Prozessor (Satz)	129-770	59,00	— Empfänger	080-845	6,00			
Dynamic Limiter	129-771	32,00	PLL-Frequenz-Synthesizer	090-849	32,00			
UMA — C64	129-772/ds	25,00	Multi-Delay	090-850	32,00			
Antennennischer	010-776/ds	18,00	EMV-Tester	110-861	10,00			
DATENLOGGER 535			5-Volt-Netzteil	110-862	32,00			
— DATENLOGGER-535-Controller-Platine	010-780/ds/E	64,00	VCA-Noisegate	120-863	32,00			
			LWL-TASTKOPF					
			— Sender	120-864	7,00			

**Achtung, Aufnahme**

- AT-A/D-Wandlerkarte incl. 3 PALs, Recorder (reduzierte Version von D1, Source) und Hardware-Test-Software (Source) auf 5,25"-Diskette
- Vollständige Aufnahme-Software D1 S100-855/ds/E 148,00
- Event-Board incl. 1 PAL 100-856/ds/E 89,00

**Midi-To-Gate-Interface**

- Platinsatz (2 Stck.) incl. EPROM
- Erweiterungsplatine einzeln erhältlich

**SIMULANT: EPROM-Simulator**

- Platine + prog. µController 021-869/ds/E 135,00

**MOPS: Prozessorkarte mit 68 HC 11**

- Platine 031-874/ds/E 64,00
- Entwicklungsumgebung auf 3,5"-Diskette/PC incl. Handbuch 100,00

**Beachten Sie auch**
**unser 1/z-Preis-Angebot**
**auf Seite 98**

**So können Sie bestellen:** Die aufgeführten Platinen können Sie direkt bei eMedia bestellen. Da die Lieferung **nur gegen Vorauszahlung** erfolgt, überweisen Sie bitte den entsprechenden Betrag (plus DM 3,— für Porto und Verpackung) auf eines unserer Konten oder fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei. Bei Bestellungen aus dem Ausland muß stets eine Überweisung in DM erfolgen.  
 Kreissparkasse, Kt.-Nr. 4408 (BLZ 25050299)



**eMedia GmbH, Bissendorfer Straße 8, Postfach 61 01 06, 3000 Hannover 61**

Auskünfte nur von 9.00 bis 12.30 Uhr 0511/537295

Die Platinen sind ebenfalls im Fachhandel erhältlich. Die angegebenen Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen.



# REICHELT

## ELEKTRONIK

DER SCHNELLE FACHVERSAND

MARKENHALBLEITER

BC	BC	BC	BC	BC
107A	0.28 161-10	0.44 308A	0.09 337-40	0.10 548B
107B	0.29 161-16	0.44 308B	0.09 338-16	0.11 548C
108A	0.30 177A	0.30 308C	0.09 338-25	0.10 549B
108B	0.29 177B	0.30 309B	0.09 338-40	0.11 549C
108C	0.30 237A	0.09 309C	0.09 516	0.24 550B
109B	0.31 237B	0.09 327-16	0.11 517	0.27 550C
109C	0.30 238A	0.09 327-25	0.10 546A	0.07 556A
140-10	0.43 238B	0.09 327-40	0.10 546B	0.07 556B
140-18	0.44 238C	0.09 328-16	0.10 546C	0.10 557A
141-10	0.43 239B	0.09 328-25	0.10 547A	0.06 557B
141-16	0.44 239C	0.09 328-40	0.11 547B	0.07 558A
160-10	0.45 307A	0.09 337-16	0.11 547C	0.07 558B
160-16	0.44 307B	0.09 337-25	0.10 548A	0.07 558C

BC	BD	BD	Transistoren	BU	BUZ
559A	0.08 190	0.86	246C 1.70	208D	3.25
559B	0.08 234	0.56	249 2.15	209	2.80
559C	0.08 235	0.52	249B 2.35	326S	2.70
560A	0.10 236	0.43	249C 2.35	406D	1.50
560B	0.10 237	0.52	650 0.83	406	1.50
560C	0.10 238	0.52	250B 2.25	508A	2.45
635	0.31 239	0.62	250C 2.25	508D	2.70
636	0.30 239B	0.65	317 3.15	2955T	0.92
637	0.32 239C	0.69	676 0.50	526	2.80
638	0.27 240	0.66	93C 1.00	3055T	0.98
639	0.31 240B	0.68	94C 1.00	536	4.50
640	0.31 240C	0.60	457 0.51	546N	4.85
875	0.71 241	0.67	458 0.56	806	1.50
876	0.71 241A	0.66	459 0.55	826	2.25
877	0.72 241B	0.66	34A 1.70	807	1.45
878	0.73 241C	0.70	470 1.20	808	2.60
879	0.73 242	0.67	471 1.18	809	2.00
880	0.73 242A	0.68	472 0.52	810	1.70
242B	0.69 435	0.59 710	473 0.64	13007	2.65
242C	0.73 436	0.59 711	474 0.20	13008	2.60
243	0.70 437	0.59 712	475 0.20	13009	3.35
243	0.80 438	0.60 809	476 0.64	13009	3.35
135	0.40 243A	0.15 255	477 0.75	13009	3.35
136	0.38 243B	0.79 439	478 0.75	13009	3.35
137	0.40 243C	0.69 440	479 0.75	13009	3.35
138	0.40 244	0.82 441	480 0.75	13009	3.35
139	0.38 244A	0.63 442	481 0.75	13009	3.35
140	0.38 244B	0.66 529	482 0.75	13009	3.35
141	0.38 244C	1.30 908	483 0.75	13009	3.35
142	0.38 245A	0.96 245A	484 0.75	13009	3.35
143	0.38 245B	1.00 912	485 0.75	13009	3.35
144	0.38 245C	0.33 960	486 0.75	13009	3.35
145	0.38 246A	0.15 255	487 0.75	13009	3.35
146	0.38 246B	0.18 759	488 0.75	13009	3.35
147	0.38 246C	0.64 760	489 0.75	13009	3.35
148	0.38 247A	0.15 255	490 0.75	13009	3.35
149	0.38 247B	0.18 759	491 0.75	13009	3.35
150	0.38 247C	0.64 760	492 0.75	13009	3.35
151	0.38 248A	0.15 255	493 0.75	13009	3.35
152	0.38 248B	0.18 759	494 0.75	13009	3.35
153	0.38 248C	0.64 760	495 0.75	13009	3.35
154	0.38 249A	0.15 255	496 0.75	13009	3.35
155	0.38 249B	0.18 759	497 0.75	13009	3.35
156	0.38 249C	0.64 760	498 0.75	13009	3.35
157	0.38 250A	0.15 255	499 0.75	13009	3.35
158	0.38 250B	0.18 759	500 0.75	13009	3.35
159	0.38 250C	0.64 760	501 0.75	13009	3.35
160	0.38 251A	0.15 255	502 0.75	13009	3.35
161	0.38 251B	0.18 759	503 0.75	13009	3.35
162	0.38 251C	0.64 760	504 0.75	13009	3.35
163	0.38 252A	0.15 255	505 0.75	13009	3.35
164	0.38 252B	0.18 759	506 0.75	13009	3.35
165	0.38 252C	0.64 760	507 0.75	13009	3.35
166	0.38 253A	0.15 255	508 0.75	13009	3.35
167	0.38 253B	0.18 759	509 0.75	13009	3.35
168	0.38 253C	0.64 760	510 0.75	13009	3.35
169	0.38 254A	0.15 255	511 0.75	13009	3.35
170	0.38 254B	0.18 759	512 0.75	13009	3.35
171	0.38 254C	0.64 760	513 0.75	13009	3.35
172	0.38 255A	0.15 255	514 0.75	13009	3.35
173	0.38 255B	0.18 759	515 0.75	13009	3.35
174	0.38 255C	0.64 760	516 0.75	13009	3.35
175	0.38 256A	0.15 255	517 0.75	13009	3.35
176	0.38 256B	0.18 759	518 0.75	13009	3.35
177	0.38 256C	0.64 760	519 0.75	13009	3.35
178	0.38 257A	0.15 255	520 0.75	13009	3.35
179	0.38 257B	0.18 759	521 0.75	13009	3.35
180	0.38 257C	0.64 760	522 0.75	13009	3.35
181	0.38 258A	0.15 255	523 0.75	13009	3.35
182	0.38 258B	0.18 759	524 0.75	13009	3.35
183	0.38 258C	0.64 760	525 0.75	13009	3.35
184	0.38 259A	0.15 255	526 0.75	13009	3.35
185	0.38 259B	0.18 759	527 0.75	13009	3.35
186	0.38 259C	0.64 760	528 0.75	13009	3.35
187	0.38 260A	0.15 255	529 0.75	13009	3.35
188	0.38 260B	0.18 759	530 0.75	13009	3.35
189	0.38 260C	0.64 760	531 0.75	13009	3.35
190	0.38 261A	0.15 255	532 0.75	13009	3.35
191	0.38 261B	0.18 759	533 0.75	13009	3.35
192	0.38 261C	0.64 760	534 0.75	13009	3.35
193	0.38 262A	0.15 255	535 0.75	13009	3.35
194	0.38 262B	0.18 759	536 0.75	13009	3.35
195	0.38 262C	0.64 760	537 0.75	13009	3.35
196	0.38 263A	0.15 255	538 0.75	13009	3.35
197	0.38 263B	0.18 759	539 0.75	13009	3.35
198	0.38 263C	0.64 760	540 0.75	13009	3.35
199	0.38 264A	0.15 255	541 0.75	13009	3.35
200	0.38 264B	0.18 759	542 0.75	13009	3.35
201	0.38 264C	0.64 760	543 0.75	13009	3.35
202	0.38 265A	0.15 255	544 0.75	13009	3.35
203	0.38 265B	0.18 759	545 0.75	13009	3.35
204	0.38 265C	0.64 760	546 0.75	13009	3.35
205	0.38 266A	0.15 255	547 0.75	13009	3.35
206	0.38 266B	0.18 759	548 0.75	13009	3.35
207	0.38 266C	0.64 760	549 0.75	13009	3.35
208	0.38 267A	0.15 255	550 0.75	13009	3.35
209	0.38 267B	0.18 759	551 0.75	13009	3.35
210	0.38 267C	0.64 760	552 0.75	13009	3.35
211	0.38 268A	0.15 255	553 0.75	13009	3.35
212	0.38 268B	0.18 759	554 0.75	13009	3.35
213	0.38 268C	0.64 760	555 0.75	13009	3.35
214	0.38 269A	0.15 255	556 0.75	13009	3.35
215	0.38 269B	0.18 759	557 0.75	13009	3.35
216	0.38 269C	0.64 760	558 0.75	13009	3.35
217	0.38 270A	0.15 255	559 0.75	13009	3.35
218	0.38 270B	0.18 759	560 0.75	13009	3.35
219	0.38 270C	0.64 760	561 0.75	13009	3.35
220	0.38 271A	0.15 255	562 0.75	13009	3.35
221	0.38 271B	0.18 759	563 0.75	13009	3.35
222	0.38 271C	0.64 760	564 0.75	13009	3.35
223	0.38 272A	0.15 255	565 0.75	13009	3.35
224	0.38 272B	0.18 759	566 0.75	13009	3.35
225	0.38 272C	0.64 760	567 0.75	13009	3.35
226	0.38 273A	0.15 255	568 0.75	13009	3.35
227	0.38 273B	0.18 759	569 0.75	13009	3.35
228	0.38 273C	0.64 760	570 0.75	13009	3.35
229	0.38 274A	0.15 255	571 0.75	13009	3.35
230	0.38 274B	0.18 759	572 0.75	13009	3.35
231	0.38 274C	0.64 760	573 0.75	13009	3.35
232	0.38 275A	0.15 255	574 0.75	13009	3.35
233	0.38 275B	0.18 759	575 0.75	13009	3.35
234	0.38 275C	0.64 760	576 0.75	13009	3.35
235	0.38 276A	0.15 255	577 0.75	13009	3.35
236	0.38 276B	0.18 759	578 0.75	13009	3.35
237	0.38 276C	0.64 760	579 0.75	13009	3.35
238	0.38 277A	0.15 255	580 0.75	13009	3.35
239	0.38 277B	0.18 759	581 0.75	13009	3.35
240	0.38 277C	0.64 760	582 0.75	13009	3.35
241	0.38 278A	0.15 255	583 0.75	13009	3.35
242	0.38 278B	0.18 759	584 0.75	13009	3.35
243	0.38 278C	0.64 760	585 0.75	13009	3.35
244	0.38 279A	0.15 255	586 0.75	13009	3.35
245	0.38 279B	0.18 759	587 0.75	13009	3.35
246	0.38 279C	0.64 760	588 0.75	13009	3.35
247	0.38 280A	0.15 255	589 0.75	13009	3.35
248	0.38 280B	0.18 759	590 0.75	13009	3.35
249	0.38 280C	0.64 760	591 0		

**IC-FASSUNGEN**

Doppel-Federkontakt	gedreht vergoldet

**CHIP-CARRIER**

--	--

GS 6 0.09	GS 6P 0.25
GS 8 0.10	GS 8P 0.33
GS 14 0.14	GS 14P 0.57
GS 16 0.16	GS 16P 0.66
GS 18 0.18	GS 18P 0.74
GS 20 0.20	GS 20P 0.82
GS 22 0.22	GS 22P 0.91
GS 24 0.24	GS 24P 0.99
GS 24-S 0.30	GS 24-S 0.90
GS 28 0.28	GS 28P 1.14
GS 40 0.40	GS 32P 1.20
	GS 40P 1.65
	GS 48P 1.82
	GS 64P 2.30

PLCC 44 3.60
PLCC 68 3.85
PLCC 84 4.50

**TEXTOOL-TESTSOCKEL**

Bestellnummer:	15.60
TEX 16	17.15
TEX 20	16.80
TEX 24	17.00
TEX 28	29.20
TEX 40	29.20

AR 8 0.86
AR 14 1.50
AR 16 1.70
AR 18 1.90
AR 24 2.20
AR 28 2.55
AR 40 3.80

**FLOPPY-STECKER**

4-poliger Buchsenstecker für 3,5" Laufwerke  
Bestellnummer:  
PRW-STECKER 3,5 1.70

für 5,25" Laufwerke  
Bestellnummer:  
PRW-STECKER 5,25 1.10

**CENTRONIC-STECKVERBINDER**  
(vergoldet)

--	--

Centronic-Stecker	Centronic-Buchse
SE 5714M 14pol 2.55	SE 5714F 14pol 2.70
SE 5724M 24pol 4.10	SE 5724F 24pol 3.85
SE 5736M 36pol 2.15	SE 5736F 36pol 2.80

**D-SUBMINIATUR-STECKVERBINDER**

MIND-STIFT 09 0.53	gewinkelt für Flachkabel
MIND-STIFT 15 0.77	09W 2.25
MIND-STIFT 19 1.30	15W 3.50
MIND-STIFT 23 1.40	25W 3.65
MIND-STIFT 25 0.81	37W 8.00
MIND-STIFT 37 1.85	50W 9.15
MIND-STIFT 50 3.80	37FB 9.60

**HIGH-DENSITY-STECKVERBINDER**

Stecker, gerade

HD 15M 3.20	HD 15F 3.25
HD 26M 7.80	HD 26F 8.05
HD 44M 9.10	HD 44F 10.10
HD 62M 11.20	HD 62F 11.60

**D-SUBMINIATUR-KAPPEN**

KAPPE CG9G 0.64
KAPPE CG15G 0.82
KAPPE CG19G 1.20
KAPPE CG23G 1.30
KAPPE CG25G 0.74
KAPPE CG37G 1.75
KAPPE CG50G 1.85

**WIRE-WRAP-STIFTLEISTEN**

50-polig vergoldet 2,54mm  
Bestellnummer: (einreiñig)  
STIFTL. 50G gerade 2.85  
STIFTL. 50GW gewinkelt 3.15  
Bestellnummer: (zweireihig)  
STIFTL. 100G gerade 5.95  
STIFTL. 100GW gewinkelt 6.75

**BUCHSENLEISTE** vergoldet  
abbrechbar, RM 2,54mm

Bestellnummer:	10G 10pol. gerade 0.96
	10W 10pol. gewinkelt 0.99
	20G 20pol. gerade 1.55
	20W 20pol. gewinkelt 1.50

**KONTAKTLEISTE** 20pol. vergoldet

Bestellnummer:	AW 122/20 1.65
----------------	----------------

**CHIP-CARRIER**

--	--

**STIFTELEISTE RM 2,5** vergoldet

gerade STIFTL. 13G 2.45	gewinkelt STIFTL. 13W 2.20
STIFTL. 21G 2.85	STIFTL. 21W 2.60
STIFTL. 31G 3.35	STIFTL. 31W 2.35

**FEDERLEISTE RM 2,5** vergoldet

Lötstift: FEDERLEISTE 13E 1.85	Lötsie: FEDERLEISTE 13L 1.75
FEDERLEISTE 21E 2.50	FEDERLEISTE 21L 2.35
FEDERLEISTE 31E 2.80	FEDERLEISTE 31L 2.95

**STECK ADAPTER**

--

**Messerleiste 94mm RM 2,54** vergoldet

Messerleiste 32 1.75	Federleiste 32 2.80
Messerleiste 64 2.25	Federleiste 64 3.75
Messerleiste 96 3.35	Federleiste 96 5.55

**FEDERLEISTE 94mm**

**STIFTELEISTEN vergoldet** mit Verringelshabbel

gerade PSL 10 10pol 1.05	gewinkelt PSL 10W 10pol 1.05
PSL 14 14pol 1.30	PSL 14W 14pol 1.30
PSL 16 16pol 1.50	PSL 16W 16pol 1.50
PSL 20 20pol 1.55	PSL 20W 20pol 1.55
PSL 26 26pol 2.00	PSL 26W 26pol 2.00
PSL 34 34pol 2.55	PSL 34W 34pol 2.55
PSL 40 40pol 2.95	PSL 40W 40pol 2.95
PSL 50 50pol 3.35	PSL 50W 50pol 3.35
PSL 60 60pol 4.50	PSL 60W 60pol 4.50

**PFL 10 Federleiste -7.9**

PFL 14 Federleiste 1.05
PFL 16 Federleiste 1.10
PFL 20 Federleiste 1.25
PFL 26 Federleiste 1.50
PFL 34 Federleiste 1.80
PFL 40 Federleiste 2.40
PFL 50 Federleiste 2.85
PFL 60 Federleiste 3.40

**User-Port-Stecker RM 3,96** mit Flansch

STECKER 12-396 2x 6p 1.70	KAPPE 12-396 2.20
STECKER 24-396 2x12p 2.20	KAPPE 24-396 1.30
STECKER 44-396 2x22p 5.05	

**Slot-Stecker RM 2,54**

Buchse, gerade	Floppy-Stecker Schnied-Klemm-Ausf
----------------	-----------------------------------

STECKER 34-254 2.05	STECKER EC10 1.70
STECKER 44-254 2.15	STECKER EC20 1.00
STECKER 46-254 2.15	STECKER EC26 1.80
STECKER 50-254 2.05	STECKER EC34 1.10
STECKER 62-254 2.05	STECKER EC40 2.90
	STECKER EC50 3.25

**MINI-DIP-SCHALTER**

--	--

NT 04 4polig 1.50	DP 04 4polig 2.50
NT 06 6polig 1.90	DP 06 6polig 2.75
NT 08 8polig 2.05	DP 08 8polig 2.90
NT 10 10polig 2.50	DP 10 10polig 3.35

**Anreihklemmen für Leiterplatten:**

ARK 210-2 0.41
ARK 210-3 0.57

**SCART-STECKER** für Rundkabel 20polig  
Bestellnummer: SEC 20 1.90

**SCART-EINBAUBUCHSE**  
Bestellnummer: SEC 20 2.05

**MINI-DIN-STECKVERBINDER**

SE-DIO M04 1.65	Stecker Kupplung
EB-DIO M04 3.10	Buchse
SE-DIO M05 1.70	Stecker Kupplung
EB-DIO M05 3.25	Buchse
SE-DIO M06 1.70	Stecker Kupplung
EB-DIO M06 3.35	Buchse
SE-DIO M07 1.70	Stecker Kupplung
EB-DIO M07 2.80	Buchse
SE-DIO M08 1.70	Stecker Kupplung
EB-DIO M08 3.10	Buchse
SE-DIO M08 2.70	Stecker Kupplung

**ATARI-STECKVERBINDER**

SE-DIO 13 2.15	Stecker Kupplung
K-DIO 13 4.00	Buchse
EB-DIO 13 3.35	
SE-DIO 14 3.15	Stecker Kupplung
K-DIO 14 4.85	Buchse
EB-DIO 14 3.35	

**KLINKENSTECKER** stabiles Gehäuse mit Knickschutz

KS 25 mono 2,5mm 0.36
KSS 25 stereo 2,5mm 1.10
KSS 35 mono 3,5mm 0.37
KSS 35 stereo 3,5mm 0.44
KSM 63 mono 6,3mm 0.60
KSM 63 stereo 6,3mm 0.81

**KLINKENKUPPLUNG** stabiles Gehäuse mit Knickschutz

KK 25 mono 2,5mm 0.45
KKS 25 stereo 2,5mm 0.83
KK 35 mono 3,5mm 0.50
KKS 35 stereo 3,5mm 0.92
KKM 63 mono 6,3mm 1.40
KKS 63 stereo 6,3mm 1.85

**METALL-GEHÄUSE**

KSM 35 mono 3,5mm 0.65
KSSM 35 stereo 3,5mm 0.95
KSM 63 mono 6,3mm 1.05
KSSM 63 stereo 6,3mm 1.30

**KLINKENBUCHSE** mit Schaltkontakt

EBS 35 stereo 3,5mm 0.88
EBMS 63 mono 6,3mm 0.83
EBSS 63 stereo 6,3mm 1.25

**CINCH-EINBAUBUCHSE** CBM METALL

vergoldet mit Farbmakierung
CBG ROT 4.15
CBG SCHW. 4.15

**CINCHKUPPLUNG**

vergoldet mit Farbmakierung
CKP ROT 0.32
CKP SCHW. 0.30
CKM METALL 0.56

**HOHLSTECKER**

vergoldet mit Farbmakierung
CKGM ROT 2.20
CKGM SCHW. 2.20

**KOAXIAL-STECKVERBINDUNGEN**

PL 259 1.65
Kupplung PL 258 1.35
kleine Ausführung PL 259 NK 1.50
SO 239 1.30
6mm Kabelöffnung PL 259/6 1.60
SO 239 SH 1.65

**KREUZSTÜCK**

M 558 4.45
BNC auf Bananen GE 800 7.20

**BNC-STECKVERBINDUNGEN** für Kabel RG58U (lötbar)

UG 914U 1.80
UG 88U 2.60
UG 89U 2.35
UG 290U 1.35
UG 1094U 1.35
UG 1094U-PCB 3.65
UG 491U 3.05
UG 914U 2.25
UG 274U 4.40
UG 306U 3.55
UG 88/93 7.40
UG 88/50 7.40

**CRIMP-AUSFÜHRUNG** für Kabel RG58U

Bestellnummer: UG 88U-C58 2.95
UG 89U-C58 4.45
UG 1094U-C58 6.30

**CRIMP-AUSFÜHRUNG** für Kabel RG62A/U

Bestellnummer: UG 88U-C62 2.95
UG 89U-C62 4.45
UG 1094U-C62 6.30

**TELEFON-SAMMEL-NR.** : 04421/2 63 81  
**TELEFAX** : 04421/2 78 88  
**ANRUFBEANTWORTER** : 04421/2 76 77  
**TELEX** : 0253 436 elrei d

Unseren Katalog erhalten Sie **kostenlos**!  
Versand ab DM 10,- / Ausland ab DM 50,-  
Versandkostenpauschale (Inland) DM 5,65  
Versand per Nachnahme oder Bankeinzug  
(außer Behörden, Schulen usw.)

Fachhändler und Großabnehmer erhalten auch bei gemischter Abnahme folgenden Rabatt:

ab DM 500,- = 5%
ab DM 750,- = 10%
ab DM 1.000,- = 15%
ab DM 2.000,- = 20%

**Ladengeschäfte**

2940 Wilhelmshaven, Marktstr. 101  
2900 Oldenburg, Kaiserstr. 14

**Da fliegen dir die Ohren weg!**

**Boxen selbstbauen**

Katalog kostenlos anfordern

HAMBURG  
Lautsprecher Spezial Versand  
Pl. 76 08 02 / M. 2000 Hamburg 76 040/29 17 49

**Crossassembler für Atari**

Leistungen

- Nachladbare ASCII-Tabelle bestimmt Ziel-CPU.
- Im Lieferumfang Tabellen für:  
Z80, 6502, 6505, 6502,  
6800, 6809, 68HC11, 6806.
- Makros, bedingte Assemblierung.
- Download an Centronics/RS 232.
- Luxuriöse GEM-Oberfläche.
- Komfortables Editor-Handling.
- Deutsches Handbuch im Ringordner.
- In Vorbereitung:  
Tabellengestauertes Disassembler,  
Linker mit Make.

Preise

- DM 80,- + DM 3,50 Porto.  
Lieferung gegen U-Scheck oder Rechnung.
- Demosversion DM 10,-.

Die Demoversion kann Texte mit max. 150 Zeilen verarbeiten und wird bei Kauf der Vollversion angesprochen. Lieferung gegen Schein/U-Scheck oder Rechnung.

Joachim Klein  
Süsterfeldstraße 30  
W-5100 Aachen  
Tel.: (02 41) 87 16 10

**Kostenlos** **Coupon**

erhalten Sie gegen  
Einsendung dieses Coupons  
unseren neuesten  
**Elektronik Hauptkatalog**  
mit 700 Seiten

**SALHÖFER-Elektronik**  
Jean-Paul-Str. 19  
w8650 Kulmbach

C0570

**Wickelmaschinen-Ramm**  
liefert weiterhin  
Wickelmaschinen für die Elektroindustrie  
**An- und Verkauf**  
**Ingenieur Karlheinz Ramm**  
Rumeyplan 8 · 1000 Berlin 42  
Tel. (0 30) 7 86 60 58 · Fax (0 30) 7 86 71 75

**PRINTER BUFFER • 64 KByte / 256 KByte**

- Centronics Ein- und Ausgang
- Effiziente Speicheranwendung durch Datenkompression
- Datenübertragungsrate > 30 KByte/sec.
- Funktionen u.a. COPY, BYPASS, PAUSE, SELBSTTEST
- Unkomplizierte Installation – Einfache Bedienung
- Deutschsprachige Anleitung
- Westdeutsche Fertigung
- Netzteil mit GS-Zeichen

256 KByte-Gerät auch als Komplettbausatz • Hoher Schwierigkeitsgrad durch teilweise SMD-Bestückung

**LÜRBEN ELECTRONIC**

Buffer 64	208,-
Buffer 256	348,-
Bausatz	298,-
Händleranfragen erwünscht	
M. Lürßen	
H. Berlebachstr. 5	
6255 Dornburg 4	
Tel./Fax	
06436/7119	

**Plattenen CAD für PC/XT/AT: RULE**

zum Erstellen Ihrer Platinenvorlagen. Schnell von der Idee zur Platine. Praxisorientiert. Programm und Handbuch in dt. Sprache. Einfach zu bedienen. Von einem erfahrenen Layouter entwickelt. Fordern Sie unser kostenloses Infomaterial an! Arbeiten wie die Profis: RULE!

HARALD FRIEDRICH  
Sudetenstrasse 14, D-6405 Eichenzell  
Tel. +FAX: 0 66 59 / 22 49 Info gratis!

**EBV** A-4680 Haag  
Marktplatz 28 Hess HF-Technik  
Sudetenstrasse 14 CH-3014 Bern  
Tel.: 07732 / 33 66 0 Allmendstr. 5  
FAX: 07732 / 33 66 6 Tel. + VTX: 0 31 / 41 02 41  
**DM 99,-**  
ÖS 750,- + P/V SFR 99,-

**MESSGERÄTE**

finden Sie bei uns in einem Meßtechnik-Programm hoher Qualität, z. B. Oszilloskope, DMM, Zähler u.a.m. weltweit führender Hersteller für Industrie, Entwicklung, Labor und Ausbildung.

Bitte Lieferprogramm anfordern!

**Haag Elektronik GmbH**  
Postfach 11 17, Kirchstr. 15  
7327 Adelberg  
Telefon 0 71 66 / 2 76  
Telefax 0 71 66 / 13 67

**eMedia GmbH**  
**SOFTWARE**

### ELRAD - Programme

Dieses Angebot bezieht sich auf frühere ELRAD-Veröffentlichungen. Eine zusätzliche Dokumentation oder Bedienungsanleitung ist, soweit nicht anders angegeben, im Lieferumfang nicht enthalten. Eine Fotokopie der zugrundeliegenden Veröffentlichung können Sie unter Angabe der Programmnummer bestellen. Jede Kopie eines Beitrags kostet 5 DM, unabhängig vom Umfang. Eine Gewähr für das fehlerfreie Funktionieren der Programme kann nicht übernommen werden. Änderungen, insbesondere Verbesserungen, behalten wir uns vor.

Best.-Nr.	Projekt	Datenträger/Inhalt	Preis
S097-5865	µPegelschreiber	9/87	Diskette/Schneider + Dokumentation
S117-5995	Schriftmotorsteuerung	11/87	Diskette/Schneider + Dokumentation
S018-616A	EPROMmer	1/88	Diskette/Atari (Brennroutine, Kopierroutine, Vergleichen, Editer, String suchen, Gem-Öberfläche)
S018-616M	EPROMmer	1/88	Diskette/MS-DOS (Brennroutine, Kopierroutine, Vergleichen)
S128-684M	Maßnahme	11/88	Diskette/MS-DOS (Meßdatenerfassung)
S029-698A	ELISE	1/89	Diskette/Atari (Update aus 1/90)
S039-704	Frequenzsynthese	3/89	Diskette/Atari
S039-780M	Kurzer Prozeß	3/89	Diskette/MS-DOS DSP-Assembler: div. DSP-Programme (Sources); Terminalprogr. (Source); DSP-Filteprogr. (Source)
S099-746A	Display-Treiber	9/89	Diskette/Atari
S109-754A	Data-Rekorder	10/89	Erfassungs- und Auswerteprogramm (Source GFA-Basic) SS
S119-766M	U/F-D/A Wanderkarte	11/89	Diskette/MS-DOS/Mewerterfassung (Source)
S129-767A	DCC-77-Echzettfuhr	12/89	Diskette/Atari
S129-772C	UMA — C84	12/89	Diskette/C64
S010-782A	SESAM	1/90	Diskette/Atari (Entwicklungssystem)
S040-816M	EPROM-Simulator	4/90	Diskette/MS-DOS Betriebssoftware (Source)

### ELRAD - Programmierte Bausteine

EPROM	Preis
5x7-Punkt-Matrix	25,- DM
Atomuhr	25,- DM
Digitaler Sinusgenerator	25,- DM
Digitales Schlagzeug	25,- DM

### Digitales Schlagzeug

36 Sounds in einzelnen EPROMs sind verfügbar.  
Eine Kurzbeschreibung der verschiedenen Klänge erhalten Sie gegen Zusendung eines rück adressierten Freiumschlages.

Hygrometer	1/87	25,- DM
MIDI-TO-DRUM	5/87	25,- DM
D.A.M.E.	6/87	25,- DM
µPegelschreiber	9/87	25,- DM
E.M.M.A.	3/88	- Betriebssystem, Mini-Editor, Bedienungsanleitung
E.M.M.A.	4/88	DCF-Uhr
MIDI-Monitor	5/88	Betriebssoftware
Frequenz-Shifter	5/88	Sin/Cos-Generator
Printerface	7/88	Barcode-Software
E.M.M.A.	9/88	IEC-Konverter
ELISE	1/89	Betriebssystem mit Update aus 1/90
DSP	3/89	Controller
Grafisches Display	9/89	PROM Typ 1 (kleine Ausf.)
Grafisches Display	10/89	PROM Typ 2 (große Ausf.)
Midi-Controller	11/89	siehe Paketangebot: Platinenanzeige
Leuchtaufschrift	12/89	Betriebssoftware
SESAM	1/90	Bootprogramm
HAL.L.O.	6/90	Sender
HAL.L.O.	6/90	Empfänger
TV-TUNER	9/90	Controller
PAL		Preis
Autoalarmlage	5/89	25,- DM
SESAM — System	11/89	35,- DM
SESAM — Interface	12/89	70,- DM
SESAM — AD	3/90	35,- DM
MIDI-Factory	11/90	35,- DM

### So können Sie bestellen:

Um unnötige Kosten zu vermeiden, liefern wir nur gegen Vorauskasse. Fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck über die Bestellsumme zuzüglich DM 3,- (für Porto und Verpackung) bei oder überweisen Sie den Betrag auf eines unserer Konten.

Schecks werden erst bei Lieferung eingelöst. Wir empfehlen deshalb diesen Zahlungsweg, da in Einzelfällen längere Lieferzeiten auftreten können.

Bankverbindung: Kreissparkasse Hannover, Kt.-Nr. 4408 (BLZ 250 502 99)

Ihre Bestellung richten Sie bitte an:

**eMedia GmbH**  
Bissendorfer Str. 8 3000 Hannover 61

## Sonderangebote

Basismaterial FR-4 1,5 mm fotobeschichtet mit Lichtschutzfolie			
35 µm einseitig	35 µm zweiseitig		
100 x 160	2,50	100 x 160	3,15
160 x 233	6,45	160 x 233	6,95
200 x 300	9,50	200 x 300	11,95
300 x 400	18,90	300 x 400	22,50
70 µm einseitig	70 µm zweiseitig		
100 x 160	3,25	100 x 160	3,95
160 x 233	12,50	160 x 233	8,95
200 x 300	12,50	200 x 300	15,95
300 x 400	24,50	300 x 400	27,95

Basismaterial PTFE zweiseitig fotobeschichtet mit Lichtschutzfolie auf Anfrage

Standard-LED's

3 u. 5 mm rot, gelb, grün

8 mm rot, gelb, grün

Dioden

IN4007 % 7,90 500 Stück: 35,00

IN4148 % 2,90 1000 Stück: 22,50

IN4448 % 3,95 500 Stück: 15,90

BA 159 0,25 BYW78-100 9,00

BYW80-200 0,75 FDH300 (DX400) 1,00

Lötzinn

Multicore 0,7 Ø 250 g 9,95

Multicore 1,0 Ø 250 g 9,00

Spezial-LED's

5 mm rot 700 mcd 1,10

8 mm rot 1000 mcd 2,90

10 mm rot 1500 mcd 2,90

5 mm rot 1500 mcd 2,90

NC-Akkus (Emmerich)

Mignon, 0,7 Ah 3,80 ab 10 Stück: 3,30

Baby, 2,2 Ah 9,75

Mono, 4,0 Ah 14,95

9-V-Block, 0,11 Ah 16,90

IC's

LM 1881 12,00 OP07C1 5,90

LT 1028 15,90 OP27GP 5,50

MC 1330 6,95 OP27FP 11,50

MC 1350 8,90 SL486 7,50

MV 500 6,90 ZN426 5,95

MV 601 7,90 ZN427 19,50

Anzeigen gem. A/gem. K

14-Segm. 2stellig 6,90

7-Segm.-LED 13 mm 1,50

7-Segm.-LED 25 mm 4,90

7-Segm.-LED 57 mm 14,95

EPROMs/RAMs

27C 256-150 6,50 514400-80 53,00

27C 256-120 6,90 SIMM 1M x 9-70 109,00

27C 512-150 7,90 SIMM 1M x 9-60 115,00

51100-70 10,90 SIPP 1M x 9-70 112,00

514256-70 10,90 SIPP 1M x 9-60 118,00

514000-70 53,00

Weitere interessante Artikel finden Sie in unserer kostenlosen Sonderliste, SMD-Anwender erhalten unsere SMD-Liste.

### R. Rohlederer

Saarbrückener Str. 43 - 8500 Nürnberg 50

Tel.: 0911/48 55 61 - Fax: 0911/48 4137

**LEITERPLATTEN** in allen gängigen Ausführungen;  
**FRONTPLATTEN** aus Alu, CNC-gefräst;  
**GEHÄUSE + K-KÖRPER** Herstellung und Bearbeitung;  
Infos und Katalog kostenlos.

**HOFMANN · LEITER- UND FRONTPLATTEN**  
POSTFACH 1140 · BERGSTR. 17 · W-8417 LAPPERSDORF  
TELEFON: 09 41/8 82 85 · TELEFAX: 09 41/8 45 27

## WIDERSTANDS-SORTIMENTE

sortiert und zusätzlich ohmwertbeschriftet.

Kohlewiderrands-Sortimente, 1/2 W, 5%, Reihe E12, Typ 0207

67 Werte v. 10Ω - 3,3MΩ, à 10 Stück DM 16,45

67 Werte v. 10Ω - 3,3MΩ, à 25 Stück DM 34,95

67 Werte v. 10Ω - 3,3MΩ, à 100 Stück DM 92,75

Packung à 100 Stück/Wert DM 1,60 (E12 von 1Ω - 10 MΩ)

Metalwiderrands-Sortimente, 1/4 W, 1%, Reihe E24, Typ 0207

121 Werte v. 10Ω - 1MΩ, à 10 Stück DM 47,95

121 Werte v. 10Ω - 1MΩ, à 25 Stück DM 114,00

121 Werte v. 10Ω - 1MΩ, à 100 Stück DM 342,00

Packung à 100 Stück/Wert DM 3,65 (E24 von 4,7Ω - 4,3MΩ)

Dioden IN4148 100 St. DM 2,22 ... 500 St. DM 9,99

100 St. IC-Socket-Sortiment DM 19,95

50 St. Sortiment-IC-Präzisionsfassungen DM 29,95

Für alle Arten ST

PCB Edit Platinenayoutprogramm V 2.0

Kompl. mit Handbuch und Tabelle DM 199,00

PCB Edit-Demodisk 3½" inkl. P/V DM 20,00

N.N.-Versand ab DM 15,- (+P/V), Ausl. DM 200,- (+P/V)

Katalog 90/91 (mit über 6000 Artikeln) liegt kostenlos bei, oder für DM 5,- (BfM) anfordern. Aktuelle Infoliste gratis.

### LEHMANN-electronic

Inh.: G. Lehmann, Tel.: 0621/89 67 80

Bruchsaler Straße 8, 6800 Mannheim 81

## UniCard

Vorgestellt in elrad 04/91

direkt vom Entwickler

Bauteile, Platine, komplette Bausätze, Fertigplatinen

Bitte Preisliste anfordern!

**ROM** ROM-Elektronik

Babenhauser Str. 55,

DW-8908 Krumbach 1

Tel.: 08282-7385, FAX 08282-7305

## Wickelmaschinen-Ramm

für gebrauchte Maschinen

An- und Verkauf von gebrauchten Spulenwickelmaschinen aller Fabrikate sowie zentrale Ersatzteilbeschaffung und Reparaturen

Ing. Karlheinz Ramm · Rumeyplan 8 · D-1000 Berlin 42

Tel. (0 30) 7 86 60 58 Fax.: (0 30) 7 86 71 75

## TENNERT-ELEKTRONIK

Vertrieb elektronischer Bauelemente

Ing. grad. Rudolf K. Tennert

*****	AB LAGER LIEFERBAR	*****
*	AD-DA-WANDLER-ICs	*
*	CENTRONICS-STECKVERBINDER	*
*	C-MOS-40xx-74HCxx-74HCTxx	*
*	DC-DC-WANDLER-MODULE 160W	*
*	DIODEN BRÜCKEN BIS 35 AMP	*
*	DIP-KABELVERBINDER + KABEL	*
*	EINGABETASTEN DIGITATEN	*
*	EDV-ZUBEHÖR DATA-T-SWITCH	*
*	IC-SOCKEL + TESTTOOL-DIP	*
*	KABEL RUND-FLACH-KOAX	*
*	KERAMIK-FILTER + DISKRIM.	*
*	KONDENSATOREN	*
*	KÜHLER-KÖRPER + ZUBEHÖR	*
*	LABOR-EXPL. LEITERPLATTEN	*
*	LABOR-SORTIMENTE	*
*	LCD-PUNKTMATRIX-MODULE	*
*	LEITUNGSTREIBER-ICs V24	*
*	LINEARE + SONSTIGE-ICs	*
*	LOTKOLBEN-STATIONEN-ZINN	*
*	LÜFTER-AXIAL	*
*	MIKROPROZESSOREN UND PERIPHERIE-BAUSTEINE	*
*	MINIATUR-LAUTSPRECHER	*
*	OPTO-TEILE + KOPPLER 7SEGMENT	*
*	QUARZE + Oszillatoren	*
*	RELAYS - REED-PRINT-KARTEN	*
*	SENSOREN TEMP-FEUCHT-DRUCK	*
*	SCHALTER KIPP + WIPP + DIP	*
*	SICHERUNGEN 5x20 + KLEINST	*
*	SMD-BAUTEILE AKTIV + PASSIV	*
*	SOLID-STATE-RELAYS	*
*	SPANNUNGS-REGLER FEST+VAR	*
*	SPEICHER EPROM-RAM-PAL	*
*	STECKVERBINDER DIVERSE	*
*	TASTEN + CODIERERSCHALTER	*
*	TRANSFORMATOREN 1.6-150 VA	*
*	TRANSISTOREN	*
*	TRIAC-THYRISTÖR-DIAC	*
*	TTL-74LS-74F-74ALSxx	*
*	WIDERSTÄNDE + NETZWERKE	*
*	Z-DIODEN + REF.-DIODEN	*
*	KATALOG AUSG. 1989/90	*
*	MIT STAFFELPREISEN	*
*	ANFORDERN - 240 SEITEN	*
*	SCHUTZGEB. 3,- (BRIEFMARKEN)	*

7056 Weinstadt 1 (Benzach)

Postfach 2222 · Ziegeleistr. 16

Tel.: (0 7151) 66 02 33 + 6 89 50

FAX.: (0 7151) 6 82 32

## Leuchtdioden

LED's 3mm oder 5mm

In den Farben: rot, grün oder gelb

bei Einzelabnahme 0,12

ab 100 Stück je Typ 0,10

ab 1000 Stück auch gemischt 0,09

## Co-Prozessoren

Intel 8038-8 MHz ITT 80287-8 MHz 180,-

8038-10 MHz 210,- 80287-10 MHz 230,-

8038-10 MHz 320,- 80287-12 MHz 249,-

80287-6 MHz 249,- 80287-20 MHz 329,-

80287-20 MHz 249,- 80287-28 MHz 420,-

80287-16 SX 330,- 803C87-16 SX 480,-

80387-20 SX 539,- 803C87-20 MHz 490,-

80387-20 MHz 610,- 803C87-25 MHz 640,-

80387-25 MHz 770,- 803C87-33 MHz 799,-

80387-33 MHz 989,- Cyrix 83S87-16 SX 400,-

3167-25 GC 999,- 83S87-20 SX 540,-

3167-33 GC 1399,- 83D87-20 MHz 599,-

4167-25 GC 1399,- 83D87-28 MHz 779,-

4167-33 GC 1999,- 83D87-33 MHz 949,-

CA 3140 E 2,25 OP 77 4,99

CA 3140 E 1,33 OP 90 7,99

DAC 08 4,95 OP 227 22,99

DAC 10 18,45 SO 42 4,35

L 165 3,69 SSM 2015 P 13,95

L 200 2,17 SSM 2016 P 21,99

LM 833 1,99 SSM 2024 P 10,87

MC 3479 12,94 TDA 1516 O 7,89

NE 5532 A 1,49 TDA 1524 A 6,47

NE 5532 A 1,99 TDA 1524 B 4,09

NE 5534 A 1,47 TEA 2028 B 8,00

NE 5534 A 1,65 TL 497 3,77

OP 27 5,99 U 401 BR 12,95

OP 37 5,99 U 2400 B 4,99

OP 50 22,79 ZN 427 18,99

## WTCP-S 165.90

Lötstation mit elektron. Temperatursteuerung

Sicherheitstransformator

Lötöfen TCP-S

Lötöfen Löt-20

Lötöfenhalter KH-20

-potentialfrei

-stufenlose Temperaturwahl bis 450°C

-Regelkontrolle optisch mittels grüner LED

## WECP 20 229,-

Lötstation mit elektron. Temperatursteuerung

Sicherheitstransformator

Lötöfen LR-20

Lötöfenhalter KH-20

-potentialfrei

-stufenlose Temperaturwahl bis 450°C

-Regelkontrolle optisch mittels grüner LED

## Weller-Lötstationen

Magnetrast-Lötstation Schutztransistor

-Lötöfen TCP-S

-Lötöfenhalter KH-20

-Potentiostat

-Temperaturautomatik

## WTCP-S 165.90

Lötstation mit elektron. Temperatursteuerung

Sicherheitstransformator

Lötöfen LR-20

Lötöfenhalter KH-20

-potentialfrei

-stufenlose Temperaturwahl bis 450°C

-Regelkontrolle optisch mittels grüner LED

## WECP 20 229,-

Lötstation mit elektron. Temperatursteuerung

Sicherheitstransformator

Lötöfen LR-20

Lötöfenhalter KH-20

-potentialfrei

-stufenlose Temperaturwahl bis 450°C

-Regelkontrolle optisch mittels grüner LED

## Weller-Lötstationen

Magnetrast-Lötstation

Sicherheitstransformator

Lötöfen TCP-S

Lötöfen Löt-20

Lötöfen

# Laser vom Feinsten!



## Laserquellen und Komponenten

**LS Lasersysteme**

Berggasse 10  
D-7406 Mössingen  
Telefon (0 74 73) 7142  
Fax (0 74 73) 2 46 61

Die Nr. 1  
in  
Lasertechnik

## ELRAD-MOPS 68 HC 11

MOPS Leerplatine, Europakarte mit großem Lochrasterfeld	64,00 DM
MOPS Bausatz mit 68HC11A1, 64k RAM, ohne 68HC24 und ohne Uhr	220,00 DM
MOPS Bausatz mit 68HC11A1, 64k RAM, 68HC24 und Uhr	300,00 DM
MOPS Fertigplatine mit 68HC11A1, ohne 68HC24, ohne Uhr	300,00 DM
MOPS Fertigplatine mit 68HC11A1, 68HC24 und Uhr	380,00 DM
MOPS Betriebssystem auf IBM-Diskette mit Handbuch, Editor, Assembler, Basic, Pascal, Runtimequelltext	100,00 DM

Alle Bauteile sind auch einzeln erhältlich.

MOPS Betriebssystem für Atari bitte anfragen.

## c't KAT-Ce 68000

KAT-Ce 68000 Einplatinensysteme auf Europakarte mit 68000 oder 68070, 68681, 68230, Analogwandler, Uhr, LCD-Anschluß in verschiedenen Ausführungen

KAT-Ce 68000 Betriebssystem mit Monitor, Disassembler, Assembler, Pascal-Compiler mit Parallelprozeduren

KAT-Ce Leerplatine 68070, 1.3 oder 1.4 ohne Betriebssystem ..... 69,00 DM  
KAT-Ce Leerplatine mit Betriebssystem ..... 208,00 DM

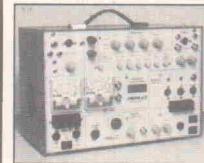
Bausatz 64 k RAM ohne Betriebssystem ..... ab 328,00 DM  
Fertigplatine 64 k RAM mit Betriebssystem ..... ab 528,00 DM

Elektronische Bauelemente Marie-Theres Himmeröder

Rostocker Str. 12, 4353 Oer-Erkenschwick, Tel. 023 68/539 54, Fax 5 67 35

## MÜTER · AT 2 · BMR 95 · RTT 2

AT 2, Audio-Meßplatz für Azimut, Bandbreite, Drift, Leistung, Verzerrung; 16 Geräte in einem; 27 Buchsen; Adapter unnötig; jetzt supereinfache Justage und



Fehlersuche an CD, Tonband, Mikrofon, Phono, Boxen, Car-Radio, Booster, Kopfhörer, Verstärker; spart enorm viel Zeit;

BMR 95, Regenerier-Computer für alle Bildröhren; macht taube Röhren strahlend neu, auch alle Monitor- und Jumbo-Schirme; weltweit unerreicht; großer Meßteil; Schlußreparatur; Kathoden-schutz; Entgasungshilfe; bezahlt sich schnellstens; Datenblatt anfordern;



RTT 2, Regel-Trenn-Trafo, stufenlos 0—270V, 1100 VA, Softstart, VDE 550;

Bestellen Sie beim Großhandel oder beim Hersteller  
U. Müter, Krikedillweg 38,  
4353 Oer-Erkenschwick,  
Telefon (0 23 68) 20 53,  
Fax (0 23 68) 5 70 17.

## BITPARADE

RABATTE: ab 16 St.		- 2%	CO-PROZESSOREN! (KEINE RABATTE! 5 JAHRE GARANTIE)	
AUCH IM MIX ab 32 St.		- 4%	80287-10 AND 174.00	
		- 6%	80387-20 INT 639.00	
4164-100	64K*1	2,98	6116-LP2	2K*8
41256-70	256K*1	3,48	6264-LP07	8K*8
41256-80	256K*1	3,18	43256-70	32K*8
41464-80	64K*4	3,98	43256-100	32K*8
511000-60	1M*1	12,50	43256-LFP10	32K*8
511000-70	1M*1	11,50	628128-100	128K*8
511000-80	1M*1	10,95	628128-LFP	128K*8
511000-100	1M*1	10,70	2764-250	8K*8
514256-70	256K*4	11,50	27C64-150	8K*8
514256-80	256K*4	11,50	27C64-200	8K*8
514256-80 ZIP/SDJ	12,95		27128-250	16K*8
514100-B0ZIP	4M*1	49,95	27C128-150	16K*8
514400-B0ZIP	1M*4	49,95	27C128-250	16K*8
SIMM-70	256K*9	34,95	27256-250	32K*8
SIMM-70	1M*9	10,95	27C256-100	32K*8
SIPP-70	1M*9	10,95	27C256-120	32K*8
SIMM-70	1M*8	101,95	27C256-150	32K*8
SIMM-80	1M*9	104,95	27C512-120	64K*8
SIMM-80	4M*9	418,00	27C512-150	64K*8
SIM-P52	512K*36	279,00	27D10-120	128K*8

80287-10 AND 174.00	80387-20 INT 639.00	80387-25 INT 784.00	80387-33 INT 978.00	80387-33 INT 978.00
ANDERE AUF ANFRAGE !				
<b>SIMONS</b>	<b>ELECTRONIC GMBH</b>	<b>MEISENWEG 4 PF2254</b>	<b>5012 BEDBURG</b>	<b>TEL: 02272/81619</b>
				<b>FAX: 02272/5980</b>
				<b>02272/6159</b>

Z.T.Z. PREISAMSTIEG BEI DYN. RAMS. BITTE TAGESPREIS TEL. ERFRAGEN !

## P L A T I N E N

ELRAD-Platten sind aus Epoxid-Glashartgewebe, sie sind gebohrt und mit Lötkontaktplast versehen bzw. verzintet.

Alle in dieser Liste aufgeführten Leiterplatten 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 Buchstabekombination nach 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. Technische Auskunft erteilt die Redaktion jeweils mittwochs von 10.00—12.30 und 13.00—15.00 Uhr unter der Telefonnummer: 05 11/5 47 47-0.

Platine	Best.-Nr.	Preis	Platine	Best.-Nr.	Preis	Platine	Best.-Nr.	Preis	Platine	Best.-Nr.	Preis
	Best.-Nr.	DM		Best.-Nr.	DM		Best.-Nr.	DM		Best.-Nr.	DM
MOSFET-PA			Impulsgenerator	116-539	18,70	Schnittstelle RS232 → RS232CL	028-626	8,25	Autoranging Multimeter	049-711	32,00
— Ansteuerungskontrolle	045-413/1	2,35	Dämmerungsschalter	116-521	6,45	E.M.M.A.	069-726	16,50	Energiemesser (2 Platinen)	069-726	16,50
— Ansteuerung Analog	045-413/2	12,65	Furlichtautomat	116-522	3,90	Hauptplatine	028-627	29,50	AD-CLKPIT	079-731	20,00
Fahrrad-Computer (Satz)	065-423	6,35	Multiboard	126-527	14,95	— V24-Interface	058-653	3,00	— 5 x LED-Anzeige	079-732	10,00
Camping-Kühlschrank	065-424	13,40	CD-Kompressor	126-528	10,55	— IEC-Bus	098-669	8,00	— Noise-Gate-Frontplatine	079-732	10,00
Lineares Ohmmeter	065-426	5,65	Autopilot	037-548	3,75	— 64-Bit-Brücke	108-678	15,00	— Noise-Gate-Basisplatine	079-733	12,50
DCF-77-Empfänger I	075-431	4,40	SWEEEP-GENERATOR			Netzgerät 0—16 V/20 A	038-628	16,50	DISPLAY		
Schnellader	075-432	10,25	— Hauptplatine	037-551	14,50	Anpaßplatten	048-640	18,25	— Spaltenreiber	099-746/ds	11,50
			— Netzteil	037-552	8,30	— Zeilentreiber	099-747/ds	17,50	— Matrixplatine	099-753/ds	35,00
VIDEO-EFFEKTGERÄT			Widerstandsfloete	047-556	0,80	— Passivfilter	058-651	9,00	— Schmitt-Trigger	109-756/ds	16,00
— Eingang	075-433/1	6,70	Spannungseferenz	077-573	4,00	— Filterteil	068-655	17,50	— Röhrenklangsteller	109-757/ds	31,00
— AD/DA-Wandler	075-433/2	5,95	Digital-Sampler	047-557	32,00	— ST-Platine	078-658	49,00	DISPLAY-STD-INTERFACE	109-754/ds	16,00
Perpetuum Pendulum	105-444	2,50	MDI-Logik	047-559	15,50	— DVM-Platine	078-663	15,00	— ST-Platine	109-760/ds	16,00
KEYBOARD-INTERFACE			Midi-Anzeige	047-560	3,40	— DVM-Platine	078-664	17,50	— Display-Platine	109-761/ds	16,00
— S-Modul	105-447/1	43,95	Leistungsschaltwandler	067-570	5,00	— DCF-CD-MIDI-Schlagwandler	078-659	20,00	— RAM-Platine	109-762/ds	16,00
— Einbauplatine	105-447/2	6,00	Spannungseferenz	077-573	4,00	STEREO-IR-KOPFHÖRER	068-654	17,50	(Mengenrabatt für Display-Platinen auf Anfrage)		
Doppelnetzteil 50 V	115-450	16,50	Video-PLL	077-574	1,10	— Sender	078-661	11,00	ELISE		
Bytformer	86 10/146/ds	14,50	Video-FM	077-575	2,30	UNIVERSAL-NETZGERÄT	078-662	22,50	— Erweiterungsplatine	010-774/ds	34,50
elSat UHF-Verstärker (Satz)	056-486	21,55	μ-PEGELSCHREIBER	107-593	19,25	— Netzteil	078-662	22,50	— CPU-Adapter	010-775	3,00
Schlagzeug — Mutter	106-511	40,00	AD-Wandler	117-597	12,90	— Makrovision-Killer	098-671	7,50	DC/DC-Wandler	040-817/ds	59,00
			— Interface	117-598	29,40	— SMD-DC/CD	098-673/ds	8,00			
			— Ausgangsverstärker	018-618	20,00	— DC/CD-Wandler	098-674	7,50			
			Wechselschalter	097-589	2,50	— MIDI-Baßpedal	108-675	7,50			
			Mäuse-Klavier	097-590	31,50	VFO-Zusatza. 2m-Empfänger	098-666	24,00			
			Mini-Sampler	107-595	4,40	— Netzteil (Platinen)	098-667	13,50			
			Impedanzwandler	117-601	0,85	— LCD-Panelmeter	098-670/ds	6,50			
			Simulationswandler	127-604	9,95	— Makrovision-Killer	098-671	7,50			
			MIDI-Interface für C64	127-608/ds	13,20	— SMD-Balancemeter	108-677	2,50			
			Sprachausgabe für C64	127-610	6,95	— Türöffner	118-680	10,00			
			SCHRITT-MOTORSTEUERUNG	127-614	33,00	— Schweißplatine	019-694	17,50			
			— Verdrehungsplatine	018-619	7,80						
			— Handsteuer-Interface	018-620	3,75						
			— Mini-Paddie	018-622	2,00						
			— Treibplatine	018-632/ds	9,50						
			— ST-Steuerkarte	128-686	32,50						
			— ST-Treiberkarte	128-687/ob	32,50						
			Audio-Verstärker mit INT	127-615	4,85						
			SMD-Multimeter	018-621	2,00						
			SMDS-DC-Netzteil	018-622	32,00						
			Black Devil 2 x 50 W (Satz)	018-622	32,00						
			(+ Car Devil-Verstärker)	028-623	5,25						

!!! Solange Vorrat reicht !!!

So können Sie bestellen: Um unnötige Kosten zu vermeiden, liefern wir nur gegen Vorauskasse. Fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck über die Bestellsumme zuzüglich DM 3,— (für Porto und Verpackung) bei oder überweisen Sie den Betrag auf eines unserer Konten. Schecks werden erst bei Lieferung eingelöst. Wir empfehlen deshalb diesen Zahlungsweg, da in Einzelfällen längere Lieferzeiten auftreten können. Bankverbindung: Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 4408 (BLZ 25050299).

Ihre Bestellung richten Sie bitte an:

**eMedia GmbH, Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61**



## KLEINANZEIGEN

**Tektronix 564** Speicherscope zu verkaufen, 3A72, 2B67 Einschub, DM 350,—. 0 40/789 39 33.

**Video-Farb-Modulator** (Philips kommerziell) m. Kamerastromvers und Mischer für Amateurfernsehen in 19"-Gehäuse, DM 800,—. 0 40/789 39 33.

**1 Meßgerät 3 Funktionen:** 10MHz Logic-Analyser / Speicheroszilloskop / Spektrumanalysator mit Spitzensoftware für PC's und ST's. Bausatz oder Fertiggerät. Ideal für Schulen und Hobby-Elektroniker. Infos mit Demodiskette und Manual DM 10,00 bei Dieter Bittnerle, Lindenspürstr. 34, 7000 Stuttgart 1. [G]

**Gebr. Oszilloskop u. Meßgeräte zu Superpreisen,** z.B. Telequipment Oszilloskop 2x50 MHz, 19" Einschub, DM 898,—; Philips PM 3070, 2x100 MHz, DM 3200,—; Tektronix 7603N11S, 2x65 MHz, DM 1100,—; Schlumberger AM/FM Meßsender, 5 kHz—180 MHz, DM 2598,—. Liste anfordern! HTB-Elektronik, Tel.: 0 47 06/7 44, Fax: 0 47 06/7 49. [G]

**Rhode & Schwarz UHF-Meßsender, 500—1800 MHz SMAI**, neuwertig, Handbuch, DM 3298,—; Tektronix 491 Spectrum Analyzer, 10 MHz—40GHz, DM 4500,—. HTB-Elektronik, Tel.: 0 47 06/7 44, Fax: 0 47 06/7 49. [G]

**Hewlett-Packard Spectrum Analyzer, 1kHz—110 MHz**, HP141T/8552B, DM 6270,—. Teilen Sie uns Ihre Gerätewünsche mit, wir helfen Ihnen weiter! HTB-Elektronik, Tel.: 0 47 06/7 44, Fax: 0 47 06/7 49. [G]

**Hados Leergehäuse, schwarz, originalverpackt, Paar** L146 200,—, L183 250,—. 02 21/86 33 22. [G]

**A/D-Wandler für RS 232-Schnittstelle** m. 12Bit 8 A/D-Eingängen, 2 I/O Ports, 1x8Bit Ein, 1x8Bit Aus. Preis 199,—. Info kostenlos. Tel.: 04 61/2 52 55. M. Ernst u. B. Peters, System u. Meßtechnik, 2398 Harriesee, Steinkamp 29. [G]

**Speicher- und Designtelefone zu Tiefpreisen.** Katalog gegen 1 DM Rückporto. Elektronikversand E. Austermann, Cheruskerring 90, 4400 Münster. [G]

**68HC11 Profi-Cross-Assembler für PC** mit vielen Befehlen, dt. Manual, Terminalprg. 178,— + Porto/NN. Tel.: 0 79 35/86 70 ab 17 Uhr.

**2x12MHz Oszi**, neu, VB 199 DM, verk. 0 87 72/13 25 ab 20.

**Achtung! Supersonderangebot!** Halogenleuchten-set incl. 3 Leuchten, Trafo 60VA, Spannmontageset und Zubehör ab 159,— DM. Harry Gilbert, Tel.: 0 71 34/1 05 37.

**Z80-FOX Basicrechner auf Europakarte** für 19" Rackeinbau. Basic mit Realarithmetik rekursive Prozeduren, Print Using auf allen LC-Display, Tastaturobefehle, 2 ser. Schnittst., Watchdog Reset, 40 I/O für nur DM 266,—; RTC, Pufferakku optional DM 40,—. S-TEC electronics AG, Zugerstraße 53, CH-6340 Baar, Tel.: 042 32 30 88. [G]

**Ingenieurbüro für Hardware & Software** übernimmt Entwicklungsaufgaben. Tel. 0 23 03/1 57 73. [G]

**Verkaufe gegen Gebot „SIGNALYS“ V 2.0**, unbunzt, originalverpackt mit Dongel. Eigner 08 21/48 45 06.

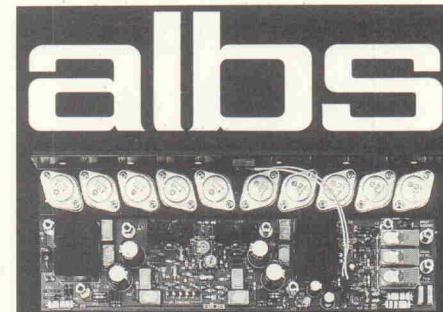
**IBM-Software IC-Bibliothek** für integr. Schaltungen, Analog, TTL, CMOS, Motorola, Rockwell, Intel Zilog, ca. 2000 IC's auch aus der ehem. DDR. Demoversion vorhanden, Original-Software DM 90. FNT Florian, Starengasse 3, D-4355 Waltrop. [G]

**Engpässe?** Wir fertigen Ihre elektronischen Baugruppen kurzfristig und zuverlässig. Vom Layout bis zum Prüffeld. Einzelstücke und Serie. Habke & Pieplow, Tel.: 0 40/4 39 34 67. [G]

**Suche alte ELRAD-Hefte ab-80.** Zahle 50 DM je Jahrgang. Nur komplette Jahrgänge anbieten. Klaus Stöckel, Lübbener Str. 5, 1000 Berlin 36.

**EPROM-Simulator EPROS bis 27256** + Soft. DM 298; schnelle Makro-Cross-Assembler (5—6 kByte Quelltext/sec) für 68HC11 (6800,6801), 6303Y, (6301) 6805, 6502, HD64180, Z80, 8085, 8051. Ausgabe: Binär, Motorola-S, Intel-Hex, EPROS-Download. Inkl. Editor + Shell, (Atari-ST) je DM 298. Für MSDOS o. ST/TT: ASL xxxx: Wie oben, zusätzl. Z8, mit Linker und neuen Fähigk., je DM 498,—. \* µC Soft- & Hardwareentw.: M. Schulz, Poststr. 13, W-2059 Gützkow, Tel.: 0 41 57/85 31. [G]

**HP-XY Schreiber 7004 B**, Sweepmodul, Y-Amp, etc. SG Zustand, VB 650,—. Tel.: 0 89/601 37 95 (Ott).



**QUAD-MOS 600** — als „Edel-Endstufe“ entwickelt und aus engtolerierten, handverlesenen Bauteilen aufgebaut — vorzugsweise für impedanzkritische, niederohmige Wandlersysteme und Lautsprecher der Referenzklasse.  
**QUAD-MOS 600** — Die Leistungsstufe für Perfektionisten

## Musik bleibt Musik durch rein DC-gekoppelte Elektronik

**DAC-MOS II**, die Weiterentwicklung unserer DAC-MOS-Serie, vervollständigt unsere erfolgreiche Serie RAM-4/PAM-10 (Testbericht stereoplay 9/86 absolute Spitzenklasse). High-End-Module von albs für den Selbstbau Ihrer individuellen HiFi-Anlage:

- DC-gekoppelte, symmetrische MOS-Fet-Leistungsverstärker von 120 bis über 1200 W sinus
- DC-gekoppelte, symmetrische Vorverstärker
- DC-gekoppelter RIAA-Entzerrer-Vorverstärker
- Aktive Frequenzweichen — variabel, steckbar und speziell für Subbaßbetrieb
- Netzteil-Blöcke von 40000-440000 µF und Einzelkelos von 4700-70000 µF
- Vergossene, magnetisch geschirmte Ringkerntrafos von 100-1200 VA
- Gehäuse aus Acryl, Alu und Stahl — auch für professionellen High-End-, Studio- und PA-Einsatz
- Verschiedene vergoldete Audioverbindungen und Kabel vom Feinsten
- ALPS-High-Grade Potentiometer auch mit Motorantrieb ... u.v.a.
- Ausführliche Infos DM 20,- (Briefmarken/Schein), Gutschrift mit unserer Bestellkarte. Änderungen vorbehalten, Warenlieferung nur gegen Nachnahme oder Vorauskasse.

### albs-Altronic

B. Schmidt · Max-Eyth-Straße 1 (Industriegebiet) 7136 Ötisheim · Tel. 0 70 41/2747 · Fax 0 70 41/83850

**Lüfter zu laut?** Temperaturgesteuerte Regelelektronik reduziert erheblich den Lärm Ihres PC's. Einbausatz mit Anleitung DM 49,50. Kalisti Elektronik, München, Tel.: 0 89/609 87 32, FAX: 0 89/609 32 88. [G]

**Suche Commodore Plotter 1520.** Tel.: 0 93 91/30 31 Hegel & Koch.

**Profi Oszilloskope HC5604 40MHz 2 Kanal Read-Out** DM 1498,—. 2. Zeitbasis, stufenloses Delay HC5506 60MHz 3 Kanal: DM 1748,—. 2. Zeitbasis, stufenloses Delay, Sweep Time 5 ns; Frequenzzähler HC8100A 1 GHz: DM 365,—. Info anfordern bei: NATEK, Dipl.-Ing. W. Brack, Magirusstr. 36, 7900 Ulm, Tel.: 0 71 38 76 69, FAX: 0 602 03 23. [G]

**Gebr. Meßgeräte zu Superpreisen**, z.B. Multimeter, Oszilloscope, Analyzer, NF- und HF-Meßgeräte, alles ab Lager lieferbar. Fordern Sie unsere Liste an! HTB Elektronik, Alter Apeler Weg 5, 2858 Schiffdorf, Tel.: 0 47 06/7 44, Fax: 0 47 06/7 49. [G]

## HIGH-END IN MOS-FET-TECHNIK LEISTUNGSVERÄRKERMODULE MIT TRAUMDATEN!

- SYMMETRISCHE EINGÄNGE
- DC-GEKOPELT
- LSP-SCHUTZSCHALTUNG
- EINSCHALTVERZÖGERUNG
- TEMP.-SCHUTZSCHALTUNG
- ÜBERSTEUERUNGSFEST
- MIT INTEGRIERTER, EINSTELLBARER FREQUENZWEICHEN 12 dB/Okt.

320 W sin/4 Ohm, K ≤ 0,002%, TIM nicht meßbar, 0—180 000 Hz, Stewrate ≥ 580 V/µs, DC-Offset 20 µV, Dämpfungsfaktor > 800

z. B. aus unserem Lieferprogramm:

**MOS-A320 DM 229,—**

**gn electronics**

Inh. Georg Nollert, Scheibbser Str. 74, 7255 Rutesheim  
Telefon 0 71 52/550 70, Telefax 0 71 52/55 70

**Traumhafte Oszi-Preise**, Electronic-Shop, Karl-Marx-Str. 83, 5500 Trier. T. 06 51/4 82 51. [G]

**Neu** • Jetzt auch im Rhein-Siegkreis **Neu** Herstellung von Arbeitsfilmen für die Leiterplattentechnik nach Ihrem Layout (kurzfristig). Bestücken u. Löten v. Elektronik-Bauteilen nach Bestückungsdruck o. Muster. Auch Großaufträge. Bruno Schmidt, Hauptstr. 172, 5210 Troisdorf 22, Tel.: 0 22 41/40 11 93, auch nach 17 Uhr.

**Lautsprecher + Lautsprecherreparatur** Groß- und Einzelhandel Peiter, 7530 Pforzheim, Weiherstr. 25, Telefon 0 72 31/2 46 65, Liste gratis. [G]

**Elektronische Bauteile zu Superpreisen!** Restposten — Sonderangebote! Liste gratis: DIGIT, Postfach 37 02 48, 1000 Berlin 37. [G]

**HAMEG ++ HAMEG ++ HAMEG ++ HAMEG** Kamera für Ossi und Monitor + **Laborwagen** + Traumhafte Preise + D.Multimeter ++ ab 108,— DM ++ 3 Stck. + ab ++ 98,— DM + D. Multimeter TRUE RMS ab 450,— DM + F.Generator ++ ab 412,— DM + P.Generator + + Testbildgenerator + Elektron.Zähler + ab 399,— DM + Netzgeräte jede Preislage + Meßkabel + Tastköpfe + R,L,C Dekaden + Adapter + Stecker + Buchsen + Video + Audio + Kabel u.v.m. + Prospekt kostenlos + Händleranfragen erwünscht + Bachmeier electronic, 2804 Lilienthal + + Göbelstr. 54 + + Telef. ++ 0 42 98/49 80. [G]

Technisches Büro übernimmt **Entwicklungsarbeiten**. Tel.: 0 40/56 47 51. [G]

**Pay-TV-Decoder** als Bausatz oder Fertiggerät für Kabel oder Satellit, diverse Normen, auch neues System. Tel.: 0 91 92/17 77, Fax: 89 76. [G]

**drehen und fräsen**, Lautsprecherbausätze von Seas Vifa Peerless. 12 V Lichttrajos mit Gehäuse. Info von Stübinger, Sonderham 3, 8380 Landau/Isar, 0 99 51/67 97. [G]

**Generalüberh. elektron. Meßgeräte.** Liste 0 95 45/75 23, Fax: 56 68. [G]

**Sonderliste kostenlos!** Wir liefern laufend ein interessantes Bauteile Angebot + Bausätze + Restposten. Superpreise für Sortimente. VE-Bausatzkatalog mit 150 Präzisionsbausätzen gegen 5,— DM in Brfm. DJ-Electronic, Abt.5213, Osswaldstr. 5, 8130 Starnberg. [G]

**Jedem das Seine: Mischpulte nach Kundenwunsch.** Durch neuartiges Konzept für jede Anforderung DAS Pult. Weiterhin: Effekt-Einschübe und Aktivboxen für Bühne und Studio. Viele Neuheiten. Infos bei: MiK Elektroakustik, Schwarzwaldstr. 53, 6082 Walldorf. Tel.: 0 61 05/7 50 65. [G]

**Neu! Zoffmusic u. Technics** Hifi-Geräte zu Superpreisen, Sonderliste anfordern. Monacor 91/92 Katalog mit über 5500 Artikeln für Techniker u. Musiker für 20 DM und Ton-Licht Katalog, alles für Band, Disco, Bühne, ... für 10 DM bei Musik & Lichtanlagen, Wengertsteige 31, 7038 Holzgerlingen. [G]

**Steckkarten für PC**, Bausätze, Software. Gratis-Katalog anfordern bei Fa. Softronik, Tel.: 0 80 93/50 90 bis 20.00. [G]

**Solarregler f. Wasserkollektor** mit 2 elektr. Fernföhren komplett 150,— DM. Tel.: 0 58 26/84 57. [G]

**Funktionsgenerator** zu verkaufen! Frequenzbereich bis 150kHz. Preis: 159,50 DM! Tel.: 0 92 62/14 73. [G]

**ELRAD**

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen

## Ehrensache, . . .

daß wir Beiträge und Bauanleitungen aus inzwischen vergriffenen Elrad-Ausgaben für Sie fotokopieren.

Ganz kostenlos geht das jedoch nicht: **Jeder Beitrag**, den wir für Sie kopieren, ganz gleich wie lang er ist, kostet **DM 5,—**. Legen Sie der Bestellung den Betrag bitte **nur in Briefmarken** bei — das spart die Kosten für Zahlschein oder Nachnahme. Und: bitte, Ihren Absender nicht vergessen.

Folgende Elrad-Ausgaben sind vergriffen:  
11/77 bis 2/90. Elrad-Extra 1, 2, 4 und 5.

**HEISE** Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG Helstorfer Str. 7 3000 Hannover 61

## ELEKTRONIK-FACHGESCHÄFTE

## Postleitbereich 1

**6917024**

Elektronische Bauelemente - HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Hasenheide 14-15  
1000 Berlin 61  
030/6917024

## Postleitbereich 2

**balü**  
electronic

**2000 Hamburg 1**  
Burchardstraße 6 — Sprinkenhof —  
**040/33 03 96**

**2300 Kiel 1**  
Schülerbaum 23 — Kontorhaus —  
**0431/67 78 20**

**291721**

Elektronische Bauelemente HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Hamburger Str. 127  
2000 Hamburg 76  
040/291721

Spulen, Quarze, Elektronik-Bauteile, Gehäuse, Funkgeräte:  
**Andy's Funkladen**

Admiralstraße 119, 2800 Bremen, Tel. 0421/353060  
Ladenöffnungszeiten: Mo.-Fr. 8.30-12.30, 14.30-17.00 Uhr.  
Sa. 10.00-12.00 Uhr, Mittwochs nur vormittags.  
Bauteile-Katalog: DM 2,50 CB/Exportkatalog DM 5,50

**V-E-T**  
Elektronik

**V-E-T Elektronik**  
Elektronikfachgroßhandel  
Mühlenstr. 134, 2870 Delmenhorst  
Tel. 0421/17768  
Fax 0421/17669

**Elektronik-Fachgeschäft**

**REICHELT**  
ELEKTRONIK

Kaiserstraße 14  
**2900 OLDENBURG 1**  
Telefon (0441) 1 30 68  
Telefax (0441) 1 36 88

MARKTSTRASSE 101 — 103  
**2940 WILHELMSHAVEN 1**  
Telefon (04421) 2 63 81  
Telefax (04421) 2 78 88

## Postleitbereich 3

**327841**

Elektronische Bauelemente · HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Gosriede 10-12  
3000 Hannover 1  
0511/327841

## RADIO MENZEL

Elektronik-Bauteile u. Geräte

**3000 Hannover 91** · Limmerstr. 3—5  
Tel. 0511/442607 · Fax 0511/443629

## Postleitbereich 4

## Brunenberg Elektronik KG

Lürriper Str. 170 · 4050 Mönchengladbach 1

Telefon 02161/44421

Limitenstr. 19 · 4050 Mönchengladbach 2

Telefon 02166/420406

**K**  
**KUNITZKI**  
ELEKTRONIK

Asterlager Str. 94a  
4100 Duisburg-Rheinhausen  
Telefon 02135/6333  
Telefax 02842/42684

Elektronische Bauelemente, Computerzubehör, Bausätze, Lautsprecher, Funkgeräte, Antennen, Fernsehersatzteile

## Preuß-Elektronik

Schelmenweg 4 (verlängerte Krefelder Str.)  
**4100 Duisburg-Rheinhausen**

Ladenlokal+Versand · Tel. 02135-22064

**NÜRNBERG-**  
**ELECTRONIC-**  
**VERTRIEB**

Uerdinger Straße 121 · 4130 Moers 1  
Telefon 02841/32221

**238073**

Elektronische Bauelemente HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Viehofer Str. 38-52  
4300 Essen 1  
0201/238073

**Qualitäts-Bauteile für den anspruchsvollen Elektroniker**

**Electronic am Wall**  
4600 Dortmund 1, Hoher Wall 22  
Tel. (0231) 16863

ELEKTRONIK · BAUELEMENTE · MESSGERÄTE · COMPUTER

**alpha**  
**electronic**

Berger GmbH  
Hooper Str. 184+186  
**4800 Bielefeld 1**  
Tel.: (0521) 324490 (Computer)  
Tel.: (0521) 324333 (Bauteile)  
Telex: 938056 alpha d  
FAX: (0521) 320435

## Postleitbereich 6

**Armin** elektronische  
Bautelle  
und Zubehör

Frankfurter Str. 302 · **0641/25177**  
**6300 Giessen**

**S**  
**SCHAPPACH**  
ELECTRONIC  
**S6, 37**  
**6800 MANNHEIM 1**

## Postleitbereich 7

**2232873**

Elektronische Bauelemente · HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Eichstraße 9  
7000 Stuttgart 1  
0711/2369821

## Worch Elektronik GmbH

Heiner Worch Ing. grad.  
Groß- und Einzelhandel elektronischer Bauelemente  
Neckarstraße 86, 7000 Stuttgart 1  
Telefon (0711) 281546 · Telex 721429 penny

**KRAUSS** elektronik  
Turmstr. 20, Tel. 07131/68191  
**7100 Heilbronn**

## Postleitbereich 8

**592128**

Elektronische Bauelemente · HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Schillerstr. 23 a  
8000 München 2  
089/592128

**Jodlbauer Elektronik**  
Regensburg, Innenstr. 23  
... immer ein guter Kontakt!

**30-111**

Elektronische Bauelemente HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Klaus-Conrad-Str. 1  
8452 Hirschau  
09622/30-111

**Radio - TAUBMANN**  
Vordere Sternsgasse 11 · 8500 Nürnberg  
Ruf (0911) 224187  
Elektronik-Bauteile, Modellbau,  
Transformatorbau, Fachbücher

**Rauch Elektronik**  
Elektronische Bauteile, Wire-Wrap-Center  
OPPERMANN-Bausätze, Trafos, Meßgeräte  
Ehemannstr. 7 — Telefon 0911/469224  
**8500 Nürnberg**

**263280**

Elektronische Bauelemente · HiFi · Computer · Modellbau · Werkzeug · Meßtechnik · Funk · Fachliteratur

**CONRAD ELECTRONIC**  
Center  
Leonhardstr. 3  
8500 Nürnberg 70  
0911/263280

## RH ELECTRONIC

Eva Späth Tf: 0821-37 431, Fax 51 8727  
Bauteile, Bausätze, Messgeräte,  
Sonderposten, Beratung & Service.

## CORNET AUDIO

Eva Späth & Wolfgang Hänsel  
Telefon 0821-39 830 · Fax: 51 8727  
Laufsprecher & Audio Zubehör,  
Ingenieur Büro für Beschallungsstechnik  
Sat.Antennen Visaton Vertragshändler  
Karlst. 2 Am Obstmarkt 8900 AUGSBURG

**JANTSCH-Electronic**  
8950 Kaufbeuren (Industriegebiet)  
Porschestr. 26, Tel.: 08341/14267  
Electronic-Bauteile zu  
günstigen Preisen

**Electronic-Katalog**  
**200 Seiten**  
**kostenlos**  
**bitte anfordern bei**  
**SCHUBERTH**  
**electronic**  
**8660 Münchberg**  
Wiesenstraße 9 E  
Tel.: 09251/6038  
Fax: 09251/7431  
Händlerliste mit Gewerbenachweis  
anfordern!  
**Kaufen Restposten**

**Voll Hart Metall**  
Bohrer zum Bohren  
von Leiterplatten  
Schaft : 1/8" = 3.2 mm  
Länge : 1 1/2" = 38 mm  
Schneidegeometrie : 130Grad  
rechtsschneidend  
Durchmesser: 0,6 bis 3,2 mm  
1/10 mm stufigend.  
Nur deutsche Markenware

**4.40** 10 St. **36.--**

Versand : NN, + 7.50 pauschal  
Datenblatt & Lagerliste & Li-  
ste über Überbestände elek-  
tronischer Bauteile & Bausät-  
ze & Sonderangebote mo-  
natlich neu gegen frankiertes  
Rückkuvert.

Computerwerbung **Mac Goot**  
D-8851 Holzheim  
Werbung aus der bes-  
seren Computerwelt

**ELECTRONIC vom BAUERNHOF E. Späth**  
Osterfeldstraße 15 D - 8851 Holzheim  
Telefon: 08276-1818  
Fax: 08276-1508  
Telex: 53 805

### PC-I/O-Karten

AD-DA Karte 12 Bit 16 Kanal	DM 139,-
1*12Bit D/A, unip. 0-9V, bip. -9-+9V, 500nsec, 16*12Bit	
A/D: 60usec mit 25-Pin Kabel und viel Software	
AD-A Karte 14 Bit 16 Kanal	DM 329,-
Relais I/O Karte	DM 299,-
16 Relais 150V/1A out und 16*Photo in.	
8255 Parallel 48 * I/O Karte	DM 82,-
48 * I/O, max 2MHz, 3*16Bit Counter, 16 LED, Software	
IEEE 488 Karte	DM 315,-
mit Kabel und GW-Basic Bespielen	
Multi D/A 8 Bit 8 Kanal	DM 349,-
8 D/A Channel, ref-V -9V +9V, 25-Pin Sub-D Anschluß	
Multi D/A 12 Bit 8 Kanal	DM 525,-
8 D/A Channel, ref-V -9V +9V, 25-Pin Sub-D Anschluß	
PC Universal Card	DM 99,-
Leerplatine mit Data-Bus, Address-Bus, I/O Line, Buffer-Circuit	
4 * RS 232 für DOS AT	DM 145,-
8 * RS 232 für DOS AT	DM 279,-
Lieferprogramm kostenlos: Änderungen und Zwischenverkauf vorbehalten. Lieferung per UPS-Nachnahme + Versandkosten.	

Computer-Electronic Stand  
Jürgen Merz  
Lengerichter Str. 21 - D-4543 Lienen  
Telefon/BT 0 54 83/12 19  
Telefax 0 54 83/15 70

### PC / XT / AT - Meß- und Regelkarten

- 1*AD (2µs/500 kHz)/1*DA (1µs), uni/bipolar per DIP-Schalter einstellbar, 8 Bit +/-1 LSB	DM 169,-
- wie oben, jedoch 8*AD, Spannungsbereiche per Software umschaltbar	DM 209,-
- wie vor, jedoch Eingangs-Spannungsbereiche mit Jumper erweiterbar, extern triggerbar	DM 279,-
- 12 Bit +/-1 LSB AD-Meßkarte (9µs), 1*AD, zus. 5 digitale Eingänge, extern triggerbar	DM 289,-
- digitale I/O-Karte, 24 Bit	DM 119,-
Auszug weiterer Karten aus unserem Angebot:	
- PCL-711S: 8*AD(25µs, +/-5V), 1*DA(0-5/10V), 16 digitale Eingänge+16 dig.Ausg., m. Anschlußkit	DM 809,-
- PCL-812: 16*AD(25 µs, +/-1/2/5/10V), 2*DA(0-5/10V), Timer, DMA/Interrupt, dig. Ein-/Ausgänge	DM 975,-
** auch mit progr.-barer Bereichsumschaltung lieferbar **	
- PCL-718: wie PCL-812, jedoch 16*AD/8*AD differentiell (16,6µs/60kHz), 9 Spannungsbereiche	DM 2181,-

*Ihrat Informationen anfordern!*

**bitzer**  
Digitaltechnik  
Postfach 11 33  
7060 Schorndorf  
Tel.: 071 81 / 6 82 82  
Fax: 071 81 / 6 64 50

## Die Inserenten

albs-Alltronic, Ötisheim	99	Haag, Adelberg	96	National Instruments, München	6
Andy's Funkladen, Bremen	93	Himmeröder, Oer-Erkenschwick	98	Ossip Groht, Wedel	7
AP Products, Weil	14	Hofmann, Lappersdorf	97	Pop electronic GmbH, Erkrath	57
Atlas micro, Sprockhövel	77	Hoschar Systemelektronik, Karlsruhe	6	Ramm Wickelmaschinen, Berlin	96, 97
Beckman, München	15	icomatic, Hövelhof	6	Reichelt elektronik, Wilhelmshaven	94, 95
Benkler Elektronik, Neustadt/Weinstr.	93	ILS Institut f. Lernsysteme, Hamburg	104	Rohlederer, Nürnberg	97
Bitzer, Schorndorf	101	Isert Electronic, Eiterfeld	2	Rosenberger GmbH, Schöllkrippen	7
Boddin, Hildesheim	57	Kenwood, Heusenstamm	17	Sahlhöfer, Kulmbach	96
BTV Technischer Vertrieb, Hannover	6	Klein, Aachen	96	Simons electronic, Bedburg	93, 98
CadSoft Computer, Pleiskirchen	11	Köster-Elektronik, Albershausen	60	Späth, Holzheim	101
DDE Dialog, Nürnberg	6	Lehmann Elektronik, Mannheim	97	Schuberth, Münchberg	101
Eggemann, Neuenkirchen	93	Lipinski Niendorf Busch GmbH,		Tennert Elektronik, Weinstadt-Endersbach	97
ELEKTRA-VERLAG gmbH, Neubiberg b. München	36	Dormagen	14	Wiesemann & Theis, Wuppertal	41
Elektronik Laden, Detmold	6	Lippmann Elektronik, Taufkirchen	75	Zeck Music, Waldkirch	75
elpro, Ober-Ramstadt	97	Lürßen, Dornburg	96		
eMedia GmbH, Hannover	17, 35, 92, 96, 98	LSV Lautsprecher, Hamburg	96		
Engelman & Schrader, Eldingen	75	Maier, München	10		
es-Lasersysteme, Mössingen	98	Mayr, Rom Elektronik, Krumbach	97		
Experience, Herbrechtingen	93	Merz Electronic Versand, Lienen	101		
Frech-Verlag, Stuttgart	59	Metec GmbH, Hermannsburg	6		
Friedrich, Eichenzell	96	MOVTEC Stütz & Wacht GmbH,			
Gerth, Berlin	7	Schönberg	6		
gn electronics, Rutesheim	99	Mutronic, Rieden	14		
Graf Elektronik, Kempten/Allgäu	37	Müter, Oer-Erkenschwick	98		
		MWC Micro Wave Components,			
		Alfter-Oedekoven	49		

Dieser Ausgabe liegt ein Beiheft der Firma WEKA-Verlag AG, Zürich, bei.

### Impressum

ELRAD

Magazin für Elektronik und technische Rechneranwendungen  
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Helstorfer Str. 7, Postfach 61 04 07, 3000 Hannover 61  
Telefon: 05 11/53 52-0, Telefax: 05 11/53 52-1 29  
Postgiroamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308  
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968  
(BLZ 250 502 99)

Technische Anfragen nur mittwochs 10.00-12.30 und 13.00-15.00 Uhr unter der Tel.-Nr. (0511) 5 47 47-0 oder Fax (0511) 5 47 47-33

Herausgeber: Christian Heise  
Chefredakteur: Manfred H. Kalsbach (verantwortlich)  
Redaktion: Johannes Knoff-Beyer, Dipl.-Phys. Peter Nonhoff; Peter Rößle-Doerr, Hartmut Rogge, Dipl.-Ing. (FH) Detlef Stahl  
Ständige Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Eckart Steffens  
Redaktionsekretariat: Heidemarie Finke, Lothar Segner  
Korrektur und Satz: Wolfgang Otto (verantwortl.), Angelika Ballath, Hella Franke, Martina Fredrich, Edith Tötsches, Dieter Wahner  
Technische Zeichnungen: Margit Kellner  
Labor: Hans-Jürgen Berndt  
Grafische Gestaltung: Wolfgang Ulber (verantwortl.), Ben Dietrich Berlin, Christoph Neuhöffer, Dirk Wollschläger  
Fotografie: Fotodesign Lutz Reinecke, Hannover  
Verlag und Anzeigenverwaltung:  
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Helstorfer Str. 7, Postfach 61 04 07, 3000 Hannover 61  
Telefon: 05 11/53 52-0, Telefax: 05 11/53 52-1 29  
Telex: 9 23 173 heise d  
Geschäftsführer: Christian Heise, Klaus Hausen  
Objektleitung: Wolfgang Penseler

Anzeigenleitung: Irmgard Ditgens (verantwortlich)

Anzeigenverkauf: Werner Wedekind

Disposition: Elke Oesten, Kirsten Rohrberg

Verlagsbüro: Ohm-Schmidt GmbH, Obere Straße 39, 6781 Hilft, Telefon: 0 63 35/50 51-54, Telefax: 0 63 35/50 61

Anzeigen-Auslandsvertretungen:

Hongkong: Heise Publishing Rep. Office, Suite 811, Tsim Sha Tsui Centre, East Wing, 66 Mody Road, T.S.T. East, Kowloon, Hong Kong, Tel.: (852) 72 1 5151, Fax: (852) 72 1 38 81

Singapur: Heise Publishing Rep. Office, #41-01A, Hong Leong Building, 16 Raffles Quay, Singapore 0104, Tel: 0 65-2 26 11 17, Fax: 0 65-2 21 31 04

Taiwan: Heise Publishing Rep. Office, 4 F., 25 Tunhua South Road, Taipei, Taiwan, R.O.C., Tel: (886) 27 75-49 21, Fax: (886) 27 75-41 57

Anzeigenpreise:

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 13 vom 1. Januar 1991

Vertrieb: Wolfgang Bornschein

Produktion:

Herstellung: Heiner Niens (Leitung), Rüdiger Schwerin

Satztechnik (DTP): Thomas Nießen

Druck: C.W. Niemeyer GmbH & Co. KG, Osterstr. 19  
3250 Hameln 1, Telefon: 0 51 51/2 00-0

ELRAD erscheint monatlich.

Einzelpreis DM 6,80 (65 58,-/ sfr 6,80)

Das Jahresabonnement kostet: Inland DM 71,40 (Bezugspreis DM 54,- + Versandkosten DM 17,40), Ausland DM 78,60 (Bezugspreis DM 50,40 + Versandkosten DM 28,20); Studentenabonnement/Inland DM 61,20 (Bezugspreis DM 43,80 + Versandkosten DM 17,40), Studentenabonnement/Ausland DM 69,- (Bezugspreis DM 40,80 + Versandkosten DM 28,20). (Nur gegen Vorlage der Studienbescheinigung!) Luftpost auf Anfrage. (Konto für Abo-Zahlungen: Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Postgiro Hannover, Kto.-Nr. 401 655-304 (BLZ 250 100 30)) Bezugzeit: Das Abonnement gilt zunächst für 1 Jahr; es verlängert sich, wenn nicht 6 Wochen vor Ablauf dieses Jahres schriftlich beim Verlag Heinz Heise gekündigt wird, um ein weiteres Jahr.

Kundenkonto in Österreich:

Österreichische Länderbank AG, Wien, BLZ 12000, Kto.-Nr. 130-129-627/01

Kundenkonto in der Schweiz:

Schweizerischer Bankverein, Zürich, Kto.-Nr. PO-465 060 0

Versand und Abonnementverwaltung:

SAZ marketing services

Gutenbergstraße 1-5, 3008 Garbsen, Telefon: 0 51 37/13 01 26

In den Niederlanden Bestellung über:

de muiderkring bv PB 313, 1382 jl Weesp

Jahresabonnement hfl. 91,-; Studentenabonnement: hfl. 81,-)

In Österreich Bestellung über:

EBV - Friederike Strappler, Marktplatz 26, 4680 Haag

Jahresabonnement: öS 600,-; Studentenabonnement: öS 540,-)

Lieferung an Handel (auch für Österreich und die Schweiz):

Verlagsunion Pabel Moewig KG

Postfach 57 07, D-6200 Wiesbaden, Telefon: 0 61 21/2 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 Verfügungsberecht 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.

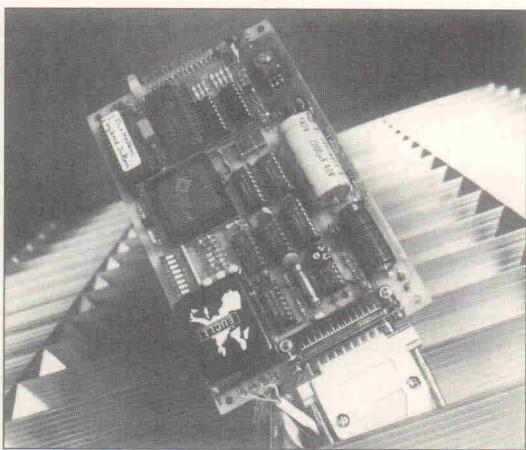
Printed in Germany

© Copyright 1991 by

Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG

**ISSN 0170-1827**





## Projekt: Fax-Modem

Das gegenwärtige Angebot an Chipsätzen für Modems und Fax-Modems ist groß. Mit dem hier gewählten Sierra-Chipsatz wurden folgende Features realisiert: Stand-Alone, ansteuerbar über RS-232, Hayes-Befehlssatz im EPROM, Modem: 2400 Baud voll duplex, Sendfax: 4800 Baud G3, Line-Interface zum Telefonnetz als Fertigmodul – daher als Modem postgenehmigungsfähig, Europakarte, Steckernetzteil.

## Brummbremsen

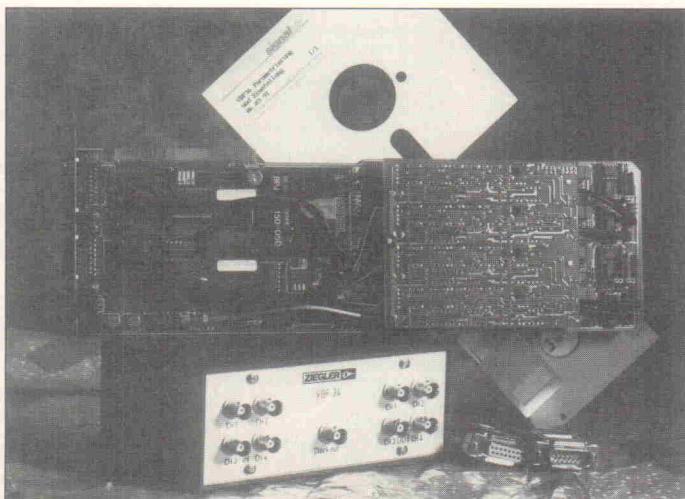
Die große, schwere Netzdrossel hatte in den Gründerjahren der Elektronik noch mehr Gewicht – aufgrund ihrer Bedeutung: Sie war ein weit verbreitetes, unverzichtbares Bauelement. Mit zunehmender Miniaturisierung der Elektronik und dank der Fortschritte in der Kondensatoren- und Elektrolyt-Technik

aber geriet sie zunehmend in Vergessenheit. Heute sieht es wiederum so aus, daß manches Farad in hochwertigen Audioverstärkern durch ein volumenparendes Henry ersetzt werden könnte, wenn der Entwickler mit den Grundlagen der Berechnung von Siebdrosseln vertraut wäre. So gesehen, ist auch dieser Beitrag über die Brummbremsen durchaus gewichtig.

## Filterbaugruppen für die Meßtechnik

Immer dann, wenn man mit quantisierenden Meßverfahren eine analoge Größe erfaßt, bekommt man es mit dem Aliasing-Effekt zu tun, der immer eine Verfälschung des Meßergebnisses verursacht. Aber

auch das probate Gegenmittel, die Bandbegrenzung durch Filter, ist nicht unproblematisch. Laufzeitfehler, Nichtlinearitäten im Durchlaßbereich und Überschwinger können sich verheerend auswirken. Wie es mit der Qualität professioneller Industrieprodukte für diesen fraglos wichtigen Aspekt der Meßtechnik aussieht, zeigen unsere Untersuchungen.



## Dies & Das



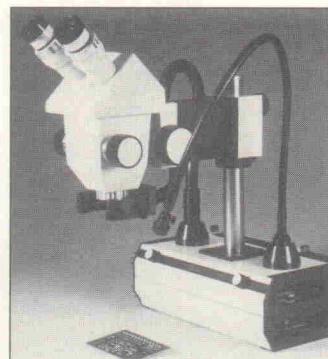
### 16 : 9 – Update fürs Pantoffelkino

In diesem Monat will Telefunken das weltweit erste 'Konsumentengerät' mit dem Bildschirmseitenverhältnis 16 : 9 auf den Markt bringen. Wer bei der Premiere dabei sein will, muß viel dafür übrig haben: 8999,- DM für den Fernseher plus 599,- DM fürs Rack. Doch dafür gibt's eine Menge Technik: Universal-tuner, D2-Mac-Direktempfang, Videotext mit acht Seitenspeichern, Zeilenverdopplung, sichtbare Diagonale 86 cm, Bild-in-Bild-(PiP-) und Bild-außerhalb-Bild-(PoP-)Funktionen, 105 Programmplätze, Audio 2 x 70 W, Surround-Sound, sechs Lautsprecher einschließlich Baßreflexsystem, 5-Band-Equalizer und vieles mehr.

## Sensorik

Im Mittelpunkt der 'Sensor 91' – der im dreijährigen Rhythmus stattfindenden Kongressmesse – standen diesmal vor allem Sensor-Bussysteme. Aus Anlaß dieses weltweit wichtigsten Termins der Sensorik informiert unser Bericht über den aktuellen Stand der Bus-Technologien und neue Halbleiter-Sensoren.

## Markt: SMT-Arbeitsplätze

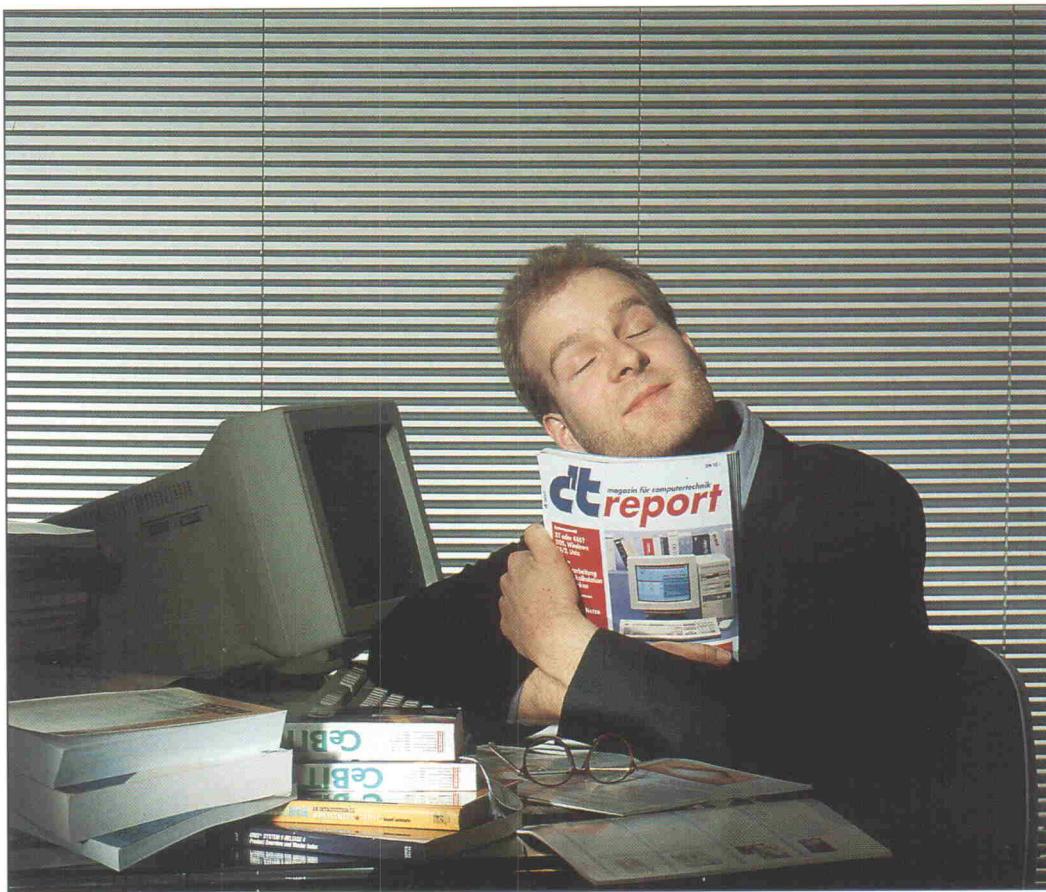


Die Fertigung SMT-bestückter Leiterplatten erfolgt in der Regel vollautomatisch. Wer jedoch Schaltungen entwickelt oder im Service arbeitet, braucht geeignete Hilfsmittel, um die Surface Mounted Devices zu plazieren oder auszulöten. Wie derartige SMT-Arbeitsplätze heute aussehen und welche Werkzeuge der Markt bietet, zeigt die Übersicht in der nächsten Ausgabe.

Das Gerät ist mit PAL, Secam und NTSC kompatibel und kann die heute schon ausgestrahlte D2-Mac-Norm empfangen, sowohl direkt als auch über Kabel im Hyperband.

Die Mac-Norm, so ein Telefunken-Sprecher, stelle einen verbraucherfreundlichen, gleitenden Übergang zu HDTV dar, und mit diesem neuen TV-Gerät vollziehe er sich in klaren, logischen Schritten. Ergänzend sollte man hinzufügen, daß das Breitwand-Pantoffelkino in klaren, logischen Schritten billiger werden muß, damit nicht nur der technische, sondern auch der Preisbereich einen verbraucherfreundlichen, gleitenden Übergang darstellt.

# Know-how beruhigt



## Orientierung kann so einfach sein ...

Angebotsfülle und Schnellebigkeit des Computermarktes machen es nicht leicht, den Überblick zu behalten und die Spreu vom Weizen zu trennen. Hier ist das aktuelle c't-Sonderheft die unentbehrliche Informationsquelle.

**c't report** bringt umfassend und kompetent

- Maßstäbe für die Bewertung von Neuheiten
- wertvolles, langfristig nutzbares Grundlagenwissen für den Anwender
- zuverlässige Kriterien für die qualitätsbewußte Kaufentscheidung.

**c't report** bietet geballtes Know-how über die wichtigsten Betriebssysteme, Programmiersprachen, Anwenderprogramme wie Datenbanken oder Tabellenkalkulation. Es bringt Sie auf den Stand der Netzwerktechnik und Datenfernübertragung, berichtet über zukunftsträchtige Entwicklungen wie neuronale Netze und Multimedia. Auch die Hardware kommt nicht zu kurz: konkrete Fakten und Details zu Prozessoren, Speichern, Festplatten, Grafikkarten, Netzwerken, Monitoren und Druckern.

**Ab sofort für 10 DM überall dort, wo es Zeitschriften gibt.  
Oder direkt beim Verlag. Nutzen Sie die Bestellkarte am Heftende  
(Bestellung nur gegen Vorauszahlung).**

**XT oder 80486?**

**Windows, OS/2, Unix**

**EGA bis TIGA**

**Floppy bis Optical**

**Netzwerke**

**Nadel oder Laser?**

**Modem, Fax, Btx**

**Anwendersoftware**

**Neuronale Netze**

**Jetzt am Kiosk**

The cover of the magazine 'ct report' features a central photograph of a computer monitor displaying a graphical user interface. To the left, there's a stack of papers or books, and to the right, a keyboard and mouse. The title 'ct report' is prominently displayed at the top in a large, stylized font. Below the title, there's a column of text listing topics like 'Systemeck', 'XT oder 486?', 'DOS, Windows, OS/2, Unix', 'Software', 'Textverarbeitung', 'Tabellenkalkulation', 'Datenbanken', 'Neue Programme', 'DOPS', 'Neuronale Netze', 'Computerbau', 'Netzwerke', 'Modem, Fax, Btx', and 'Hardware'. At the bottom, there are three smaller images: one of a printer labeled 'Drucker Von Nadel bis Laser', one of a monitor labeled 'Monitor Von EGA bis TGA', and one of a circuit board labeled 'Hauptplatine Von Floppy bis Optical'.



Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG  
Postfach 61 04 07, 3000 Hannover 61

