

Audio
IR-Stereo-Transceiver
2-Wege-Aktivblock

Labor
Multi-Netzgerät mit DVM
Laborblätter: Nf-Symmetrierer

Datenübertragung
PED-Programmierbarer
Enkoder/Dekoder
RS-232-C-Grundlagen

Report
Cockpit-Voice-Recording
Chip-Design per Computer

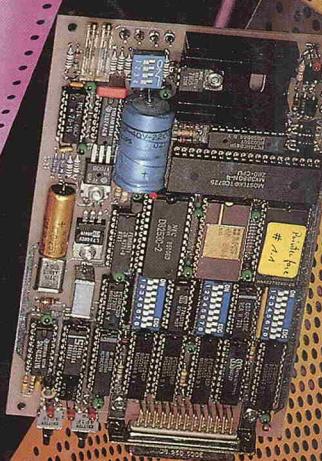
Drucker als x/t-Schreiber
Printerface

Heft im Heft:
Sonderteil Sensoren und Signale

H 5345 EX

magazin für elektronik
elrad

PEA



Ringkerntransformatoren nach VDE 0550

Deutsches Markenfabrikat
Industriequalität



| | |
|-----------------------|-----------------|
| kleine Abmessungen | 42,50 DM |
| R 8012 2x12V 2x3,4A | 52,40 DM |
| R 8015 2x15V 2x2,7A | 77x46 mm |
| R 8020 2x20V 2x2,0A | 0,80 kg |
| R 8024 2x24V 2x1,7A | 1,30 kg |
| 170 VA | 57,90 DM |
| R 17015 2x15V 2x5,7A | 120 VA |
| R 17020 2x20V 2x4,0A | 52,40 DM |
| R 17024 2x24V 2x3,6A | 98x50 mm |
| R 17030 2x30V 2x2,9A | 1,60 kg |
| 340 VA | 74,80 DM |
| R 34018 2x16V 2x9,5A | 500 VA |
| R 34024 2x20V 2x11A | 69,80 DM |
| R 34030 2x30V 2x6,7A | 118x57 mm |
| R 34036 2x36V 2x4,7A | 2,80 kg |
| 700 VA | 125,70 DM |
| R 70030 2x30V 2x12,0A | 1100 VA |
| R 70042 2x42V 2x 8,3A | 174,50 DM |
| R 70048 2x48V 2x 7,3A | 139x68 mm |
| R 70049 2x48V 2x 7,3A | 10,10 kg |
| R 70060 2x60V 2x 5,8A | 110000 VA |

Ringkerntransformator-Sonderservice

Wir fertigen Ihren ganz speziellen Ringkerntrafo maßgeschneidert.

Sonderanfertigungen aller oben angegebenen Leistungsklassen erhalten

Sie Ihre Spannungen ihrer Wahl.

Mögliche Eingangsspannungen: 200V, 2x110V

Mögliche Ausgangsspannungen: Spannungen von ca. 8V-100V

Der Preis für Sonderanfertigungen beträgt:

Grundpreis des Serientrertos mit entsprechender Leistung plus 12,- DM.

Dieser Preis enthält zwei Ausgangspg. oder eine Doppelpg. Ihrer Wahl.

Weitere Spannungen oder Spannungsabgriffe jeweils Aufpreis 5,- DM.

Schirmwicklung zwischen Primär- und Sekundärwicklung 4,- DM.

Die Lieferzeit für Sonderanfertigungen beträgt 2-3 Wochen!

Ringkerntransformatoren Baureihe „LN“

Ringkerntransformatoren sind ab sofort auch als „LN-Typen“ lieferbar. Ein spezielles Herstellungsverfahren garantiert extrem geringes Streufeld und minimale Geräuschemission.

Bevorzugter Anwendungsbereich: Hochwertige Vor- u. Endverstärker

Lieferbare Leistungsklassen: 50, 100, 200, 400, 900 VA

Genauere Angaben und Preise enthält unsere Neuheitenliste 88.

220 V / 50 Hz-Stromversorgung – netzunabhängig aus der 12 V- oder 24 V-Batterie

FA-Rechteck-Wechselrichter

Ausgangsspannung

220 V unregelbar, rechteckig

Freiabstimmbar konst.

50 Hz ± 0,5% ●

Wirkungsgrad ca. 90% ●

geringer

Leeraufstrom ●

kurzzeitig bis

1,5-fachen Nennwert überlastbar.

12V- oder 24V-Ausführung überlastbar.

Preis lieferbar.

Batteriespannung angeben!



Bevorzugte Einsatzbereiche sind u.a.: Verbraucher mit nicht zu hoher Anlaufleistung wie z.B. Beleuchtung, Fernseher, kleinere Motoren u.w.

Weitere technische Angaben siehe Liste

Betriebsbereiter offener Baustein:

FA 5 12V oder 24V - 200VA

FA 7 12V oder 24V - 400VA

UVR 12/2400 24V/600VA

UVR 12/2400 24V/1200VA

UVR 12/2400 24V/2400VA

UVR 12/2400 24V/4800VA

UVR 12/2400 24V/9600VA

UVR 12/2400 24V/19200VA

UVR 12/2400 24V/38400VA

UVR 12/2400 24V/76800VA

UVR 12/2400 24V/153600VA

UVR 12/2400 24V/307200VA

UVR 12/2400 24V/614400VA

UVR 12/2400 24V/1228800VA

UVR 12/2400 24V/2457600VA

UVR 12/2400 24V/4915200VA

UVR 12/2400 24V/9830400VA

UVR 12/2400 24V/19660800VA

UVR 12/2400 24V/39321600VA

UVR 12/2400 24V/78643200VA

UVR 12/2400 24V/157286400VA

UVR 12/2400 24V/314572800VA

UVR 12/2400 24V/629145600VA

UVR 12/2400 24V/1258291200VA

UVR 12/2400 24V/2516582400VA

UVR 12/2400 24V/4993164800VA

UVR 12/2400 24V/9986329600VA

UVR 12/2400 24V/19972659200VA

UVR 12/2400 24V/39945318400VA

UVR 12/2400 24V/79890636800VA

UVR 12/2400 24V/159781273600VA

UVR 12/2400 24V/319562547200VA

UVR 12/2400 24V/639125094400VA

UVR 12/2400 24V/127825018800VA

UVR 12/2400 24V/255650037600VA

UVR 12/2400 24V/511300075200VA

UVR 12/2400 24V/1022600150400VA

UVR 12/2400 24V/2045200300800VA

UVR 12/2400 24V/4090400601600VA

UVR 12/2400 24V/8180801203200VA

UVR 12/2400 24V/16361602406400VA

UVR 12/2400 24V/32723204812800VA

UVR 12/2400 24V/65446409625600VA

UVR 12/2400 24V/130892819252800VA

UVR 12/2400 24V/261785638505600VA

UVR 12/2400 24V/523571277011200VA

UVR 12/2400 24V/1047142554022400VA

UVR 12/2400 24V/2094285108044800VA

UVR 12/2400 24V/4188570216089600VA

UVR 12/2400 24V/8377140432179200VA

UVR 12/2400 24V/1675428086358400VA

UVR 12/2400 24V/3350856172716800VA

UVR 12/2400 24V/6701712345433600VA

UVR 12/2400 24V/1340342468867200VA

UVR 12/2400 24V/2680684937734400VA

UVR 12/2400 24V/5361769875468800VA

UVR 12/2400 24V/1072353975933600VA

UVR 12/2400 24V/2144707951867200VA

UVR 12/2400 24V/4289415903734400VA

UVR 12/2400 24V/8578831807468800VA

UVR 12/2400 24V/1715766361493600VA

UVR 12/2400 24V/3431532722987200VA

UVR 12/2400 24V/6863065445974400VA

UVR 12/2400 24V/1372613089194800VA

UVR 12/2400 24V/2745226178389600VA

UVR 12/2400 24V/5490452356779200VA

UVR 12/2400 24V/10980904715558400VA

UVR 12/2400 24V/21961809431116800VA

UVR 12/2400 24V/4392361886223200VA

UVR 12/2400 24V/8784723772446400VA

UVR 12/2400 24V/1756944754891200VA

UVR 12/2400 24V/3513889509782400VA

UVR 12/2400 24V/7027779019564800VA

UVR 12/2400 24V/1405555803912800VA

UVR 12/2400 24V/2811111607825600VA

UVR 12/2400 24V/5622223215651200VA

UVR 12/2400 24V/11244446431302400VA

UVR 12/2400 24V/22488892862604800VA

UVR 12/2400 24V/44977785725209600VA

UVR 12/2400 24V/89955571450419200VA

UVR 12/2400 24V/17991114290838400VA

UVR 12/2400 24V/35982228581676800VA

UVR 12/2400 24V/71964457163353600VA

UVR 12/2400 24V/14392891432670400VA

UVR 12/2400 24V/28785782865340800VA

UVR 12/2400 24V/57571565730681600VA

UVR 12/2400 24V/115143131461363200VA

UVR 12/2400 24V/220286262922726400VA

UVR 12/2400 24V/440572532845452800VA

UVR 12/2400 24V/881145065690905600VA

UVR 12/2400 24V/176229013138181200VA

UVR 12/2400 24V/352458026276362400VA

UVR 12/2400 24V/704916052552724800VA

UVR 12/2400 24V/140983210505449600VA

UVR 12/2400 24V/281966421010899200VA

UVR 12/2400 24V/563932842021798400VA

UVR 12/2400 24V/112786568043596800VA

UVR 12/2400 24V/225573136087193600VA

UVR 12/2400 24V/441146272174387200VA

UVR 12/2400 24V/882292544348774400VA

UVR 12/2400 24V/17645858869775200VA

UVR 12/2400 24V/35291717739550400VA

UVR 12/2400 24V/70583435479100800VA

UVR 12/2400 24V/14116667058201600VA

UVR 12/2400 24V/28233334116403200VA

UVR 12/2400 24V/56466668232806400VA

UVR 12/2400 24V/11283333645612800VA

UVR 12/2400 24V/22566667291225600VA

UVR 12/2400 24V/44333334582451200VA

UVR 12/2400 24V/88666679164902400VA

UVR 12/2400 24V/17733339830804800VA

UVR 12/2400 24V/35499979661609600VA

UVR 12/2400 24V/70999959333219200VA

UVR 12/2400 24V/14199991866438400VA

UVR 12/2400 24V/28399983732876800VA

UVR 12/2400 24V/56799967465753600VA

UVR 12/2400 24V/11359993531150400VA

UVR 12/2400 24V/22719987102300800VA

UVR 12/2400 24V/44499974204601600VA

UVR 12/2400 24V/88999948409203200VA

UVR 12/2400 24V/17899999618406400VA

UVR 12/2400 24V/35999999236812800VA

UVR 12/2400 24V/71999999473625600VA

UVR 12/2400 24V/14399999857451200VA

UVR 12/2400 24V/28799999714902400VA

UVR 12/2400 24V/57599999429804800VA

UVR 12/2400 24V/11719999859609600VA

UVR 12/2400 24V/22439999719219200VA

UVR 12/2400 24V/44899999438438400VA

UVR 12/2400 24V/89199999876876800VA

UVR 12/2400 24V/17839999753353600VA

UVR 12/2400 24V/35679999506707200VA

UVR 12/2400 24V/71359999803414400VA

UVR 12/2400 24V/14275999706803200VA

UVR 12/2400 24V/28555999413606400VA

UVR 12/2400



Heft im Heft

Ein Doppelheft im Sommer — eine heftig sinnvolle Einrichtung: Leser und Redaktion machen in dieser Zeit ohnehin verschärft Urlaub. Die Abonnenten bekommen also ihr Heft 8 nicht erst dann in den Briefkasten, wenn sie in Mallorca oder anderswo weilen, die Kiosk-Kunden verpassen ihr Heft nicht mangels Anwesenheit, und auch die federführenden (heute eher rechnergeführten) Redakteure haben die Chance, ein paar Tage Urlaub zu machen, ohne daß gleich ein personelles Sommerloch entsteht.

Klar, daß so ein Sommerheft damit zu einer Art Sonderheft wird: dicker als sonst — klar. Aber sonst wie sonst? Eine zusammengewürfelte, aufgeblähte Schaltungssammlung — ein Halbheftenheft also — soll es ja schließlich nicht werden. Apples & Co bringt elrad schließlich ganzjährig konsequent in 'Schaltungstechnik aktuell', in den Laborblättern und in vielen anderen Artikeln. Und nur ein Heft wie immer, nur dicker — auch zu banal. Also: einen Schwerpunkt schaffen!

Für dieses Heft bot sich das Thema 'Sensoren, Sensorik' geradezu an. Vom 3. bis zum 5. Mai lief in Nürnberg die 'Sensor '88', eine Messe für alle Fälle, bei denen eine wie auch immer geartete physikalische Größe in eine elektrische umgewandelt werden muß. Eine schier unendliche Palette...

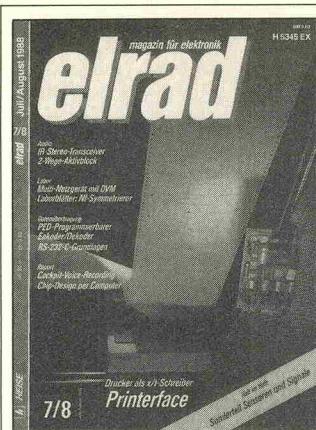
7/8 also mit Schwerpunkt 'Sensorik' — ein Heft im Heft mit 36 Seiten, die sich ausschließlich mit diesem Thema beschäftigen. Das Heft im Heft mit aktuell-Meldungen, mit Grundlagen, Projekten, Literaturangaben, Buchrezensionen, Applikationen.

Ein Thema mal so richtig durchziehen: Das bringt Know-how, da kann man sich in eine Materie hineinknien. Nahe liegender Schluß — das machen wir öfter! Nächstes Heft mit Schwerpunktthema wird elrad 12/88 sein. Und danach geht es dann in vierteljährlicher Folge weiter: jedes dritte Heft mit einem 32-seitigen Sonderteil in der Mitte — zum Heraustrennen, Archivieren... Motto: Ihre elrad bleibt, wie sie ist und wird in jedem dritten Heft um

ein Sonderthema erweitert, in dessen Rahmen selbstverständlich auch Bauprojekte vorgestellt werden — sehr professionelle Projekte.

Mit diesen Zeilen verabschiede ich mich bei unseren Lesern als elrad-Redakteur. Daß es ausgerechnet Worte zur zukünftigen Entwicklung von elrad sind, läßt vermuten, daß ich auch weiterhin — als freier Journalist — meiner 'alten Heimat' eng verbunden bleiben werde.

Michael Oberesch



Titlegeschichte

Drucker

als x/t-

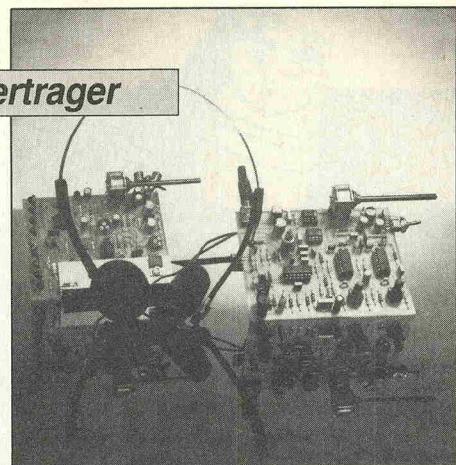
Schreiber

Als typisches Gerät in der Peripherie des Computers sind Drucker heute weit verbreitet. Ab sofort gilt: Wo ein Drucker ist, ist ein x/t-Schreiber nicht weit. Benötigt wird nur noch das 'Printerface' — das elrad-Titelprojekt dieser Ausgabe.

■ Seite 56

**Dot-
line**

Stereo-IR-Übertrager



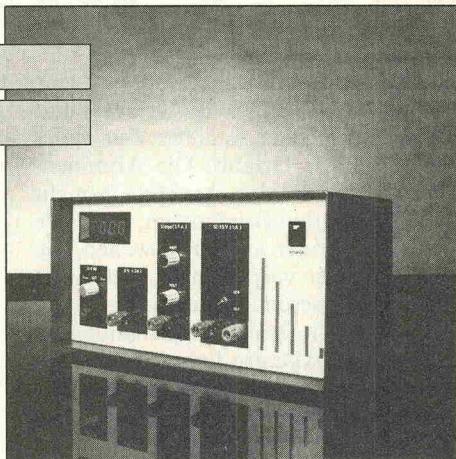
Lange Struppen sind hinderlich — wer über seinen Kopfhörer ungestört Musik hören will, kann ein Lied davon singen. Aber wer wird denn gleich in die Luft gehen — obwohl ... Das ist die Lösung! Mit Infrarotwellen. Und da der Infrarot-Übertrager

Stereo-Signale übermitteln soll, arbeitet er selbstverständlich zweikanalig. Wie, steht auf

■ Seite 24

Universal-

Netzgerät



Wer des öfteren Halbleiter-Schaltungen entwickelt und die Geräte anschließend einem Testlauf unterzieht, wird erstaunt festgestellt haben, daß man für die meisten Geräte mit einer knappen Handvoll verschiedener Spannungen auskommt. Der hier beschriebene Entwicklungshelfer

stellt diese gebräuchlichen Spannungen zur Verfügung — und einem seiner Ausgänge kann eine variable Spannung entnommen werden.

■ Seite 30

Gesamtübersicht

Seite

„...“ 3

Dies & Das 6

aktuell 8

Schaltungstechnik
aktuell 16

Stereo-IR-Sender/
Empfänger
Leinen los! 24

Universal-Netzgerät
Entwicklungshelfer 30

Das neue IC: PEDxx
Daten-Wechselsprech-
anlage 34

Drum-to-Midi
Schlagwandler 40

Grundlagen:
IC-Herstellung
Computer als
Maskenbildner 43

elrad-Sonderteil
Sensoren und Signale 49

Report: Cockpit-Voice-
recording 89

Überlebenskünstler 89

Aktivbox-Endstufe
Kraftwerksblock 92

RS-232-C-Schnittstelle
Bits im Gänsemarsch 99

Die elrad-Laborblätter
Symmetrische
Signalübertragung 107

Die elrad-Laborblätter
Kombi-OpAmp
LM 10 (1) 115

Die Buchkritik 118

IC-Express 118

SMD-Telegramm 119

Englisch für
Elektroniker 120

Layouts 122

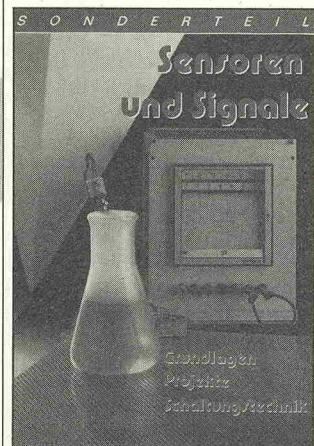
Elektronik-
Einkaufsverzeichnis 129

Die Inserenten 133

Impressum 133

Vorschau 134

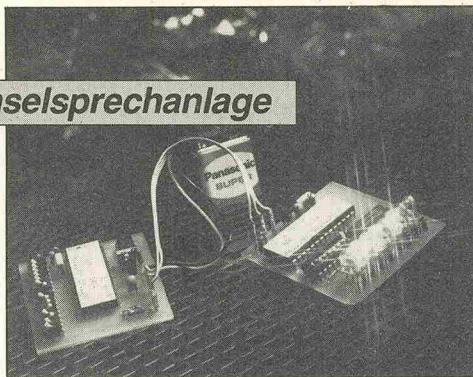
*S. 117
Heiland*



Daten-Wechselsprechanlage

Ein Chip namens
PED — Program-
mierbarer Enkoder/
Dekoder eröffnet
neue Möglichkeiten
der Datenüber-
tragung: ASU
— Adressierbar,
Seriell, Universell.

Beim PED-Ideen-



wettbewerb kann
jeder mitmachen.

Seite 34

Überlebenskünstler!

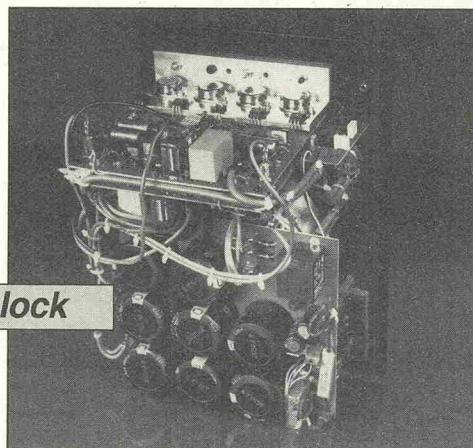
Am Tag, als diese
Zeilen geschrieben
wurden, am 27.
Mai 1988, stürzte
eine dänische
Frachtmaschine auf
dem Flughafen
Hannover ab. Beide
Piloten starben.
Also wird man wie-

der einmal genötigt
sein, nach 'cockpit-
voicerecorder' und
Flugschreiber zu
suchen — zwei Ge-
räte, die immer
überleben.

Seite 89

Kraftwerksblock

200 Watt pro Kanal
bringt dieser End-
stufen-Einschub an
die Chassis einer
Aktivbox. Seine
Besonderheiten:
Einschaltverzöge-
rung, Schutzschal-
tung, Softstart des
Netzteils ... Alles



nach Wahl und Be-
darf — weil
modular.

Seite 92

Hintergrund

DIN und das Ausland

Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) kann und will sich bei seiner Arbeit nicht auf nationale deutsche Anforderungen beschränken. Vor allem im Hinblick auf die für 1992 vorgesehene Verwirklichung des gemeinsamen Binnenmarktes der Europäischen Gemeinschaft sieht man in verstärkten Norm-Aktivitäten Vorteile für die Bundesrepublik Deutschland.

Die großen Binnenmärkte der USA (250 Millionen Einwohner) und Japans (125 Millionen Einwohner) bieten der dortigen Wirtschaft noch immer bessere wirtschaftliche Grundlagen als sie die Wirtschaft in Westeuropa (320 Millionen Einwohner) vorfindet. 200 Mrd. DM pro Jahr gehen für Doppelmaßnahmen der zwölf EG-Mitgliedsländer verloren, davon 90 Mrd. DM durch die fehlende Harmonisierung im Bereich der Normen.

Die Bundesrepublik Deutschland hat insgesamt 20.000 DIN-Normen. Die Zahl in anderen Ländern der EG ist vergleichbar hoch. Bis hier sind aber westeuropäisch erst rund 1.000 Normen harmonisiert worden. Dazu kommen 10.000 weltweit harmonisierte Normen, die für Westeuropa zum Teil unmittelbar Anwendung finden. Es ist also ein erheblicher Harmonisierungsbedarf vorhanden, der durch neue Technikentwicklungen noch verstärkt wird. Ein großer Binnenmarkt hat Vorteile, abgesehen davon, daß er Bestandteil der politischen Einigung Europas ist. Zu den Vorteilen gehört, daß ein großer Markt den Unternehmen erlaubt, größere

Serien zu fertigen und sich auf bestimmte Produktbereiche zu spezialisieren.

Die Harmonisierung der Normen ist in EG und EFTA der nichtstaatlichen Europäischen Normenorganisation CEN/CENELEC, der Vereinigung der nationalen europäischen Normenorganisationen übertragen. Diese Organisation arbeitet zur Zeit in 142 Technischen Komitees. Das DIN hat sich mit der Übernahme der Sekretariate von 56 dieser Komitees (39%) einen weitreichenden organisatorischen Einfluß gesichert. Schwierigkeiten bestehen darin, genügend Experten zu finden, die die deutschen Belange in den Beratungen der Komitees vertreten. Die nachdrückliche Vertretung deutscher Interessen im Frühstadium der europäischen Normung ist am ehesten geeignet, spätere kostspielige Produktionsumstellungen zu vermeiden.

Arbeitsschwerpunkte der nächsten Zeit sind: Bauprodukte (Baurecht), Maschinenbau (Gerätesicherheit), Lebensmittel (Prüfverfahren, evtl. auch Vereinheitlichung der Angabe von Inhaltsstoffen auf den Etiketten), Biotechnik (Schnittstellen zwischen Geräten, Prüfverfahren für Mikroorganismen, Leistungsfähigkeit, Sicherheitsanforderungen für Labor- und großtechnische Anwendung).

Aber auch EG und EFTA sind für das DIN noch zu enge Toleranzgrenzen. Derzeit wird mit GOST, dem Staatskomitee für Standardisierung der UdSSR eine bilaterale Zusammenarbeit vorbereitet. Ein Memorandum über die Vorbereitung einer Vereinbarung über technisch-wissenschaftliche Zusammenarbeit bei der Normung ist bereits un-

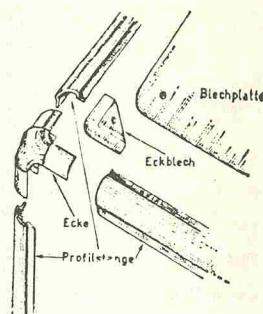
terzeichnet. Die Initiative dazu ging von GOST aus. DIN erwägt derzeit folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Praktische Anwendung der Normen DIN ISO 9000 bis DIN ISO 9004, die sich mit Qualitätsicherungssystemen beschäftigen.
- Rechnergestütztes Konstruieren (CAD) mit DIN-Normteilen.
- Informationsdatenbanken, ähnlich dem Deutschen Informationszentrum für techni-

sche Regeln (DITR) beim DIN.

- Elektronisches Publieren technischer und wissenschaftlicher Texte.
- Studie über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Normen in der Betriebspraxis.
- Anwendung von DIN-Normen in der Praxis.

Im Gegenzug erwartet DIN nun von GOST Vorschläge, die produktbezogene Normen zum Inhalt haben.



eingebaut. Es handelt sich dabei um einen englischen Hersteller von Gehäusebauteilen (Bild). Diese Systemteile kann unser Leser derzeit nicht mehr beschaffen, da seine Bezugsquelle, eine Firma in Österreich, ihre Tätigkeit eingestellt hat.

In der elrad-Redaktion ist „Widney Dorlec“ leider nicht bekannt. Wer kann einen Tip über Bezugsmöglichkeiten geben? Zweckdienliche Hinweise bitte an die Redaktion elrad.



Altbatterien

Berlin Spitz

In Berlin werden gegenüber dem Bundesdurchschnitt doppelt so viele verbrauchte Trockenbatterien vom Hausmüll getrennt: immerhin 30% der Altbatterien. Mitverantwortlich für diese Spitzeneistung ist ein Sammelwettbewerb an Berliner Schulen, der mit satten 63 t abgeschlossen werden konnte. (Foto: Sanyo).

Unter dem Motto „Batterien sind Plus und Minus“ wurden inzwischen 330 Sammelbehälter in

Schulen aufgestellt. Für jeden vollen Container gibt es wahlweise einen Baum, einen Vogelnistkasten oder Umweltbücher. Im Bild Senatorin Dr. H.-R. Laurien und G. Fischer (Berliner Stadtreinigungs-Betriebe). (Foto: Sanyo).

Steckbrief

Wer kennt Widney Dorlec?

Gustav Fallinsky, elrad-Leser in Österreich, hat seine Elektronikschaltungen bisher in „Widney-Dorlec“-Gehäuse

Quadro

Neue Software

Die Quadro-Aktion, ein Zusammenschluß engagierter Anhänger der Quadrophonie, macht Ernst. Da weder von den Geräteterstellern noch von der CD/Platten-Industrie quadrofonische Initiativen erwartet werden, produziert man jetzt selbst 4-Kanal-Aufnahmen.

Die beiden ersten „LPs“ sind raus: „Raumklang“-Premiere für das Akkordeon“ (Evergreens und anderes) und „Tina & die Caprifischer“ mit Hits aus der Wirtschaftswunderzeit. Die „oldies but quadros“ sind als Quadro-Band (QTB) zum Preis von 70 D-Mark und als Quadro-Kassette (QCC) für 60 D-Mark zuzüglich 5 D-Mark Porto zu haben, und zwar bei der Quadrosound Musikproduktion D. Räsch, Postfach 61 04 11, 2000 Hamburg 61, Tel. (0 40) 5 52 26 71.

Aktuell ● Preiswert ● Schnell

Original-elrad-Bausätze mit Garantie

Aktuell 1988

| | Bs. | Pl. |
|---|--------|-------|
| Infrarot-Taster | 199,90 | 42,00 |
| x/t-Schreiber inkl. Eprom/Software | 211,90 | 98,00 |
| Universal-Netzgerät inkl. Ringkerntrafo | 104,90 | 45,00 |
| Universal-Netzgerät DVM-Platine | — | 30,00 |

Lötdraht

| | |
|---|-------|
| 1-mm-Spule 250 gr. (ca. 35 m) | 14,10 |
| 0,5-mm-Spule SMD 100 gr. (ca. 30 m) | 9,50 |
| 1-mm-Wickel Silberlot 50 gr. (Feinsilber) | 14,50 |

Preise der älteren elrad-Bausätze entnehmen Sie bitte unserer Anzeige im jeweiligen Heft.



Dieselhorst
Elektronik
Inh. Rainer Dieselhorst
Hohenstaufenring 16
4950 Minden

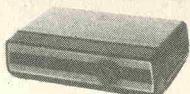
Tel. 0571/5 7514

Aktuell



| Bs. | Pl. |
|---|--------|
| Drum-to-Midi: Schlagwandler inkl. Netzteil/Eeprom | 134,90 |
| Stereo-IR-Sender ohne Netzteil | 43,50 |
| Stereo-IR-Empfänger inkl. Kopfhörer | 62,90 |
| Stereo-IR-Sender-Netzteil (fertig) | 7,90 |

NEU! NEU! NEU! Alle elrad-Qualitäts-Bausätze liefern wir Ihnen in der neuen Blister-(SB)-Verpackung aus. Hierdurch werden Transportsschäden, wie sie bei Tütenverpackungen entstehen, weitgehend vermieden!



TOP-Angebot!
Neu!

VIDEO-STABILIZER MIT NETZTEIL

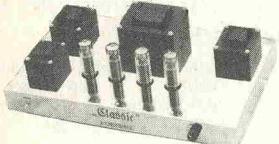
Überspielverstärker mit Bildkorrektur. Der Stabilizer ermöglicht eine störungsfreie Wiedergabe von Video-Filmen. Das Flackern, Springen, Laufen und Dimmen (hell/dunkel) wird mit dem Stabilizer verhindert. Der Stabilizer wird zwischen Video-Recorder und FS-Gerät geschaltet. Kein elrad-Bausatz.

HINWEIS!

Das Kopieren von gewerblichen Video-Filmen ist untersagt.

DM 149,00

ÜBERTRAGER ● NETZTRAFOS ● HIGH-END-BAUSÄTZE und GERÄTE



„Classic“-Endstufe

2 x 60 W

Fertigerät
DM 1300,—

Weitere Geräte
lieferbar

EXPERIENCE electronics Inh. Gerhard Haas
Weststraße 1 • 7922 Herbrechtingen • Tel. 0 73 24/53 18

Seriennfertigung und Sonderanfertigung von Netztrofs, Übertragnern und Drosseln, Trafohauben und Mu-Metall-Abschirmungen lieferbar.

Datenblattmappe über Spezialtrofs für Verstärker, Übertrager, Drosseln und Audiomodulen gegen Schulzgebühr von DM 7,50 + DM 1,50 Versandkosten in Briefmarken oder Überweisung auf Postscheckkonto Stuttgart 205679-702, EXPERIENCE Instrumenten-Verstärker-System MPAS, Gitarren-, Baß-, Synthesizer-, Orgelverstärker.

Prospekt MPAS-1 und Lagerliste E 88 mit High-End-Geräten und Bausätzen werden zugeschickt gegen DM 1,50 Rückporto in Briefmarken. Bitte gewünschte Liste angeben.

Geschäftszeiten:
Montag bis Donnerstag 9.00 bis 16.00 Uhr
Freitag 9.00 bis 14.00 Uhr

High-End- und HiFi-Bausätze

High-End-Endstufe „Black Devil“ inkl. Kühlkörper DM 79,—
Mono-Netzteil „Black Devil“ inkl. Kühlkörper DM 107,—

Stereo-Netzteil „Black Devil“ inkl. Kühlkörper DM 127,—
High-End-Vorverstärker „Vorgesetzter“ inkl. sel. ICS DM 175,—

Steckernetzteil fertig montiert mit Renkstecker DM 38,—

Anpaßverstärker inkl. sel. ICS und Übertragnern (L-1130 C) DM 260,—

Anpaßverstärker inkl. sel. ICS und Übertragnern (L-1230 C) DM 275,—

selektierte NE5534 lieferbar

FRAKO-Eikos, Metallband-, Metalloxid-Widerstände im Lieferprogramm.
Original-Platinen im Bausatzpreis nicht enthalten, bitte extra bestellen.

19" - Gehäuse

GEHÄUSE FÜR ELRAD MODULAR VORVERSTÄRKER, komplett mit allen Ausbrüchen, Material Stahlblech mit Alu-Front 99,— DM

GEHÄUSE FÜR NDFL VERSTÄRKER, komplett bedruckt und gebohrt 79,— DM

19"-Gehäuse für Parametrischen EQ (Heft 12), bedruckt + gebohrt 79,— DM
Alle Frontplatten auch einzeln lieferbar.

Gehäuse- und Frontplattenfertigung nach Kundenwunsch sind unsere Spezialität. Wir garantieren schnellste Bearbeitung zum interessanten Preis. Warensand per NN, Händleranfragen erwünscht.

A/S-Beschallungstechnik, 5840 Schwerte

Siegel + Heinings GbR

Gewerbegebiet Schwerte Ost, Hasenleverweg 15

Ruf: 0 23 04/4 43 73, Tlx 8227629 as d

Stabile Stahlblechausführung, Farbton schwarz, Frontplatte 4 mm Alu Natur, Deckel + Boden abnehmbar. Auf Wunsch mit Chassis oder Lüftungsdeckel.

| | | | |
|--------------|--------------|-----------|---------|
| 1 HE/44 mm | Tiefe 250 mm | Typ ST012 | 53,— DM |
| 2 HE/88 mm | Tiefe 250 mm | Typ ST022 | 62,— DM |
| 2 HE/88 mm | Tiefe 360 mm | Typ ST023 | 73,— DM |
| 3 HE/132 mm | Tiefe 250 mm | Typ ST032 | 73,— DM |
| 3 HE/132 mm | Tiefe 360 mm | Typ ST033 | 85,— DM |
| 4 HE/176 mm | Tiefe 250 mm | Typ ST042 | 87,— DM |
| 4 HE/176 mm | Tiefe 360 mm | Typ ST043 | 89,— DM |
| 5 HE/220 mm | Tiefe 250 mm | Typ ST052 | 89,— DM |
| 6 HE/264 mm | Tiefe 250 mm | Typ ST062 | 98,— DM |
| Chassisblech | Tiefe 250 mm | Typ CA025 | 12,— DM |
| Chassisblech | Tiefe 360 mm | Typ CA036 | 15,— DM |

Weiteres Zubehör lieferbar. Kostenloses 19" Info anfordern.

Wahnsinn...diese DYNAMIK

Großer Sound zu kleinen Preisen!

Trinity RS 6b

Supertest
HIFI VISION 1/88

Testzitate: "...galt es dagegen, der Frequenzskala möglichst tief in den Keller zu folgen, so heimste die Trinity Pluspunkte ein...
...wohldosierte Höhenreproduktion...
...kraftvolle Trinity...
...ausgeglichenes Klangbild, tiefe Bässe..."

Komplett Kitpreis
248,- Rohgehäuse MDF Stck 148,-
Stck 148,-
Für den Einsatz in größeren Räumen sowie zur Erweiterung des Tiefstbaubereiches ist ein passender Subwoofer als Ergänzung lieferbar.

Focal Onyx

Testsieger
HIFI VISION 11/86

Testzitate: "...hing jedoch die französische Onyx an den Lautsprecherkabeln, blieb für die Tester, was die Baßwiedergabe betraf, kein Wunsch offen...
...aber auch in den Mitten und Höhen überzeugte der schwarze Edelstein aus Frankreich...
...mit all diesen Qualitäten setzte sich die Focal Onyx weit von ihren Widersachern ab und belegte einen bravourvollen ersten Platz..."

Komplett Kitpreis
jetzt bestellen

798,-
Stck 348,-

Rohgehäuse Stck 348,-
lackiert Stck 398,-

Visaton V.I.B.

Testsieger
HIFI VISION 8/86

Testzitat: "...detaillgetreue Mitten und satter straffer Baß..."
Bausatz incl. Fertigweiche

219,50
Stck 198,-
Rohgehäuse MDF
Stck 198,-
lackiert Stck 298,-

Der größte Bausatz-Spezialist
Coupon: "Wir haben einen Plan"
Schicken Sie mir den Boxen-Planer. DM 5,- Schutz-
gebühr in Briefmarken sind beigelegt.
Name _____
Adresse _____

HIGH-TECH Lautsprecher Factory

02 31/ 52 80 91

Bremer Straße 28-30 • 4600 Dortmund 1

Drucker-Interface

Matrix-Kurven

Der Grafik-Rekorder 'digigraph' der Firma Solatron ist ein μ P-steuerter mehrkanaliges Meßgerät, das in Verbindung mit einem grafikfähigen Matrixdrucker einen herkömmlichen Linienschreiber ersetzt.

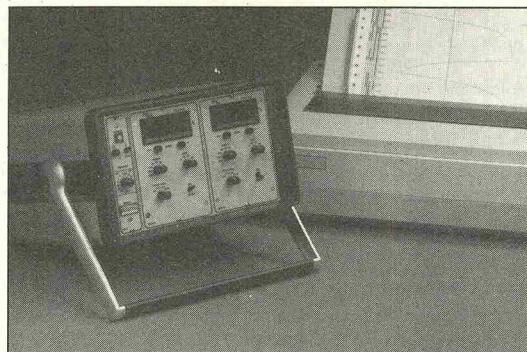
Neben der Registrierung der Meßsignale wird ein Raster für Meßwerte und Zeitachse ausgegeben und beschriftet. Bedrucktes Registrierpapier ist daher nicht nötig. Zu Beginn jeder Messung oder nach Umschalten werden alle Einstellparameter ausgedruckt.

Der Grafik-Rekorder kann neben 1...4 galvanisch getrennten Meßkanälen gleichzeitig bis zu sieben binäre Signale (Ereignismarkierungen) aufzeichnen. Die druckerabhängige Auflösung der Kurve beträgt wahlweise 400, 800 oder 1 600 Punkte bei einer Breite von ca. 170 mm.

Um eine hohe Abtastrate zu erzielen, wurde ein Datenpuffer installiert, in dem die Meßwerte zwischengespeichert werden, bevor sie zur Ausgabe gelangen. Signale mit einer Frequenz bis ca. 5 Hz können registriert werden. Der Grafik-Rekorder stellt sich automatisch auf diese Betriebsart ein und unterbricht die Meßwertaufnahme, wenn der Meßwertspeicher voll ist (ca. 15 000 Meßwerte, entsprechend 1,2 m Papier bei zwei Kanälen).

Wie bei einem Linienschreiber lässt sich die Papiergeschwindigkeit den Eingangssignalen anpassen. Insgesamt stehen 16 Zeitachsen zwischen 0,5 s/Div und 60 min/Div zur Verfügung.

Die umschaltbaren Meßbereiche reichen von ± 1 mV bis ± 50 V und von ± 1 mA bis ± 10 A



bei einem Fehler von 0,2%. Serienmäßig verfügen die Meßeinheiten über eine umschaltbare 2-, 4- oder 8-fache Ausschnittsvergrößerung.

An der 3 1/2-stelligen Digitalanzeige kann der Signalverlauf jeden Kanals abgelesen werden. Die Anzeige erfolgt in Prozent des eingestellten Meßbereichs und ist

durch Vorgabe der Nulllinie zu beeinflussen.

Der Grafik-Rekorder arbeitet auch ohne Matrixdrucker als mehrkanaliges Universalmeßgerät.

Nähere Informationen von:

Solatron Meßgeräte GmbH, Mühlbacher Str. 29, 8672 Selb 4, Tel. (0 92 87) 7 77 49.

Videotechnik

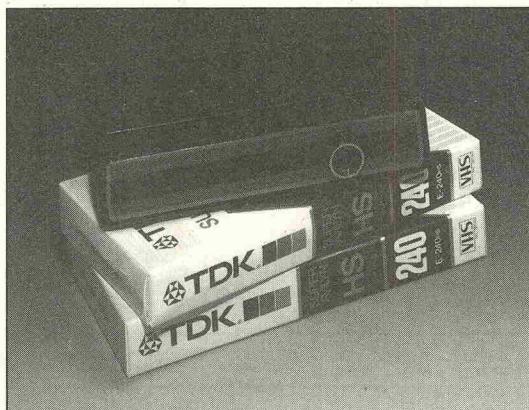
Kopierschutz? Nein danke!

„L 154“ heißt der neue Überspielverstärker aus dem Programm der Manfred Peters KG, der eine störungsfreie Wiedergabe von Videofilmen, aber auch das Kopieren von Kassetten ermöglicht, die nach dem „Macrovision“-Verfahren kopiergeschützt sind. Durch Einsatz dieses „Stabilizers“ wird das störende Flackern, Laufen, Springen und Dimmen des Fernsehbilds verhindert. Über 6-polige AV-Buchsen

kann das Gerät beispielsweise zwischen zwei Videorekorder geschaltet werden; das mitgelieferte Steckernetzteil versorgt den Überspielverstärker mit Betriebsstrom.

Erstaunlich ist der relativ niedrige Preis dieses Geräts: Die vom Hersteller genannte, unverbindliche Preisempfehlung für das komplette Gerät inklusive Steckernetzteil beträgt 149 D-Mark. Bezug nur über den Fachhandel. Händlernachweis von:

Manfred Peters KG, Postfach 1311, 2083 Halstenbek, Tel. (0 41 01) 4 79 02.

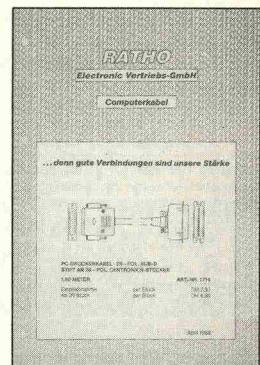


Kabelkatalog

Leitende Angesteckte

„Computer-Kabel“ — so lautet der Titel des neuen Katalogs der Firma Ratho, in dem auf 20 Seiten Kommunikationsleitungen für unsere intelligenten Freunde angeboten werden. Doch nicht nur das: Auch eine reichhaltige Auswahl von Staubschutzauben und Video/Audio-Adaptoren ist Bestandteil des im Katalog enthaltenen Angebots.

Der Kabelkatalog wird ausschließlich an den



Fachhandel geliefert. Kontaktadresse für Interessenten:

Ratho Electronic Vertriebs-GmbH, Burchardstr. 6, 2000 Hamburg 1, Tel. (0 40) 33 86 41, Telex 215 355.

Wettbewerb

Ideenbörse 1988

Einen Kreativitäts-Wettbewerb hat die in Österreich ansässige Firma Emco Maier ausgeschrieben, der einerseits jungen, erforderlichen Geistern die Möglichkeit geben soll, ihre Ideen einer fachkundigen Beurteilung zu unterziehen, andererseits mit verlockenden Preisen die Motivation heben will. ThemenSchwerpunkte der diesjährigen Ideenbörse sind:

1. Do-It-Yourself-Werkzeuge und Maschinen
2. Umweltschutzgeräte und -ideen

3. „verrückte“ Sachen (Dinge für Spaß und Freizeit)

Als Voraussetzung für die Teilnahme nennt Emco die Einreichung eines Projekts, das technisch realisierbar ist und das den allgemein anerkannten ethischen Normen entspricht. Als letzter Einreichungszeitpunkt wurde der 31. Juli 1988 festgesetzt.

Die Hauptpreise bestehen aus Reisen nach Disneyland/Kalifornien, CD-Playern und 'Soundmachines'. Interessenten nehmen Kontakt auf mit:

Emco Maier & Co., Friedmann-Maier-Str. 9, A-5400 Hallein, Tel. Österreich (0 62 45) 25 81-0.

Versandhandel

Multimillionär

Die Gesamtauflage der Kataloge der Firma Westfalia Technica erreicht nach eigener Aussage des Unternehmens in diesem Jahr 10 Millionen Exemplare. Vor kurzem ist der Katalog 3/88 erschienen. Der Katalog deckt vom Multimeter bis zum Gaslöt Kolben, vom Plattenspieler bis zum Computer alle Elektronik-Bereiche ab, und Preis-Bonbons sind allemal vertreten.



Der Katalog kann angefordert werden von:

Westfalia Technica Handels GmbH, Industriestra. 1, 5800 Hagen 1, Tel. (0 23 31) 3 55 11, Telex 823 509.

elrad Bauteilesätze

nach elrad Stückliste, Platine + Gehäuse extra.

Heft 6/88

NF-Vorverstärker: Filter + Wandler zus. Präzisions-Milliometer (o. Krokodil.)

E.M.M.A.: IEC-Schnittstellenkonverter

Heft 5/88

Midi Monitor mit Tastatur

Passiv-Infrarot-Schalter

SMD-VU-Meter

V24-Interface (E.M.M.A.)

Heft 4/88

Frequenz-Shifter: Mutter + NF-Platine

Digitaler Sin-/Cos.-Generator (Software DM 25,-)

Arithmetischer Sin-/Cos.-Generator

Netzteil (Multiplizierer Teilesatz je DM 39,80)

Anpaßverstärker: 2 x 2 Kanale + Siebung (o. U1, U2)

(U1 à DM 60,00 U2 à DM 32,00 So)

E.M.M.A.: LCD-Display + Tastatur

Basisteilplatine + Releestatistik + Empfangsteil DCF-77 +

LCD-Anzeige + Tastatur + V24-Interface (Teilesätze daraus

auch einzeln lieferbar.)

So DM 128,90

So DM 69,70

So DM 138,70

So DM 73,90

So DM 18,50

So DM 22,60

DM 47,90

DM 33,90

DM 46,40

DM 13,90

zus. DM 79,50

(U1 à DM 60,00 U2 à DM 32,00 So)

E.M.M.A.: LCD-Display + Tastatur

Basisteilplatine + Releestatistik + Empfangsteil DCF-77 +

LCD-Anzeige + Tastatur + V24-Interface (Teilesätze daraus

auch einzeln lieferbar.)

SSo DM 485,00

So DM 165,90

So DM 89,70

So DM 46,80

So DM 58,00

So DM 159,00

So DM 22,50

SSo DM 199,80

SSo DM 229,70

SSo DM 86,50

SSo DM 49,90

SSo DM 89,60

So DM 89,70

So DM 41,60

So DM 7,50

So DM 63,50

So DM 89,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

DM 16,70

Ktz DM 29,90

So DM 69,90

So DM 39,00

DM 19,90

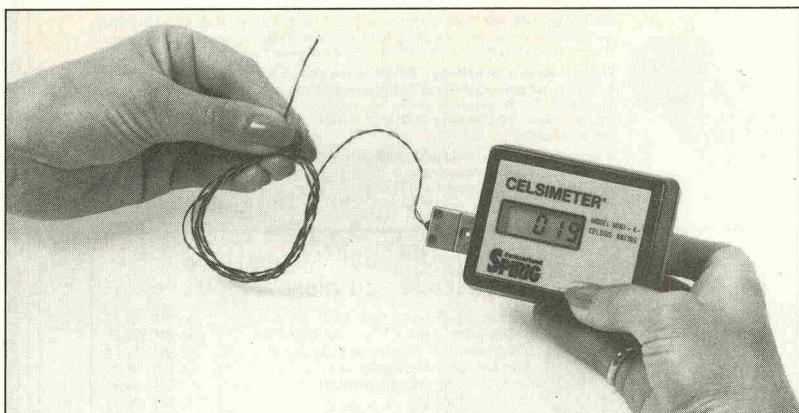
DM 25,60

DM 19,95

DM 42,80

DM 30,00

DM 22,30

**Meßtechnik****Temperatur im Griff**

Mit dem Temperatur-Meßgerät 'Celsimeter Mini K' stellt die in der Schweiz ansässige Firma Spirig ein handliches Meßinstrument vor, das Temperaturen mit einem Thermoelement (Typ K) im Bereich zwischen -50 °C und +800 °C erfährt und den Meßwert auf einer 8 mm hohen

LCD-Anzeige darstellt. Die Auflösung beträgt 1 °C, pro Sekunde erfolgen drei Meßauswertungen. Als Meßfehler wird ein Wert von $\pm 0,25\% \pm 1^\circ\text{C}$ genannt.

Für die Stromversorgung wird eine 9-V-Blockbatterie (6 LF 22) eingesetzt, mindestens 100 Stunden kann das Meßgerät mit einer Batterie betrieben werden. Das in einem schlag-

festen Plastikgehäuse (Abmessungen: 80 × 60 × 30 mm) eingegebauten Gerät wiegt (mit Batterie) 150 g.

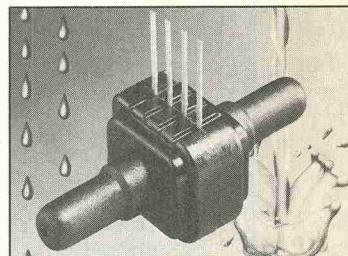
Interessenten erhalten weitergehende Informationen von:

(CH): Dipl.-Ing. Ernest Spirig, Postfach 1140, CH-8640 Rapperswil, Tel. (0 55) 27 44 03, Telex 875 400

(D): Cobonic GmbH, Postfach 1138, 7737 Bad Dürkheim, Tel. (0 77 26) 14 90, Telex 7 921 317

Nass/Nass-Drucksensor**Flüssiges von beiden Seiten**

Eine neue Serie piezoresistiver Drucksensoren wird von Honeywell angeboten, die für beidseitig nasse Differenzdruckmessungen geeignet sind. Neben der Differenzdruckausführung umfaßt die Serie 16 PC auch Relativ- und kombinierte Relativ-/Differenzdrucksensoren.



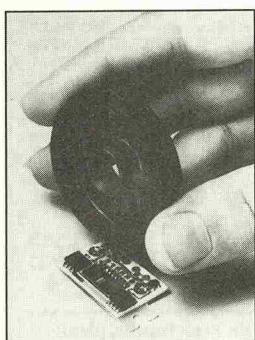
ist eine Silizium-Druckmembran mit vier ionenimplantierten Piezowiderständen. Unter Druckeinwirkung wird eine Ausgangsspannung von bis zu 100 mV erzeugt. Da die auf dem Chip integrierten Piezowiderstände laserabgeglichen sind, wird eine hochpräzise Kalibrierung gewährleistet.

Als Anwendungsgebiete nennt der Hersteller Haushaltsgeräte, medizinische Apparaturen sowie Meß- und Computer-Peripheriegeräte.

Honeywell Regelsysteme GmbH, Kaiserleistr. 39, 6050 Offenbach, Tel. (0 69) 8 06 40, Telex 4 152 758.

Alle drei Ausführungen sind laut Hersteller für die Druckbereiche 0...35 mbar, 0...1 bar und 0...2 bar lieferbar. Eine eingebaute Kompen-sationsschaltung sorgt für niedrige Empfindlichkeits- und Nullpunkttdrift bei Temperaturschwankungen. Die druckproportionale Ausgangsspannung weist eine hohe Linearität auf.

Herz eines jeden Sensors

**Magnetischer Enkoder****Bausatz für Impulse**

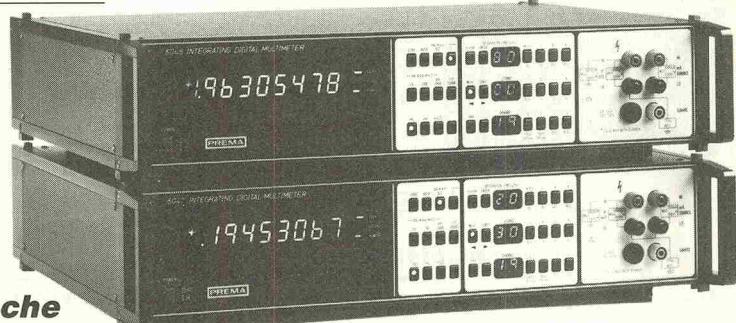
Electro-Kinesis Inc., eine Tochterfirma der Superior Electric Co., bietet den Enkoder-Bausatz EK 500 an. Er besteht aus einer gepritzten permanentmagnetischen Scheibe mit geringem Trägheitsmoment sowie einer kompakten Sensorplatine. Der Enkoder kann in Motoren und andere rotierende Geräte eingebaut werden, bei denen eine Positions-

rückmeldung benötigt wird.

Die Enkoderscheibe wird entweder über eine Preßpassung oder mit Klebstoff mit der Welle verbunden. Bei den Innenbohrungen hat man die Wahl zwischen den Durchmessern 1/4", 3/8" oder 6 mm. Die pro Umdrehung abgegebene Anzahl der Impulse variiert zwischen 100 und 512, abhängig vom Scheibendurchmesser von 24,8 mm, 29,0 mm oder 40,5 mm. Die maximale Drehzahl beträgt 8200 min^{-1} . An einem zweikanaligen TTL-Ausgang können die Impulse abgenommen werden. Der Enkoder arbeitet bei Umgebungstemperaturen im Bereich -40...+85 °C.

Weitere Informationen sind erhältlich von:

Superior Electric GmbH, Ernst-Moritz-Arndt-Str. 53, 6242 Kronberg, Tel. (0 61 73) 7 90 58

Digitalmultimeter**Manche brauchen's ganz genau ...**

Mit den Typen DMM 6047 und DMM 6048 bietet die Firma Prema zwei extrem genaue Digitalmultimeter an, die über einen Anzeigebereich von 7 1/2 bzw. 8 1/2 Stellen verfügen. Die Meßbereiche in Abhängigkeit von der Meßgröße lauten für beide Geräte: Gleichspannung $\pm 0,2 \text{ V}$ bis $\pm 1000 \text{ V}$ in fünf Bereichen; Wechselspannung 2 V bis 700 V in vier Be-

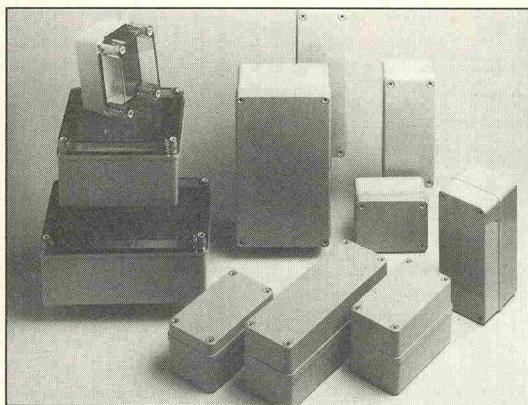
reichen (max. Crest-Faktor 7); Gleichstrom $\pm 2 \text{ A}$; Wechselstrom 2 A (max. Crest-Faktor 7); Widerstand 200 Ω bis 20 M Ω in sechs Bereichen (DMM 6048: 200 Ω bis 200 M Ω in sieben Bereichen); Temperatur -200...+850 °C, -328...+1562 °F, 73...1123 K.

Die Meßgeräte verfügen über einen Triggereingang, über den mit der

positiven Flanke eines Impulses ein Meßvorgang gestartet werden kann sowie über eine IEEE-488-Schnittstelle. Optionell wird ein Meßstellen-Umschalter mit 20 Kanälen angeboten.

Weitere Informationen von:

Prema Präzisionselektronik und Meßanlagen GmbH Mainz, Robert-Koch-Str. 10, 6500 Mainz 42, Tel. (0 61 31) 50 62-0, Telex 4 187 666



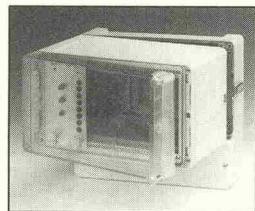
Gehäuse

Sicherheitsboxen

Schlagfestigkeit, Dichtheit, Öl- und Säurebeständigkeit sind die Anforderungen, die heute an Gehäuse für den Einbau von Maschinen-Steuerungen haustechnischer Anlagen gestellt werden. Auch in Labors sind diese Eigenschaften nicht zu verachten. Die Fa. OKW, Odenwälder Kunststoffwerke, hat für die entsprechenden Ein-

satzfälle Wand- und Tischgehäuse in 380 Varianten in ihrem Programm.

Unter der Bezeichnung „Robust-Box“ wurde eine Tischgehäusereihe konzipiert, die speziell in nasser, staubiger und



rauher Umgebung bestehen kann. Die Reihe enthält Typen in zwei lichtgrauen Ausführungen (Polykarbonat und ABS), sechs Grundgrößen und zwei Deckeltiefen. Aus den gleichen Materialien bestehen die „Wandgehäuse A und P“. Hier werden 12 Varianten ohne und mit Klarsichthaube sowie mit beliebig wählbarer Scharnierseite zu bekommen sein.

Die „Vario-Box“ (Foto Einzelgehäuse) stellt ein leicht montierbares Wandgehäuse dar, das sowohl für ungenormte Leiterplatten geeignet ist. Eine Weiterentwicklung ist das „Wandgehäuse im Baukastensystem“. Der Gehäuserahmen ist abnehmbar, so daß man schnell an die auf dem flachen Unterteil montierten Einbauten kommt.

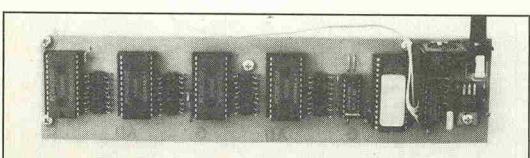
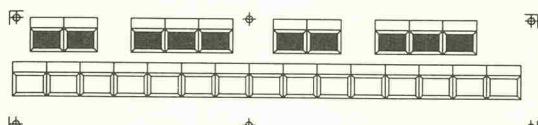
OKW, Odenwälder Kunststoffwerke, 6967 Buchen/Odw.

Bühne & Studio

Krawatten-Keyboard

Ein Zusatz- oder Einstieger-Keyboard in Miniatursausführung mit zwei Oktaven Tonumfang verbirgt sich hinter der Abkürzung MMK2. Die Firma Doepfer Musikelektronik bietet dieses vollwertige Midi-Keyboard mit Anschlagdynamik zum Bausatzpreis von 175 D-Mark an (Fertigmodul 225 D-

Mark). Dank der Verwendung von Mini-Digitastern und eines SMD-ähnlichen Aufbaus konnten die Abmessungen auf ca. 200x50x30 mm gedrückt werden. Aufgrund der geringen Tastengröße ist zwar kein vollwertiges Spielgefühl zu erreichen, aber der Einsatz als Zusatz-Keyboard am Unterarm oder als Krawatte bei einer Live-Show hebt diesen Mangel durch seinen Gag-Effekt wieder auf.



LMK2 ist eine preiswerte Elektronik zur Midi-Nachrüstung für Tastaturen mit durchgehenden Sammelschienen. In der Grundausstattung ist sie für 64 Tasten ausgelegt, sie läßt sich aber auf 127 Tasten erweitern. Weiterhin ist das LMK2 voll anschlagdynamisch in 128 Stufen; es sendet auf Midi-Kanal 1 oder 2 bzw. gesplittet auf den Kanälen 1 und 2. 16 verschiedene Programme sind mit einem Drehschalter wählbar. Das Gerät ist vollpolyphon und hat eine Midi-Out-Print-Buchse nach Midi-Norm. In der Grundversion kostet der Nachrüstsatz als Bausatz 148 D-Mark, als Fertigmodul ist er für 198 D-Mark zu haben.

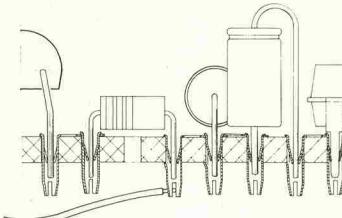
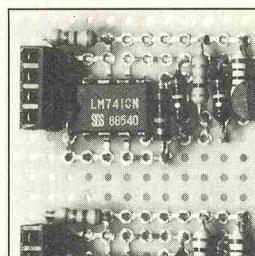
Doepfer Musikelektronik, Lochhamer Str. 63, 8032 Gräfelfing, Tel. (0 89) 85 55 78.

Labor-Praxis

Klemmt und paßt

Ein neuartiges System zum Aufbau von Versuchsschaltungen stellt die Firma Inotec mit ihren „System-Pins“ vor. Diese Kontaktlemente werden in 1-mm-Bohrungen von 1,5...1,6 mm dicken Lochrasterplatten rastend eingedrückt und stellen nach Umbiegen der Kontaktfahne die Verbindung zu einem benachbarten Loch her (Abstand 2,54 mm). In die Bohrung der Kontaktfahne kann ein weiteres Kontaktlement eingesetzt werden, so daß eine fortlaufende Verbindung ohne zusätzliche Verdrahtung entsteht.

Auf der Unterseite läßt sich eine zusätzliche Ver-



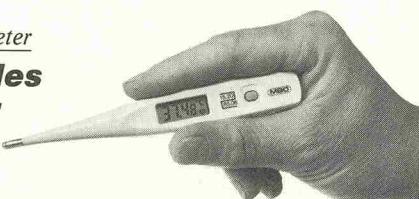
drahtung anbringen, da die Platine ja durchkontaktiert ist. Nun können Bauelemente mit Anschlüssen bis zu 0,75 mm Durchmesser eingesteckt werden.

Im Lieferumfang sind enthalten: 245 Kontakt-Pins, eine Euro-Lochrasierplatine und ein „Handhabungswerkzeug“; die unverbindliche Preisempfehlung des Sets lautet auf 23,80 D-Mark. Ebenfalls lieferbar sind 2000 Kontakte am Band im Raster 4,5 mm auf einer Spule zum unverbindlichen Preis von 145,45 D-Mark. Weitere Informationen von

Inotec electronics GmbH, Theodor-Heuss-Str. 9, 7100 Heilbronn 14, Tel. (0 71 31) 3 30 10.

Thermometer

Digitales Fieber



Die Firma Conrad Electronic bietet ein elektronisches Fieberthermometer mit Speicherung der höchsten gemessenen Temperatur sowie automatischer Abschaltung nach 15 Minuten an. Der Meßwert wird auf einem LC-Display nach einer Meßzeit von 60 s

digital angezeigt. Das Thermometer ist einschließlich eines bruchsicheren Etuis und 25 Hygiene-Hüllen zum Preis von 14 Mark 50 erhältlich.

Conrad Electronic, Klaus-Conrad-Str. 1, 8452 Hirschau, Tel. (0 96 22) 30-11 1.

**REICHELT**

SGS

ELEKTRONIK

DER SCHNELLE FACHVERSAND



ITT



Integrierte Schaltungen
Integrierte Schaltungen
Integrierte Schaltungen

TDB

XR

HPC

HA

TA

C-MOS

74LS

74LS

74HC

74HC

74H

74H

1N

Dioden

Microcomputer-Bausteine und Speicher

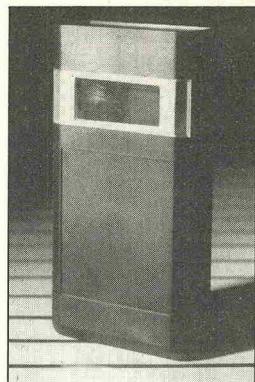
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-----------|----------|-----------|-------|
| 00840P | 1,20 | 2264CP | 4,11 | 1218 | 5,82 | 11238 | 4,60 | 7200P | 8,73 | 4000 | -40 | LS 00 | -31 | LS 357 | 7,64 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 28,05 |
| 1080 | 10,78 | 2271CP | 3,48 | 11244 | 8,14 | 7201P | 1,14 | 4001 | -40 | LS 01 | -37 | LS 365 | -48 | 7821 | -78 | 78002 ABL | 24,46 | | |
| 1080T | SM10,42 | 2256CP | 3,54 | 12,76 | 11247 | 22,10 | 7203P | 2,85 | 4002 | -40 | LS 02 | -31 | LS 366 | -48 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 30,78 | |
| TDE | | 3403CP | 1,60 | 1223C | 12,52 | 11251 | 4,51 | 7204P | 5,09 | 4006 | 1,03 | LS 03 | -33 | LS 367 | -48 | 7821 | -78 | 78002 ABL | 34,83 |
| 1607CM | 7,35 | 2324CP | 2,15 | 1225H | 8,60 | 11401 | 6,92 | 7205P | 3,21 | 4007 | -40 | LS 04 | -31 | LS 368 | -48 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1607DP | 4,45 | 4136CP | 1,71 | 1227V | 4,37 | 11410 | 16,00 | 7207P | 3,57 | 4008 | -89 | LS 05 | -33 | LS 373 | -85 | 7821 | -78 | 78002 ABL | 34,83 |
| 1647 | 5,57 | 4151CP | 2,03 | 1228H | 1,90 | 11412 | 15,12 | 7208P | 3,39 | 4009 | -61 | LS 06 | 1,03 | LS 374 | -92 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1737DP | 5,36 | 1914CN | 6,67 | 1229C | 4,94 | 11414 | 6,11 | 7210P | 8,95 | 4010 | -61 | LS 07 | 1,03 | LS 375 | -82 | 7821 | -78 | 78002 ABL | 34,83 |
| 1767DP | 7,96 | 4195CP | 3,08 | 1235C | 3,06 | 11423 | 5,53 | 7213P | 8,95 | 4011 | -40 | LS 08 | -31 | LS 377 | -92 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1787DP | 8,86 | 4212CP | 2,46 | 1237H | 2,33 | 11421 | 13,23 | 7214P | 8,87 | 4012 | -40 | LS 09 | -33 | LS 378 | -64 | 7821 | -78 | 78002 ABL | 34,83 |
| TEA | | 4588CP | 1,95 | 1238 | 4,07 | 11440 | 9,44 | 7215P | 6,25 | 4013 | -59 | LS 10 | -33 | LS 379 | -64 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1024 | 3,82 | 4739CP | 3,20 | 1241H | 3,77 | 11580 | 13,23 | 7217P | 3,64 | 4014 | -93 | LS 11 | -33 | LS 385 | 5,33 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1039 | 4,89 | 4741CP | 1,94 | 1242H | 3,21 | 11701 | 21,81 | 7220P | 4,07 | 4015 | -89 | LS 12 | -33 | LS 386 | -71 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1045 | 16,25 | 8038CP | 9,58 | 1243C | 2,32 | 11703 | 27,33 | 7221P | 3,30 | 4016 | -61 | LS 13 | -33 | LS 390 | -64 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1087 | SM7,32 | 3260 | 4,79 | 1245V | 3,88 | 11708 | 16,00 | 7222P | 3,64 | 4017 | -89 | LS 14 | -41 | LS 393 | -57 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 1087 | 1,18 | 1246CP | 1,80 | 11710 | 24,89 | 7223P | 5,09 | 4018 | 1,00 | LS 15 | -37 | LS 395 | -64 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 | | |
| 1087 | 1,18 | 1247CP | 4,24 | 1252H | 0,77 | 11711 | 34,01 | 7225P | 9,16 | 4019 | -68 | LS 16 | 1,12 | LS 398 | 2,52 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 2029 | 8,75 | 411E | 6,26 | 1253C | 2,63 | 11712 | 12,36 | 7226P | 4,80 | 4020 | -89 | LS 17 | 1,12 | LS 398 | 2,52 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 5570 | 5,91 | 416E | 3,73 | 1255C | 6,6 | 11714 | 20,66 | 7227P | 6,25 | 4021 | -89 | LS 18 | 1,22 | LS 399 | 5,33 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| TL | | 424E | 4,96 | 1257H | 8,77 | 11713 | 27,36 | 7228P | 4,07 | 4022 | -89 | LS 19 | 1,22 | LS 400 | -71 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 022 DIP | 2,00 | 424P | 2,91 | 1277H | 5,67 | 11724 | 18,89 | 7229P | 19,38 | 4023 | -66 | LS 20 | 2,47 | LS 401 | -66 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 044 DIL | 4,18 | 425E | 14,77 | 1278H | 2,64 | 11725 | 19,77 | 7230P | 4,07 | 4024 | -68 | LS 21 | 1,22 | LS 402 | -64 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 061 DIP | 1,00 | 426E | 7,93 | 1280H | 9,02 | 11728 | 30,53 | 7238P | 6,83 | 4025 | -89 | LS 22 | 1,22 | LS 403 | 2,34 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 061CD | SM1,20 | 2027 | 2,02 | 1284H | 14,11 | 11741 | 30,53 | 7240P | 6,29 | 4026 | -89 | LS 23 | 1,21 | LS 404 | 16,25 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 062 DIP | 1,12 | 428E | 19,73 | 1288H | 6,45 | 11747 | 23,84 | 7241P | 7,71 | 4027 | -48 | LS 24 | 33 | LS 405 | 4,41 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 062CD | SM1,34 | 249E | 5,89 | 1291H | 3,34 | 11749 | 23,26 | 7242P | 8,35 | 4028 | 1,13 | LS 25 | 37 | LS 408 | 9,87 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 064 DIL | 1,63 | 4292CP | 14,05 | 1293C | 3,06 | 11751 | 26,46 | 7243P | 7,13 | 4029 | -89 | LS 26 | 32 | LS 409 | 9,87 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 064CD | SM2,17 | 429E | 49,04 | 1351C | 7,28 | 12001 | 11,35 | 7245P | 8,73 | 4030 | 1,10 | LS 27 | 37 | LS 410 | -64 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 066 DIP | 2,17 | 435JCP | 90,81 | 1352C | 18,36 | 12002 | 3,21 | 7246P | 9,63 | 4031 | -89 | LS 28 | 42 | LS 411 | 5,04 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 071 DIP | -95 | 434E | 3,83 | 1353C | 4,80 | 12005 | 6,83 | 7250P | 10,32 | 4032 | -89 | LS 29 | 47 | LS 412 | 1,50 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 071CD | SM1,20 | 2036 | 16,66 | 1358H | 5,82 | 12008 | 9,45 | 7252P | 4,37 | 4033 | -89 | LS 30 | 48 | LS 413 | 1,46 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 072 DIP | 0,72 | 436E | 8,86 | 1361C | 7,86 | 12009 | 23,84 | 7256P | 5,38 | 4034 | -89 | LS 31 | 46 | LS 414 | 1,46 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 072CD | SM1,20 | 2037 | 30,27 | 1362C | 5,65 | 12010 | 5,80 | 7258P | 6,73 | 4035 | -89 | LS 32 | 51 | LS 415 | 16,25 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 074 DIL | 1,11 | 448E | 24,73 | 1363C | 6,70 | 12016 | 6,30 | 7262P | 20,07 | 4036 | -79 | LS 33 | 51 | LS 416 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 074CD | SM2,18 | 328E | 44,96 | 1364C | 12,79 | 12017 | 2,91 | 7264P | 7,87 | 4037 | -89 | LS 34 | 55 | LS 417 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 080 DIP | 3,14 | 449E | 21,61 | 1365C | 10,32 | 12020 | 9,68 | 7267P | 15,24 | 4038 | -76 | LS 35 | 59 | LS 418 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 081 DIP | -86 | 451E | 21,46 | 1366C | 4,66 | 12024 | 5,82 | 7267P | 4,01 | 4039 | -89 | LS 36 | 59 | LS 419 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 081CD | SM1,20 | 2038 | 3,08 | 1367C | 10,04 | 12038 | 31,24 | 7270P | 4,95 | 4040 | -89 | LS 37 | 59 | LS 420 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 082 DIP | -85 | 458A | 3,34 | 1368H | 10,47 | 12044 | 7,28 | 7271P | 5,07 | 4041 | -89 | LS 38 | 59 | LS 421 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 082CD | SM1,20 | 2039 | 7,77 | 1369H | 4,37 | 12045 | 7,28 | 7271P | 6,33 | 4042 | -89 | LS 39 | 59 | LS 422 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 083 DIL | 11,11 | 457K | 27,22 | 1370C | 11,50 | 12045 | 17,40 | 7273P | 3,71 | 4043 | -89 | LS 40 | 59 | LS 423 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 083CD | SM1,20 | 2040 | 1,47 | 1371H | 5,55 | 12047 | 2,04 | 7273P | 5,59 | 4043 | -89 | LS 41 | 59 | LS 424 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 084 DIP | 4,18 | 202C | 10,18 | 1371H | 11,39 | 12050 | 2,33 | 7275P | 3,63 | 4044 | -89 | LS 42 | 59 | LS 425 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 084D | 4,18 | 202C | 10,18 | 1372H | 7,28 | 12052 | 13,09 | 7276P | 2,69 | 4045 | -89 | LS 43 | 59 | LS 426 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 7832KC | 6,42 | 303C | 6,64 | 1373C | 21,81 | 12053 | 4,31 | 7278P | 4,95 | 4046 | -89 | LS 44 | 59 | LS 427 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 7702 DIP | 2,09 | 41C | 5,82 | 1373H | 17,77 | 12054 | 4,51 | 7279P | 6,01 | 4047 | -89 | LS 45 | 1,30 | LS 428 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| TLC | | 68H | 4,63 | 1375H | 17,77 | 12055 | 4,66 | 7280P | 3,49 | 4048 | -89 | LS 46 | 1,30 | LS 429 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 251 DIP | 4,71 | 81C | 11,93 | 1376H | 1,84 | 12055 | 2,04 | 7281P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 47 | 1,30 | LS 430 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 251CD | SM4,96 | 272C | 5,68 | 1378H | 17,01 | 12056 | 2,04 | 7281P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 48 | 1,30 | LS 431 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 252 DIP | 6,74 | 324C | 5,53 | 1379H | 1,61 | 12057 | 2,04 | 7282P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 49 | 1,30 | LS 432 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 252CD | SM2,17 | 354C | 5,64 | 1380H | 4,54 | 12058 | 2,04 | 7283P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 50 | 1,30 | LS 433 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 254CN | 11,69 | 555H | -75 | 1380H | 2,18 | 12059 | 2,04 | 7283P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 51 | 1,30 | LS 434 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 271CD | SM1,60 | 558C | 1,21 | 1381H | 6,70 | 12060 | 2,04 | 7284P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 52 | 1,30 | LS 435 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 271CP | 1,58 | 566H | 1,75 | 1382H | 5,53 | 12061 | 1,46 | 7285P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 53 | 1,30 | LS 436 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 272CD | SM2,07 | 571C | 1,81 | 1383H | 6,70 | 12062 | 1,46 | 7286P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 54 | 1,30 | LS 437 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 272CP | 2,23 | 573C | 1,81 | 1384H | 6,70 | 12063 | 1,46 | 7287P | 3,25 | 4049 | -89 | LS 55 | 1,30 | LS 438 | 6,01 | 7821 | -78 | 78002 B1 | 34,83 |
| 273CP | 3,41 | 577H | 1,73 | 1385H | 3,79 | 12064 | 1,46 | 7288P</ | | | | | | | | | | | |

Gehäuse

**Variationen
in ABS**

Die Firma bopla hat mit ihrer BOS-800-Serie ein Handgehäuse aus ABS-Kunststoff entwickelt, das speziell für den Einbau einer Digitalanzeige vorbereitet ist und sich besonders für mobile Steuer-, Meß- und Regelgeräte sowie für die mobile Betriebsdatenerfassung eignet.

Das Gehäuse mit den ca.-Maßen 200x100x40 mm, das



von unten verschraubt wird, gibt es in sechs Varianten. Es ist wahlweise mit außen aufliegender

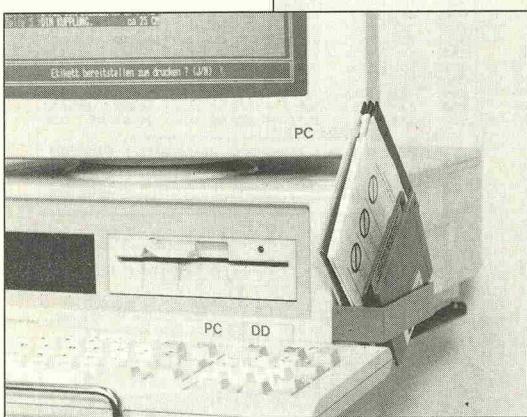
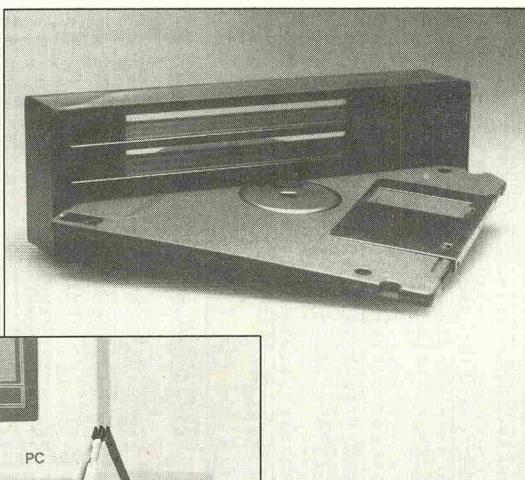
Panorama-, mit innen angebrachter Displayscheibe oder aber ohne Display-Öffnung ausgeführt. Darüber hinaus kann der Anwender zwischen Varianten mit oder ohne Batteriefach wählen. Außerdem kann das Gehäuse für den Einbau einer mechanischen oder einer Folientastatur vorbereitet sein. Der Vertrieb erfolgt nur über den Fachhandel.

bopla Gehäuse Systeme GmbH, Uhlandstr. 134-140, 4980 Bünde 1, Industriegebiet West, Tel. (0 52 23) 6 93-0.

Computer

**Disketten-
Parkplatz**

Die Computer-Arbeitsplatzordnung, die eine Auffindbarkeit zumindest der Disketten zuläßt, wird von der neuen „Plonker-Box“ unterstützt. Diese ist ein klei-



nes, unauffälliges Teil nach dem Prinzip des Fahrrad-Parkständer. Die Befestigung erfolgt

mit Selbstklebeband am Rechner- oder Bildschirmgehäuse; es können bis zu 8 häufig ge-

brauchte Disketten gespeichert werden. Der „Datenträger“ ist universell für 5 1/4- und 3 1/2-Zoll-Disketten einsetzbar, auch Mischbetrieb ist möglich.

Bezug nur über den Fachhandel; Händler-nachweis von:

Lindy-Elektronik GmbH, Postfach 10 20 33, 6800 Mannheim 1, Tel. (06 21) 4 60 05 0.

Computermusik

Stereo billiger

Die Firma KBL-Elektronik hat den Preis ihres „Super-Stereo-Sound-Steckmoduls“ für den C64/128 deutlich gesenkt. Das Steckmodul mit Demoprogrammen,

Lautsprecher, Box und Anleitung gibt es nun, nach der Preissenkung, für 138 D-Mark, der Bausatz (ohne Lautsprecher) ist sogar noch 40 D-Mark billiger.

Beim Einsatz des Gerätes erklingen die drei Original-Stimmen des

Computers auf einem, die drei Modul-Stimmen auf dem anderen Kanal, und dies mit nur einer Basisadressen-Änderung gegenüber herkömmlichen Soundprogrammen.

KBL-Elektronik, Konrad Bläß, Müllnerstr. 28, 8500 Nürnberg 80, Tel. (09 11) 26 32 62.



Taschenrechner

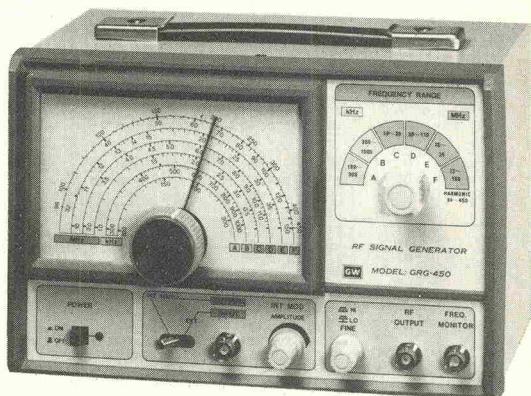
**Speziell für
Bruchpiloten**

Einen neuartigen Taschenrechner für Schüler stellt die im Bereich hochwertiger Schulrechner seit langem sehr rühmige Texas Instruments vor. Der „Galaxy Junior“ wurde, wie der Hersteller dazu mitteilt, in Zusammenarbeit mit Pädagogen und Lehrern entwickelt und sei speziell auf die Zielgruppe zugeschnitten. Bei der

Bruchrechnung zum Beispiel leistet das Gerät wertvolle Hilfe durch Darstellung der Brüche in der gewohnten Form und zeigt dem Benutzer mit Hilfe eines Indikators die Kürzbarkeit an.

Der „Galaxy Junior“ einschließlich einer „klar und verständlich geschriebenen Bedienungsanleitung“ soll ab sofort zum Preis von unter 50 D-Mark im Handel erhältlich sein.

Texas Instruments Deutschland GmbH, Haggertystraße 1, 8050 Freising.



Hf-Meßtechnik

**RF in
6 Bereichen**

Frequenzen von 100 kHz bis 150 MHz in sechs Bereichen liefert der Hf-Generator GRG-450 von Dynatrade. Ein interner 1-kHz-Generator für die Amplituden-Modulation ist bis ca. 80% einstellbar. Die Ausgangsspannung lässt sich stufenlos bis maximal 100 mV einstellen. Separate Ausgänge für Oszilloskop-

bzw. Frequenzzähler-Anschluß sind vorhanden.

Damit wird das gute Stück seinem Namen „RF Signal Generator“ gerecht (RF = Radio Frequency) und kann mit seinem Investitionsvolumen von 640 D-Mark zuzügl. Mehrwertsteuer durchaus als preiswert gelten.

Dynatrade Electronic GmbH, Schimmelbuschstr. 25, 4006 Erkrath 2-Hochdahl, Tel. (0 21 04) 3 11 47.



Aus dem Angebot:

Der „DM-Automatic-Preisknüller“:
LCD-Digital-Multimeter mit automatischer Bereichswahl u. Hold-Funktion
Sichere Durchsetzung durch einen Drehschalter mit nur fünf Meßstellungen.
10 mm große, 3 1/2-stellige LCD-Anzeige mit Polaritäts-, Überlauf- und „BAT“-Anzeige. Eingebauter Summe für Durchgangsprüfung. Eingangswiderstand 10 MΩ. Grundgenauigkeit 0,5%.

Technische Daten:

V~: 200 mV/2/20/200/1000 V,
V~: 2/20/200/500 V, Aufl. 1 mV
I~: 20 mA/200 mA/10 A, Aufl. 10 μA
I~: 20 mA/200 mA/10 A, Aufl. 10 μA
Ω: 200 Ω/2/20/200 kΩ/2 MΩ

Lieferumfang: 1 Paar Sicherheitsprüfsschnüre, Bedienungsanleitung und 9-V-Batterie.

Best.-Nr. 41-23-078

nur DM 59,-

RADIO-RIM GmbH, Bayerstraße 25, 8000 München 2,

Postfach 202026, Telefon (089) 5517020, Telex 529166 rarim d, Telefax (089) 551702-69

RIM electronic 88

die andere Art von Katalog

Völlig neu überarbeitete Ausgabe, über 1200 Seiten stark! Mit erweitertem techn. Buchteil mit zahlreichen Schaltungen, Plänen, Skizzen und Techno-Infos made by RIM und einem extrem breiten Elektronik-Angebot mit über 70 Warengruppen. Schutzgebühr 16,- DM. Bei Versand: Vorkasse Inland 19,- DM (inkl. Porto), Postgirokonto München, Nr. 2448 22-802. Nachnahme Inland 22,20 DM (inkl. NN-Gebühr).



| AKTUELL • | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 19"-Voll-Einschub-Gehäuse | | | | | | | |
| DIN 41494, Frontplatte 4 mm ALU/sw, stabile Konstruktion, geschlossene Ausführung, Be- lüftungsblech/Chassis Option | | | | | | | |
| Tiefe 255 mm/1,3 mm Stahl- blech schwarz epoxiert. | | | | | | | |
| 2 HE 88 mm DM 55,00 3 HE 132,5 mm DM 66,80 4 HE 177 mm DM 77,00 5 HE 221,5 mm DM 89,00 6 HE 266 mm DM 95,00 | | | | | | | |
| 45,00 DM | | | | | | | |
| Höhe 1HE 44 mm | | | | | | | |
| RÖH 1 Röhrenverstärker incl. Platine/Trafo | | | | | | | |
| RÖH 2 Röhrenstufe incl. Platine/Trafo's 2x32 W | | | | | | | |
| Übertrager RÖH 2 DM 117,00 | | | | | | | |
| Netztrafo RÖH 2 DM 79,00 | | | | | | | |
| x/t-Schreiber lieferbar | | | | | | | |
| AD 573 jn 115,20 AD 7533 jn 14,14 E 510 20,00 ZN 427E-8 25,76 8253 4,24 Z 80 CPU 2,74 Z 80 A CPU 2,15 6116LP-3 3,52 2732 x/T schr. 25,00 TAA 765 A 1,70 | | | | | | | |
| 2 SK 135/34 13,50 2 SJ 49/50 13,50 MJ 15003 10,80 MJ 15004 11,80 MJ 802 8,90 MJ 4502 8,90 | | | | | | | |
| SMD-Bauelemente Lagerprogramm Widerstände Kondensatoren Halbleiter | | | | | | | |
| TL 071 0,95 TL 072 0,86 TL 074 1,40 TL 081 0,86 TL 082 0,85 TL 084 1,20 | | | | | | | |
| 500 PA MOS-FET incl. Kühlkörper/Platine DM 298,- | | | | | | | |
| Kontroller 64,80 | | | | | | | |
| 300 PA incl. Platine/Kühlkörper DM 158,90 | | | | | | | |
| Ringkern-Trafo's incl. Befestigungsmaterial | | | | | | | |
| 170 VA 2x12, 2x15, 2x20, .../24/30/36 DM 64,80 250 VA 2x15, 2x18, 2x24, .../30/36/45/48/54 DM 74,60 340 VA 2x18, 2x24, 2x30, .../36/48/54/60/72 DM 81,20 500 VA 2x30, 2x36, 2x47, 2x50, 2x54 DM 123,00 700 VA 2x30, 2x36, 2x47, 2x50, 2x60 DM 148,00 | | | | | | | |
| Weitere Bausätze/Zubehör siehe Neuheitenliste 88, auch REMIX 2. | | | | | | | |
| Versand per NN. Bausätze lt. Stückliste plus IC-Fassung. Nicht enthalten Platinen/Gehäuse/Bauanleitung. Keine Original elrad-Platinen. | | | | | | | |

KARL-HEINZ MÜLLER · ELEKTROTECHNISCHE ANLAGEN
Oppenwehe 131 · Telefon 057 73/16 63 · 4995 Stemwede 3

| AKTUELL | | | | | | | |
|---|-----------|---------|-----------|---|-----------|---|-----------|
| elrad Bausatz Gitarren-Stimmgitarre | 35,45 DM | Platine | 10,70 DM | elrad Bausatz Drum-to-Midi: Schlagwandler | 112,40 DM | Platine durchkontaktiert, Bestückungsdruck, Lötkontrollplack, | 32,50 DM |
| Bauteilesatz | | | | Steckernetzteil | 14,50 DM | elektronisch geprüft | |
| elrad Bausatz Epronner | 63,70 DM | Platine | 23,50 DM | Platine | 19,50 DM | Kontaktstatur 61 Tasten mit Matrix | 198,50 DM |
| Bauteilesatz | | | | | | Spezial IC DD / E-510 | 55,90 DM |
| elrad Bausatz Remixer | | | | elrad Bausatz Stereo-IR-Empfänger | 40,30 DM | Vorverstärker | 59,80 DM |
| kompletter Bauteilesatz Netzteil / Ausgangsmodul | 28,85 DM | Platine | 11,70 DM | Bauteilesatz | 10,90 DM | Steckernetzteil 24 V | 9,50 DM |
| kompletter Bauteilesatz Line-Modul | 44,75 DM | Platine | 14,40 DM | Platine | 9,95 DM | Platine | 18,50 DM |
| kompletter Bauteilesatz Tape/Mikro | 44,70 DM | Platine | 14,40 DM | elrad Bausatz Stereo-IR-Sender | 51,80 DM | Platine Netzgerät 0—16 V/20 A | 14,80 DM |
| elrad Bausatz Dual-Netzteil | 128,95 DM | Platine | 128,95 DM | incl. 12V Netzteil | 9,95 DM | Platine Experimentierer | 4,90 DM |
| kompletter Bauteilesatz inkl. Ringkerntrafo, Drehspulinstrument, Kühlkörper usw., jedoch ohne Gehäuse | | | | Platine | | Platine Step-on-go (4) | 2,95 DM |
| elrad Bausatz Markisensteuerung | 85,00 DM | Platine | 9,90 DM | elrad Bausatz Einkanal-2m-Empfänger | 74,90 DM | Durch den Aufkauf eines Konkurrenzpreis bilden wir Ihnen eine günstige Einkaufsquelle. Fordern Sie bitte unsere kostenlose Liste an. Verkauf solange Vorrat reicht. | |
| Bauteilesatz | | | | Bauteilesatz | 10,90 DM | Kundeninformationen. Zum Teil keine Original-elrad-Platinen. Unsere Bausätze verstehen sich komplett laut Stückliste, incl. Sonstiges. IC-Fassungen sind im Bauteilesatz enthalten. Fordern Sie unsere elrad-Bausatzliste kostenlos an. Lieferung per Nachnahme (+7,50 DM Versandkosten). Irrtum und Preisänderungen vorbehalten. | |
| elrad Bauteilung Ni-Verzögerungsleitung | 16,70 DM | Platine | 14,90 DM | Bauteilesatz | 36,80 DM | Service-Center Heinz Eggemann, Jiwittsweg 13 | |
| Bauteilesatz/Filzplatine | 99,95 DM | Platine | 14,90 DM | Platine | 25,50 DM | 4553 Neuenkirchen 2, Telefon 0 54 67/2 41 | |
| Bauteilesatz/Wandlerplatine | 99,95 DM | Platine | 14,90 DM | elrad Baustz. Universal-Netzgerät | 133,85 DM | | |
| | | | | Bauteilesatz incl. Trafo | 28,50 DM | | |

Orig. Tonabnehmer

| | |
|-----------------|--|
| | Audio Technica AT 3070 69,- (High out MC) |
| Ortofon SG 5 24 | 19,- |
| Ortofon OMB 10 | 35,- |
| Ortofon OMB 1 | 59,- |
| VMS excl. s. | 99,- |
| X 3mc | 169,- |
| ME 75-6 | 36,- |
| ME 95 ED | 79,- |
| ME 97 HE | 129,- |
| AKG Ultra 500 | 174,- |
| P8es su. n. | 199,- |

1A Nachbau Diamanten

| | |
|------------|-------|
| Shure Dual | |
| N 75-6 | 14,50 |
| N 95 G | 30,- |
| N 95 ED | 39,- |
| N 91 G | 22,- |
| N 91 ED | 39,- |
| VN 35 E | 54,- |
| Elac | |
| D 155-17 | 28,- |
| D 355-17 | 39,- |
| National | |
| EPS 270 | 29,- |

24-Std.-Schnellversand

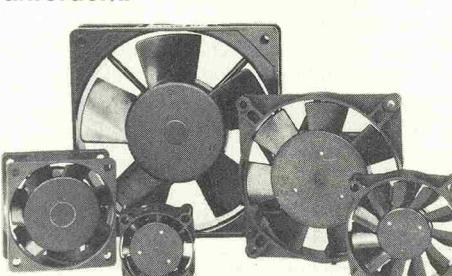
Wir führen über 2000 Diamanten lagermäßig. Anfragen telef. o. Liste geg. 1,80 in Briefm. Vers. per NN + Porto. Ein Jahr Garantie.

Chasseur GmbH Postfach 17 47
3280 Bad Pyrmont, Tel. 0 52 31/2 53 23

Manche mögen's heiß....

.... wenn Sie es aber lieber kühl mögen, helfen Ihnen unsere superflachen Flüsterlüfter

Info anfordern.



QUICK-OHM ELEKTRONIKBAUTEILE

Quick-OHM G.m.b.H., Postfach 12 04 65, 5600 Wuppertal 12, Tel. (02 02) 4 07 01, Telex 8 591 690 qok, Fax (02 02) 4 02 18

Echt-Effektivwertmessung:

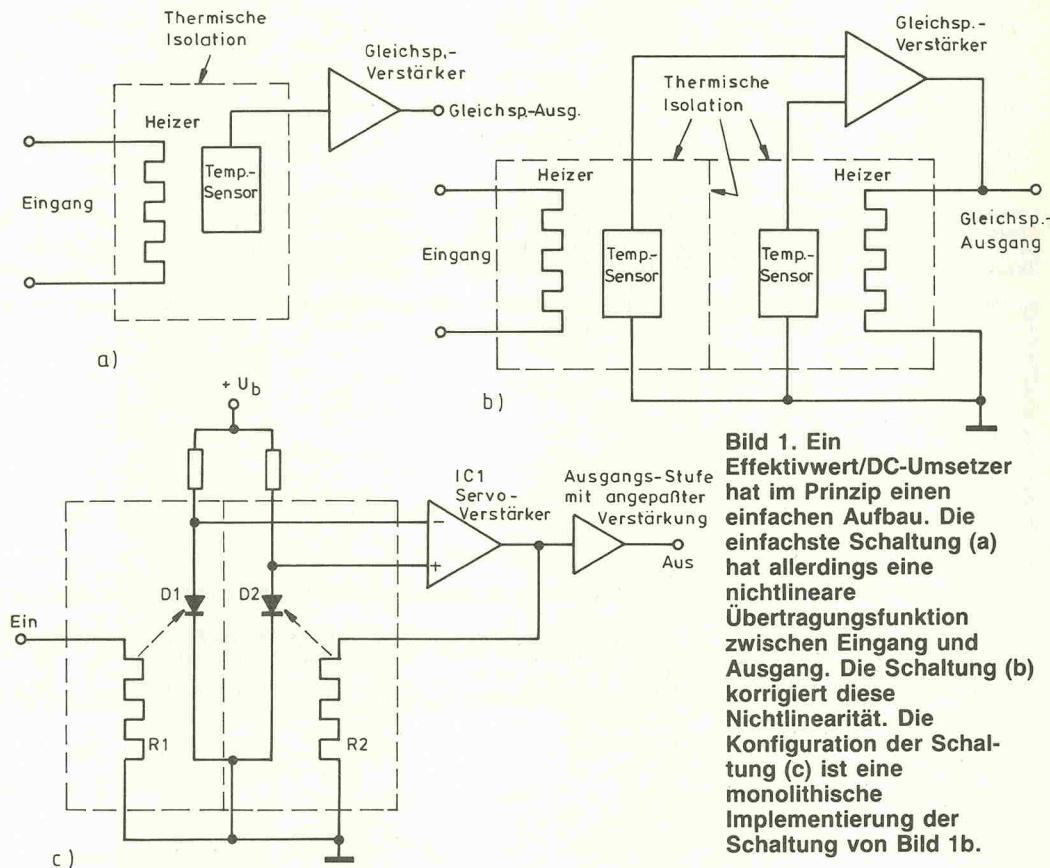
Wärme weist den wahren Wert

IC mit eingebautem Thermokonverter vereinfacht echte Effektivwertmessung

Ein neues, leicht zu handhabendes IC — das LT 1088 von Linear Technology — bietet dem Schaltungsentwickler ungeahnte Möglichkeiten, auf einfache, vergleichsweise sogar preiswerte Art und Weise Effektivwerte von Wechselspannungen beliebiger Kurvenform mit hoher Genauigkeit in eine Gleichspannung umzusetzen. Durch den eingebauten Thermokonverter ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit wesentlich höher als bei Einsatz eines Rechners, der über Algorithmen den Effektivwert in eine äquivalente Gleichspannung umrechnet. Weiterhin verarbeitet das IC praktisch jeden beliebigen Formfaktor (Crestfaktor) ohne Einschränkung der (Meß-) Genauigkeit.

Die einzige Methode, eine exakte Umsetzung von Effektivwert nach Gleichspannung bei hohen Frequenzen (oder großer Signal-Bandbreite) und hohen Formfaktoren des Signals zu erreichen, besteht im Einsatz von Thermowandlern. Die wesentlich höhere Bandbreite (100 MHz gegenüber 250 kHz) und höhere verarbeitbare Formfaktoren (50:1 gegenüber 10:1) bieten erhebliche Fortschritte gegenüber anderen Schaltungen, die beispielsweise mit monolithischen ICs arbeiten, die spezielle Rechenverfahren verwenden.

Gegenüber den verhältnismäßig großen und teuren, aus diskreten Komponenten aufgebaute Thermokonvertern bietet das IC LT 1088 die gleichen Vorteile, bei jedoch wesentlich vereinfachtem Schaltungsaufbau.



Was ist echt-effektiv? Wie funktioniert der Thermokonverter?

Die effektive Wechselstromleistung entspricht derjenigen Gleichstromleistung, die an einem Lastwiderstand gleicher Größe die gleiche Erwärmung hervorruft. Viele spezielle Meßgeräte benutzen thermische Verfahren und ermitteln auf diesem Weg den Effektivwert

des anliegenden Wechselspannungssignals. Bei Breitband-Effektivwert-Voltmetern, Breitband-AGC-Schaltungen und Rauschspannungsmessungen kommt man ohne Thermoumformer überhaupt nicht aus; dies gilt auch für Meßgeräte zur Bestimmung des Formfaktors, der als das Verhältnis von Spitzenvwert zu Effektivwert der Wechselspannung definiert ist. Mit dem sehr einfachen Funktionsprinzip des Thermokonverters erzielt man

hervorragende Breitbandeigenschaften, die mit Geräten nach der indirekten Methode (algorithmische Berechnungsverfahren) nicht erreichbar sind. Der LT 1088 lässt sich auf vielfältige Art und Weise schaltungstechnisch einsetzen. Zunächst sollen einige Vorbe trachtungen über die thermische Effektivwert/DC-Umwandlung angestellt und das Funktionsprinzip des LT 1088, sein Aufbau und seine Arbeitsweise beschrieben werden.

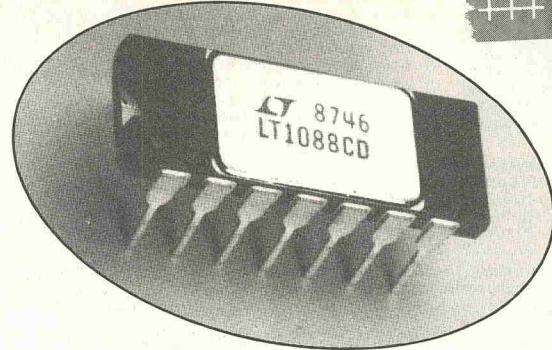


Bild 1. Ein Effektivwert/DC-Umsetzer hat im Prinzip einen einfachen Aufbau. Die einfachste Schaltung (a) hat allerdings eine nichtlineare Übertragungsfunktion zwischen Eingang und Ausgang. Die Schaltung (b) korrigiert diese Nichtlinearität. Die Konfiguration der Schaltung (c) ist eine monolithische Implementierung der Schaltung von Bild 1b.

In Bild 1a ist die Prinzipschaltung eines Thermokonverters angegeben. Das Eingangssignal erwärmt über einen Heizwiderstand den Chip; als Ergebnis erscheint ein erhöhtes Ausgangssignal des Temperatursensors. Da die Aufheizung des Widerstands direkt proportional zum Effektivwert des anliegenden Signals erfolgt, ist das Ausgangssignal des Temperatursensors ein Maß für die Heizleistung.

Diese Methode erscheint zunächst sehr einfach, jedoch kann der Temperatursensor nicht zwischen der vom Heizwiderstand erzeugten Chip-Temperatur und Änderungen der Umgebungstemperatur unterscheiden. Man kann diese Unsicherheit zwar durch zusätzliches Erfassen der Umgebungstemperatur in den Griff bekommen, aber ein weiteres ungelöstes Problem bleibt noch bestehen: Selbst wenn alle elektrischen Teile des Schaltungsentwurfs perfekt linear arbeiten, ist der Zusammenhang zwischen Eingangsgröße und Ausgangsgröße der Schaltung doch nichtlinear. Die am Widerstand in Wärme umgesetzte Eingangsleistung ist eben nach dem Gesetz $P = U^2/R$ quadratisch proportional zur Eingangsspannung, so daß der Temperaturanstieg ebenfalls nichtlinear proportional ist.

Man muß hier eine Art Kompressionsverfahren anwenden, um einen linearen Zusammenhang zwischen Ausgangsgleichspannung und Eingangsspannung zu erzielen. In Bild 1b ist eine klassische Schaltung dargestellt, die die beiden in Bild 1a gezeigten Unzulänglichkeiten korrigiert. Hier zwingt der Gleichspannungsverstärker ein zweites, identisches (!) Widerstand-Sensor-Paar, die gleichen thermischen Bedingungen wie in dem vom Eingangssignal gespeisten Paar anzunehmen. Durch die Differenzschaltung und die Gegenkopplungstechnik wird jegliche Änderung der Umgebungstemperatur als Gleichaktwert aufgefaßt und von der Differenzeingangsschaltung des Gleichspannungsverstärkers eliminiert.

Obwohl der Zusammenhang zwischen Effektivwert und Temperatur nicht linear ist, wird durch das thermische Vergleichsverfahren der Zusammenhang zwischen Effektivwert und Gleichspannungsausgang linearisiert. Die Gesamtverstärkung ist eins.

Die Fähigkeit der Schaltung nach Bild 1b, Änderungen der Umgebungstemperatur zu eliminieren, hängt damit zusammen, daß das zweite, aus Heizwiderstand und Temperatursensor bestehende Paar auf gleicher Temperatur gehalten wird. Um dies zu gewährleisten, muß das System thermisch isoliert sein. Diese Isolationstechnik beruht auf einem kleinen Trick: Man hält die thermischen Zeitkonstanten der Heizwiderstand-Sensoranordnungen wesentlich kleiner als die Zeitkonstanten, die für Änderungen der Umgebungstemperatur gelten. Wenn die thermischen Zeitkonstanten der Widerstand-Sensor-Paare übereinstimmen, treten bei beiden Paaren Änderungen der Umgebungstemperatur mit gleicher Amplitude und gleicher Phase auf. Der Gleichspannungsverstärker in Bild 1b unterdrückt das Gleichtaktsignal, das von der Umgebungstemperatur hervorgerufen wird.

Hier soll noch einmal betont werden, daß, obwohl die beiden jeweils aus Heizwiderstand und Temperatursensor bestehenden Systeme die gleiche Temperatur aufweisen, sie doch thermisch voneinander isoliert sind. Jegliche gegenseitige Beeinflussung der beiden Systeme reduziert den Störabstand und bewirkt damit eine Einengung des nutzbaren Dynamikbereiches.

In der Schaltung nach Bild 1b ist die Ausgangsspannung linear, da sich durch die aufeinander angepaßten Thermopaare der nichtlineare Zusammenhang zwischen Spannung und Temperatur gegenseitig aufhebt. Der Vorteil des beschriebenen Systems ist die einfache Einbindung in auf thermischer Umsetzung basierenden Effek-

tivwert/DC-Messungen. Auf der anderen Seite benötigt dieser Aufbau aufeinander angepaßte Heizwiderstände, Sensoren und thermische Isolation. Solche Aufbauten sind mit diskreten Komponenten verhältnismäßig groß und in der Herstellung recht teuer.

In der Theorie kann man sich auch monolithische IC-Techniken vorstellen, um solche Anordnungen herzustellen, aber — wie noch gezeigt wird — bereitet die thermische Isolation

gesetzmäßigen schränken allerdings die praktische Einsatzfähigkeit der Schaltung ein. So verringert beispielsweise eine thermische Kopplung zwischen R1-D1 einerseits und R2-D2 andererseits die Verstärkung und beeinflußt dadurch auch das Ausgangssignal in negativem Sinne. Genauso führen Unterschiede der Verlustleistungen der Widerstände und der thermischen Kapazitäten der Thermopaare R-D zu Fehlern in der Gesamtverstärkung. Weiterhin muß der

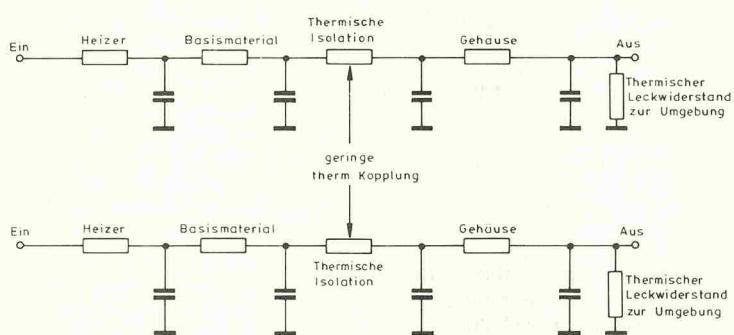


Bild 2. Elektrisches Ersatzschaltbild der thermischen Verhältnisse im LT 1088.

doch enorme Schwierigkeiten. Eine stark vereinfachte, auf monolithischer Basis beruhende Schaltung, die die beschriebene thermische Umsetzungsfunktion durchführt, ist in Bild 1c dargestellt. Die Funktionsweise dieser Schaltung entspricht grundsätzlich dem in Bild 1b vorgestellten Prinzip. Das Eingangssignal gelangt an den Widerstand R1 und heizt diesen auf. Dadurch verringert sich die Durchlaßspannung der mit R1 thermisch gekoppelten Diode D1. IC1 liefert nun Strom, der R2 aufheizt und damit auch die Diode D2; damit ist die Gegenkopplungsschleife des Gesamtsystems geschlossen.

Da die Dioden und Widerstände aufeinander angepaßt sind, ist die Ausgangsgleichspannung von IC1 dem Effektivwert der Eingangswechselspannung proportional, und zwar unabhängig von der Frequenz oder dem Formfaktor des Eingangssignals.

Die bereits dargestellten ther-

mische Widerstand zur Umgebungstemperatur so hoch wie möglich sein, um das Diodenaustrittssignal im Hinblick auf noch auswertbare Eingangsspannungen zu maximieren. Weiterhin muß der thermische Pfad zwischen dem Heizwiderstand und der zugeordneten Diode einen möglichst verlustarmen Wärmeübergang gewährleisten.

In Bild 2 ist ein vereinfachtes elektrisches Ersatzschaltbild der einzelnen thermischen Komponenten in dem monolithischen Konverter vorgestellt. Die exakte Anpassung all dieser Komponenten beeinflußt enorm die Brauchbarkeit der Anordnung. Speziell in diesem Fall bildet der thermische Widerstand der thermischen Isolation die dominierende Größe in dem Pfad der thermischen Widerstände. Ist der thermische Widerstand der Isolation sehr hoch, sind kleine Fehlpassungen von untergeordneter Bedeutung.

Praxis des LT 1088

Der Baustein ist in einem Dual-In-Line-Gehäuse mit 14 Anschlüssen untergebracht, siehe Bild 3. Jede Hälfte des ICs enthält zwei unterschiedlich bemessene Heizwiderstände, die einzeln benutzt, aber auch in Reihe geschaltet werden können.

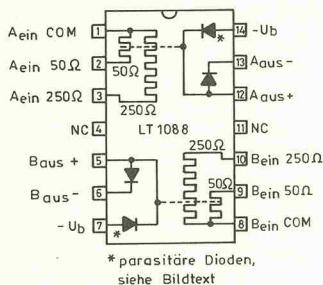


Bild 3. Anschlußbelegung des LT 1088. Die bipolare Konstruktion enthält typische parasitäre Dioden, die über die Pins 7 und 14 in Sperrrichtung vorgespannt werden müssen.

Bild 4 zeigt eine vollständige Schaltung, deren wichtigste Daten im Bildtext angegeben sind. Die Temperatursensordioden werden aus der Versorgung für die Gesamtschaltung gespeist. IC1 arbeitet als Differenz-Servo-Verstärker mit einem Verstärkungsfaktor von 9000, misst die Differenzspannung der beiden Dioden und erzeugt die Vorspannung für T1. Dieser als Emitterfolger geschaltete Transistor steuert einen der Heizwiderstände des LT 1088 und komplettert so die Gegenkopplungsschleife.

Der 3300-pF-Kondensator sorgt für stabiles Arbeiten. Die Reihenschaltung 1,5 MΩ/0,022 µF verbessert die Einschwingzeit. Aufgrund der quadratischen Gesetzmäßigkeit der thermischen Verstärkung des LT 1088 ist die Gesamtschleifenverstärkung für kleine Eingangssignale geringer. Diese nichtlineare Verstärkungsschaf-

rakteristik würde normalerweise eine höhere Einschwingzeit für Eingangssignale unterhalb 10%...20% des Maximalwertes hervorrufen. Das aus der Zenerdiode LT 1004, dem 1-kΩ- und dem 3-kΩ-Widerstand aufgebaute Netzwerk bewirkt eine Verstärkungserhöhung bei diesen kleinen Eingangsspannungen, um die Einschwingzeit zu verbessern. IC2 bildet eine Ausgangsstufe mit einstellbarer Verstärkung und dient zur Kompensation von Verstärkungsdifferenzen zwischen den beiden Thermokonvertern des LT 1088.

Zum Abgleich der Schaltung legt man ein Gleichspannungssignal, das etwa 10% des Maximalwertes beträgt, an den Eingang, zum Beispiel 1 V für den 250-Ω-Widerstand, 500 mV für den 50-Ω-Widerstand. Das Nullpunkt-Potentiometer wird so abgeglichen, daß die Ausgangsgleichspannung gleich der Eingangsgleichspannung ist. Als nächstes wird eine dem Skalenendwert entsprechende Gleichspannung angelegt und das Maximalwert-Poti so lange verstellt, bis der gleiche Spannungswert am Ausgang erscheint. Das Null- und das Maximalwert-Poti müssen noch ein paarmal nachgestellt werden.

Bei sorgfältigem Abgleich ist die Meßgenauigkeit der Schaltung besser als 1%.

Will man Effektivwerte bei Frequenzen oberhalb 10 MHz messen, muß die Eingangsschaltung zum LT 1088 besonders sorgfältig erfolgen. Drahtverbindungen bilden sehr schnell parasitäre Induktivitäten, so daß man den Heizwiderstandanschluß des ICs direkt mit der zu messenden Spannungsquelle verbinden muß. Ebenso sollte die Eingangsseite vom Rest der Schaltung gut geschirmt sein. In Bild 5 ist angegeben, wie so eine Abschirmung aussehen kann. Eine einfache Hf-Abschirmung aus Kupferblech reicht hier völlig aus. Der LT 1088 wird so eingebaut, daß der IC-Anschluß so dicht wie möglich am Ein-

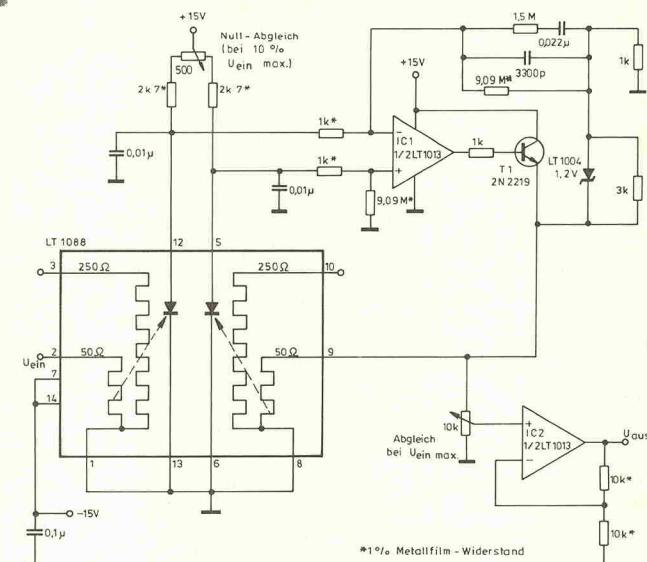


Bild 4. Grundsätzliche Auslegung des Servoverstärkers. Diese Konfiguration ist voll funktionsfähig und liefert eine dem Effektiv eingangswert proportionale Gleichspannung. Die Schaltung läßt sich auf eine Meßgenauigkeit von $\pm 1\%$ abgleichen. Die maximale Eingangsspannung am 50-Ω-Widerstand beträgt 4,25 V, am 250-Ω-Widerstand 9,5 V. Weitere Daten: 3-dB-Bandbreite 300 MHz; Einschwingzeit 500 ms; zulässiger Formfaktor 40:1; Dynamikbereich 26 dB; Meßunsicherheit (50-Ω-Eingang) 0...50 MHz: 1%, 0...100 MHz: 2%. Meßunsicherheit (250-Ω-Eingang) 0...10 MHz: 1%.

gangsstecker liegt. Weiterhin muß der 0,01 µF-Kondensator in der Schaltung nach Bild 4 unmittelbar an Anschluß 5 bzw. 12 des LT 1088 angelötet werden. Diese Kondensatoren verhindern, daß die Sensordioden auf Hf-Spannungen reagieren, was Meßfehler zur Folge hätte.

Beim Aufbau der Schaltung müssen auch thermische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Weil die Funktionsweise des LT 1088 auf der ther-

mischen Symmetrie der beiden Thermokonverter beruht, reagiert das IC recht empfindlich auf äußere Temperaturgradienten. Das trifft besonders bei niedrigen Eingangsspannungen zu, weil dann die Temperatur der Widerstände in der Größenordnung der Umgebungs-temperatur liegt. Der LT 1088 muß deshalb so eingebaut werden, daß in seiner Umgebung eine gleichmäßige Temperaturverteilung auftritt und das IC keinesfalls der Zugluft ausgesetzt ist. Bauteile mit Eigen-

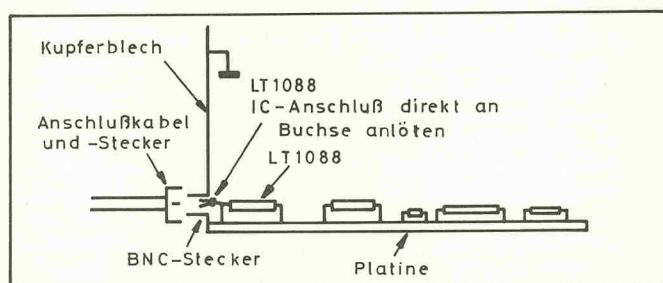


Bild 5. Soll der LT 1088 bei hohen Frequenzen eingesetzt werden, sind spezielle Aufbaumaßnahmen notwendig. Wärme produzierende Bauteile dürfen auf gar keinen Fall in der Nähe des LT 1088 angeordnet sein.



PRÄZISIONSBAUSÄTZE MADE IN GERMANY

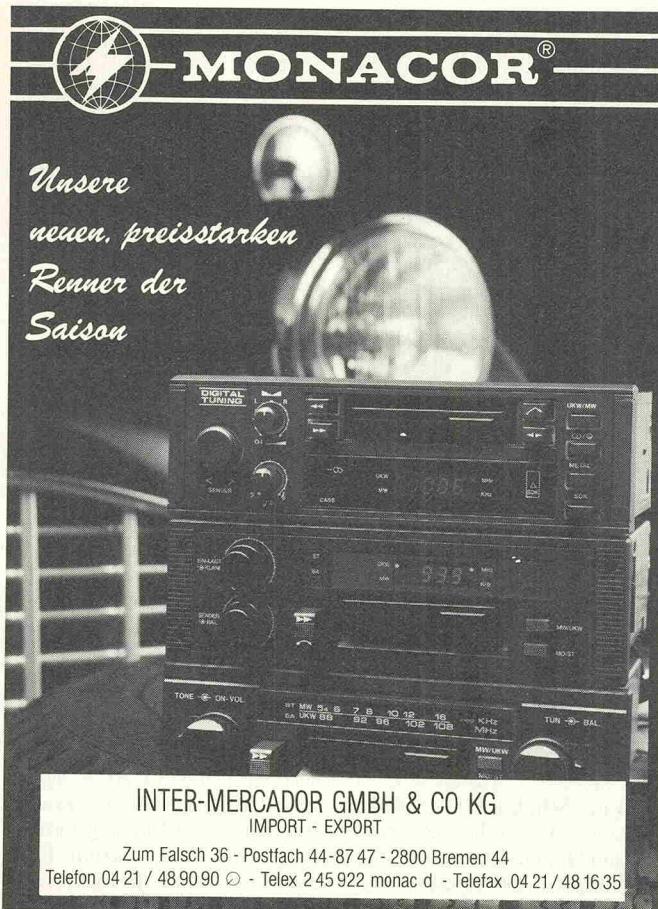
Nordenholzer Str. 40, 2872 Hude, Tel. 04408/1288, Tx 251019



| | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|
| Wir sind ein Entwicklungs- und Herstellungsbetrieb von Elektronik - Bausätzen. | Wir zählen zu den ältesten Bausatzherstellern der Bundesrepublik Deutschland. | Wir produzieren hochwertige Bausätze mit modernster Einrichtung. | Wir bieten ein umfangreiches Programm mit 130 Präzisions-Bausätzen. | Wir sind mit unserem Bausatz-Programm in der Bundesrepublik Deutschland, in Belgien, in Holland, in Österreich und in der Schweiz vertreten. | Wir verwenden für unsere Präzisions-Bausätze nur Bauteile 1. Wahl. |
| Wir nehmen für unsere Leiterplatten nur Epoxydmaterial. | Wir versehen unsere Platten mit einem Bauteiledruck. | Wir liefern eine ausführliche und detailgenaue Bauanleitung. | Wir kontrollieren unsere Produkte ständig und umfangreich. | Wir haben einen kostenlosen Reparatur-Service. | Wir überzeugen durch unsere langjährige Erfahrung mit garantierter Qualität; denn Qualität ist unsere Stärke. |
| Wir stellen auf den Fachmessen in Dortmund und in Stuttgart aus. | Wir bitten um Ihre Kataloganforderung bei Ihrem Elektronik-Fachhändler oder bei uns gegen Einzahlung von DM 6,00 auf Postscheckkonto Hann. 397811-300. | Wir möchten, daß auch Sie sich von unserer guten Qualität überzeugen. | Wir bitten um einen Probekauf bei Ihrem Elektronik-Fachhändler. | Fachhändler Wir suchen zum Ausbau unserer Aktivitäten weitere Elektronik-Fachhändler für unser Bausatz-Programm. Wir sind fachhandelstreu! | Fachhändler Fordern Sie unseren 138-seitigen Bausatz - Katalog mit Ihren Einkaufskonditionen an. |

 **MONACOR®**

Unsere neuen, preisstarken Reiner der Saison



INTER-MERCADOR GMBH & CO KG
IMPORT - EXPORT

Zum Falsch 36 - Postfach 44-8747 - 2800 Bremen 44
Telefon 0421 / 48 90 90 - Telex 245922 monac d - Telefax 0421 / 48 16 35

Professionelle Boxen und Cases selbstbauen

Wer sich seine Boxen oder Cases selbst baut, kann eine Menge Geld sparen. Hochwertige Bauteile und Sorgfalt bei Planung und Bau garantieren ein ausgezeichnetes Ergebnis. Der neue Katalog "Professional Speaker" enthält alles, was man zum Bau von guten Boxen und Cases braucht von der kleinsten Ecke bis zum 18" Speaker. Und dazu auf über 80 Seiten eine Menge Information, Know-How, Baupläne, und, und, und. Einfach anfordern.



Schick mir den neuen Katalog, DM 3,50 in Briefmarken liegen bei.

Name _____
Straße _____
PLZ/Ort _____

Zeckmusic
Beck KG
Turnhalleweg 6
7800 Waldkirch 2

wärmung sollten möglichst weit vom IC entfernt sein. Noch sorgfältiger muß man vorgehen, wenn das IC in lüftergekühlte Geräte eingebaut werden soll.

Und schließlich: Normalerweise werden keine thermischen Isolierungen oder thermisch isolierenden Gehäuse für das IC benötigt. Auf gar keinen Fall darf das IC mit einem Kühlkörper versehen werden!

Meßgenauigkeit unter der Lupe

In Bild 6 ist der Meßfehler in Abhängigkeit von der Eingangsfrequenz für einen LT 1088 dargestellt, der bei Vollaussteuerung mit dem $50\text{-}\Omega$ -Eingang arbeitet. Man bedenke, daß für geringe Eingangsspannungen keinerlei Bandbreitenbeschränkung zu erwarten ist. Als Referenz für diese Messung wurde ein thermischer Standard „Fluke Modell 540 B“ mit einem Konverter des Typs „A-55“ benutzt. Diese Referenzen sind

| Eigenfrequenz [MHz] | Fehler [% von $\lambda_{ein max.}]$ |
|---------------------|-------------------------------------|
| 0 | 0 |
| 20 | -0.5 |
| 40 | -1.0 |
| 60 | -1.5 |
| 80 | -2.0 |
| 95 | -2.5 |

Bild 6. Der Meßfehler ist bis zu Frequenzen von 100 MHz kleiner als 2%. Die Kurve gilt für Vollaussteuerung am 50- Ω -Eingang.

bis 50 MHz zertifiziert. Das Diagramm in Bild 7 zeigt eine sinngem  e Darstellung für einen grösseren Frequenzbereich, ebenfalls für den 50-  -Ein-
gang.

Leider liefern die für die Aufnahme solcher Kurven einzusetzenden Geräte und Testaufbauten größere Meßfehler bei den höchsten Frequenzen. Aber die gemessenen Daten zeigen doch stark angenähert das wahre Verhalten des LT 1088. Die Spitze, auf die ein steiler

Abfall folgt, ist eine Eigenart des LT 1088 und hängt mit seinen Hochfrequenz-Eigenschaften zusammen. Hier machen sich bereits die gebundenen Drähte innerhalb des ICs bemerkbar, da ihre Induktivität natürlich bei höheren Frequenzen nicht mehr zu vernachlässigen ist. Auch die Kapazität zwischen dem Heizwiderstand und der Sensordiode ist bei hohen Frequenzen schädlich, da über diese Kapazität HF direkt an die Diode gelangt kann und unüberschaubare Verhältnisse eintreten.

Benutzt man den $250\text{-}\Omega$ -Widerstand, liegt die 1%-Meßfehler-Grenze bereits bei der deutlich niedrigeren Frequenz von 20 MHz. Ursache ist die wegen des höheren Widerstandes erforderliche höhere Eingangsspannung.

Die Zeitkonstante der Regelschleife bestimmt das Verhalten des LT 1088 im unteren Frequenzbereich. Mit den in Bild 4 angegebenen Werten beginnt die Schaltung bereits den Momentanwerten der Eingangsspannung unterhalb 50 Hz zu folgen. Will man bei noch geringeren Frequenzen arbeiten, muß die Zeitkonstante der Regelschleife wesentlich länger werden, indem man beispielsweise den 3300-pF-Kondensator vergrößert, aber dann erhöht sich auch die Einschwingzeit der gesamten Schaltung.

Der vom IC verarbeitbare Formfaktor der Eingangsspannung hängt nur von der thermischen Belastbarkeit des ICs und den kleinsten verarbeitbaren Eingangsspannungen ab. Die Obergrenze wird vom IC selbst vorgegeben. Die Untergrenze wird durch das Signal/Rausch-Verhältnis bestimmt. Kleine Eingangssignale erzeugen natürlich nur geringe Ausgangssignale; bei diesen sehr kleinen Eingangssignalen kann die Schaltung nicht mehr einwandfrei zwischen der vom Eingangssignal erzeugten und der Umgebungstemperatur unterscheiden.

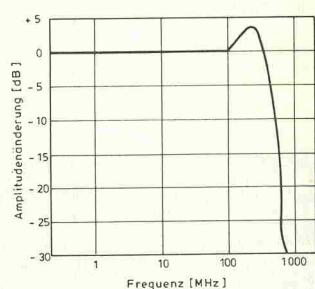
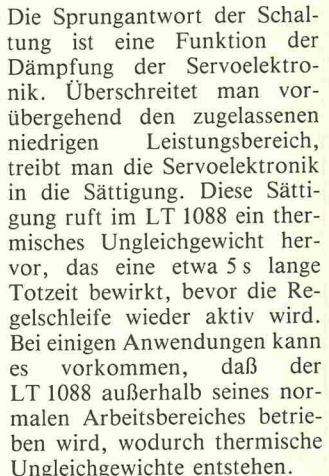


Bild 7. Mit eingeschränkter Genauigkeit ist der LT 1088 selbst bei Frequenzen oberhalb 100 MHz einsetzbar.

Möchte man aber eine schnelle Einstellzeit, sollte man die Schaltung nach Bild 8 verwenden. Diese Anordnung erhöht wesentlich die Einstellgeschwindigkeit, weil sie bei thermischen Ungleichgewichten mit offener Regelschleife arbeitet und eine Heizkorrektur durchführt. Verzögerungen in der Regelschleife rufen in IC1 Überschwingen hervor; dadurch wird die Stromzuführung für den Vergleichsheizwiderstand unterbrochen, und der LT1088 kommt ins thermische Ungleichgewicht. Die Diodensteuerung am Ausgang des LT 1010 wirkt als Stromsenke für den 250Ω -Eingangsheizwiderstand. Dieser Strom heizt zusätzlich und bewirkt eine Kompensation des thermischen

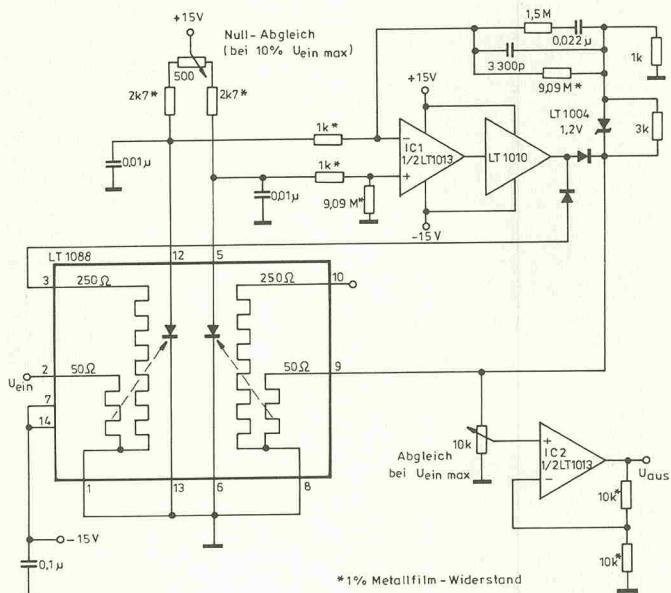


Bild 8. Schaltung zur Verringerung der Einschwingzeit. Die Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit erfolgt durch eine Heizkorrektur mit voller Schleifenverstärkung, wenn ein thermisches Ungleichgewicht auftritt.

albs



SUB 20 – Entwickelt für den stereoplay-Subwoofer, die universelle aktive Frequenzweiche (Heft 6-7/88) • mit regelbarer Subbaanhebung 20 Hz von 0 bis 6 dB • mit regelbarem Tieppaßfilter 50-150 Hz und 12/24 dB • mit Subsonicfilter 18 dB/15 Hz und...und...und...

SUB 20 – Das Fertigerät für höchste Ansprüche

Musik bleibt Musik
durch rein DC-gekoppelte Electronic

DAC-MOS – die 100% DC-gekoppelten MOS-Fet-Leistungsverstärker mit sym. Eingang vervollständigen unsere erfolgreiche Serie RAM-4/PAM-10 (Testbericht stereoplay 9/86 (absolute) Spitzensklasse).

Hi-End-Module von albs für den Selbstbau Ihrer individuellen Hi-Fi-Anlage • DC-gekoppelter, symmetrischer Linearverstärker mit 1-Watt-CLASS-A-Kabelltreiber • DC-gekoppelter RIAA-Entzerrervorverstärker • Aktive Frequenzweichen – variabel und steckbar • Gehäuse aus Acryl, Alu und Stahl – auch für hochprofessionelle 19"-Doppel-Mono-Blöcke • Power-Pack-Netzteile bis 440000 µF • Vergossene, geschirmte Ringkerntrofo bis 1200 VA • Viele vergoldete Audioverbindungen und Kabel vom Feinsten • ALPS-High Grade-Potentiometer und albs Stufenschalter...und vieles andere mehr.

Ausführliche Infos DM 10,- (Briefmarken/Schein), Gutschrift mit unserer Bestellkarte. Änderungen vorbehalten, Warenlieferung nur gegen Nachnahme oder Vorkasse.

albs-Alltronic

B. Schmidt · Max-Eyth-Straße 1 (Industriegebiet)
7136 Ötisheim · Tel. 070 41/27 47 · Tx 7263 738 albs

| H HAMBURGER E ELEKTRONIK VERTRIEB V | |
|---|----------------------|
| Wandsbeker Chaussee 98 | D 2000 HAMBURG 76 |
| TELEFON 040 25 50 15 | |
| 3 x URLAUBSSPASS..... | |
| 1. HIT Solides UKW/MW-Kopfhörer-Radio, ideal am Strand, beim wandern | UNSER PREIS 16,95 DM |
| 2. HIT ABA -W-MANN-ABSPIELER Stereo-Cassetten-Abspielgerät mit Stereo-Kopfhörer. | UNSER PREIS 19,95 DM |
| 3. HIT 9 BAND-WELTEMPFÄNGER UKW/MW/LW und 6 gespreite KW. Hohe Empfindlichkeit. - SPITZE - | UNSER PREIS 47,95 DM |
| | |
| | |
| VIDEO-STABILIZER TYP 154 mit Netzteil Ein Überspielverstärker mit Bildkorrektur. Er ermöglicht eine störungsfreie Wiedergabe von Video-Filmen. Flackern, Springen, Laufen und Dimmen (hell/dunkel) wird verhindert. Der Stabilizer wird zwischen Video-Recorder und FS-gerät geschaltet. Eingang/Ausgang mit AV-Buchsen. HINWEIS! Das Kopieren von gewerblichen Filmen ist untersagt. | |
| PREIS 149,50 DM HEV Dorka KG - HRA 77591 LADENGESELLSCHAFT Mo-Fr 8.30-18.00 Sa 9.00-13.00 Uhr | |

RESTPOSTEN! ab DM 1,-

| | |
|-------------------------|---------|
| ICL 7107+7106, Intersil | à 5,99 |
| ab 10 Stück | à 5,65 |
| ICL 7106R | 6,95 |
| ab 10 Stück | à 6,45 |
| ICL 7135 | 25,50 |
| ab 10 Stück | à 22,20 |
| 2N 3055 RCA | 1,25 |
| ab 25 Stück | à 1,15 |
| 2N 3055 Motorola | 1,- |
| ab 25 Stück | à 0,95 |

| | |
|--|------|
| Telefunken, 7-Segment-Anzeigen, 13 mm, rot | 1,20 |
| D 350 PA (gem. Anode) | 1,20 |
| ab 25 Stück à 1,10 ab 100 Stück à 1,- | |
| D 350 PK (gem. Anode) | 1,20 |
| ab 25 Stück à 1,10 ab 100 Stück à 1,- | |

1/3-W-Kohleschichtwiderstände, 5%, axial, in 100er-Tüten, neu Ware.

Lieferbare Werte von 1 Ω bis 10 MΩ.

100 Stück, pro Wert (1 Tüte). 1,-

Wiederverkäufer Händlerliste schriftlich anfordern.

1,-

Kostenlosen Katalog '88* (200 Seiten) anfordern!

* (wird bei Bestellung automatisch mitgeliefert)

SCHUBERTH
electronic-Versand
8660 Münchberg, Wiesenstr. 9
Telefon 0 92 51/60 38

Hoppla



Katalog '88 anfordern
unter Kennwort „Elrad“
Bitte 3,- DM in Briefmarken beilegen

50-70% Kostenersparnis
durch Eigenbau
bei bester Klangqualität

2 Wege, 3 Systeme Box,
konzentrischer Strahler 120 W,
93 dB/W/m 295,-

2-3 Wege, 5 Systeme Box,
konzentrischer Strahler 240 W,
96 dB/W/m 500,-

3 Wege, 5 Systeme Spaltbox,
konzentrischer Strahler 120 W,
97 dB/W/m 2120,-

Probetönen (auch mit
eigenen Platten) erwünscht!

G
LAUTSPRECHER
ZUM SELBERBAUEN

Stenfurter Str. 37 4400 Münster Tel. 0251/27 74 48
Öffnungszeiten Mo-Fr 14-18 Uhr Sa 10-14 Uhr

Stürmisch begrüßt wurde unsere 220 S.
Das große Volumen mit entsprechendem Tieffuß und ihre transparente Abstimmung machen sie zu einem der beliebtesten Systemen.

System 220 S

- 80/120 Watt • 2-Wege-Baßreflex
- schlanke Standbox • 30-30000 Hz
- beschichtetes Tiefmittelton-System
- schnelle Gewebe-Kalotte

System Bausatz

(alle erforderlichen Teile)

BB 220 S 115,- DM

Faltgehäuse (weiß/schwarz)

(vollständig bearbeitet)

FG 220 S 110,- DM

Fertig-Version (weiß/schwarz)

(geprüfte & anschlußfertige Box)

BF 220 S 280,- DM

DIREKVERSAND & HÖR- UND VERKAUFSSTUDIO:
5650 Solingen 1 · Konrad-Adenauer-Str. 11 · Tel. 0219/16014
Weitere Hör- und Verkaufsstudios:
4600 Dortmund 1 · Hamburger Str. 67 · Tel. 0231/598417
7000 Stuttgart 1 · Theodor-Heuss-Str. 20 · Tel. 0711/994586
6000 Frankfurt 1 · Friedberger Anlage 14 · Tel. 069/494018
Österreich: TARGET · Tel. 05522/91599
Schweiz: HOBBYTRONIC · Tel. 034/331500

mivoc®

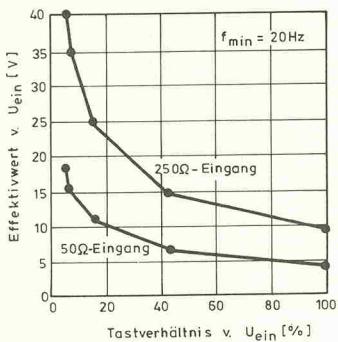


Bild 9. Die Heizwiderstände des LT 1088 dürfen auf keinen Fall übersteuert werden. Das Diagramm zeigt die sicheren Arbeitsbereiche für das IC. Die Kurven definieren die maximal zulässigen Effektivwerte der Eingangsspannung in Abhängigkeit von ihrem Tastverhältnis.

Ungleichgewichts, wodurch auch eine Reduzierung der Einschwingzeit ermöglicht wird. Das Ausgangssignal von IC2 schwingt sehr schnell ein, nachdem die Korrektur mit der vollen Schleifenverstärkung erfolgt ist.

Hinsichtlich des dynamischen Verhaltens des LT 1088 ist zu berücksichtigen, daß, auch wenn die Ausgangsspannung auf ihren Endwert einge-

schwungen ist, sich die interne Temperatur des Basismaterials noch auf ihren Endwert hinbewegt. Wenn man die Arbeitsweise des LT 1088 betrachtet, ist es sehr wichtig, zwischen Spannungsdynamik und thermischer Dynamik zu unterscheiden.

Eine mögliche Fehlerquelle ist das Überheizen der Eingangswiderstände des LT 1088. Die maximale Eingangsleistung des ICs bei 25 °C Umgebungstemperatur ist mit kontinuierlich 375 mW spezifiziert, bis 30 s sind 435 mW zulässig. Für Umgebungstemperaturen oberhalb 25 °C ist die zulässige Eingangsleistung um 3 mW/°C zu reduzieren.

In Bild 9 sind die sicheren Arbeitsbereiche für das Tastverhältnis der Eingangsspannung über dem Effektivwert der Eingangsspannung aufgetragen.

Irrtümliches Überheizen oder Überlastung können den LT 1088 beschädigen oder sogar zerstören. In Anwendungsfällen mit möglicher Überlastung des Bausteins müssen entsprechende Schutzmaßnahmen vorgesehen werden.

In Bild 10a ist eine Schutzschaltung vorgesehen, die schnell genug anspricht, um das IC vor Zerstörung zu schützen. Der Eingang von IC1 liegt am Ausgang der Servoschal-

tung des LT 1088, siehe Bild 4. Falls dieses Ausgangssignal das am nichtinvertierenden Eingang von IC1 anstehende Vergleichssignal überschreitet, triggert IC1 und entlädt den $0,2\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator. Der hieraus resultierende Spannungs-einbruch bewirkt, daß der Aus-gang von IC2 auf Null geht und das Schutzrelais aktiviert, das wiederum den Eingangskreis unterbricht. Der $560\text{-k}\Omega$ -Wi-derstand bewirkt eine lange Aufladezeit für diesen Konden-sator und somit eine Unter-drückung der Schwingneigung. Die Ansprechzeit der Schaltung wird durch die Anstiegsge-schwindigkeit begrenzt, mit der die Schaltung das Effektivwert-

die Schaltung dem Effektivwert folgen kann; sie beträgt etwa 0,2 V/ms. Hält sich die Überlastung in vernünftigen Grenzen, steigt die Temperatur des LT 1088 mit etwa $1^{\circ}\text{C}/\text{ms}$. Auf einen 10-V-Spannungssprung reagiert der Baustein erst nach ca. 50 ms. Das Ergebnis ist eine Temperaturerhöhung von 50°C .

Eine höhere Überlastung bewirkt natürlich eine schnellere Aufheizung. In diesem Fall könnte die Schaltung nach Bild 10a nicht schnell genug reagieren, um eine Beschädigung des ICs zu verhindern. Die Schaltung in Bild 10b reagiert schneller, benötigt aber einige Abgleich. Hier wird unmittelbar die Temperatur des LT 1088 überwacht. Die Wirkungsweise der Schaltung in Bild 10b ist der von Bild 10a sehr ähnlich, allerdings wird das Steuersignal hier von den Temperatursensordioden des Thermokonverters abgegriffen.

Eine starke Überlastung am Eingang des LT 1088 zwingt den Servoverstärker zum Nachstellen. Die Sensordiode, die

Bild 11. Als hochohmiger Eingang für den LT 1088 kann der hier gezeigte Pufferverstärker eingesetzt werden. Die Gesamtverstärkung beträgt 1, die Bandbreite etwa 25 MHz. Der untere 50- Ω -Widerstand ist auf minimale Offsetspannung am Schaltungsausgang zu selektieren.

schneller als der Servoverstärker reagiert, veranlaßt die Schaltung, das Relais zu betätigen und den Eingang innerhalb 15 ms abzuschalten. Da die Regelschleife erst nach der Temperaturänderung reagiert, läuft die Ausgangsspannung des Servoverstärkers auf nur 6 V hoch. Wegen der Diodentoleranzen benötigt diese Schaltung einen Abgleich. Dazu ist es notwendig, die Ausgangsspannung der Diode bei 25 °C zu messen und den negativen Eingang von IC1 auf die gewünschte Abschalttemperatur einzustellen. Man kann dabei einen Temperaturkoeffizienten der Diode von $-1,8 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$ zugrunde legen.

Bei einigen Anwendungen ist der niederohmige Eingangswiderstand des LT 1088 unvorteilhaft. Es ist allerdings nicht einfach, einen Pufferverstärker für die volle Bandbreite und die hohe Meßgenauigkeit aufzubauen. Verwendet man einen LT 1010 als Puffer, beträgt die Bandbreite einige MHz. Die Schaltung in Bild 11 erreicht 25 MHz Bandbreite (50- Ω -Eingang); enthalten sind ein Pufferverstärker mit FET-Eingang und ein komplementärer Emitterfolger. Weitere Pufferverstärker, auch solche mit Verstärkungsfaktoren über 1, sind in den Unterlagen von Linear Technology angegeben.

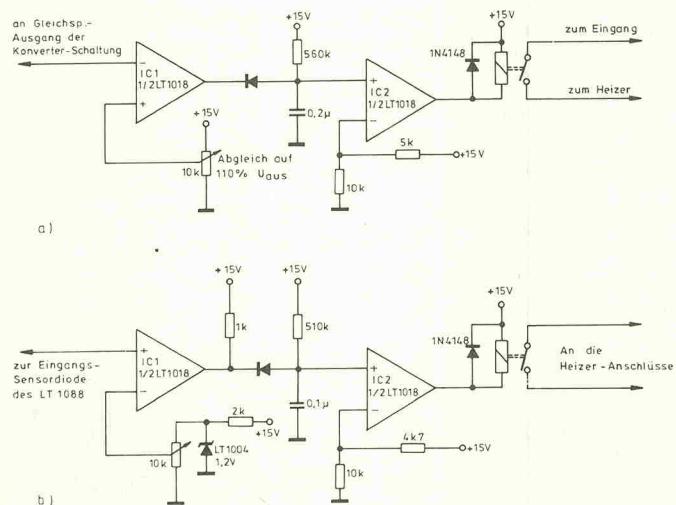


Bild 10. Überlast-Schutzschaltungen mit unterschiedlicher Ansprechgeschwindigkeit. Als Schalter dient ein Reed-Relais.



Der kompetente
Lieferant des
Fachhandels für
Hobby-Elektronik

- ständig beste Preise und neue Ideen.
- Spezialist für Mischpulte und Meßgeräte, besonders METEX.
- Laufend Programmergänzungen und aktuelle Neuheiten, wie z. B. digitaler Autotester KT-100, Infrarot-Audio-Übertrager „Gamma“, Slim-Line-Mixer MX-850 und vieles mehr.
- Umfangreiches Bauteilesortiment, z. B. Metall- u. Kunststoffknöpfe, Schalter, Kunststoffgehäuse und Zubehör, Steckverbinder, Opto-Elektronik, Anzeigengeräte, Lüfter, Trafos, Kopfhörer, Mikros, Lötgeräte, Netzteile.
- Neu im Sortiment: Alarmanlagen im umfangreichen Sonderkatalog.

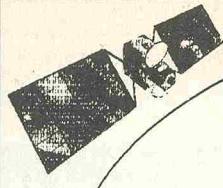
Postfach 220156 · 4000 Düsseldorf 12
Tel.: 0211/20002-33 · Telex 8586829 pape D
FAX: 0211/2000241

Hifi-Boxen Selbstbauen!
Hifi-Disco-Musiker Lautsprecher
Geld sparen leichtgemacht durch bewährte
Komplettbausätze der führenden Fabrikate
Katalog kostenlos!



MAGNAT
ELECTRO-
VOICE
MULTI-
CEL · DYN-
AUDIO
GOOD-
MANS
CELES-
TION
FANE
JBL
KEF
RCF
u.a.

LSV-HAMBURG
Lautsprecher Spezial Versand
Postfach 76 08 02/E 2000 Hamburg 76
Tel. 040/29 17 49



MWC

Micro Wave Components GmbH

Sat-TV Empfangsanlage
EC 2000



Für 2500 DM

bekommen Sie bei uns eine
Empfangsanlage ohne Kompromisse:

● **Parabolantenne Crona C-6 mit Polarmount**

Stabile 1.8M Hochleistungsantenne, 8 Segmente, Alu
44.4 dB bei 11.2 GHz, Polarmount zinkgespritzt.

● **2 Low Noise Blockkonverter m. Feed u. OMT**

Moderne GaFet LNB's 1.7dB, 2 Stück mit Weiche (OMT),
d.h. keine Probleme mit Spielzeugservos.

● **Empfänger MWC SR2000**

Deutsches Spitzengerät, 40 Programmplätze, IR-Fernbedienung
ZF-Bandbreite: 16 u. 22 MHz umschaltbar, LED-Multifkt. Anzg.

ab Lager Bonn

● Nachführleinrichtung F7000-18
komplett für 16 Satellitenpositionen

DM 550,-

● Kabelsatz nach Ihren Angaben
z.B. 2 x 15m incl. Stecker

DM 50,-

● Verzinktes Standgestell

DM 200,-

● Verzinktes Standrohr 89 x 1500mm

DM 65,-

NEU CD-90 Compact Dish

Für den unauffälligen Satempfang, die Super 90 cm
Parabole aus Schweden, keine billig umgerüstete
TU-SAT Offset, sondern eine sorgfältig optimierte
zweischalige (2 x Alu + spez. Kunststoff) Parabol-
antenne mit Feed und Wandbefestigung.
Ein bisher unerreichter Gewinn von 40.66 dB DM 610,-
Auch mit Polarmount und Polarizer lieferbar.

H2H - Nachführsysteme

NEU Bei der Vielfalt der jetzigen und zukünf-
tigen Satelliten benötigen Sie einen Antrieb,
der zuverlässig ist, den gesamten Satelliten-Bogen
abfahrt und überall die gleiche Einstellgenauigkeit
hat -

Wir bieten Ihnen unsere neuen H2H (Horizont zu Hor-
izont) Präzisionsantriebe aus amerikanischer Fertigung
mit Rekflktoren von 1.2 - 2.7m.

z.B. DH 1.5 H 1.5m Vollspiegel mit
Feedhalterung und H2H-Antrieb DM 705,-

Steuern Sie diese Anlage mit Ihrem integrierten
Empfänger oder mit einem separaten Steuergerät.

Komponenten

LNB JRC 1.6dB N-Anschluss DM 399,-

DM 382,-

LNB SPC 1.7dB F-Anschluss DM 559,-

DM 331,-

IRTE-Polarizer, magnetisch
endlich keine Mechanik mehr **NEU**

DM 331,-

Fordern Sie Unterlagen über unsere neue Empfänger-
Generation (voll programmierbar, mit integrierter
Antennensteuerung) an.

MWC MICRO WAVE COMPONENTS GmbH

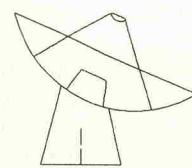
Deutsche Vertretung der

MEGASAT

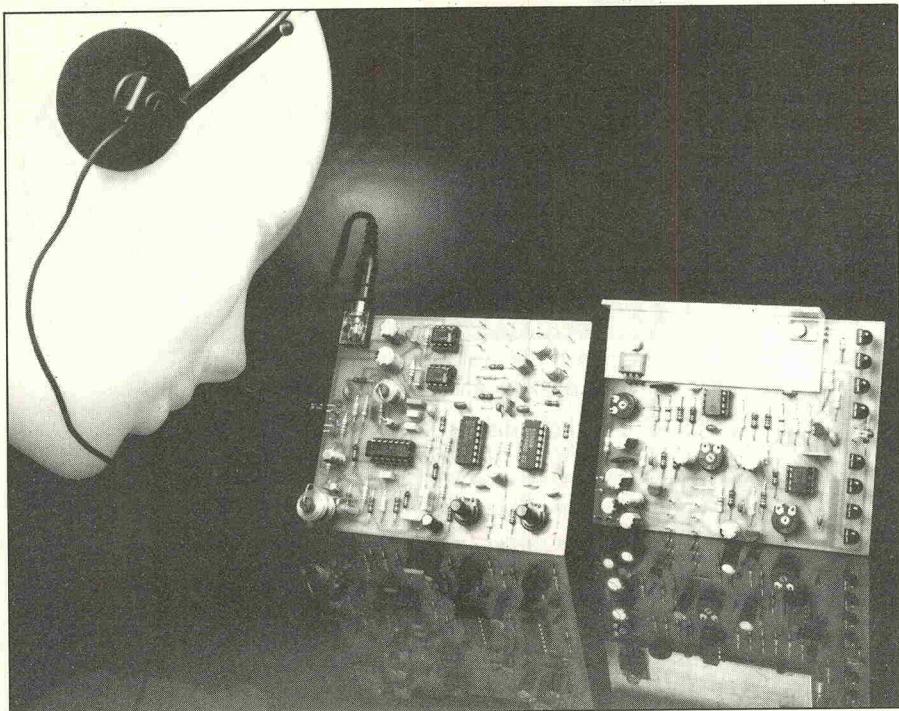
Büro Bonn, Brunnengstr.33

5305 Alfter Oedekoven

Telex: 889688 mwcbn d



Tel. 0228 / 64 50 61



Leinen los!

Unsichtbare Kopfhörerleitung

Ein Infrarot-Nf-Übertrager hoher Qualität für Stereo-Kopfhörer, ohne häßliche und umständliche Kabelverbindung — so lautet die Kurzbeschreibung dieses Projekts. Der Sender wird dabei einfach an die Stereoanlage oder an das Fernsehgerät angeschlossen. Während er im allgemeinen stationär betrieben wird, gibt sich der Empfänger wesentlich beweglicher.

Mit dem Aufkommen der Phono-Kleingeräte vom Typus 'Walkie', der hemdertaschengroßen Radios, Kassetten- und CD-Spieler, wurden die Vorteile der modernen Leichtgewicht-Kopfhörer als Qualitätswiedergabegeräte deutlich. Sie vermitteln nicht nur ein 'starkes' Klangbild bei jeder gewünschten Lautstärke, sondern verschonen — bei 'normalen' Lautstärken — die Mitmenschen vor akustischer Umweltverschmutzung. Das ist wahres individuelles Hörvergnügen.

Wenn diese Art von Hör-Erweiterung im eigenen Wohnzimmer oder sogar im Schlafzimmer praktiziert wird, kann man seine Lieblingsshows oder -songs mit Sessel-Komfort oder sogar im schmuseweichen Kuschelbettchen hören.

Aber ist es wirklich so problemlos? Nur den Kopfhörer ins Fernsehgerät oder in die Hifi-Anlage stecken, zurücklehnen und entspannen? Oh, die Verbindungsleitung ist nur eine Winzigkeit zu kurz! Kein ernstes Problem:

Eine Verlängerungsschnur wird irgendwo zu finden sein — aber dann geht es erst richtig los: Jedermann im Raum scheint absichtlich über die Schnur zu stolpern, der Hund schnappt danach wie nach einem Knochen, Großmutter wickelt sie um ihre steifen Füße und reißt Ihnen dabei beide Ohren ab...

Hier ist nun die passende Lösung: ein eigener Kopfhörer-Empfänger mit einer sicheren und störfreien Infrarotverbindung zum Sender am Fernsehgerät, an der Stereoanlage oder woran auch immer. So wird nicht nur das Problem der langen Stolperschnur vermieden, sondern auch die Möglichkeit geschaffen, das persönliche Lieblingsprogramm zu hören, während der Rest der Familie seinen eigenen Interessen nachgeht. Das Gerät ist auch praktisch für Großvater, der in seinen Tagen nicht mehr so gut hört. Er kann sich seinen eigenen Kopfhörerempfänger nehmen und auf diejenige Lautstärke einstellen, die er braucht, ohne dabei den Rest der Familie aus dem Raum zu blasen.

Der Sender wurde so ausgelegt, daß lediglich eine Verbindung zwischen ihm und dem Gerät, das als Programmquelle dient, hergestellt werden muß. Das zu übertragende Signal kann beispielsweise am Tonband-Ausgang des Stereoerstärkers oder am Kopfhörerausgang des Fernsehgeräts abgenommen werden. Jede nur denkbare Tonfrequenzquelle kann benutzt werden.

Die Reichweite des Systems ist selbst für überdurchschnittlich große Wohnräume ausreichend. Ein einziger Sender kann beliebig viele Empfänger versorgen; die Empfänger brauchen nur in etwa zum Sender ausgerichtet zu werden. Im Nahbereich arbeitet der Empfänger auch über die IR-Reflexionen an den Wänden. Der Empfangsteil wird von einer normalen 9-Volt-Batterie mit Betriebsstrom versorgt; der Sender benötigt ein 12-Volt-Netzteil oder eine leistungsstarke 12-V-Batterie.

Für die Übertragung des Nf-Signals wird das Verfahren der Frequenzmodulation (FM) angewendet. Der Sender (Bild 1) ist rund um die beiden spannungsgesteuerten Oszillatoren (VCOs) IC1 und IC2 (LM 566) aufgebaut. Die von den VCOs abgegebenen Signale werden gemischt und in eine Ausgangsstufe eingespeist, die die Infrarot-LEDs (D1...8) treibt. Die Mitten-

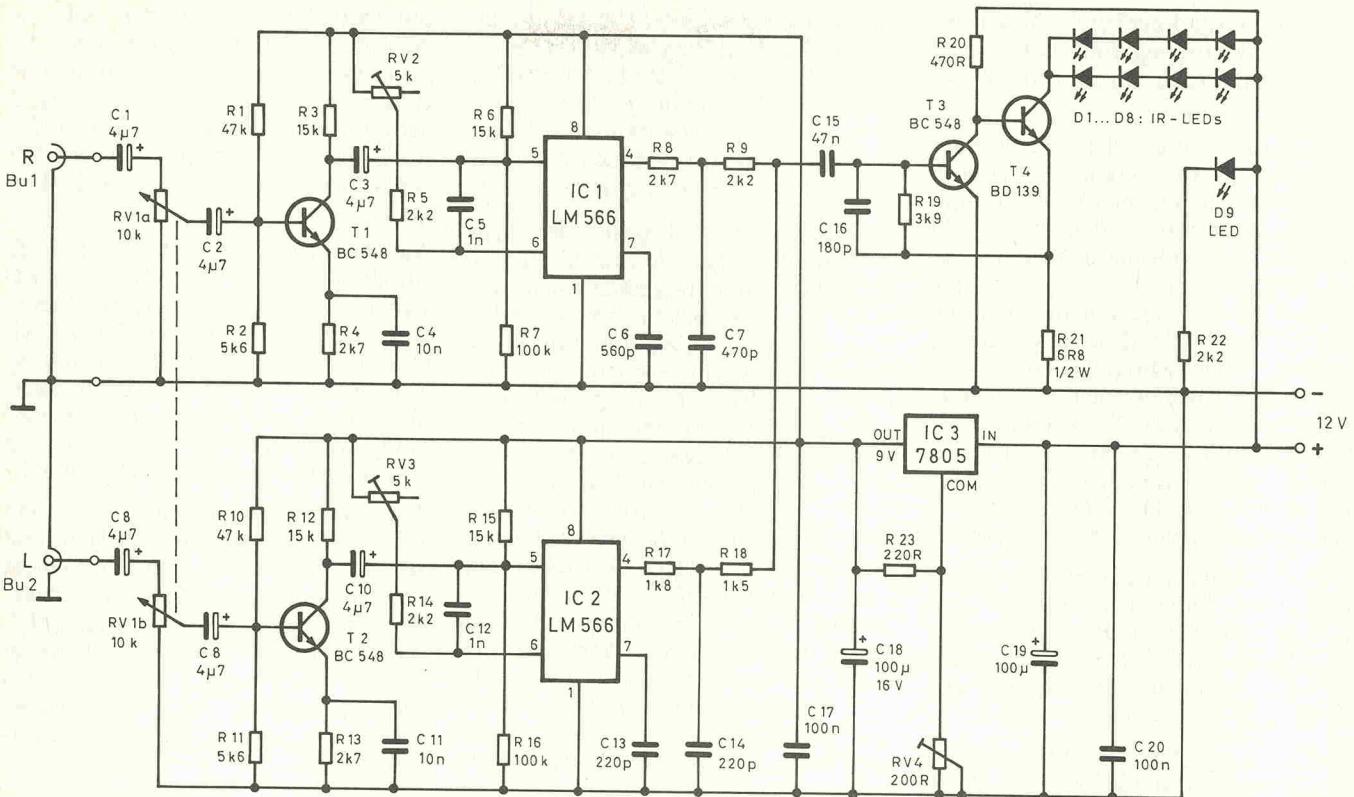


Bild 1. Der IR-Sender sollte allein schon wegen seiner relativ hohen Stromaufnahme von ca. 200 mA stationär betrieben werden.

frequenz eines jeden VCOs wird durch die Kapazität des Kondensators bestimmt, der an Pin 7 des VCOs angeschlossen ist (C6,13), und durch den Einstellwiderstand an Pin 6 (RV2,3). Der VCO für den rechten Kanal (IC1) wird mit den vorgeschlagenen Komponenten auf eine Mittenfrequenz von 110 kHz eingestellt, während die entsprechenden Komponenten des linken Kanals (um IC2 herum) für 256 kHz ausgelegt wurden. Die jeweiligen Ausgangssignale stehen an den Pins 4 der beiden VCOs an; die Kurvenzüge der abgegebenen Signale sind dabei in etwa dreieckförmig. Die eingefügten RC-Kombinationen dienen als einfache Filter, um die Wellenform 'sinusförmiger' zu bekommen.

Eine Frequenzmodulation des jeweiligen VCOs wird durch Einspeisen des Tonfrequenzsignals an Pin 5 erreicht; das ist der Eingang zur Spannungssteuerung des Oszillators. Dieser Anschluß wird in der Fachsprache auch als Modulationseingang bezeichnet. Die Widerstände R6 (R15) und R7 (R16) bestimmen die Vorspannung für

den Arbeitspunkt des ICs. Der Kondensator C5 (C12) wurde hinzugefügt, um möglichen Schwingneigungen der Stromquelle zu begegnen. Jede Spannungsänderung an Pin 5 verursacht eine Änderung der Oszillatorkennfrequenz — je größer die Spannungsänderung, desto größer auch die Frequenzänderung.

Die dem VCO vorgeschaltete Stufe ist ein gewöhnlicher Transistorverstärker, der den notwendigen Signalpegel liefert und für stabile Verhältnisse am Modulationseingang sorgt. Die Anpassung an unterschiedliche Eingangs-Signalpegel erfolgt mit RV1. Obwohl man diesen Einsteller etwas ungenau mit 'Lautstärkeregler' bezeichnen könnte, ist er in Wirklichkeit doch der Einsteller für die Größe der Frequenzänderung des Trägers, oder, anders ausgedrückt, für den Hub. Ohne diese Aussteuermöglichkeit könnte das herein kommende Tonfrequenzsignal zu stark sein und eine Übersteuerung bewirken, die sich im Empfänger als Verzerrung bemerkbar machen würde. Ist der Eingangssignalpegel andererseits zu niedrig, wird der Signal/Rauschabstand im Empfänger zu klein, das Nutzsignal geht im Rauschen unter.

Um den Signal/Rauschabstand des Gesamtsystems zu erhöhen, werden die

hohen Frequenzanteile des modulierenden Signals durch den Kondensator C4 (C11) am Emitter des Transistors definiert angehoben, also besonders stark betont. Dieses in der Übertragungstechnik oft angewendete Verfahren bezeichnet man als Preemphasis.

Beide Signalfrequenzen werden über die Widerstände R9 und R18 gemischt; anschließend wird das resultierende Signal über den Koppelkondensator C15 gleichspannungsfrei auf die Ausgangsstufe (T3, T4) gegeben. Diese Stufe arbeitet im Klasse-A-Betrieb, im Mittelbereich der linearen Kennlinie. Diese Maßnahme gewährleistet eine lineare Übertragung der gemischten, frequenzmodulierten Signale; zudem bleiben die Intermodulationsprodukte niedrig. Der Ausgangsstrom für die parallel-serielle LED-Anordnung wird durch den Emitter-Widerstand R21 begrenzt.

Um unterschiedliche Stromversorgungsteile anschließen zu können, wurde ein Spannungsstabilisator des Typs 7805 vorgesehen. Bei einer Speisespannung von 12 V wird die Ausgangsspannung des Reglers mit RV4 auf 9 V eingestellt, bei einer 9-V-Versorgung auf 7 V. Allerdings nimmt bei einer Speisespannung von 9 V die Senderleistung und damit die Reichweite

etwas ab. Grundsätzlich ist deshalb eine 12-V-Versorgung vorzuziehen. Das Netzteil muß einen Strom von 200 mA liefern können.

Zur Rückwandlung der frequenzmodulierten IR-Strahlung in ein hörbares Signal muß ein entsprechender Demodulator eingesetzt werden (Bild 2). In der vorliegenden Schaltung werden dazu zwei phasenstarre Regelschleifen (PLLs) benutzt, die mit den Bausteinen IC2 und IC3 (LM 565) realisiert wurden. Die Mittenfrequenz wird durch den Kondensator C17 (C18) an Pin 9 und durch die Widerstände RV1 (RV2) plus R25 (R26) an Pin 8 bestimmt. IC2 demoduliert den rechten Kanal mit dem 110-kHz-Träger, IC3 den linken mit dem 256-kHz-Träger.

Die FM-Signale aus den Vorverstärkerkern bzw. Filterstufen werden dem PLL-IC LM 565 an Pin 3 zugeführt. Die Widerstände R19 und R24 sorgen für den richtigen Arbeitspunkt der Eingangsstufen beider PLL-Stufen.

Das Infrarotsignal, das auf die beiden Fotodioden D1 und D2 auftrifft, kann einen sehr niedrigen Pegel haben. Das von den Fotodioden abgegebene elektrische Signal muß aus diesem Grund zunächst verstärkt werden, um von den PLL-Bausteinen LM 565 verarbei-

tet werden zu können. Um einen relativ großen Empfangswinkel zu erreichen, wurden zwei Fotodioden parallel geschaltet. Sie sind in Sperrrichtung gepolt. Die erste Verstärkerstufe 'sieht' an ihrem Eingang eine sich ändernde Kapazität — die der Fotodioden.

Ein 6-fach-CMOS-Inverter des Typs 4069 wird als aktives Bauteil für die Verstärkerstufen eingesetzt. Jeder Inverter wird als linearer Verstärker betrieben, was allerdings nur für relativ kleine Signale gilt; erreicht wird dies durch eine Rückkopplung vom Ausgang zum Eingang über je einen Widerstand. Die Ausgangsspannung eines jeden so beschalteten Inverters entspricht im Ruhezustand der halben Versorgungsspannung. Die Stufenverstärkung wird durch das Verhältnis des Rückkopplungswiderstands zum Eingangswiderstand bestimmt. Obwohl dieser mathematische Wert nur bei kleinen Verstärkungsfaktoren gilt, wird auch bei einem relativ hochohmigen Rückkopplungswiderstand der Arbeitspunkt auf die halbe Versorgungsspannung gelegt.

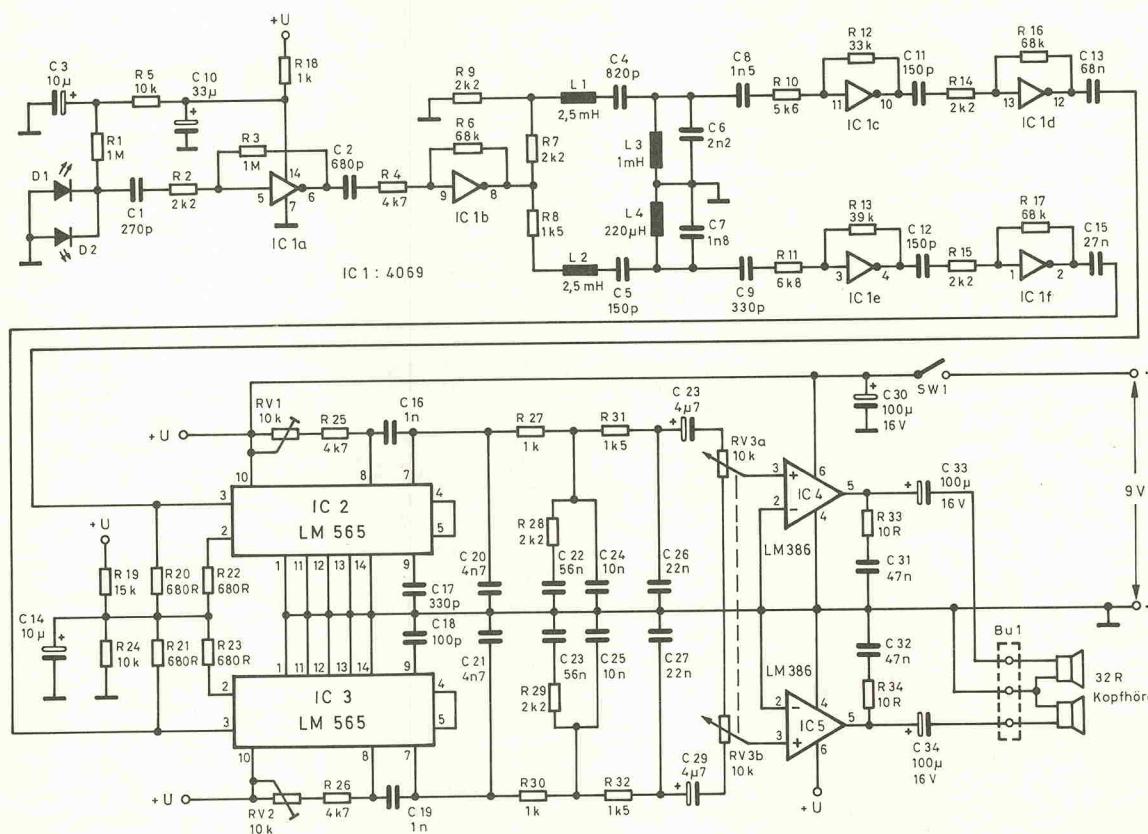
Zwei breitbandige Spannungsverstärkerstufen (IC1a,b) liegen zwischen den Fotodioden und den Filterverstärkern. Eine Kombination aus Bandsperre und

Bandpaß filtert die beiden Nutzfrequenzen aus dem ankommenden Signal. Die Verstärkerstufen IC1c und IC1d heben den Signalpegel des modulierten 110-kHz-Trägers an. Die Stufen IC1e und IC1f verstärken in gleicher Weise den modulierten 256-kHz-Träger.

Am Ausgang einer jeden PLL-Stufe enthält das demodulierte Tonfrequenzsignal noch Reste der Trägerfrequenz. Durch ein einfaches RC-Filter zwischen der PLL und dem Endverstärker werden die Trägerfrequenzreste allerdings stark unterdrückt. Zugleich wird durch dieses Filter die Deemphasis der hohen Tonfrequenzen durchgeführt.

Am Lautstärkeregler RV3 wird ein Teil des Nf-Signals abgegriffen und der Ausgangsstufe mit je einem LM 386 zugeführt. Dieser Verstärker hat eine relativ geringe Ausgangsleistung; er ist aber ideal für Lastimpedanzen (Kopfhörer) von 32Ω bis 100Ω . Aber auch niedrohmige Hörer werden mit einem hohen Wirkungsgrad angesteuert.

Bild 2. Die beiden Kanäle des IR-Empfängers unterscheiden sich nur in einigen von der Trägerfrequenz abhängigen Bauelementwerten.



Obwohl die Empfänger-Platine relativ dicht bestückt ist (Bild 3), ist der Aufbau einfach. Alle niedrigen Bauelemente wie Widerstände, Drahtbrücken und Kondensatoren werden zuerst aufgebracht; dann folgen die liegenden Einstellwiderstände, Hf-Spulen und größeren Kondensatoren. Nun werden die Batteriezuleitungen (rot an Plus) angelötet, die Kopfhörerbuchse, die Lötnägel für den Schalter und für den Lautstärkeregler. Zuletzt werden die beiden Fotodioden mit der gezeigten Polung und mit der vollen Länge der Anschlußleitungen eingesetzt, damit die Fotodioden nach dem Einbau der Empfängerplatine in ein Gehäuse ausgerichtet werden können.

Für den richtigen Sitz der Platine im vorgesehenen Gehäuse ist ein wenig Feinarbeit nötig. Die Aussparungen am Gehäuse für den Schalter, den Lautstärkeregler und die Kopfhörerbuchse müssen sorgfältig herausgearbeitet werden.

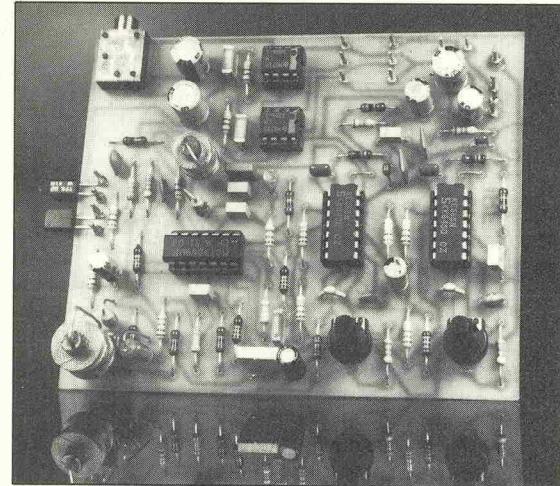
Bei der Schlußmontage werden die beiden Fotodioden so zurechtgebogen, daß ihre lichtempfindlichen Flächen durch das IR-durchlässige Fenster schauen. Apropos IR-Fenster: Am Schluß des Artikels wird angegeben, wie mit einfachen Mitteln ein durchaus funktionstüchtiges IR-Filter hergestellt werden kann.

Der Aufbau des Senders gleicht prinzipiell dem des Empfängers. Der gemeinsame Kühlkörper für Transistor T4 und für Spannungsregler IC3 sitzt an einer Längskante der Platine (Bild 4); beide Halbleiter werden gegeneinander elektrisch isoliert montiert. Die je drei Anschlußbeinchen werden zuvor rechtwinklig abgebogen, und zwar so, daß sie in die Platinenbohrungen passen.

Die Anschlußbeine der vorgeschlagenen IR-LEDs brauchen nicht abgeborgen zu werden, da die IR-Strahlung seitlich aus dem Gehäuse austritt. Falls jedoch andere IR-LED-Typen eingesetzt werden sollten, müssen deren Anschlüsse ebenfalls rechtwinklig gebogen werden, wobei auf die korrekte Polung geachtet werden muß. Die Polung der roten Kontroll-LED D9 ist entgegengesetzt zu den IR-LEDs.

An die Sender-Platine werden eine dreipolare Tonfrequenzleitung und eine zweipolare Stromversorgungsleitung gelötet. Die rot isolierte Ader der Tonfrequenzleitung überträgt dabei

Von einem Sender können gleichzeitig mehrere Empfänger versorgt werden: einer für Opa, einer für Oma, einer für ...



die Signale des rechten Kanals. Das andere Ende der Stereo-Nf-Leitung wird mit einem passenden Stecker versehen, z.B. DIN- oder Cinch-Stecker.

Der Sender kann nach einer abschließenden Sichtkontrolle an eine Stromversorgung angeschlossen werden. Zweckmäßig ist eine 12-V-Quelle mit einer Mindeststrombelastbarkeit von 200 mA.

Nach dem Einschalten sollte die Ausgangsspannung am Spannungsregler IC3 gemessen werden. Mit dem Trimmer RV4 pegelt man die Betriebsspannung auf 9 V ein. Die Stromaufnahme sollte bei etwa 200 mA liegen.

Falls ein Oszilloskop oder ein Frequenzzähler zur Verfügung steht, kann die Frequenz der beiden VCOs bequem und genau eingestellt werden. Dazu wird die Tastspitze des Meßgeräts an Pin 3 von IC1 (LM 566) geklemmt (Rechteck-Ausgang), und mit RV2 wird die Frequenz auf 110 kHz justiert. Die Periodendauer beträgt dementsprechend $9,1 \mu\text{s}$. Ebenso ist die Trägerfrequenz des anderen Kanals (an Pin 3 von IC2) auf 256 kHz einzustellen; die Periodendauer weist hier einen Wert von $3,9 \mu\text{s}$ auf.

Für denjenigen, der keine Meßgeräte zur Verfügung hat, wird später eine alternative Einstellmöglichkeit vorgestellt.

Bevor der Empfänger in Betrieb genommen wird, sind zuvor alle Bauteile und Lötverbindungen nochmals zu überprüfen. Dann werden eine passende Batterie und ein Kopfhörer angeschlossen. Nach dem Einschalten des Empfängers — der Sender bleibt in dieser Testphase ausgeschaltet — sollte

Rauschen hörbar sein, das vom Lichteinfall auf die Fotodioden abhängig ist. Der aufgenommene Strom sollte bei 9 V etwa 25 mA betragen.

Nun wird die Nf-Zuleitung des Senders an eine Signalquelle angeschlossen, beispielsweise an den Ausgang eines UKW-Stereo-Empfängers. Der Sender wird eingeschaltet, RV1 aber zunächst gegen Masse gedreht. Der Rauschpegel des Empfängers sollte sich wahrnehmbar ändern, wenn die Fotodioden des Empfängers in Richtung Sender ausgerichtet werden.

Mit einem kleinen Schraubendreher kann nun die Grundeinstellung der VCOs im Empfänger vorgenommen werden, wobei geringstes Rauschen eingestellt werden. Bei größerer Entfernung vom Sender sollte dieser Vorgang wiederholt werden — auf diese Weise erreicht man die höchste Reichweite und größte Empfindlichkeit.

Wenn der Sender mit einem Frequenzzähler eingestellt wurde, müßte nach dieser Einstellung der richtige Arbeitspunkt bereits gefunden sein. Falls leises Zwitschern aus einem der Kanäle zu hören sein sollte, kann die höhere Sendefrequenz mit RV3 (Sender) geringfügig korrigiert werden, bis keine Störgeräusche mehr zu hören sind. Anschließend ist allerdings der Empfänger mit dem Trimmer RV2 erneut abzulegen.

Für den Fall, daß nicht auf Meßgeräte zurückgegriffen werden kann, die für die Einstellung der beiden Sendefrequenzen — wie oben beschrieben — benötigt werden, kann man sich an der mechanischen Position der Schleifer der beiden Einstellpotentiometer RV2,3 orientieren: etwa Mittelstellen.

Stereo-IR-Sender/Empfänger

lung, vergleichsweise zwischen 11 und 12 Uhr. Diese Einstellung sollte als 'Normalposition' angesehen werden, mit der der Empfänger auf geringstes Rauschen getrimmt werden kann. Durch Probieren findet man normalerweise ein recht gutes Ergebnis. Einige kleinere Korrekturen der Trimmer können notwendig sein, wenn 'Vögelchen' oder starke Verzerrungen zu hören sind.

Nachdem die Grundeinstellung abgeschlossen ist, wird der Aussteuerungsteller am Sender (RV1) aufgedreht. Über den am Empfänger angeschlossenen Kopfhörer sollte nun klar und deutlich das gewählte Testsignal zu hören sein. Poti RV1 wird kurz vor den Punkt eingestellt, an dem sich insbesondere bei lautstarken Musikpartien Verzerrungen bemerkbar machen. Dieser Übersteuerungspunkt liegt dort, wo der frequenzmodulierte Träger seine lineare Grenze überschreitet, wenn das modulierende Tonsignal also zu groß wird. Der Übersteuerungseinsatz macht sich stärker bemerkbar als das Überschreiten der Entfernungsgrenze zwischen Sender und Empfänger.

Und nun noch einige Worte zu den IR-durchlässigen Gehäusen bzw. Gehäuseteilen (Filter). Es gibt handelsübliche Gehäuse mit infrarotdurchlässigen Filtereinsätzen. Beim Prototypen des Empfängers bemerkten wir, daß künstliche Lichtquellen nur geringe Störwirkungen haben, wenn die Entfernung vom Sender nicht allzu groß ist und der Empfänger nicht zu weit aus der direkten 'Blickrichtung' zum Sender gedreht ist.

Beim Betrieb von Leuchtstofflampen kann im Kopfhörer ein Hintergrund-Schnarren zu hören sein, wenn das Empfangssignal zu schwach oder die Leuchtstofflampen im Empfangswinkel der Fotodioden liegen. Versuche mit Polarisationsfilterfolien im Fensterausschnitt brachten zwar in Extremsituationen eine Verbesserung des Signal/Rauschabstands, die zusätzlichen Kosten sind für den Normalbetrieb jedoch nicht zu rechtfertigen.

Ein unbelichteter, aber entwickelter Farbdiabildfilm ist übrigens eine preiswerte Alternative zu IR-Filterfolien. Zumeist reichen die Anfangs- und Endstücke eines entwickelten Kleinbild-Diafilms vollkommen aus, die bei Fotamateuren eh als wertloser Abfall in den Papierkorb wandern.

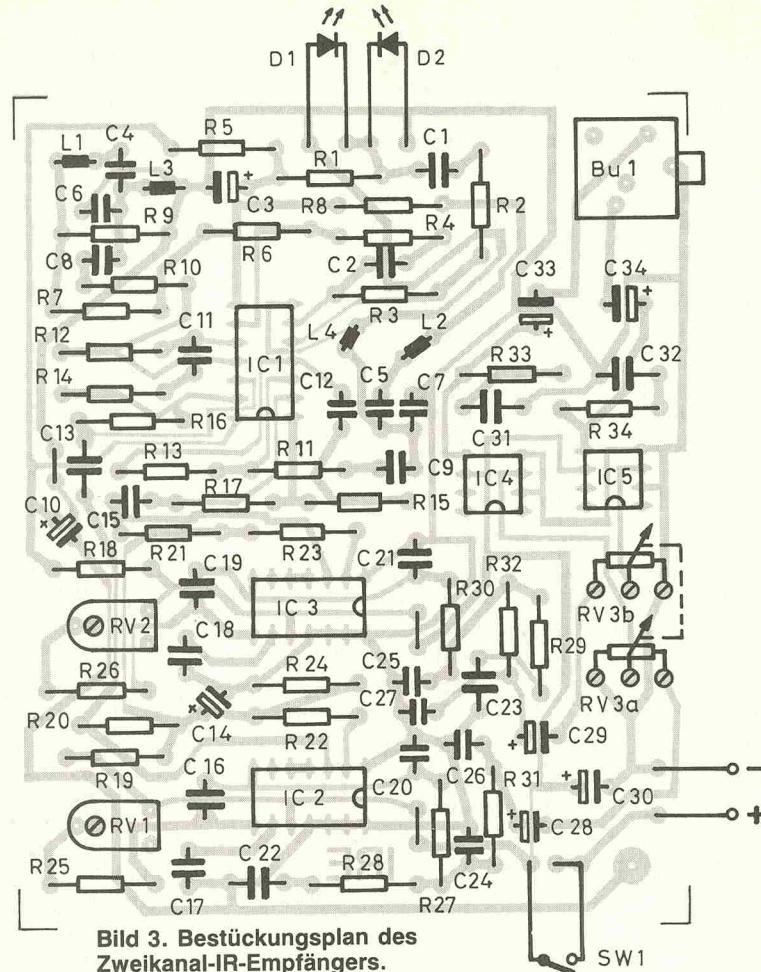


Bild 3. Bestückungsplan des Zweikanal-IR-Empfängers.

Stückliste

— IR-Empfänger —

| | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|--|
| Widerstände (alle 1/4 W, 5%) | | | |
| R1,3 | 1M0 | C10 | 33 μ /10V Elko |
| R2,7,9,14, 15,28,29 | 2k2 | C13 | 68n Folie |
| R4,25,26 | 4k7 | C15 | 27n Folie |
| R5,24 | 10k | C16,19 | 1n0 ker. |
| R6,16,17 | 68k | C18 | 100p ker. |
| R8,31,32 | 1k5 | C20,21 | 4n7 ker. |
| R10 | 5k6 | C22,23 | 56n ker. |
| R11 | 6k8 | C24,25 | 10n ker. |
| R12 | 33k | C26,27 | 22n ker. |
| R13 | 39k | C28,29 | 4 μ 7/25V Elko |
| R18,27,30 | 1k0 | C30,33,34 | 100 μ /16V Elko |
| R19 | 15k | C31,32 | 47n Folie |
| R20...23 | 680R | Induktivitäten | |
| R33,34 | 10R | L1,2 | 2,5 mH |
| RV1,2 | Trimmer 10k | L3 | 1,0 mH |
| RV3 | Stereopoti 10k log., Miniaturausführung | L4 | 220 μ H |
| Kondensatoren | | Halbleiter | |
| C1 | 270p ker. | IC1 | 4069 |
| C2 | 680p ker. | IC2,3 | LM 565 |
| C3,14 | 10 μ /25V Elko | IC4,5 | LM 386 |
| C4 | 820p ker. | D1,2 | BPW 41 N |
| C5,11,12 | 150p ker. | Sonstiges | |
| C6 | 2n2 ker. | SW1 | Miniaturschalter |
| C7 | 1n8 Folie | | 1 x Ein |
| C8 | 1n5 Folie | Bu1 | Print-Stereo-Klinken- buchse \varnothing 3,5 mm |
| C9,17 | 330p ker. | 2 IC-Sockel DIL 8 | |
| | | 3 IC-Sockel DIL 14 | |
| | | 9-V-Batterieclip | |
| | | 32-Ohm-Stereo-Kopfhörer | |
| | | Platine 92x112 mm | |

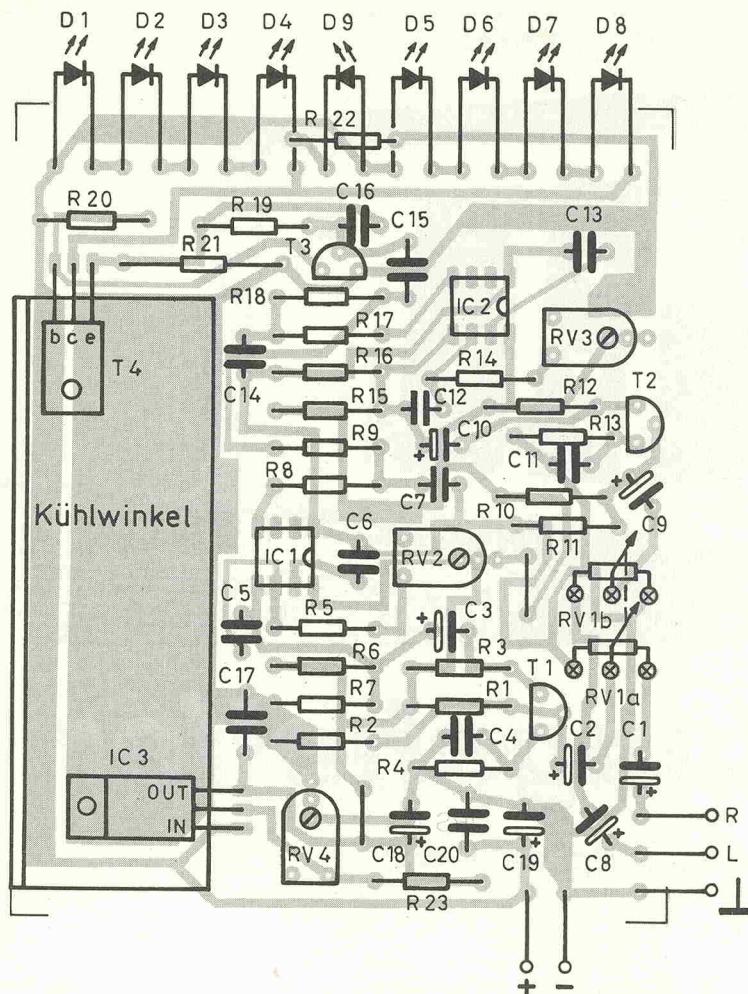
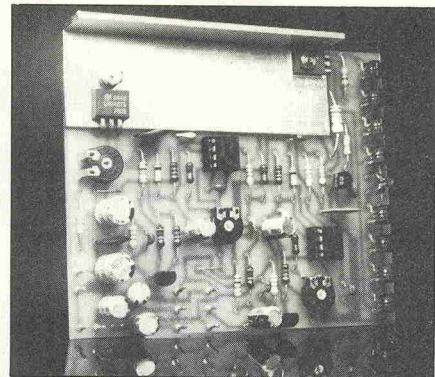


Bild 4. Der Spannungsregler IC3 und der IR-Treibertransistor T4 müssen gekühlt werden.



Der Empfänger weist wegen der Position der Fotodioden innerhalb des Gehäuses eine ausgeprägte Richtwirkung auf. Wenn die Dioden außerhalb des Gehäuses plaziert werden, kann eine richtungsunabhängige Empfangscharakteristik erreicht werden. Die Fotodioden können auch Rücken an Rücken gelegt werden, um einen noch größeren Blickwinkel zu erzielen. Aber das letztgenannte Verfahren bringt zum einen Gehäuseprobleme mit sich, zum anderen werden auch umliegende Störlichtquellen miterfaßt.

Die im Sender eingesetzten IR-LEDs des Typs CQX 47 haben einen Abstrahlwinkel von $\pm 25^\circ$. Den gleichen Winkel weisen auch die Typen LD 271 und LD 273 auf. Typen mit einem größeren Abstrahlwinkel sind zum Beispiel LD 242 II mit $\pm 60^\circ$, SFH 402 II mit $\pm 40^\circ$ und V 394 P mit ebenfalls $\pm 40^\circ$.

Und für Wohnzimmer mit extremen Seitenverhältnissen (z.B. 20 m lang, 1 m breit) können — quasi als Richtstrahler — IR-LEDs mit kleineren Abstrahlwinkeln verwendet werden: CQX 19 mit $\pm 20^\circ$, TSUS 5202 mit $\pm 17,5^\circ$, LD 274 mit $\pm 10^\circ$, SFH 400 II mit $\pm 6^\circ$ und TSTS 7103 mit $\pm 5^\circ$. Alle genannten IR-LED-Typen werden von Siemens oder Telefunken hergestellt.

Der Empfangswinkel der im Empfänger eingesetzten Fotodioden BPW 41 N beträgt $\pm 65^\circ$. Den gleichen Winkel weist auch der bekannte Typ BPW 34 auf, mit dem Unterschied, daß diese Fotodiode ihre strahlungsempfindliche Fläche nicht an der Querseite, sondern an der Vorderseite hat. Bis auf wenige Ausnahmen liegt der Empfangswinkel von Fotodioden im Bereich zwischen $\pm 55^\circ$ und $\pm 65^\circ$. Diese Hinweise sind für diejenigen gedacht, die ein wenig mit der Sender/Empfänger-Kombination experimentieren möchten.

Stückliste

— IR-Sender —

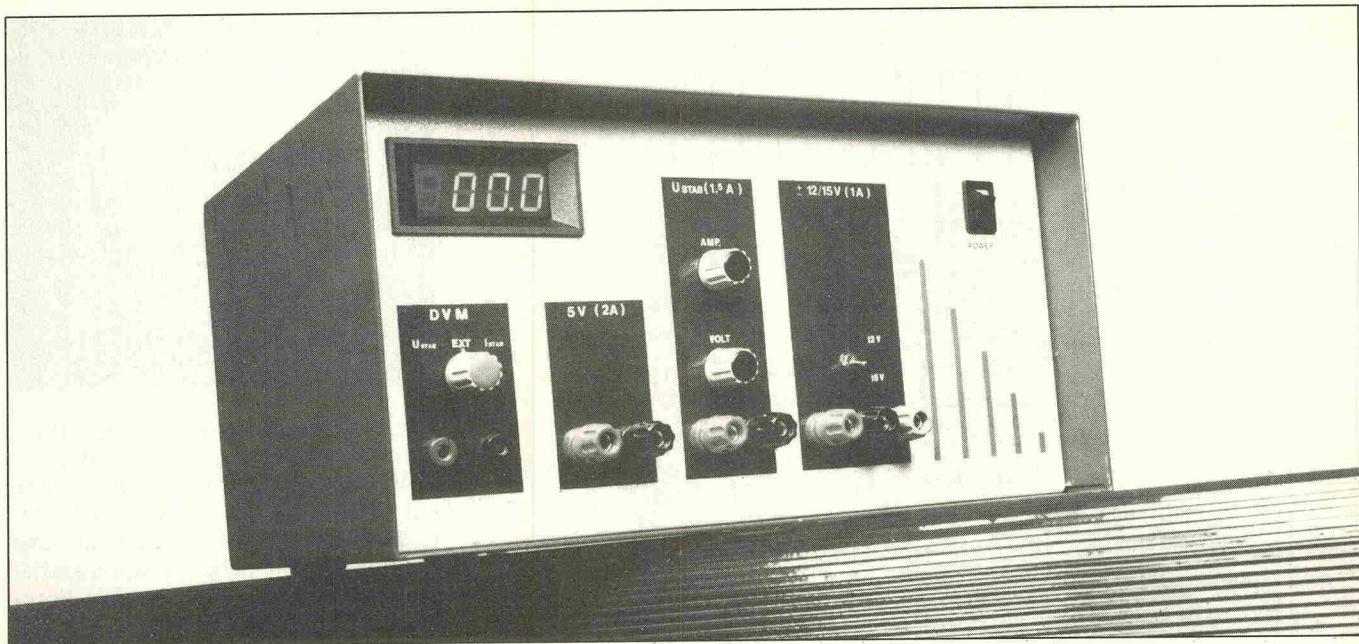
Widerstände (alle 1/4 W, 5%, soweit nicht anders angegeben)

| | |
|------------|--|
| R1,10 | 47k |
| R2,11 | 5k6 |
| R3,6,12,15 | 15k |
| R4,8,13 | 2k7 |
| R5,9,14,22 | 2k2 |
| R7,16 | 100k |
| R17 | 1k8 |
| R18 | 1k5 |
| R19 | 3k9 |
| R20 | 470R |
| R21 | 6R8, 1/2 W |
| R23 | 220R |
| RV1 | Stereopoti 10k log., Miniaturausführung |
| RV2,3 | Trimmer 5k |
| RV4 | Trimmer 200R |

Kondensatoren

C1...3,8...10 4μF/25V Elko

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| C4,11 | 10n ker. |
| C5,12 | 1n0 ker. |
| C6 | 560p ker. |
| C7 | 470p ker. |
| C13,14 | 220p ker. |
| C15 | 47n ker. |
| C16 | 180p ker. |
| C17,20 | 100n ker. |
| C18,19 | 100μ/16V Elko |
| Halbleiter | |
| IC1,2 | LM 566 |
| IC3 | 7805 |
| T1...3 | BC 548 |
| T4 | BD 139 |
| D1...8 | CQX 47 |
| D9 | LED, 3 mm, rot |
| Sonstiges | |
| Bu1,2 | Cinch-Einbaubuchse |
| 2 IC-Sockel DIL 8 | |
| 12-V-Netzteil | |
| Kühlwinkel (für IC3 und T4) | |
| Platine 90×110 mm | |



Entwicklungshelfer

Mit einer variablen und drei festen Spannungen

Johannes Knoff-Beyer

Für den Testlauf selbstentwickelter Geräte mit OpAmps oder TTL- bzw. CMOS-Bausteinen benötigt man im allgemeinen nur zwei oder drei Standardspannungen — und die liefert der hier beschriebene Entwicklungshelfer. Zusätzlich stellt er noch eine einstellbare Spannung zur Verfügung.

Wer des öfteren Geräte-Prototypen einem Funktionstest unterzieht, wird feststellen, daß zumeist nur auf zwei, drei 'Normspannungen' zurückgegriffen wird, mit denen die entwickelten Geräte gespeist werden. Für TTL-Schaltungen beispielsweise wird eine Gleichspannung von 5 V benötigt. Bei symmetrisch gespeisten Schaltungen mit Operationsverstärkern wird häufig eine Doppelspannung in Höhe von ± 15 V gebraucht, manchmal auch ± 12 V. Mit 5 V, 12 V oder 15 V werden zudem die meisten CMOS-Schaltungen versorgt. Und falls doch einmal eine bisher nicht genannte Spannung an die entwickelte Schaltung zu legen ist, dürfte sie sich meistens im Bereich zwischen 2,8 V und 26 V bewegen.

Genau diese Spannungen gibt das hier beschriebene Universal-Netzgerät ab. Die entnehmbaren Ströme können sich ebenfalls sehen lassen: Der Nennstrom der Doppelspannung (± 15 V/ ± 12 V) beträgt 1 A, die 5-V-Spannung darf sogar mit 2 A belastet werden.

Die variable Spannungsquelle kann auch als (Konstant-)Stromquelle einge-

setzt werden; die Strombegrenzung wird mit Poti RV1 im Bereich zwischen 30 mA und 1,5 A eingestellt. Damit man auch weiß, welchen Wert die eingestellte Spannung bzw. der fließende Strom aufweist, wurde ein Digitalvoltmeter vorgesehen, das zum einen die Spannungs- und Stromwerte der variablen Quelle messen kann, dessen Meß-Eingänge zum anderen über einen Drehschalter auch an zwei Meßbuchsen an der Frontplatte des Netzgeräts gelegt werden können. Auf diese Weise lassen sich andere externe Spannungen messen, zum Beispiel Spannungen verschiedener Meß- und Testpunkte des angeschlossenen, zu untersuchenden Probeaufbaus.

Doch nun zur Schaltung des Netzgeräts (Bild 1). Der Netztransformator Tr1 liefert alle Wechselspannungen, die für den Entwicklungshelfer benötigt werden; die Nennleistung des Trafos beträgt 122,5 VA.

Der Schaltungsteil zur Erzeugung der symmetrischen Doppelspannung wird von der Sekundärwicklung 2×15 V/1,5 A mit Strom versorgt. Die

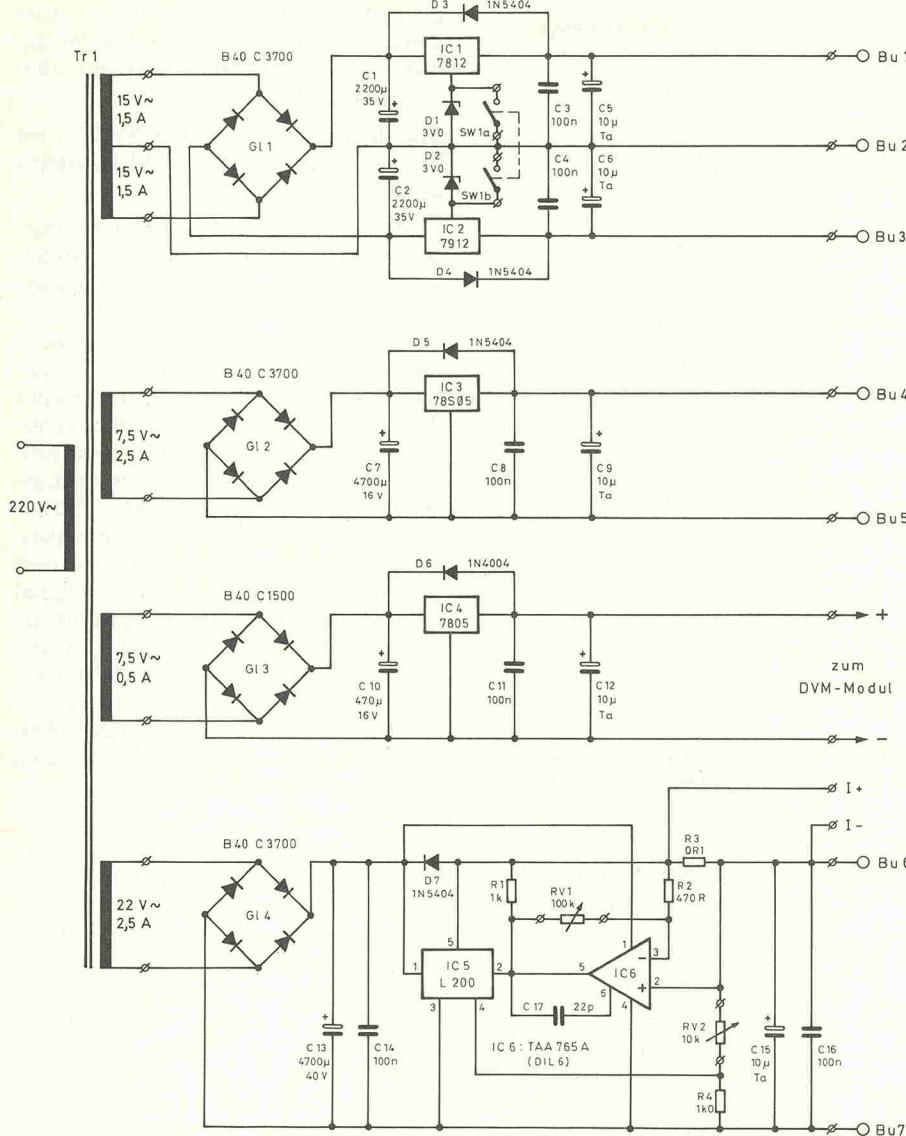


Bild 1. Gesamtschaltung des Entwicklungshelfers.

Spannungsregler IC1 und IC2 stabilisieren die zwischen ihren Anschlüssen 'OUT' und 'GND' liegende Spannung auf +12 V bzw. -12 V. Mit Schalter SW1 können zwei Z-Dioden mit einer Durchbruchspannung von je 3 V zwischen den 'GND'-Anschlüssen und Mittelleiter eingefügt werden. Dadurch steigt die Ausgangsspannung der Spannungsstabis um jeweils 3 V — und damit stehen an den Ausgangsbuchsen Bu1 und Bu3 ± 15 V (in bezug auf Bu2) zur Verfügung.

Die zweite Sekundärwicklung des Netztrafos (7,5 V/2,5 A) liefert den Strom für den 5-V-Zweig des Netzgeräts. Als Spannungsstabilisator IC3

wurde hier die S-Version des 7805 eingesetzt, deren maximaler Dauer-Ausgangsstrom 2 A beträgt. Dieser Strom dürfte selbst für relativ umfangreiche TTL-Versuchsaufbauten ausreichen, insbesondere dann, wenn energiesparende LS- oder HC(T)-ICs eingesetzt wurden.

Als nächstes ist auf dem Schaltbild eine zusätzliche 5-V-Schiene zu erkennen, die den Betriebsstrom für das digitale Meßmodul liefert. Der Stabi IC4 ist hier zwar ein 1-A-Typ, das angeschlossene Meßmodul 'verbraucht' aber nur wenige ... zig mA.

Die vierte Sekundärwicklung des Trafos (22 V/2,5 A) versorgt den Geräteteil zur Erzeugung der variablen Ausgangsspannung. Als Spannungs- bzw.

Stromregler wurde der L 200 vorgesehen, ein IC im Pentawatt-Gehäuse mit fünf Anschlußbeinen. An Pin 1 wird die gleichgerichtete, unstabilisierte Eingangsspannung angelegt, an Pin 5 steht die stabilisierte Ausgangsspannung zur Verfügung — Pin 3 ist der gemeinsame Masseanschluß. Am Anschluß 4 steht eine Referenzspannung in Höhe von 2,77 V (typischer Nennwert) an. Die Strombegrenzung erfolgt über Pin 2; immer dann, wenn die Spannung an diesem Anschluß um ca. 0,45 V unter den Wert der Ausgangsspannung (Pin 5) fällt, setzt die Strombegrenzung ein.

Die Ausgangsspannung wird mit Poti RV2 eingestellt. R4 und RV2 bilden einen Spannungsteiler, bei dem der Spannungsabfall über R4 als konstant angesehen werden kann: Hier, an R4, fällt nämlich die Referenzspannung (2,77 V) ab. Je größer der Widerstandswert von RV2 eingestellt wird, desto höher ist die resultierende Ausgangsspannung.

Als Fühlwiderstand für den Ausgangsstrom dient R3 (100 mΩ). Die an diesem Widerstand abfallende Spannung wird einerseits über die Anschlüsse I+ und I- dem Digitalvoltmeter zugeführt, andererseits mit dem OpAmp IC6 verstärkt und dem Strombegrenzungs-Anschluß Pin 2 von IC5 zugeführt. Der Verstärkungsfaktor kann mit RV1 variiert werden, er bestimmt den Einsatz der Strombegrenzung. Je höher der RV1-Wert eingestellt wird, desto größer ist die Verstärkung des OpAmps IC6, desto kleiner ist der erforderliche Spannungsabfall über R3 (der ein Maß für den Ausgangsstrom ist), um die Strombegrenzung zu aktivieren.

Die Schutzdiode D3...7 bewirken, daß die Ausgangsspannung der Regler nie deren Eingangsspannung übersteigt und somit der Reglerbaustein auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen nicht zerstört wird. Dieser (Un-)Fall kann gerade bei Testaufbauten leicht auftreten, insbesondere dann, wenn das Testgerät mit mehreren Betriebsspannungen versorgt wird.

Soviel zum Netzgerät. Das Digital-Voltmeter hat einen Grundmeßbereich von 200 mV. In Bild 2 ist die Verdrahtung des DVM-Bausteins mit dem Drehschalter SW2 wiedergegeben. In der obersten Stellung des Schalters ist der Eingang des DVMs über den Span-

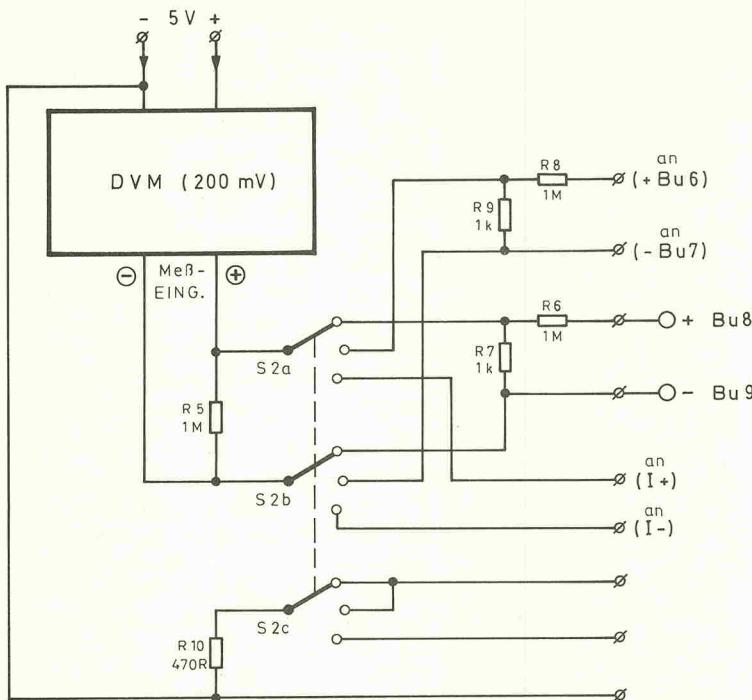


Bild 2. Die Meßeingänge des DVMs werden über Schalter SW2 entweder an netzgerätinterne Meßpunkte oder (für externe Spannungsmessungen) an die beiden Buchsen Bu8,9 geführt.

nungsteiler R6,7 mit dem externen Meß-Eingang (Bu8 und Bu9) verbunden. Die an diesen Buchsen anliegende Spannung wird um den Faktor 1000 abgeschwächt, bevor sie gemessen wird; der Meßbereich des so beschalteten Voltmeters beträgt also 199,9 V.

In der mittleren Schalterstellung sind die Eingänge des Voltmeters mit der Ausgangsspannung der variablen

Quelle verbunden. Somit wird in dieser Schalterstellung die von der einstellbaren Spannungsquelle abgegebene Spannung gemessen. Der Meßbereich beträgt auch hier 199,9 V.

In der untersten Stellung des Schalters SW2 liegt der DVM-Eingang parallel zu Widerstand R3 der variablen Quelle. Da die an diesem Widerstand abfallende Spannung ein Maß für den Aus-

gangsstrom ist, wird somit der Ausgangsstrom der variablen Quelle gemessen. Der Meßbereich beträgt in dieser Schalterstellung 1,999 A.

Mit dem Schaltersegment SW2c wird der Dezimalpunkt des DVM-Bausteins umgeschaltet.

Und nun zum Digital-Voltmeter selbst. Wie in Bild 3 zu erkennen ist, handelt es hierbei um eine Standardschaltung mit dem bekannten DVM-IC ICL 7107. Als Anzeige-Elemente können nahezu alle 13 mm hohen Siebensegment-Anzeigen mit gemeinsamer Anode eingesetzt werden. Leider benötigt IC1 nicht nur eine positive, sondern auch eine negative Versorgungsspannung. In der vorliegenden Schaltung wird die negative Betriebsspannung durch Zerhacken der positiven 5-V-Spannung erzeugt. Als Taktsignal dient dabei das an Pin 38 anstehende Oszillatortaktsignal des DVM-ICs, wobei die sechs Inverter von IC2 (4049) als Schaltverstärker und Puffer eingesetzt werden. Während des praktischen DVM-Betriebs wird über Elko C7 eine Spannung in Höhe von ca. -3...-4 V zu messen sein.

Einiger Abgleichpunkt des gesamten Netzgeräts ist der Trimmer RV1, mit dem die Referenzspannung für das DVM-IC eingestellt wird. In der Praxis geht man dabei am besten so vor, daß die Eingänge des Voltmeters entsprechend Bild 2 verdrahtet werden. Schalter SW2 wird in Stellung 'Spannung extern' gebracht, und an die Meßbuchsen Bu8,9 wird eine genau bekannte Spannung gelegt. Nun wird RV1 betä-

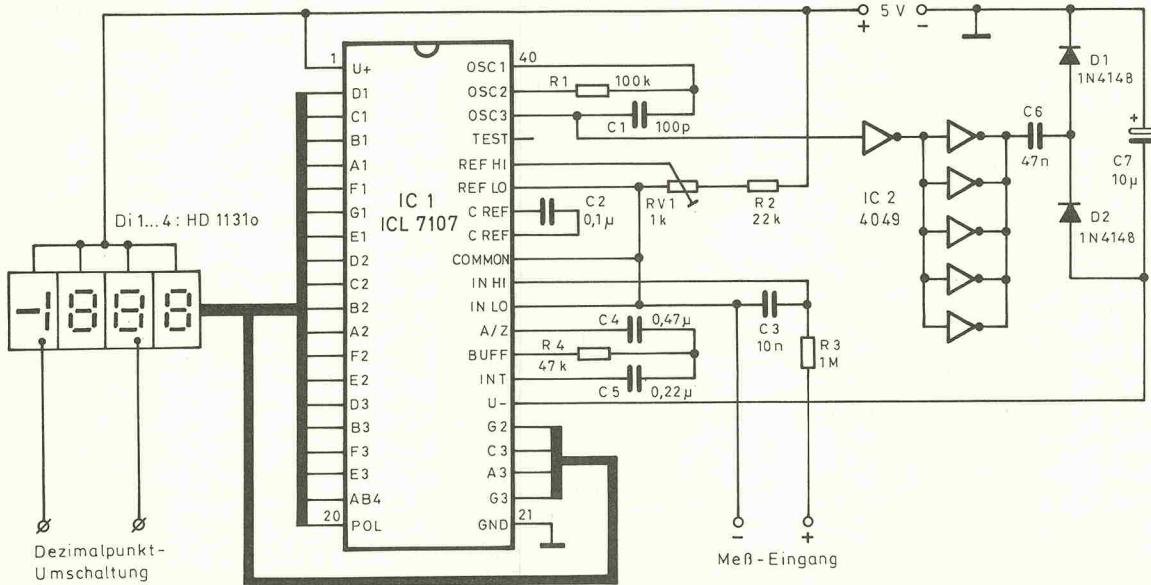
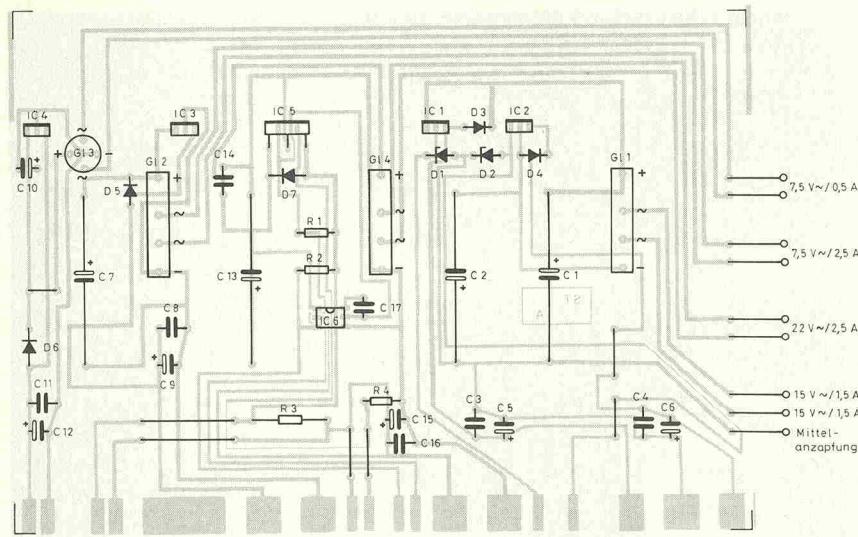
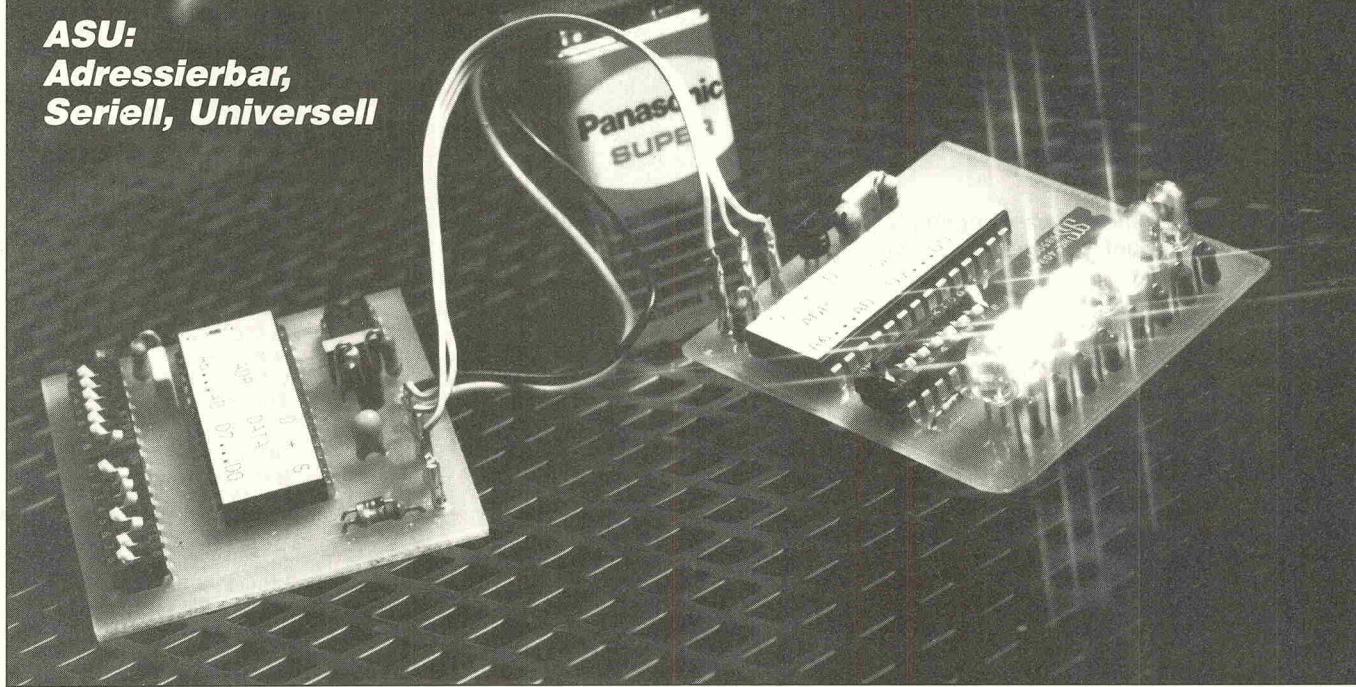


Bild 3. Der Grundmeßbereich des Digital-Voltmeters beträgt 200 mV.



Daten-Wechselsprechanlage

ASU:
Adressierbar,
Seriell, Universell



Dort, wo (parallele) Daten mit einer Wortlänge bis 15 Bit über einen Kanal — Draht, IR, Ultraschall, Funk — seriell übertragen werden sollen, bietet er sich an: der neue integrierte Baustein PED — ein Programmierbarer Enkoder/Dekoder. Wir zeigen Ihnen, was er kann. Doch dann geht's für Sie erst richtig los — wenn Sie bei unserem Ideen-Wettbewerb rund um den PED mitmachen.

Steht man vor der Aufgabe, Daten über eine größere Entfernung mit möglichst geringem Aufwand zu übertragen, so bietet sich dafür ein interessanter neuer Baustein, der PEDxx an, der sowohl als Sender als auch als Empfänger eingesetzt werden kann. Dieses IC setzt parallel anliegende Daten in ein serielles Format um und ermöglicht so die asynchrone Datenübertragung über eine Zweidrahtleitung — oder drahtlos: per Funk, Infrarot oder Ultraschall. Am Empfangsort können die Daten entweder seriell weiterverarbeitet, mit einem Schieberegister nach parallel umgesetzt oder mit einem am Empfänger-Baustein eingestellten Bitmuster auf Übereinstimmung geprüft werden. Sollen Sender und Empfänger aus dem gleichen Netzteil gespeist werden, so reicht für Stromversorgung und Si-

gnalübertragung eine 3-adrige Verbindung.

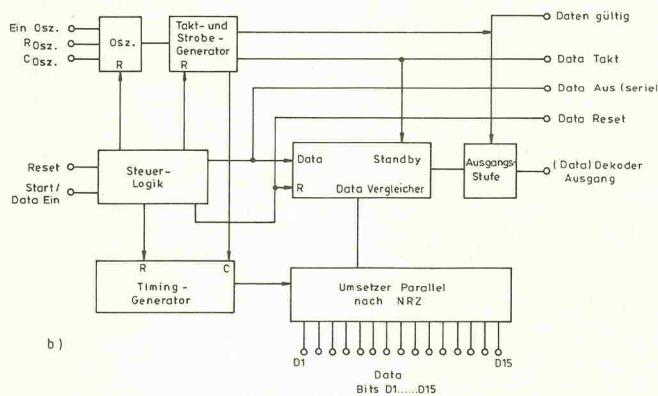
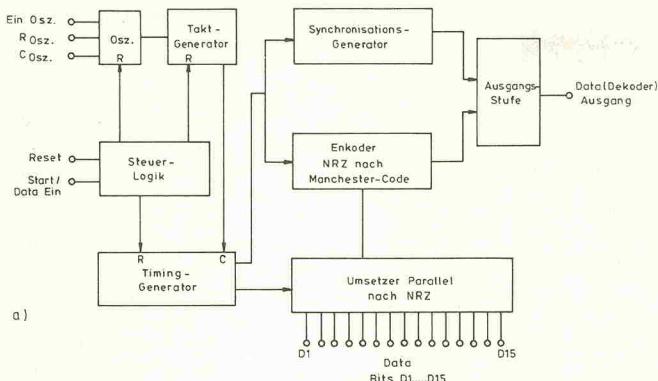
Der Chip der PEDxx-Serie ist monolithisch in Metal-Gate-CMOS-Technologie aufgebaut und hat eine entsprechend niedrige Stromaufnahme.

Bild 1 zeigt den funktionellen Aufbau. Der Baustein kann bis zu 32.768 (2^{15}) verschiedene Datenworte übertragen. Im Sendebetrieb erzeugt der Enkoder das gewünschte Bitmuster durch Anlegen von +Ub oder null Volt für logisch '1' oder '0' an die bis zu 15 Daten-Eingänge (Bild 1a). Der Dekoder-Sektor (Bild 1b) des Bausteins besitzt verschiedene Ausgänge und kann unterschiedliche Aufgaben erfüllen.

Um Daten zu übertragen, werden diese mit TTL-Pegel direkt an den Baustein gelegt. Die Übertragung beginnt mit einem Impuls von +5 V am Startein-

gang. Zuerst wird eine Präambel erzeugt; auf diese Synchronisations-Bits folgen die angehängten Daten im sogenannten Manchester-Code. Dieser ist ein asynchrones Übertragungsverfahren, bei dem der Takt im Signal eingebettet ist (siehe Kasten „Übertragungs-Codes“). Sobald die Daten vollständig übertragen worden sind, wird auf das nächste Startsignal gewartet. So sollen die Daten permanent übertragen werden, so ist ein Impulsgenerator vorzusehen (z.B. der Timerbaustein 555 in astabiler Schaltung), der den Sender kontinuierlich triggert, so daß immer die jeweils aktuellen Daten übertragen werden.

Wie schon erwähnt, enthält der Baustein alle Funktionsgruppen, er kann demnach als Enkoder oder als Dekoder eingesetzt werden. Hier die wichtigsten Eigenschaften:



● Manchester Phase Code

● Enkoder/Dekoder im selben Schaltkreis

● Schmitt-Trigger Eingang für guten Störabstand

● eingebauter Oszillator für unkritische externe RC-Beschaltung

● low power CMOS-Technologie

● Automatische Präambel-Erzeugung

● Minimale externe Beschaltung

Die wichtigsten elektrischen Daten sind wie folgt angegeben:

Spannungsversorgung: 5 V (max. 7,5 V)

Stromaufnahme (stat.): 10 μ A

Temperaturbereich: 0...70 °C

Oszillatorkreisfrequenz: 0...25 kHz

RC-Toleranzen: 10%

Eingangskapazität: 10 pF

Ausgangskapazität: 10 pF

Ausgangsstrom: 1 mA

Übertragungsgeschwindigkeit: 100 15-Bit-Datenwörter mit Präambel je Sekunde

Das IC steht in zwei Gehäuse-Ausführungen zur Verfügung (Bild 2); bei der kleineren (Plastik-DIP-) Spar-Version mit

| | | |
|------|----|-----|
| 1 | 28 | +Ub |
| 01 | 2 | 27 |
| OR | 3 | 26 |
| OC | 4 | 25 |
| RS | 5 | 24 |
| SDI | 6 | 23 |
| D/DO | 7 | 22 |
| D1 | 8 | 21 |
| D2 | 9 | 20 |
| D3 | 10 | 19 |
| D4 | 11 | 18 |
| D5 | 12 | 17 |
| D6 | 13 | 16 |
| D7 | 14 | 15 |

| | | |
|------|----|----|
| 1 | 18 | 01 |
| 01 | 2 | 17 |
| OC | 3 | 16 |
| RS | 4 | 15 |
| SDI | 5 | 14 |
| D/DO | 6 | 13 |
| D4 | 7 | 12 |
| D5 | 8 | 11 |
| D6 | 9 | 10 |

Bild 1. Die Funktionseinheiten des PEDxx für Sendebetrieb (oben) und Empfangsbetrieb (unten).

OR (Rosz): Anschluß des zeitbestimmenden Widerstands

OC (Cosz): Anschluß des zeitbestimmenden Kondensators

RS (Reset): unterbricht bzw. verhindert die Datenverarbeitung

S/DI (Start/Data Input):

a) startet im Sendebetrieb die codierte Übertragung; b) im Empfangsbetrieb Signaleingang

D/DO (Data/Decode Output):

a) im Sendebetrieb Signalausgang; b) geht im Empfangsbetrieb auf 'H' bei Übereinstimmung des empfangenen Codes mit dem eingestellten Code

D1-D15 (Data Inputs): a) im Sendebetrieb Eingänge für die parallelen Daten, die seriell

18 Anschlüssen sind einige Daten-Eingänge nicht zugänglich; es müssen ja nicht bei jeder Anwendung immer gleich 15 Bit zu übertragen sein. Die Anschlüsse haben folgende Funktionen:

GND (Masse): negative Speisespannung

OI (Oszillator): gemeinsamer Anschluß des zeitbestimmenden RC-Gliedes

Jeder kann mitmachen:

Ideen-Transfer zum Daten-Transfer

Neuer Chip — neue Möglichkeiten. Einiges von dem, was mit dem PED machbar ist, wird im Beitrag schon angedeutet. Doch wir sind überzeugt, daß elrad-Leser noch ganz andere Ideen haben. Der Programmierbare Enkoder/Dekoder fordert Ideen, so meinen wir, geradezu heraus. ASU. A wie Adressierbar. S wie Seriell — also geht's auch drahtlos, auf einem Kanal. U — wie Universell der Chip wirklich ist, werden wir bald wissen.

Dabei geht es zunächst keineswegs um fertige erprobte Schaltungen, sondern um Anwendungsvorschläge.

Möglichst mit Blockschaltbild und kurzer Erklärung.

Die besten Ideen werden, voraussichtlich in der Oktober-Ausgabe, veröffentlicht. Die besten fünf Ideen werden mit einem Bauteilesatz (ähnlich der Schaltung in Bild 6 des Beitrags) honoriert. Und für die allerbeste Idee gibt's — siehe Foto — eine elektronische SMD-Entlötsation SMD 1500 von Ersa.

Jury ist die elrad-Redaktion. Einsendeschluß ist am 10. August 1988. Ausgeschlossen sind der Rechtsweg und Mitarbeiter des Verlags.

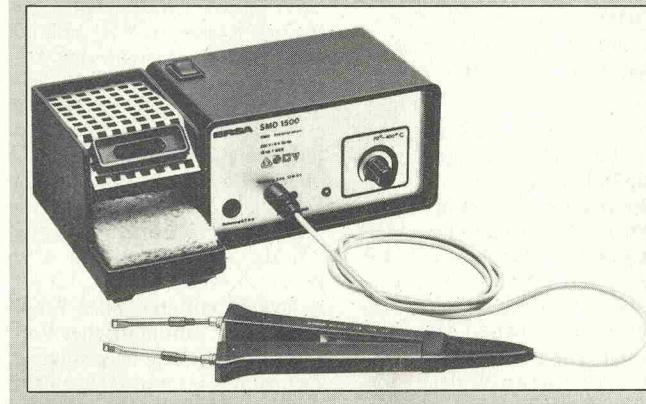
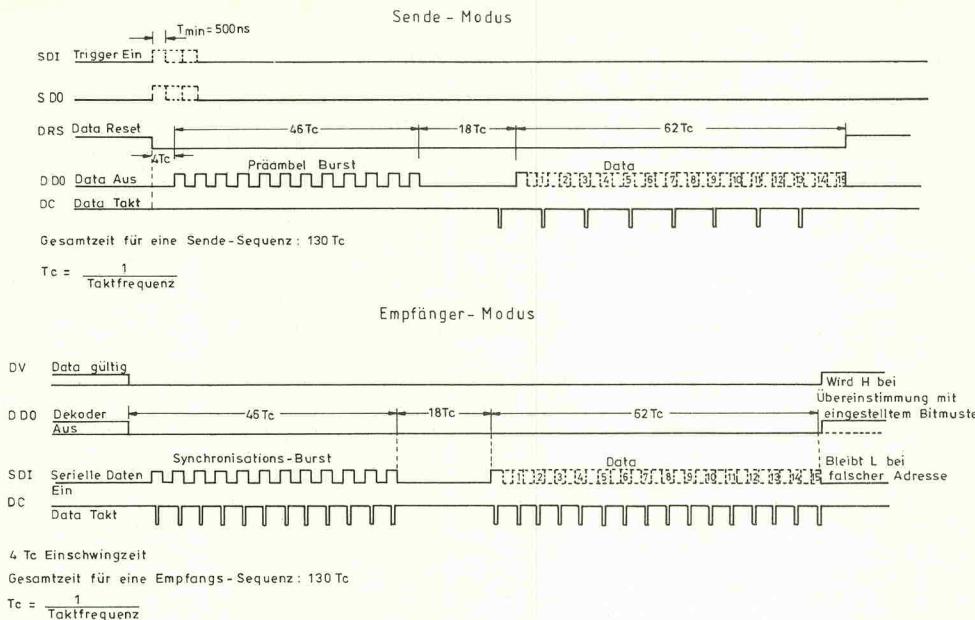


Bild 2. Gehäuseformen und Anschlußbelegungen. Der PED 9 im DIL-18-Gehäuse dürfte in vielen Fällen reichen — siehe Text.

Das neue IC: PEDxx



übertragen werden; b) im Empfangsbetrieb hier Einstellung des lokalen Codes

SDO (Serial Data Output): serieller Daten-Ausgang; Signal entspricht dem S/DI-Signal mit Schmitt-Triggerung

DRS (Data Reset Output): Ausgangssignal für externe Schieberegister; zeigt an, daß ein neues Wort empfangen wird

DC (Data Clock Output): Ausgangssignal zum Synchronisieren externer Schieberegister

DV (Data Valid Output): wird 'L', sobald ein Datenwort empfangen wird; zeigt jedoch nicht an, ob empfangener und eingesetzter Code übereinstimmen

T/R (Transmit/Receive): Steuereingang für die Betriebsarten 'Senden' ('H') und 'Empfangen' ('L')

VDD (+Ub): positive Speisespannung; intern liegt eine Z-Diode (ca. 6,5 V) nach Masse

Der Schaltkreis arbeitet von 3 V bis zur Zenerspannung. Empfehlenswert für stabile Zeitkonstanten ist eine stabilisierte Speisespannung. Die Ausgänge können ca. 1 mA Laststrom treiben. Alle Eingänge sind durch interne Dioden nach +Ub und Masse geschützt. Die Dateneingänge haben Pull-down-Widerstände, so daß die Programmierung der

Datenwörter enthält die 15 Datenbits.

Im Empfangsbetrieb ist T/R ist mit Masse verbunden; der Schaltkreis arbeitet nun als Dekoder und empfängt den seriellen Datenstrom im Manchester-Code-Format, woraus der Takt wiedergewonnen wird. Die eingehenden Daten werden in ein paralleles 15-Bit-Datenwort verwandelt und mit dem eingesetzten 15-Bit-Wort verglichen (Bild 3 unten). Bei Übereinstimmung beider Worte liefert der D/DO-Ausgang ein 'H', sonst bleibt er 'L'. Bei Nichtübereinstimmung beider Worte, aber gültigem Wortformat (d.h. 15 Bit mit übereinstimmendem Takt), geht der DV-Ausgang auf 'H'. Stimmt irgendwann der Takt der Bit-Folge nicht, werden der interne Oszillator und die Vergleichsschaltung zurückgesetzt und neue Eingangsimpulse als neuer Datenstrom bewertet.

Bild 3. „Timing Diagrams“ heißen diese Impuls- bzw. Ablaufdiagramme beim Hersteller.

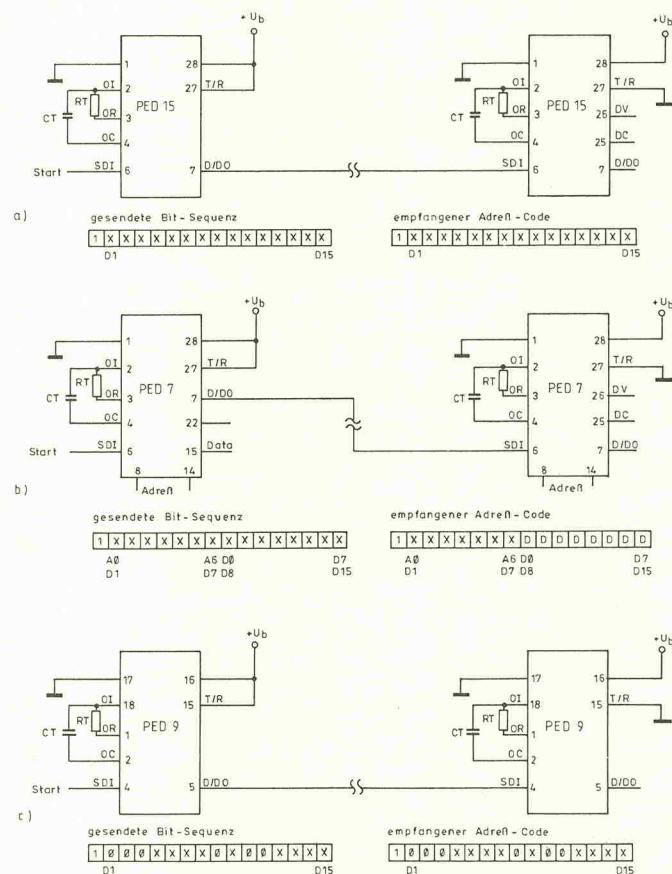


Bild 4. Sende- und Empfangs-Datenmuster der PED-Varianten. Es bedeuten: X = programmierbare Adresse, 0 = intern verdrahtete '0', 1 = intern verdrahtete '1', D = Daten (ohne Einfluß auf die Adreßerkennung).

Die Grund-Version des PEDxx ist der PED 15 im Plastik-DIP-Gehäuse mit 28 Anschlüssen. Der Baustein hat 15 Daten-Eingänge und entspricht der vorstehenden Beschreibung. Aus Bild 4 gehen die Sende- und Empfangs-Datenmuster der verschiedenen PED-Varianten hervor.

Der PED 7 im Plastik-DIP-Gehäuse mit 28 Anschlüssen unterscheidet sich vom PED 15 in der Empfangsbetriebsart dadurch, daß nur die ersten 7 Bits verglichen werden, die anderen 8 werden ignoriert; d.h. es stehen $2^7 = 128$ Adreß-Codes zur Verfügung sowie 8 Bits, die für zu übertragende Daten genutzt werden können.

Pedding mit Variationen: 7, 11, 9, 15 PED 7 schon als SMD lieferbar

Der PED 11 (in Bild 4 nicht dargestellt), ebenfalls im Plastik-DIP-Gehäuse mit 28 Anschlüssen, unterscheidet sich vom PED 15 in der Empfangsbetriebsart dadurch, daß nur die ersten 11 Bits verglichen werden, die anderen 4 werden ignoriert; d.h. bei 2048 Adreß-Codes können 4 Bits für zu übertragende Daten genutzt werden.

Der PED 9 ist praktisch die 18-Pin-Version des PED 15 im Gehäuse DIL-18, nur sind nicht alle Anschlüsse herausgeführt. Im Sendebetrieb können nur 9 Bits kodiert und übertragen werden, die anderen 6 sind fest auf 'L'. Im Empfangsbetrieb kann der Schaltkreis eben diese 9 Bits dekodieren, was 512 mögliche Adressen bedeutet. Bei dieser Version sind auch die Anschlüsse DV, DC, DRS und S/DO nicht herausgeführt, so daß als einziger Ausgang D/DO zur Verfügung steht.

Die PEDxx-Serie dürfte mit Erscheinen dieser Ausgabe auch als SMD-Version im Gehäuse PLCC 28 zur Verfügung stehen.

Typische Anwendungen für die neuen ICs sind zum Beispiel Fernanzeigetableaus für Melde-

elrad 1988, Heft 7/8

Übertragungs-Codes

Die asynchrone Datenübertragung geschieht vielfach in der Weise, daß die Übertragungsleitung nur die beiden Zustände „H“ und „L“ (binär 1 bzw. 0) annehmen kann, genau entsprechend dem Übertragungstakt und dem binären Wert der zu übertragenden Daten. Diese Art der Übertragung wird als „Non-Return-to-Zero“ (NRZ) bezeichnet (Diagramm, Zeile 2).

Zu diesen NRZ-Codes existieren verschiedene Varianten: Beim („Return-to-Zero“) RZ-Code wird für jede binäre „1“ ein Puls von halber Bitdauer übermittelt (Zeile 1). Eine andere Variante ist der NRZ-Mark-Code (Zeile 3). Bei diesem Code wird zu Beginn jeder Bitperiode, für die eine „1“ (Mark) übermittelt wird, ein Zustandsübergang auf der Übertragungsleitung von „0“ nach „1“ oder von „1“ nach „0“ gesendet. Bei der Übermittlung einer „0“ (Space) ändert sich der Signalzustand auf der Übertragungsleitung nicht.

Die genannten Übertragungs-Codes sind für die synchrone Übertragung nur bedingt geeignet, da aus diesen Signalen der Übertragungstakt zurückgewonnen werden muß. Da aus den Codes selbst der Takt nicht zurückgewonnen werden kann (z.B. bei langen Sequenzen von „0“-Werten), muß durch geeignete Wahl der Übertragungsdaten sichergestellt werden, daß solche langen Sequenzen nicht vorkommen können.

Ein Übertragungs-Code, bei dem unabhängig vom übermittelten Signal der Takt regeneriert werden kann, ist der sogenannte „Bi-Phase“-Code (Zeile 4). Bei diesem Code erfolgt immer in der Mitte der Bitperiode ein Übergang von „0“ nach „1“ oder umgekehrt; damit kann auf der Empfangsseite der Takt präzise regeneriert werden. Die Richtung dieses Übergangs (von „0“ nach „1“ oder umgekehrt) gibt

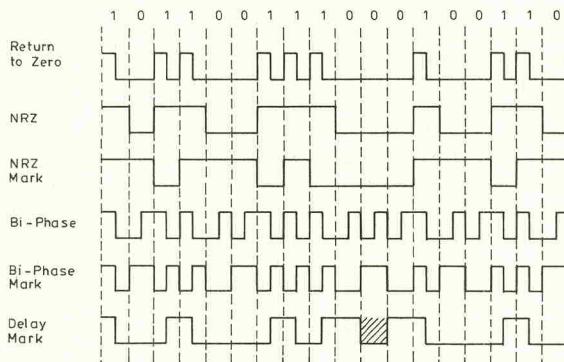
den Wert des zu übermittelnden binären Wertes an.

Eine Variante des „Bi-Phase“-Codes ist der Manchester-Code (auch bezeichnet als Bi-Phase-Mark, Zeile 5). Bei diesem Code wird immer am Anfang der Bitperiode ein Wechsel von „0“ nach „1“ oder umgekehrt übertragen; daraus wird der Übertragungstakt regeneriert. In der Mitte der Bitperiode erfolgt eine zusätzliche Transition, sobald ein binärer Wert „1“ übertragen werden muß.

Vergleicht man das Bild der Wellenform der Kodierungen Bi-Phase und Bi-Phase-Mark, so stellt man fest, daß die Wellenformen sehr ähnlich sind; außer der Interpretation existieren keine wesentlichen Unterschiede zwischen diesen beiden Kodierungen.

mittlung einer binären „1“ beibehalten; die Übergänge am Anfang der Bitperiode, die ausschließlich der Taktregenerierung dienen, werden aber weggelassen. Um bei längeren Sequenzen von „0“-Werten dennoch den Takt sicher regenerieren zu können, werden bei Folgen von drei und mehr „0“-Werten zusätzliche Übergänge zu Anfang der Bitperiode eingeführt (schräg dargestellt). Man beachte, daß die Kodierung bis auf den eingeschobenen (scharf dargestellten) Puls dem NRZ-Mark-Code entspricht, allerdings phasenschoben (Halb-Bit-Phase) und invertiert.

Bei der Delay-Mark-Kodierung tritt allerdings das Synchronisationsproblem auf. Zustandsübergänge können in der Mitte der Bitperiode oder zu Anfang der Bitperiode vorkommen. Ist der Empfänger einmal außer Takt geraten, weiß er



Eine Abart der Bi-Phase-Mark-Kodierung (nicht dargestellt) ist der sogenannte Miller-Code; im Prinzip wird eine Bi-Phase-Mark-Kodierung generiert und dann nur jeder zweite Übergang übermittelt; aus diesen Übergängen regeneriert der Empfänger den Bi-Phase-Mark-Code und daraus das ursprüngliche Signal.

Eine weitere Variante der Bi-Phase-Mark-Kodierung ist der Delay-Mark-Code (Zeile 6). Bei dieser Kodierung wird der Übergang in der Bitmitte bei der Über-

nicht von vornherein, ob ein Übergang zu Anfang oder in der Mitte der Bitperiode stattfindet. Die Entscheidung kann der Empfänger erst treffen, wenn für zwei oder drei Bitperioden kein Übergang stattgefunden hat; dann muß es sich nämlich um die im Diagramm links gezeigten Fälle handeln, wo ein oder zwei binäre „0“-Werte von „1“-Werten umgeben sind.

Nach: „Datenübertragung und Rechnernetze“ von Dr. sc. math. ETH Pietro Schicker, Verlag B.G. Teubner, Stuttgart 1986.

Das neue IC: PEDxx

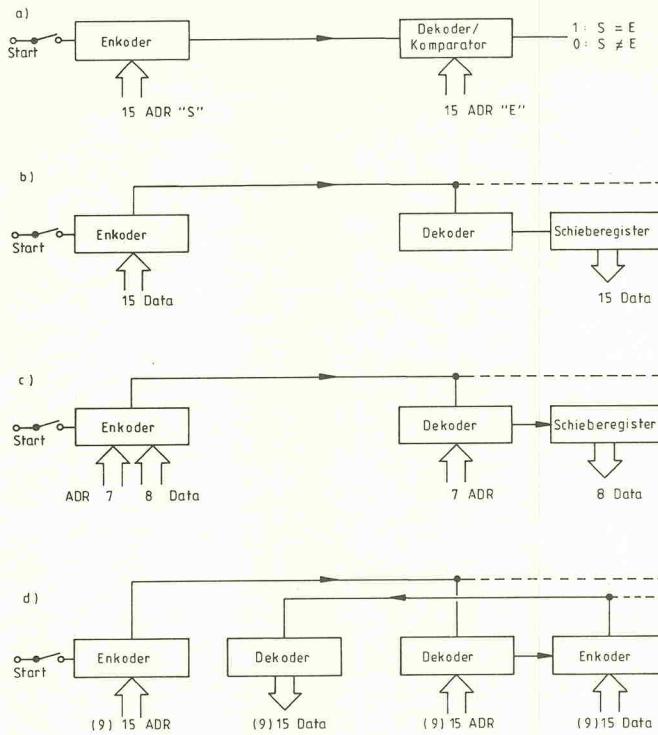
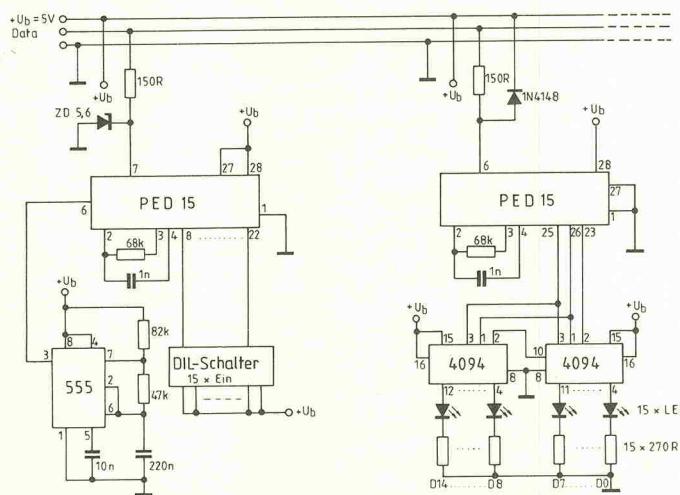
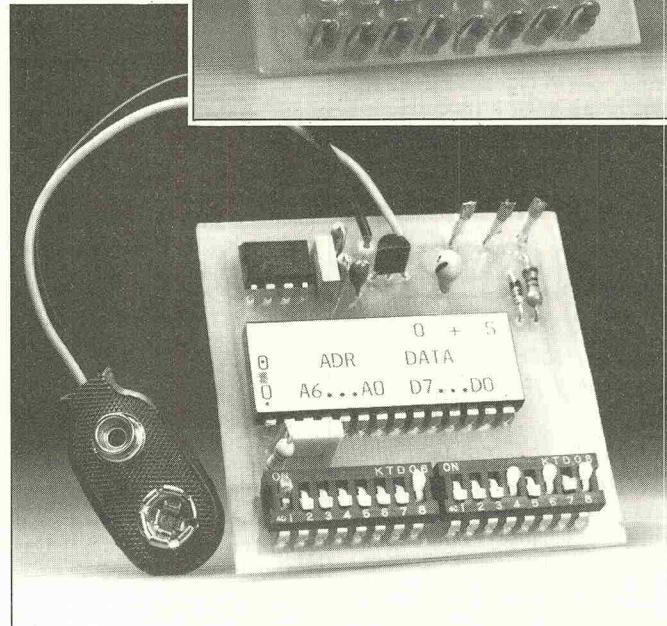
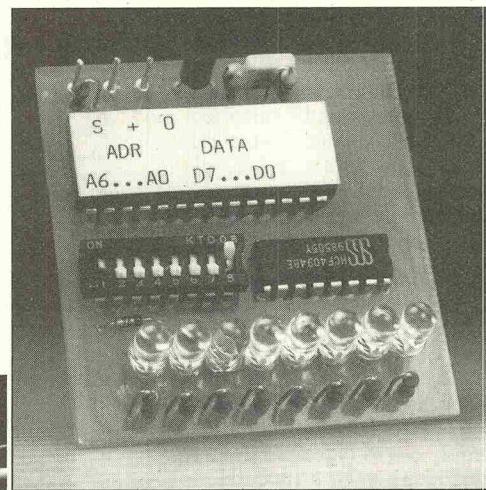


Bild 5. Einsatzvarianten. a) Fernwirken: Codeschloß, Garagentoröffner, Personen-Rufsysteme, Identifikation. **b)** Serielle Übertragung paralleler Daten; Parallel-Tableaus, Fernanzeigen. **c)** Serielle Übertragung von 8-Bit-Daten an bis zu 128 Adressen. **d)** Fernabfragen von bis zu 2^{15} Stellen.

Bild 6. Parallel-Tableau mit LEDs: Einsatzvariante b) aus Bild 5.



Demonstrationsaufbau mit zwei PED 7 als Enkoder und Dekoder.



anlagen, bei denen äußerst leistungssparend viele voneinander unabhängige Signale an eine oder mehrere Stellen übertragen werden können. Sollen Daten an verschiedene Orte gesendet werden, so ist dies ebenfalls möglich, indem man die höchstwertigen Datenbits des Sende- und Empfängerbausteins als Adressen definiert. Dadurch werden die gesendeten Daten nur von dem (oder denjenigen) Empfänger(n) registriert und ausgegeben, dessen (deren) eingestellte Adresse mit der übertragenen übereinstimmt. Bild 5 zeigt anschaulich die typischen Varianten der

zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten.

Die in Bild 6 dargestellte Demonstrationsschaltung entspricht der Einsatzvariante b) aus Bild 5. Mit dieser Anordnung können Datenworte mit 15 Bit Breite auf einen oder auf mehrere nichtadressierte(n) Empfänger übertragen werden. Zur Bildung des Datenwortes dienen (DIL-) Schalter; jede Änderung der Schalterstellung wird sofort übermittelt, da der 555-Generator den Start-Eingang ständig triggert. Die seriell empfangenen Daten werden in ein Schieberegister des Typs 4094 B eingelesen, mit dem Strobe-Signal vom Empfängerbaustein gespeichert und mit den LEDs zur Anzeige gebracht.

Anzumerken ist, daß hierbei die zuletzt empfangenen Signale gespeichert bleiben, bis ein Überschreiben erfolgt. Wo dies nicht erwünscht ist, kann ein anderer Schieberegistertyp mit

CLEAR-Eingang (z.B. HC595) oder der OUTPUT-DISABLE des 4094 verwendet werden.

Bitte umblättern: Ideen-Wettbewerb Seite 35

Der Datenausgang des Senders (Pin 7) und der Dateneingang des Empfängers (Pin 6) sind gegen Spannungsspitzen auf der Signalleitung geschützt. Dies kann mit einer Z-Diode nach Masse (links) oder mit einer Freilaufdiode nach $+U_b$ geschehen; beide Maßnahmen sind praktisch gleichwertig.

Die Fotos zeigen einen anderen Versuchsaufbau, der im Prinzip die Einsatzvariante c) aus Bild 5 demonstriert. Verwendet wurden 'high-efficiency LEDs', um Treiberstufen einzusparen. □

HELmut GERTH

- TRANSFORMATORENBAU -

DESSAUERSTR. 28 • RUF (0 30) 262 46 35 • 1000 BERLIN 61

vergossene

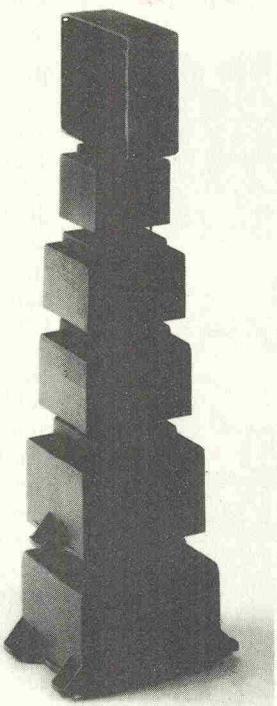
Elektronik-

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



ERSA MS 300 Elektronik-

Lötstation

von ERSA



Nennen Sie mir den
nächsten Fachhändler

Senden Sie mir aus-
führliche Unterlagen
über MS 300

Senden Sie mir die kosten-
lose ERSA-Lötibel

ERSA

Löttechnik

ERSA Ernst Sachs

Postfach 12 6115

D-6980 Wertheim

Tel. (0 93 42) 800-0

Tx. 689 125

Fax (0 93 42) 800-100

Die elektronische Lötstation für
den anspruchsvollen Hobby-
elektroniker mit den technischen
und ergonomischen Vorteilen
industriebewährter Lötstationen
und stufenlos einstellbarer
Temperatur.



Frank

Elektronik GmbH

Vertrieb elektronischer Bauelemente

Postfach 84 00 73 • 8500 Nürnberg 84

Tel. 0911/3 2438-18 (8.30—17.30 Uhr)

Telex 626590 • Telefax 09 11/32 77 91

Ihr Gesprächspartner: Frau Schneider

Preisänderungen vorbehalten. Preisliste DM 20
Post- und Verpackungspreis DM 6 pro Stück. Ab 200,— Porto- und
Verpackung. Bei Voraus- auf Postpaketen DM 4,-. Konto-Nr.
185521 850. Postgiroamt Nürnberg, BLZ 760100 85. Lieferung ins
Ausland ab DM 200,— zuzüglich DM 14,00 Porto und Verpackung
(MwSt. wird vom Warenwert abgezogen). Angebote freibleibend.

Übrigens, Sie können auch direkt in unseren Ladengeschäften einkaufen:

8500 Nürnberg

Matthiasstr. 3

✓ 09 11/3 24 38-25

8900 Augsburg

MICROWI SHOP

Zusatstr. 11

✓ 08 21/71 91 75

2940 Wilhelmshaven

EBS GmbH

Schopenhauerstr. 2

✓ 0 44 21/3 17 70

XT-TURBO

Ihr Einstieg in die PC-Welt

Frank-Turbo XT

4,77/10 MHz
AT-Gehäuse / RAM 640 K/0 K bestückt, Multi I/O-Card, Seriell-, Parallel-Port, Floppy-Disk-Controller, Hercules-Card, 360 K-Floppy, Tastatur 101 Tasten

1095,00

Oszilloskope

HM 203-6, 2x20MHz
inkl. 2 Tastköpfe 1050,00
HM 205-2, 2x20MHz
inkl. 2 Tastköpfe 1580,00
HM 604, 2x60MHz
inkl. 2 Tastköpfe 1975,00
HM 806, 2x80MHz
inkl. 2 Tastköpfe 2098,00
Tastteiler HZ 30 10:1 34,95
Tastteiler HZ 36 10:1/1:1 39,95
Tastteiler HZ 35 1:1 29,95

Aktionspreis: Multimeter G-1004

3 1/2-stellig

Akustischer Durchgangsprüfer
Eingangswiderstand 10 MΩ

Made in Germany

28 Meßbereiche:
100 µV—1000 V DC/AC
0,1 µA—10 A DC/AC 99,95
0,1 Ω—20 MΩ ohne Batterien
1 Satz Batterien (6xMignon) 4,20

LCD-Multimeter

YF 1030 C

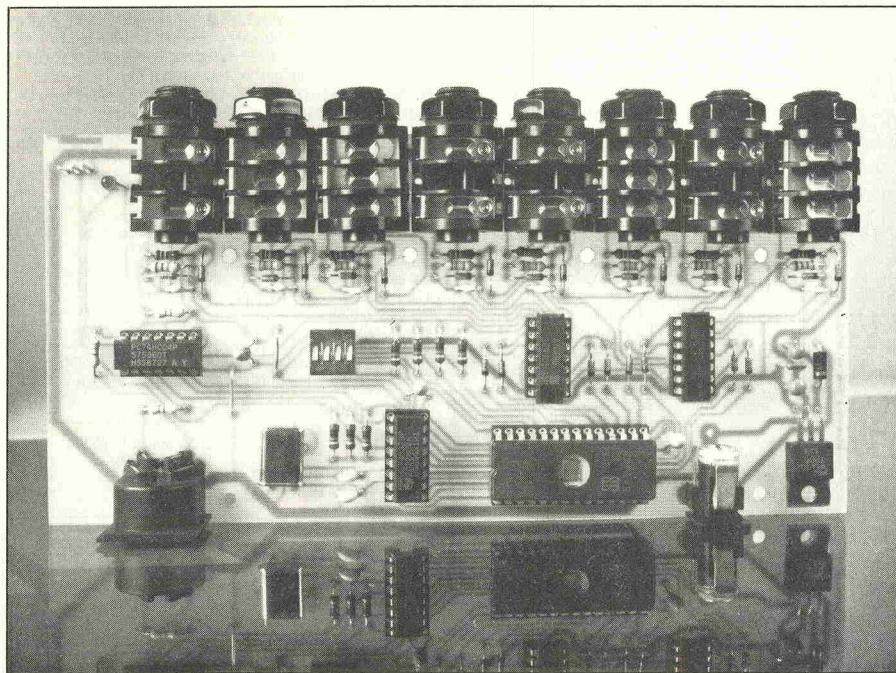
3 1/2-stellig
Meßbereiche: 0,2—1000 V DC
200/750 V, 0,2 µA—10 A

200—20 MΩ 69,—

69,— 80287 16 MHz 1169,00

RAM 68000-8 MHz
4116-200 2,90 LM 3900 N 1,50 16pol.
4164-150 6,90 35,00 35,00 18pol.
41256-120 22,50 35,00 35,00 20pol.
42193-120 14,50 35,00 35,00 24pol.
43256-120 26,00 35,00 35,00 30pol.
43256-100 34,90 68681 10:1 26,00 35,00 40pol.
51100-120ms 65,00 68681 15:1 26,00 35,00 48pol.
4016C 32Kb/150ns 65,00 68681 10:1 26,00 35,00 48pol.
27034-120 12,00 68681 10:1 26,00 35,00 48pol.
6264-120 hot pack 12,75 68681 10:1 26,00 35,00 48pol.

Für Commodore C64/C128
6510 12,98 MC 3479 8,95
6526 13,98 MC 1443 8,95
27232-250 9,90 901225 MC 1458 19,50
27256-250 11,80 901226 MC 1488 = SN 75188
27512-250 23,50 901237 MC 1485 = SN 75189
27513-200 38,00 901228 MC 1544 0,95
EE-PROM 905114 16,90 MC 5454 0,90
2816-250ns 17,95 8701 17,95
2864-250ns 26,95 325572 0,90
C-Mos E-Pro 9,40 8722 1,10
27254-250 7,50 85563 9 108,80 1,10
27255-150 22,50 85563 9 108,80 1,10
27251-250 23,50 85563 R 3 58,80 1,10
Netteil C64 69,00 85563 R 3 58,80 1,10
Netteil C128 156,00 85567 V 2,40 1,10
Netteil C128 156,00 NE 644 N 11,80 1,10
E-Prom 1,90 NE 646 B 14,30 1,10
280 A-PID 1,95 7,50 901226 MC 1452 1,15
280 A-SID/0' 7,50 901227 MC 1453 1,20
280 A-DID 1,95 901228 MC 1454 1,25
280 A-STL 24,45 901229 MC 1451 1,30
278 B-PIU/CTC/PIO 1,95 901230 MC 1452 1,35
280 B-SID/0'DART 25,60 901231 MC 1453 1,40
280 B-PIU 25,60 901232 MC 1454 1,45
280 B-PIU 25,60 901233 MC 1455 1,50
280 B-PIU 25,60 901234 MC 1456 1,55
280 B-PIU 25,60 901235 MC 1457 1,60
280 B-PIU 25,60 901236 MC 1458 1,65
280 B-PIU 25,60 901237 MC 1459 1,70
280 B-PIU 25,60 901238 MC 1460 1,75
280 B-PIU 25,60 901239 MC 1461 1,80
280 B-PIU 25,60 901240 MC 1462 1,85
280 B-PIU 25,60 901241 MC 1463 1,90
280 B-PIU 25,60 901242 MC 1464 1,95
280 B-PIU 25,60 901243 MC 1465 2,00
280 B-PIU 25,60 901244 MC 1466 2,05
280 B-PIU 25,60 901245 MC 1467 2,10
280 B-PIU 25,60 901246 MC 1468 2,15
280 B-PIU 25,60 901247 MC 1469 2,20
280 B-PIU 25,60 901248 MC 1470 2,25
280 B-PIU 25,60 901249 MC 1471 2,30
280 B-PIU 25,60 901250 MC 1472 2,35
280 B-PIU 25,60 901251 MC 1473 2,40
280 B-PIU 25,60 901252 MC 1474 2,45
280 B-PIU 25,60 901253 MC 1475 2,50
280 B-PIU 25,60 901254 MC 1476 2,55
280 B-PIU 25,60 901255 MC 1477 2,60
280 B-PIU 25,60 901256 MC 1478 2,65
280 B-PIU 25,60 901257 MC 1479 2,70
280 B-PIU 25,60 901258 MC 1480 2,75
280 B-PIU 25,60 901259 MC 1481 2,80
280 B-PIU 25,60 901260 MC 1482 2,85
280 B-PIU 25,60 901261 MC 1483 2,90
280 B-PIU 25,60 901262 MC 1484 2,95
280 B-PIU 25,60 901263 MC 1485 3,00
280 B-PIU 25,60 901264 MC 1486 3,05
280 B-PIU 25,60 901265 MC 1487 3,10
280 B-PIU 25,60 901266 MC 1488 3,15
280 B-PIU 25,60 901267 MC 1489 3,20
280 B-PIU 25,60 901268 MC 1490 3,25
280 B-PIU 25,60 901269 MC 1491 3,30
280 B-PIU 25,60 901270 MC 1492 3,35
280 B-PIU 25,60 901271 MC 1493 3,40
280 B-PIU 25,60 901272 MC 1494 3,45
280 B-PIU 25,60 901273 MC 1495 3,50
280 B-PIU 25,60 901274 MC 1496 3,55
280 B-PIU 25,60 901275 MC 1497 3,60
280 B-PIU 25,60 901276 MC 1498 3,65
280 B-PIU 25,60 901277 MC 1499 3,70
280 B-PIU 25,60 901278 MC 1500 3,75
280 B-PIU 25,60 901279 MC 1501 3,80
280 B-PIU 25,60 901280 MC 1502 3,85
280 B-PIU 25,60 901281 MC 1503 3,90
280 B-PIU 25,60 901282 MC 1504 3,95
280 B-PIU 25,60 901283 MC 1505 4,00
280 B-PIU 25,60 901284 MC 1506 4,05
280 B-PIU 25,60 901285 MC 1507 4,10
280 B-PIU 25,60 901286 MC 1508 4,15
280 B-PIU 25,60 901287 MC 1509 4,20
280 B-PIU 25,60 901288 MC 1510 4,25
280 B-PIU 25,60 901289 MC 1511 4,30
280 B-PIU 25,60 901290 MC 1512 4,35
280 B-PIU 25,60 901291 MC 1513 4,40
280 B-PIU 25,60 901292 MC 1514 4,45
280 B-PIU 25,60 901293 MC 1515 4,50
280 B-PIU 25,60 901294 MC 1516 4,55
280 B-PIU 25,60 901295 MC 1517 4,60
280 B-PIU 25,60 901296 MC 1518 4,65
280 B-PIU 25,60 901297 MC 1519 4,70
280 B-PIU 25,60 901298 MC 1520 4,75
280 B-PIU 25,60 901299 MC 1521 4,80
280 B-PIU 25,60 901300 MC 1522 4,85
280 B-PIU 25,60 901301 MC 1523 4,90
280 B-PIU 25,60 901302 MC 1524 4,95
280 B-PIU 25,60 901303 MC 1525 5,00
280 B-PIU 25,60 901304 MC 1526 5,05
280 B-PIU 25,60 901305 MC 1527 5,10
280 B-PIU 25,60 901306 MC 1528 5,15
280 B-PIU 25,60 901307 MC 1529 5,20
280 B-PIU 25,60 901308 MC 1530 5,25
280 B-PIU 25,60 901309 MC 1531 5,30
280 B-PIU 25,60 901310 MC 1532 5,35
280 B-PIU 25,60 901311 MC 1533 5,40
280 B-PIU 25,60 901312 MC 1534 5,45
280 B-PIU 25,60 901313 MC 1535 5,50
280 B-PIU 25,60 901314 MC 1536 5,55
280 B-PIU 25,60 901315 MC 1537 5,60
280 B-PIU 25,60 901316 MC 1538 5,65
280 B-PIU 25,60 901317 MC 1539 5,70
280 B-PIU 25,60 901318 MC 1540 5,75
280 B-PIU 25,60 901319 MC 1541 5,80
280 B-PIU 25,60 901320 MC 1542 5,85
280 B-PIU 25,60 901321 MC 1543 5,90
280 B-PIU 25,60 901322 MC 1544 5,95
280 B-PIU 25,60 901323 MC 1545 6,00
280 B-PIU 25,60 901324 MC 1546 6,05
280 B-PIU 25,60 901325 MC 1547 6,10
280 B-PIU 25,60 901326 MC 1548 6,15
280 B-PIU 25,60 901327 MC 1549 6,20
280 B-PIU 25,60 901328 MC 1550 6,25
280 B-PIU 25,60 901329 MC 1551 6,30
280 B-PIU 25,60 901330 MC 1552 6,35
280 B-PIU 25,60 901331 MC 1553 6,40
280 B-PIU 25,60 901332 MC 1554 6,45
280 B-PIU 25,60 901333 MC 1555 6,50
280 B-PIU 25,60 901334 MC 1556 6,55
280 B-PIU 25,60 901335 MC 1557 6,60
280 B-PIU 25,60 901336 MC 1558 6,65
280 B-PIU 25,60 901337 MC 1559 6,70
280 B-PIU 25,60 901338 MC 1560 6,75
280 B-PIU 25,60 901339 MC 1561 6,80
280 B-PIU 25,60 901340 MC 1562 6,85
280 B-PIU 25,60 901341 MC 1563 6,90
280 B-PIU 25,60 901342 MC 1564 6,95
280 B-PIU 25,60 901343 MC 1565 7,00
280 B-PIU 25,60 901344 MC 1566 7,05
280 B-PIU 25,60 901345 MC 1567 7,10
280 B-PIU 25,60 901346 MC 1568 7,15
280 B-PIU 25,60 901347 MC 1569 7,20
280 B-PIU 25,60 901348 MC 1570 7,25
280 B-PIU 25,60 901349 MC 1571 7,30
280 B-PIU 25,60 901350 MC 1572 7,35
280 B-PIU 25,60 901351 MC 1573 7,40
280 B-PIU 25,60 901352 MC 1574 7,45
280 B-PIU 25,60 901353 MC 1575 7,50
280 B-PIU 25,60 901354 MC 1576 7,55
280 B-PIU 25,60 901355 MC 1577 7,60
280 B-PIU 25,60 901356 MC 1578 7,65
280 B-PIU 25,60 901357 MC 1579 7,70
280 B-PIU 25,60 901358 MC 1580 7,75
280 B-PIU 25,60 901359 MC 1581 7,80
280 B-PIU 25,60 901360 MC 1582 7,85
280 B-PIU 25,60 901361 MC 1583 7,90
280 B-PIU 25,60 901362 MC 1584 7,95
280 B-PIU 25,60 901363 MC 1585 8,00
280 B-PIU 25,60 901364 MC 1586 8,05
280 B-PIU 25,60 901365 MC 1587 8,10
280 B-PIU 25,60 901366 MC 1588 8,15
280 B-PIU 25,60 901367 MC 1589 8,20
280 B-PIU 25,60 901368 MC 1590 8,25
280 B-PIU 25,60 901369 MC 1591 8,30
280 B-PIU 25,60 901370 MC 1592 8,35
280 B-PIU 25,60 901371 MC 1593 8,40
280 B-PIU 25,60 901372 MC 1594 8,45
280 B-PIU 25,60 901373 MC 1595 8,50
280 B-PIU 25,60 901374 MC 1596 8,55
280 B-PIU 25,60 901375 MC 1597 8,60
280 B-PIU 25,60 901376 MC 1598 8,65
280 B-PIU 25,60 901377 MC 1599 8,70
280 B-PIU 25,60 901378 MC 1600 8,75
280 B-PIU 25,60 901379 MC 1601 8,80
280 B-PIU 25,60 901380 MC 1602 8,85
280 B-PIU 25,60 901381 MC 1603 8,90
280 B-PIU 25,60 901382 MC 1604 8,95
280 B-PIU 25,60 901383 MC 1605 9,00
280 B-PIU 25,60 901384 MC 1606 9,05
280 B-PIU 25,60 901385 MC 1607 9,10
280 B-PIU 25,60 901386 MC 1608 9,15
280 B-PIU 25,60 901387 MC 1609 9,20
280 B-PIU 25,60 901388 MC 1610 9,25
280 B-PIU 25,60 901389 MC 1611 9,30
280 B-PIU 25,60 901390 MC 1612 9,35
280 B-PIU 25,60 901391 MC 1613 9,40
280 B-PIU 25,60 901392 MC 1614 9,45
280 B-PIU 25,60 901393 MC 1615 9,50
280 B-PIU 25,60 901394 MC 1616 9,55
280 B-PIU 25,60 901395 MC 1617 9,60
280 B-PIU 25,60 901396 MC 1618 9,65
280 B-PIU 25,60 901397 MC 1619 9,70
280 B-PIU 25,60 901398 MC 1620 9,75
280 B-PIU 25,60 901399 MC 1621 9,80
280 B-PIU 25,60 901400 MC 1622 9,85
280 B-PIU 25,60 901401 MC 1623 9,90
280 B-PIU 25,60 901402 MC 1624 9,95
280 B-PIU 25,60 901403 MC 1625 10,00
280 B-PIU 25,60 901404 MC 1626 10,05
280 B-PIU 25,60 901405 MC 1627 10,10
280 B-PIU 25,60 901406 MC 1628 10,15
280 B-PIU 25,60 901407 MC 1629 10,20
280 B-PIU 25,60 901408 MC 1630 10,25
280 B-PIU 25,60 901409 MC 1631 10,30
280 B-PIU 25,60 901410 MC 1632 10,35
280 B-PIU 25,60 901411 MC 1633 10,40
280 B-PIU 25,60 901412 MC 1634 10,45
280 B-PIU 25,60 901413 MC 1635 10,50
280 B-PIU 25,60 901414 MC 1636 10,55
280 B-PIU 25,60 901415 MC 1637 10,60
280 B-PIU 25,60 901416 MC 1638 10,65
280 B-PIU 25,60 901417 MC 1639 10,70
280 B-PIU 25,60 901418 MC 1640 10,75
280 B-PIU 25,60 901419 MC 1641 10,80
280 B-PIU 25,60 901420 MC 1642 10,85
280 B-PIU 25,60 901421 MC 1643 10,90
280 B-PIU 25,60 901422 MC 1644 10,95
280 B-PIU 25,60 901423 MC 1645 11,00
280 B-PIU 25,60 901424 MC 1646 11,05
280 B-PIU 25,60 901425 MC 1647 11,10
280 B-PIU 25,60 901426 MC 1648 11,15
280 B-PIU 25,60 901427 MC 1649 11,20
280 B-PIU 25,60 901428 MC 1650 11,25
280 B-PIU 25,60 901429 MC 1651 11,30
280 B-PIU 25,60 901430 MC 1652 11,35
280 B-PIU 25,60 901431 MC 1653 11,40
280 B-PIU 25,60 901432 MC 1654 11,45
280 B-PIU 25,60 901433 MC 1655 11,50
280 B-PIU 25,60 901434 MC 1656 11,55
280 B-PIU 25,60 901435 MC 1657 11,60
280 B-PIU 25,60 901436 MC 1658 11,65
280 B-PIU 25,60 901437 MC 1659 11,70
280 B-PIU 25,60 901438 MC 1660 11,75
280 B-PIU 25,60 901439 MC 1661 11,80



Schlagwandler

Achtkanaliger Pad-zu-Bit-Konverter

Robert Langer

Schläge, das ist die Sprache, die er versteht, und Midi, das ist die Sprache die er spricht: Der Drum-to-Midi-Konverter löst damit eines der wesentlichen Kommunikationsprobleme eines Schlagzeugers in der midifizierten Musikumwelt.

Eigentlich gar nicht so einfach für einen Schlagzeuger, Bits durch eine Midi-Leitung zu prügeln. Aber dank des Spezial-ICs DD/E510 wiederum auch nicht so schwer. Dieses IC, in elrad 9/87 vorgestellt und in elrad 10/87 bereits in einem Midi-Keyboard eingesetzt, erledigt in Heimarbeit schon den größten Teil der Midi-spezifischen Signalverarbeitung. Bild 1 zeigt das Innengeleben dieses pfiffigen Chips.

Ein Adreßzähler zählt ständig von 0...127, wobei er den jeweiligen Zählstand über die Adreßleitungen A0...A6 (binär) ausgibt. Nach jedem Zählschritt wird der Zustand an den Sammelschieneneingängen BS (Pin 10) und BE (Pin 11) geprüft. Liegt an BS ein 'H' und an BE

ein 'L', so gilt der dem Zählstand entsprechende Ton als ausgeschaltet. Findet sich an BS und an BE jeweils ein 'H'-Pegel, so wird der entsprechende Ton als 'in der Mache' interpretiert, das heißt, die zugehörige Taste wurde gedrückt, aber der Anschlag noch nicht erreicht. Intern zählt der Chip jetzt ein dem entsprechenden Ton zugeordnetes Register herunter, dessen Inhalt nach Erreichen des Anschlags als 'Velocity'-Wert dem Midi-Telegramm mit auf den Weg gegeben wird. Dem Erreichen des Anschlags entspricht ein 'L' am BS-Eingang und ein 'H' am BE-Eingang. Diese Zusammenhänge sind in Bild 2 nochmals tabellarisch erfaßt.

Die gesamte Timinglogik für die oben genannten Vorgänge ist im 1DD/E510 bereits integriert. An Außenbeschaltung sind lediglich ein 4-MHz-Quarz und zwei Kondensatoren (C9/C10) erforderlich.

Weiterhin besitzt der Baustein die Möglichkeit, auf zwei verschiedenen Midi-Kanälen zu senden. Und zwar geschieht die Auswahl durch den An-

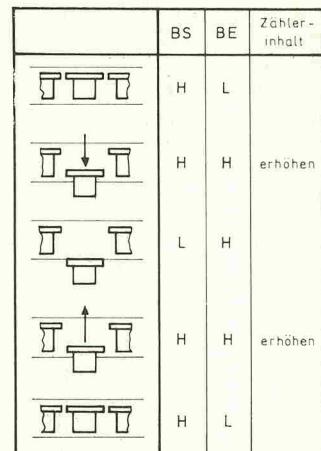
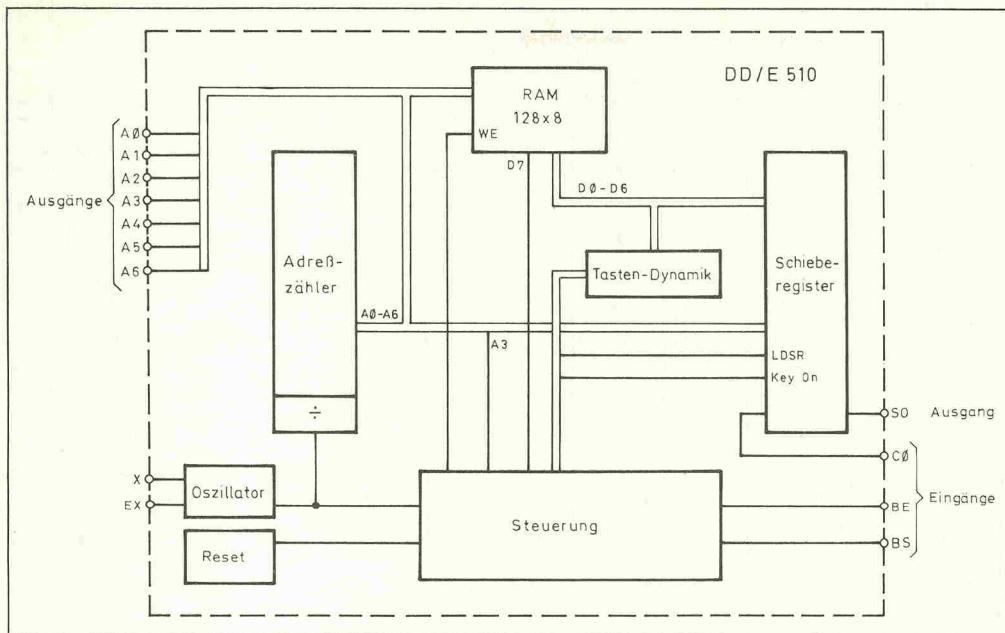
schluß C0 (Pin 12): Bei 'L' wird auf Kanal 1 und bei 'H' auf Kanal 2 gesendet.

Bild 3 zeigt den Schaltplan des Drum-to-Midi-Konverters. Zwei hintereinandergeschaltete Inverter arbeiten als Treiber für die Midi-spezifische Stromschleife, wobei der Strom über R24 an die Midi-Out-Buchse gelangt. Ein weiterer Inverter dient als LED-Treiber für die Daten-Anzeige. Er sorgt dafür, daß bei jedem gesendeten Midi-Wort D25 kurz aufleuchtet.

Die eigentlichen Schlagwandler im Schlagwandler bestehen aus Piezoaufnehmern, die am Pad oder sonst einem beschlagenen Instrument angebracht werden. Um die undefinierten Ausgangssignale dieser Wandler für den Digitalteil brauchbar zu machen, ist zunächst ein wenig analoge Elektronik nötig. Diese besteht aus einem Spannungsteiler mit Tiefpaßfunktion (R1, R2, C1) sowie aus den zwei Begrenzungsdioden D1/D2. Letztere sind notwendig, da die Piezoaufnehmer ohne weiteres Spannungsimpulse bis zu 50...60 V liefern können, die für Digitalbausteine ziemlich unverdaulich sind.

Die noch verbleibenden Bauelemente, nämlich zwei Analogschalter vom Typ 4066 und ein EPROM 2764, werden gebraucht, um eine Zuordnung der acht Pads zu beliebigen Midi-Notennummern zu ermöglichen, d.h. welches Instrument durch welches Pad angesprochen werden soll. Im EPROM ist genügend Platz, mehrere solcher Zuordnungstabellen abzulegen, die dann durch Umschalten der Speicherbereiche mittels des DIL-Schalters S1 ausgewählt werden können.

Das Ganze funktioniert folgendermaßen: IC1 adressiert in aufsteigender Folge das EPROM. Ist an der aktuellen Adresse beispielsweise das Datenbit D0 (für Pad Nummer 1) Null und gleichzeitig durch die Pad-Triggerung der zugehörige Analogschalter geschlossen, so zieht dieses Datenbit die Sammelleitung BS auf 'L', was den DD/E510 veranlaßt, eine Note-On-Information mit dem momentanen Zählerstand als Notennummer zu versenden. Für die Programmierung des EPROMs heißt das, daß das dem Pad entsprechende Datenbit an der Adresse, die für dieses Pad als Notennummer gesendet werden soll, mit '0' programmiert werden muß.



**Bild 2. So sollte es sein:
Zusammenhang zwischen
Tastenbewegung und
logischen Zuständen an
den Eingängen BS und BE**

Bild 1. Chip-Strip: Das Innenleben des DD/E510.

In Tabelle I ist aufgelistet, welche Instrumente welchen Midi-Tonhöhen zuordnet sind. Erfreulicherweise ist

| MIDI-Code | | Tonhöhe | Instrumentbezeichnung |
|-----------|------|---------|-----------------------|
| dez. | hex. | | |
| 35 | 23 | B0 | Bassdrum, Kick |
| 36 | 24 | C1 | Rimshot |
| 37 | 25 | C #1 | Bassdrum |
| 38 | 26 | D1 | Snare |
| 39 | 27 | D #1 | Handclaps |
| 40 | 28 | E1 | Snare 2 |
| 41 | 29 | F1 | Low Tom, Tom 3 |
| 42 | 2A | F #1 | Closed Hi-Hat |
| 43 | 2B | G1 | Low Tom |
| 44 | 2C | G #1 | Mid-Hi-Hat |
| 45 | 2D | A1 | Mid-Tom, Tom 2 |
| 46 | 2E | A #1 | Open Hi-Hat |
| 47 | 2F | B1 | Mid Tom |
| 48 | 30 | C2 | High-Tom, Tom 1 |
| 49 | 31 | C #2 | Crash |
| 50 | 32 | D2 | High-Tom |
| 51 | 33 | D #2 | Ride |
| 54 | 36 | F #2 | Tambourine |
| 56 | 38 | G #2 | Cow Bell |
| 58 | 3A | B2 | Cabasa |
| 62 | 3E | D3 | Percussion 2 |
| 63 | 3F | D #3 | Tom 4 |
| 65 | 41 | F3 | Percussion 1 |
| 67 | 43 | G3 | Percussion 3 |
| 68 | 44 | G #3 | Percussion 4 |

Tabelle I. Gebräuchliche Midi-Tonhöhen für Percussion-Instrumente.

diese Zuordnung bei den meisten Herstellern einheitlich. Soll nun beispielsweise auf Pad 1 eine Bassdrum gelegt werden, so ist die EPROM-Adresse 25h ('h' steht für hexadezimal) mit dem Datum FEh (11111110) zu programmieren, während eine Snare auf Pad 2 das Datum FDh (11111101) an der Adresse 26h erfordert. Zur Adresse muß allerdings noch die Tabellennummer (0...15), multipliziert mit 128, hinzugezählt werden. Tabelle II zeigt, wie der erste Teil zweier Tabellen programmiert werden könnte.

Die Dioden an den acht Datenleitungen dienen der Entkopplung der Analogschalter untereinander. Die Adreßleitungen A7...10 werden zur Auswahl der 16 verschiedenen Zuordnungstabellen verwendet, wobei zu beachten ist, daß ein geschlossener Schalter einer logischen '0' entspricht.

Als Stromversorgung ist ein handelsübliches Steckernetzteil mit Kleinspannungsstecker vorgesehen. Die Ausgangsspannung dieses Netzteils braucht nicht stabilisiert zu sein und sollte 7...12 V betragen, da auf der Platine ein Spannungsstabilisator vorgesehen ist. Der Diode D26 fällt die Aufgabe zu, die Schaltung vor Verpolung zu schützen.

Der Aufbau des Gerätes sollte keine großen Probleme bereiten. Da sich alle Bedienungselemente auf der Platine befinden, entfällt auch die fehlerträchtige Verdrahtung ausgelagerter Bauelemente.

Das Gerät läßt sich sowohl für den Anschluß käuflich erhältlicher Pads, als auch für eigene Experimente mit Piezo-Druckaufnehmern verwenden. Beispielsweise könnte ein vorhandenes akustisches Schlagzeug so erweitert werden, daß es gleichzeitig ein Midi-Instrument ansteuern kann, wenn die Piezos mit doppelseitigem Klebeband an den Trommeln angebracht werden. Überhaupt kann mit dem Drum-to-Midi-Konverter alles Beschlagbare zum Zulieferer für Midi-Equipment umgebaut werden. Der Kreativität ist damit Tür und Tor geöffnet. □

Der Autor

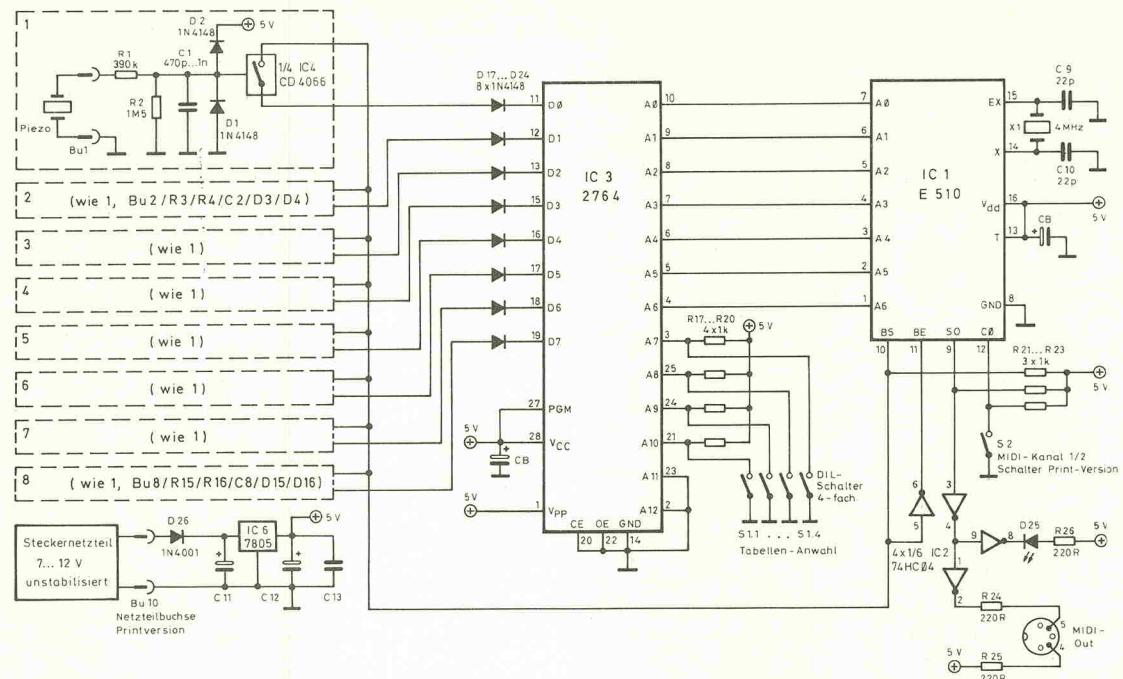


Es folgte ein vierjähriges Studium der Feinwerktechnik an der Fachhochschule München, das er mit einer Diplomarbeit über ein digitales Hallgerüst abschloß. Zur Zeit leistet R. Langer seinen Zivildienst ab. Sein besonderes Interesse gilt der Musikelektronik sowie dem Komponieren und Spielen von meditativer Musik.

Robert Langer wurde am 24. 5. 1965 in München geboren. Nach der Grundschule besuchte er das Gymnasium und wechselte mit Erreichen der mittleren Reife zur Fachoberschule für Technik

Drum-to-Midi

Bild 3 zeigt den Schaltplan des Drum-to-Midi-Konverters. Mit dem DIL-Schalter kann zwischen 16 Zuordnungstabellen umgeschaltet werden.

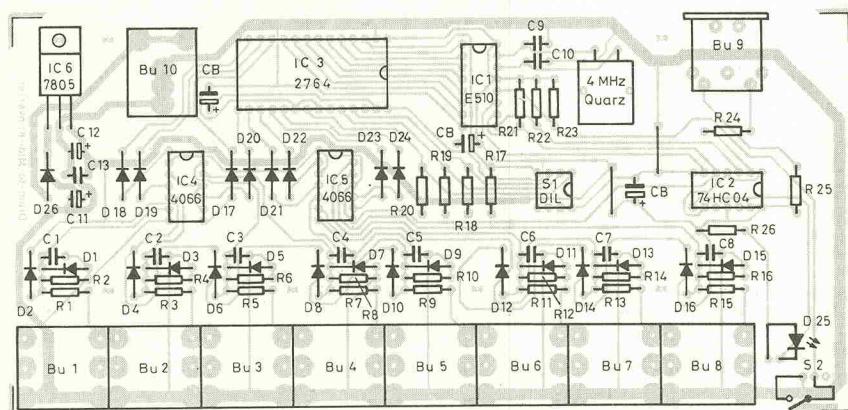


| | Instrument | Adresse (Hex) | Daten | | | | | | | | Hex |
|-----------|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | | | MSB | | | | Dual | | | LSB | |
| Tabelle 0 | Bassdrum | 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | FE | |
| | Mid-Tom | 2F | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | FD |
| | Snare | 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | FB |
| | Snare 2 | 28 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | F7 |
| Tabelle 1 | Rimshot | A4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | FE | |
| | Handclaps | A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | FD |
| | Crash | B1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | FB |
| | Cow Bell | B8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | F7 |
| | | | Pad 8 | Pad 7 | Pad 6 | Pad 5 | Pad 4 | Pad 3 | Pad 2 | Pad 1 | |

Tabelle II zeigt, wie der Anfang der ersten beiden Zuordnungstabellen programmiert werden könnte.

Stückliste:

| | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Widerstände | |
| R1,3,5,7, 9,11,13,15 | 390k |
| R2,4,6,8, 10,12,14,16 | 1M5 |
| R17...23 | 1k |
| R24...26 | 220R |
| Kondensatoren | |
| C1...8 | 1n |
| C9,10 | 22p |
| C11,12 | 2μ2, Tantal |
| C13 | 1n |
| CB | 2μ2, Tantal (Entkopp- lungskond.) |
| Halbleiter | |
| IC1 | DD/E510 |
| IC2 | 74HC04 |
| IC3 | 2764 |
| IC4,5 | 4066 |
| IC6 | 7805 |
| D1...D24 | 1N4148 |
| D26 | 1N4001 |
| D25 | LED, rot, 3mm |
| Verschiedenes | |
| Quarz | 4MHz |
| S1 | DIL-Schalter, 4fach |
| S2 | Printschalter, 2pol. |
| Bu1...8 | Print-Klinkenbuchsen, 6,3mm |
| Bu9 | 5pol. DIN-Buchse, Print |
| Bu10 | Kleinspannungsbuchse, Print |
| Steckernetzteil, 7...12 V | |
| Piezo-Druckaufnehmer | |



Computer als Maskenbildner

Von der Herstellung integrierter Schaltungen

Uwe Gerlach

Von der Schaltungs-idee bis zum fertigen Gerät ist es gewöhnlich ein langer Weg — über das erste Schaltbild, den Probeaufbau, Meßreihen, Schaltungsänderungen...

Auch in dieses Verfahren werden in Zukunft zunehmend die Computer eingreifen: Eine Schaltung wird gar nicht mehr aufgebaut, sie wird auf dem Rechner simuliert. Heraus kommt: ein Chip.

So mancher Hobby-Elektroniker wird froh sein, wenn die selbstentworfene Schaltung mit nur einem Transistor und zwei Widerständen endlich funktioniert, denn selbst hinter einem einfachen Negierer nach Bild 1 kann schon eine Menge Aufwand stecken — mit Annahmen, Berechnungen, Experimenten und Rückschlägen. Um so schlimmer wird es bei komplizierteren Schaltungen, die auch in einem gestörten Umfeld mit großen Last-, Betriebsspannungs- und Temperaturschwankungen immer noch zuverlässig funktionieren sollen. Bild 2 zeigt als Beispiel die geeignete Realisierung eines NAND-Gatters.

Leistungsfähige Digitalschaltungen bestehen gewöhnlich aus sehr vielen Gattern, wobei es dann schnell zu unvorstellbaren Bauteilzahlen kommt, die schon unverhütblich leicht eine ganze Schublade füllen können.

Viel lieber bedient man sich da der universellen Logikfamilien, die als kleine integrierte Schaltungen angeboten werden. Hier ist alles schon ausgeknobelt, und wenn man die angegebenen Beschaltungsspielräume einhält, ist man vor bösen Überraschungen weitgehend sicher. Die Reihe 74XX ist sehr robust und nimmt üblicherweise sogar eine unachtsame Verpolung der Versorgungsspannung nicht sonderlich übel. Kleinere Schaltungen hat man schnell mit diesen Elementen realisiert (die Schaltung nach Bild 3 erfüllt beispielsweise die gleiche Funktion wie die in Bild 2). Selbst einen Computer könnte man ohne weiteres in dieser Technik aufbauen.

Theoretisch. Denn in der Praxis gibt es drei entscheidende Nachteile: Erstens beansprucht der entstehende Drahtverhau überdimensional viel Platz, zweitens verbrauchen die einzelnen ICs wesentlich mehr Strom als ein von der Leistung her vergleichbarer Chip, so daß bei komplexen Geräten unter Umständen sogar eine eigene Klimaanlage erforderlich wird, um die entstehende Verlustwärme abzuführen, und drittens machen die entstehenden Bauteilkosten die Entwicklung für eine Serienfertigung mit Sicherheit unrentabel. Trotzdem bauen manche Firmen auch heute noch ein Versuchsmodell in den Abmessungen eines Kühlenschrankes mit einzelnen Baulementen auf, um seine Funktion zu testen, bevor der Entwurf auf einen einzigen, nur einige Quadratmillimeter kleinen Chip übertragen wird.

Erst wenn man sich diese Relationen einmal vor Augen führt, erkennt man, wie leistungsfähig die Technik der Chipherstellung sein muß. Bei einem typischen Gate-Array-Baustein

linien ergeben, die denen der guten alten Röhre ähnlich sind. Man erhält einen sehr hohen Eingangswiderstand und einen niedrigen Stromverbrauch. Hätte sich der Feldeffekt-Transistor bereits vor seinem bipolaren Kollegen durchsetzen können, wäre die gesamte Entwicklung der klassischen Elektronik mit Sicherheit anders verlaufen...

Seit in den sechziger Jahren die ersten Feldeffekttransistoren tatsächlich gebaut wurden, hat ihre Bedeutung ständig zugenommen. Bald kamen integrierte Schaltungen auf den Markt, bei denen das Gate nicht mehr durch eine Sperr-

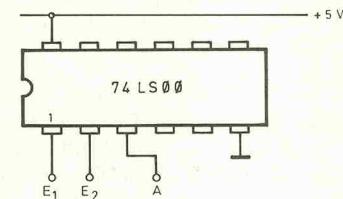


Bild 3. NAND-Schaltung mit 7400 bzw. 74LS00.

schicht vom Kanal getrennt war, sondern durch eine dünne Isolierung aus Metalloxid. Es handelte sich um die ersten MOSFETs. Bild 4 zeigt das allgemeine Schaltsymbol eines solchen Bauelements.

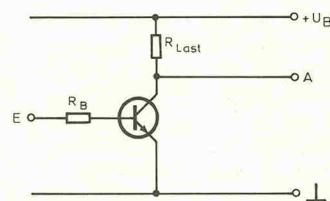


Bild 1. Negierer mit bipolarem Transistor.

Die Herstellung verläuft in wenigen aufeinanderfolgenden Schritten. Ein einzelner n-Kanal-MOS-Transistor besteht aus einem p-leitenden Grundmaterial, auch Substrat genannt, das im ersten Arbeitsschritt mit einer isolierenden Siliziumdioxidschicht überzogen wird. Durch eine Maske wird die Chipfläche dann belichtet, so daß im folgenden Arbeitsgang — ähnlich wie beim Platinätzen — die aufgebrachte

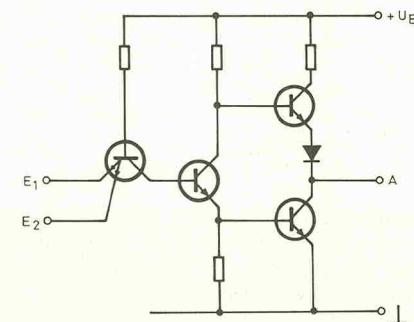
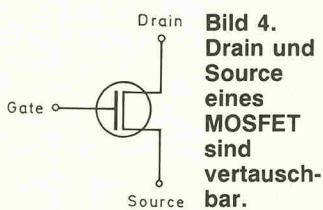


Bild 2. Innenschaltung eines TTL-NAND-Gatters.

Schicht nur an den gewünschten Stellen übrigbleibt. Dort kann nun in gleicher Weise polykristallines Silizium aufgebracht werden. Dieses bildet das Gate des entstehenden Transistors, das anschließend zusammen mit dem Drain- und Source-Bereich hochdotiert wird. Damit erhält es eine gute Leitfähigkeit. Aufgrund des symmetrischen Aufbaus sind Drain und Source ohne weiteres vertauschbar.

Bild 5 zeigt die entstandene Transistorstruktur. Den Abschnitt unter dem Gate, zwischen Drain und Source, nennt man den Kanal. Er ändert seine Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Spannung am Gate, also durch die Stärke des herrschenden elektrischen Feldes.



Daher auch die Bezeichnung Feldeffekttransistor, kurz FET. Das Substrat wird auf das negativste vorhandene Potential gelegt, so daß hier kein Strom abfließen kann.

Die Verbindung der einzelnen Transistoren untereinander geschieht schließlich durch Aufdampfen einer Aluminium-Schicht, wobei vorher wieder mittels einer Lage Oxid alles abgedeckt wird, was nicht kontaktiert werden soll. Durch die Metallschicht in Verbindung mit der Schutzlackversiegelung bekommt der fertige Chip seine charakteristisch glänzende Oberfläche.

Transistoren bestehen immer aus verschiedenen Schichten unterschiedlich geladenen Materials mit relativ großen Kontaktflächen. Ebenso sind die Leiter ausgebildet, die alle einzelnen Elemente verbinden. Technologiebedingt sind die Abstände untereinander sehr gering. Man kann sich gut vorstellen, daß zwischen den einzelnen Bahnen überall parasitäre, also unerwünschte n-Kapazitäten entstehen, die natürlich das Schaltverhalten ungünstig beeinflussen, denn bevor der

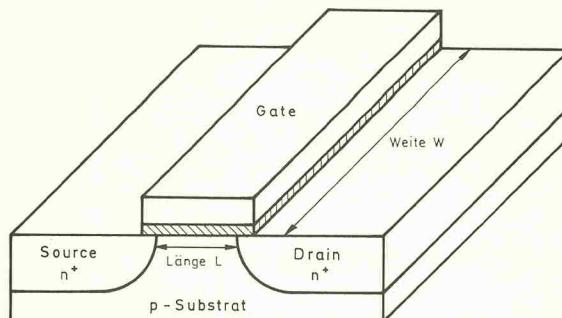


Bild 5. Der n-Kanal-MOSFET in seiner räumlichen Struktur. L und W betragen typisch 10...100 µm, die Dicke des Wafers liegt dagegen bei 0,5 mm. Die Darstellung ist also nicht maßstabsgetreu.

jeweilige Endzustand erreicht wird, muß ja zunächst die Störkapazität geladen bzw. entladen werden. Das dauert seine Zeit. Grundsätzlich gilt: Je kleiner die Strukturen gemacht werden, um so kleiner werden auch die störenden Kapazitäten und desto schneller schalten demzufolge die hergestellten Bauelemente.

Der beschriebene 'Silicon-Gate-NMOS-Prozeß' erlaubt es heute, Strukturen von kleiner 2 µm Auflösung mit vernünftiger Ausbeute herzustellen. Motorola fertigt den 68030 sogar bereits mit nur 1,2 µm. Moderne Mikroprozessoren und Halbleiterspeicher erreichen damit Zykluszeiten von unter 100 ns.

Noch aus einem anderen Grund versucht man, die Abmessungen der Strukturen ständig zu verkleinern. Stichwort: Ausbeute. Bei kleineren Strukturen benötigt man logischerweise auch weniger Chip-Fläche, und das ist keineswegs trivial, denn die Fläche ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Herstellung. Gegen die winzigen Strukturen auf dem Chip (Leiterbahnen sind nur wenig breiter als ein millionstel Meter) wirken Staubteilchen bereits wie Felsbrocken. Trotz hochgradig staubfreier Fertigungsräume läßt sich nie ganz vermeiden, daß Verunreinigungen Störungen im Herstellungsprozeß hervorrufen. Ein einziges Staubkorn auf dem gesamten Chip macht ihn in der Regel bereits unbrauchbar. Heute wird durchschnittlich ein Defekt pro Quadratzentimeter als gerade noch vertretbar angesehen. Mit wachsender Fläche wird also

sen Herstellerfirma Inmos neue Wege. Zugunsten der benötigten Fläche wurde auf die schnellstmögliche Konstruktion des Fließkomma-Rechenwerks verzichtet. Dafür ließ sich die Arithmetik-Einheit zusammen mit dem Prozessor auf einem gemeinsamen Chip unterbringen. Durch den Fortfall der zwischengeschalteten 'Leistungstransistoren' läßt sich insgesamt trotzdem eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit erzielen, als es bei großflächiger, aber verteilter Logik möglich gewesen wäre.

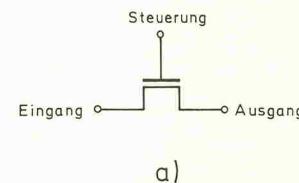
Leider läßt sich die Miniaturisierung nicht beliebig vorantreiben, denn die Technologie befindet sich bereits heute an einer physikalischen Grenze. Die Übertragung der geometrischen Strukturen auf die Chip-Oberfläche geschieht nämlich wie in einem Fotolabor durch Licht. Nun ist aber bei der gegebenen Wellenlänge eine genügend scharfe Abbildung der feinen Masken kaum noch möglich. Experimente mit kurzwelligeren Strahlungsformen sind im Gange.

Noch ein anderes Problem tritt verstärkt durch die zunehmende Miniaturisierung auf: Um bei kleineren Abmessungen den Kanal eines MOSFETs noch ausreichend steuern zu können, ist ein größeres elektrisches Feld nötig. Bei gegebener Spannung bleibt nur noch die Möglichkeit, die Dicke der Isolierschicht zwischen Gate und Kanal zu verringern. Schicht-

gleichzeitig auch der Ausschuß deutlich ansteigen und damit die Ausbeute sinken.

Eine deutliche Auswirkung dieser Beschränkung ist die übliche Aufteilung von Prozessor und Arithmetik-Koprozessor auf zwei getrennte Bauteile, da beide Einheiten zusammen zu viel Chip-Fläche belegen würden. Der Datenaustausch geschieht dann über externe Leitungen. Da außerhalb des Chips aber mit wesentlich größeren Strömen zu rechnen ist, müssen die Anschlußpunkte der IC-Beinchen, die sogenannten Pads, als recht großflächige und damit langsame Transistorstrukturen ausgeführt werden. In der Praxis verringert sich dadurch die erzielbare Arbeitsgeschwindigkeit deutlich.

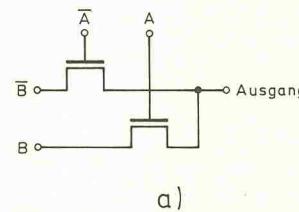
Beim neu entwickelten 32-Bit-Mikroprozessor T800 ging des-



| Wahrheitstabelle | | |
|------------------|-----------|-----------|
| Eingang | Steuerung | Ausgang |
| 0 | 0 | Hochohmig |
| 1 | 0 | Hochohmig |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

b)

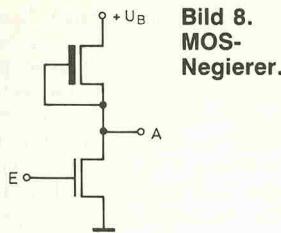
Bild 6. Passtransistor a) mit Wahrheitstabelle b).



| Wahrheitstabelle | | |
|------------------|---|---------|
| A | B | Ausgang |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

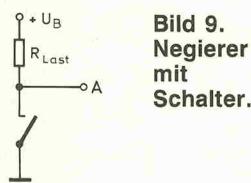
b)

Bild 7. Schaltung und Wahrheitstabelle für ein XNOR mit Passtransistoren.



**Bild 8.
MOS-
Negierer.**

dicken von nur 100 nm sind üblich. Große anliegende Spannungen schlagen nun diese hauchdünne Schicht aber sehr leicht durch und machen den Transistor damit unbrauchbar. Normalerweise kommen solche Spannungen nicht vor, sie werden jedoch bereits durch statische Aufladung erreicht, die etwa durch Reibung entsteht,

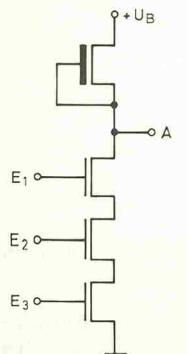


**Bild 9.
Negierer
mit
Schalter.**

wenn man Kleidung aus Kunstfasern trägt. Daher sollte man möglichst nie die Kontakte von MOS-Bauteilen direkt berühren oder aber vorher einen Potentialausgleich schaffen.

Es gibt einige verschiedene Arten von MOSFETs. Grundsätzlich lassen sich selbstsperrende und selbstleitende Ausführungen unterscheiden. Ein selbstsperrender Transistor unterbindet bei offenem Gate-Anschluß den Drain-Source-Strom und wird mit zunehmender Steuerspannung leitfähiger. Bei einem selbstleitenden Transistor ist es umgekehrt. Zunächst zu den selbstsperrenden N-Kanal-MOSFETs.

Bild 6 zeigt die einfachste Art, eine Schaltfunktion mit einem MOSFET zu realisieren. In Ab-



**Bild 10.
NMOS-
NAND.**

hängigkeit von der Steuerspannung wird der Eingang auf den Ausgang durchgeschaltet. Man nennt diese Schaltungsart 'Passtransistorlogik'. Die Wahrheitstabelle zeigt, daß der Ausgang dieser einfachen Schaltung bereits Tristate-Charakter hat.

Ein anderes Beispiel zeigt Bild 7. Hier handelt es sich um ein EXNOR-Gatter. Wie bereits gesagt, ist Chipfläche sehr kostbar. Mit der Passtransistorlogik kann man systematische Entwürfe realisieren, die neben geringem Platzbedarf auch noch Vorteile in bezug auf Schnelligkeit und Leistungsverbrauch aufweisen.

Bild 8 stellt einen Negierer in NMOS-Technologie dar, ganz ähnlich der bipolaren Ausführung aus Bild 1. Zur Erläuterung soll Bild 9 dienen. Der Transistor ist hier durch einen Schalter ersetzt. Liegt am Negierereingang Low an, muß man sich den Schalter offen denken. Durch den Lastwiderstand fließt kein Strom, und so fällt dort auch keine Spannung ab. Am Ausgang liegt die volle Betriebsspannung. Im anderen

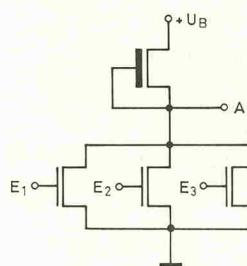


Bild 11. NMOS-NOR.

Fall führt der Schaltungsein-gang High-Pegel. Der Schalter ist geschlossen, und die gesamte Betriebsspannung fällt am Lastwiderstand ab. Der Ausgang liegt damit auf 0 Volt.

Bei der IC-Herstellung befindet sich die Technologie bereits heute an einer physikalischen Grenze.

Widerstände können in integrierten Schaltungen durch exakt dotiertes und in den Abmessungen genau justiertes Halbleitermaterial eingestellt werden. Nachteilig sind jedoch auch hier die sehr große benötigte Fläche sowie die hohe dadurch entstehende parasitäre Kapazität. Daher geht wird meist eine andere Lösung gewählt.

Zum Einsatz kommt üblicherweise, wie in Bild 8 zu sehen, ein selbstleitender Depletion-MOSFET, dessen Gate- und Source-Anschluß kurzgeschlossen sind und dessen Widerstandswert über die geometrischen Parameter einstellbar ist.

In ganz analoger Weise entstehen die übrigen Gattertypen. In Bild 10 ist ein NAND-Gatter mit drei Eingängen zu erkennen, in Bild 11 ein entsprechendes NOR-Gatter. Auch hier lassen sich die MOSFETs als spannungsgesteuerte Schalter ansehen. Beim NAND-Gatter wird erst Strom durch die Transistoren fließen, wenn alle Eingänge High-Pegel führen, dagegen reicht beim NOR-Gatter bereits ein einziger Eingang mit High aus.

In der Praxis werden gerne NOR-Strukturen verwendet, da sie sich besonders leicht regulär anordnen und damit auch auto-

matisch generieren lassen. Jede beliebige logische Funktion läßt sich ja bekanntlich allein aus NOR-Gattern nachbilden.

In jedem Computersystem werden Speicher benötigt — nicht nur in Form des Arbeitsspeichers, sondern auch als Register im Mikroprozessor selbst und in den verschiedenen Input/Output-Bausteinen. Eine mögliche Schaltung für eine einzelne Speicherzelle für ein Bit ist in Bild 12 dargestellt. Bei genauem Hinsehen erkennt man zwei Negiererstufen, die wechselseitig rückgekoppelt

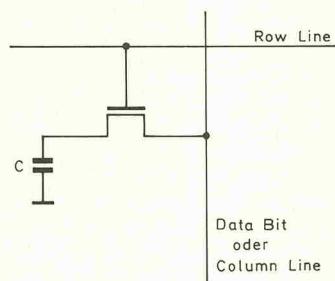
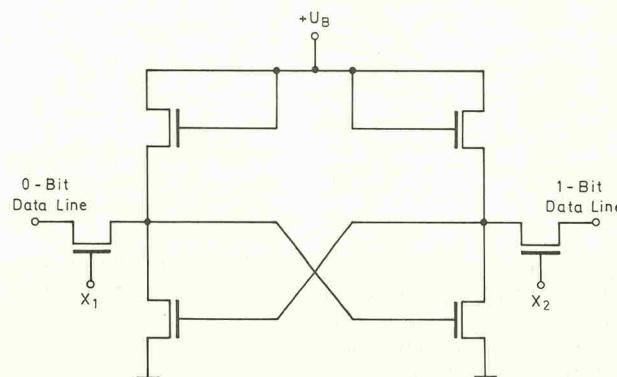


Bild 13. Dynamische Speicherzelle mit Kondensator und einem MOSFET.

sind. Wenn die eine Seite durchgeschaltet ist, führt ihr Ausgang Low-Pegel und sperrt die jeweils andere Seite. Es gibt also nur zwei stabile Zustände. Über Ansteuertransistoren kann die Information von außen geändert werden. Dazu ist die dargestellte einzelne Zelle in eine Matrix eingebaut, über die sie ausgewählt und angesprochen werden kann.

Ein Bit wird also mit sechs Transistoren gespeichert. Ein 8 Kbyte RAM-Baustein enthält 8×1024 Adressen zu je 8 Bit, also allein 65536 MOS-Transistoren im Memory-Array! Dazu kommen noch die für die Organisation zuständigen Elemente. Speicherriesen sind in dieser Technologie nicht zu verwirklichen, denn viele Transistoren heißtet viel Leistungsverbrauch und eine große Chipfläche.

Mit einem Trick läßt sich dieser riesige Aufwand aber deutlich



Grundlagen: IC-Herstellung

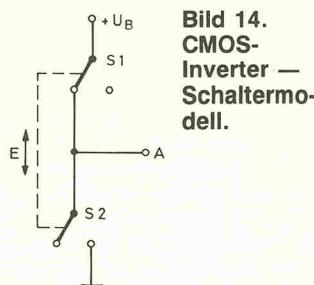


Bild 14.
CMOS-
Inverter.
Schaltermo-
dell.

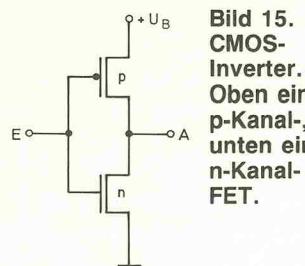


Bild 15.
CMOS-
Inverter.
Oben ein
p-Kanal-,
unten ein
n-Kanal-
FET.

verringern. Bild 13 zeigt eine dynamische Speicherzelle. Hier wird die Information als Ladung in einem Kondensator gespeichert, und es genügt bereits ein einziger Transistor pro Bit. Die Auswahl geschieht wieder mittels einer Matrix. Leider hat diese Methode einen kleinen Nachteil: Aufgrund von unerwünschten, aber unvermeidbaren Effekten entlädt sich der Kondensator ziemlich schnell, so daß die Information regelmäßig wieder aufgefrischt wer-

den muß. Im Fachchinesisch heißt dieser Vorgang daher 'Refresh'.

Die bisherigen Beschreibungen bezogen sich auf n-Kanal-Transistoren. Diese bestehen aus einem p-leitenden Substrat. Ein umgekehrter aufgebauter Transistor mit n-Substrat und p-Kanal funktioniert auch. Er hat natürlich andere Eigenschaften, beispielsweise schaltet er nicht bei High, sondern bei Low an seinem Eingang durch. Üblicherweise wird das durch einen Punkt am Gate des p-Kanal-Transistors gekennzeichnet. Schaltungstechnisch ist es sehr interessant, n-Kanal- und p-Kanal-Transistoren zu kombinieren. Man spricht dann von Complementary-MOS oder kurz CMOS.

CMOS-Gatter haben den entscheidenden Vorteil, daß im stabilen Zustand (idealisiert) kein Strom verbraucht wird. Lediglich beim Umschaltvorgang fließt kurzzeitig ein Strom zum Laden oder Entladen der parasitären Kapazitäten. Die Stromaufnahme steigt dabei linear mit der Frequenz.

Auch in Bild 14 sind wieder die FETs durch Schalter ersetzt, die nur zusammen betätigt werden können. Die zugehörige Transistorschaltung zeigt Bild 15. Ein Low-Pegel am Eingang sperrt den unteren Transistor, öffnet also S2 und läßt über den oberen die Betriebsspannung an den Ausgang durchschalten, schließt also S1. Für High-Pegel kehren sich die Schalterstellungen um. Die CMOS-Technik benötigt keine Lasttransistoren, da zum Beispiel bei einem Inverter jeweils nur entweder der p-MOS-Transistor den Ausgang gegen die Betriebsspannung schaltet oder der n-MOS-Transistor gegen Masse. Die Abbildungen 16 und 17 zeigen wieder ein NAND- bzw. ein NOR-Gatter, diesmal in CMOS-Technik.

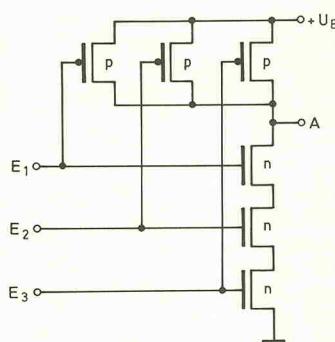


Bild 16. 3fach-NAND in CMOS-Technologie.

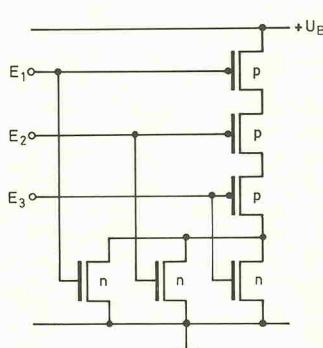


Bild 17. 3fach-NOR in CMOS-Technologie.

Eine integrierte Schaltung besteht aus sehr vielen Einzelementen, die alle gleichzeitig hergestellt werden. Maßgebend dafür ist die sinnvolle Anordnung mehrerer Lagen unterschiedlich leitenden Materials, die mittels Oxidschichten voneinander isoliert sind. Der Vergleich mit einer mehrlagigen Leiterplatte ist recht treffend.

Entsprechend bedient man sich beim Entwurf auch ähnlicher Techniken. Zunächst wird ein nicht maßstabsgetreuer Plan gezeichnet, das sogenannte Stick-Diagramm. Jede Schicht der geplanten Struktur – und damit jedes Material – wird durch eine eigene Farbe symbolisiert. Für Diffusionsbahnen steht üblicherweise grün, für polykristallines Silizium rot

und für Metallbahnen blau. Ein Transistor ist dann nichts anderes, als der Kreuzungspunkt einer grünen und einer roten Linie (Bild 18). Soll ein selbstleitender (Depletion-) Transistor entstehen, dann muß das Material vorher implantiert werden. Den Implantationsbereich kennzeichnet einfach ein gelbes Kästchen. So gewinnt man schnell einen Überblick über die ungefähre Aufteilung der Chip-Fläche.

Bild 19 zeigt das Stick-Diagramm des 3fach-n-MOS-NAND-Gatters aus Bild 10. Im oberen Teil ist der Depletion-Lasttransistor zu sehen, darunter die drei in Reihe geschalteten Eingangstransistoren. Die Kreuzchen symbolisieren einen lokalen Kontakt zwischen den verschiedenen Bahnen.

Bild 20 stellt das Stick-Diagramm des NAND-Gatters aus Bild 11 dar. Hier sind die drei Eingangstransistoren parallel geschaltet.

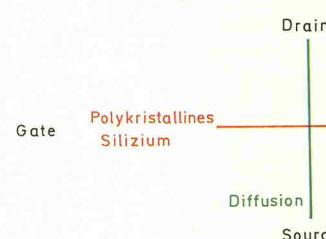


Bild 18. Die Stick-
Darstellung eines MOS-
Transistors vereinfacht
sich auf den
Kreuzungspunkt einer Poly-
und Diffusionsbahn.

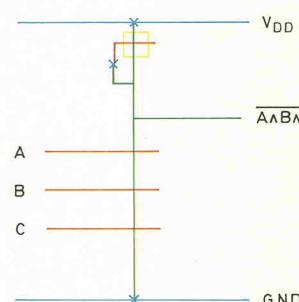


Bild 19. Stick-Diagramm
des NAND-Gatters aus
Bild 10. Die Kreuze
symbolisieren
Durchkontaktierungen von
einer Lage zur anderen.

Ebenso, wie es computergestützte Systeme zum Erstellen von Leiterplatten gibt, existieren natürlich auch entsprechende Anlagen für Chip-Designer. Über Grafiktablets und ähnliche Eingabegeräte lassen sich Stick-Diagramme direkt in den Rechner eingeben. Hochintegrierte Schaltungen besitzen aber – verglichen mit Leiterplatten – eine entschieden höhere Komplexität. Der Intel-Prozessor 80386 besteht zum Beispiel aus etwa 500000 einzelnen Transistor-Funktionen. Niemand käme auf die Idee, seine komplette Innenschaltung Element für Element aufzuzeichnen.

Es zeigt sich aber, daß sich viele Grundschaltungen oft wiederholen. Auf einem 32-Bit-Prozessor befinden sich demnach häufig 32 genau gleichartige Funktionsgruppen nebeneinander. Noch deutlicher wird dieser Sachverhalt bei Speicherbausteinen, deren einzelne Zellen ebenfalls alle exakt gleich aufgebaut sind. Die Entwicklungsterminale stellen daher Kopierfunktionen und ähnlich leistungsfähige Hilfen zur Verfügung; mit denen sich komfortabel arbeiten läßt.

Spezielle Software verifiziert den Entwurf, testet zum Bei-

spiel, ob alle Entwurfsregeln eingehalten wurden, und optimiert vielfach auf Wunsch auch die Flächenausnutzung. Am Ende des Entwurfs können aus den gesammelten Daten alle Masken für die Fertigung hergestellt werden.

In letzter Zeit kommen verstärkt Hilfsprogramme zum Einsatz, die auch komplexe logische Funktionen vollkommen automatisch generieren können. Bekanntermaßen lässt sich jede beliebige binäre Funktion unter ausschließlicher Verwendung von Standard-Verknüpf-

kennt deutlich den Aufbau aus fünf nebeneinander angeordneten NOR-Strukturen. Von den drei ersten Zellen links wird jeweils nur ein Eingang benutzt, so daß drei Negierer entstehen. Die letzte Zelle generiert den Ausgangswert Q. Unterhalb der Masse-Bahn GND erfolgt die Verdrahtung der Ein- und Ausgänge untereinander.

Die Forschung konzentriert sich nun darauf, Stick-Diagramme durch vollständig formale Beschreibungen zu umgehen. Diese Beschreibungen sind Programmiersprachen nicht

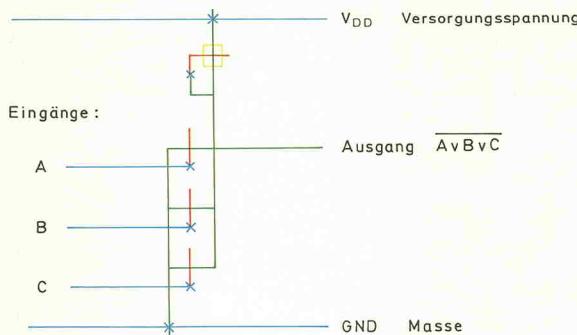


Bild 20. Stick-Diagramm eines NOR-Gatters. Oben der Depletion-Lasttransistor, darunter die drei parallelgeschalteten Eingangs-Transistoren.

fungene realisieren. Arnold Weinberger schlug bereits 1967 die in NMOS-Technik sehr einfach zu integrierende NOR-Struktur für den regulären Entwurf komplexer logischer Schaltungen vor. Bild 21 zeigt ein nach ihm benanntes Weinberger-Array für eine Funktion mit drei Eingängen. Man er-

kennt deutlich den Aufbau aus fünf nebeneinander angeordneten NOR-Strukturen. Von den drei ersten Zellen links wird jeweils nur ein Eingang benutzt, so daß drei Negierer entstehen. Die letzte Zelle generiert den Ausgangswert Q. Unterhalb der Masse-Bahn GND erfolgt die Verdrahtung der Ein- und Ausgänge untereinander.

Die Forschung konzentriert sich nun darauf, Stick-Diagramme durch vollständig formale Beschreibungen zu umgehen. Diese Beschreibungen sind Programmiersprachen nicht

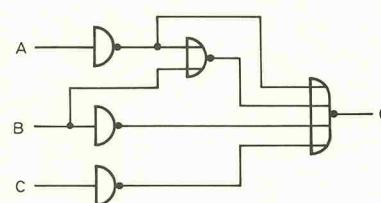
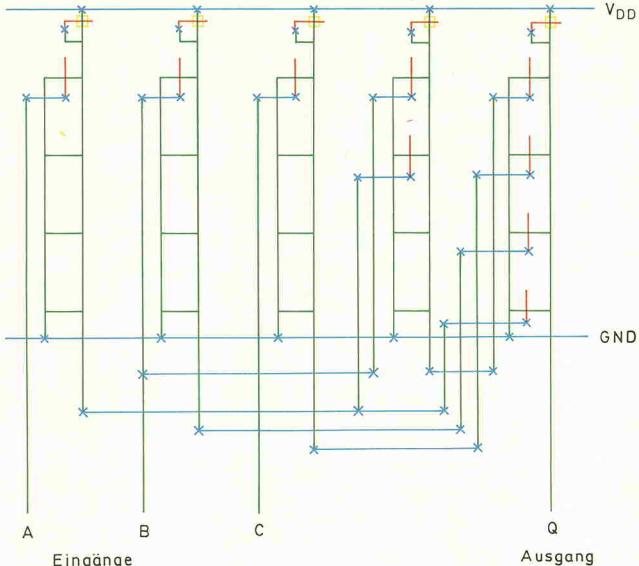


Bild 21. Beispiel eines Weinberger-Arrays für die nebenstehende Verknüpfung. So könnte eine automatische Generierung aussehen.

ähnlich. Um die Entwurfsarbeit für logische Strukturen zu vereinfachen — aber auch um vorab eine Simulation deren Funktion zu ermöglichen — wurden regelrechte Hardware-Entwurfssprachen entwickelt. Ein relativ bekannter Vertreter ist die 'Register Transfer Sprache' RTS. Mit ihrer Hilfe lassen sich beliebige digitale Anordnungen erzeugen und untereinander verbinden.

Alle oft benötigten Elemente, wie Und, Oder, Nicht, Flip-flops (gepuffert und ungepuffert), Vergleicher, Multiplexer

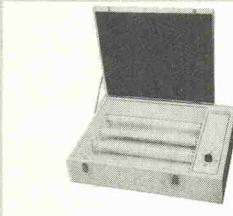
und Demultiplexer, Kodierer und Dekodierer, Zähler, Schieberegister, Addierer und Subtrahierer sind als Funktionen vordefiniert und lassen sich durch Aufrufen mit den gewünschten Anschlußpunkten als Parameter in die erzeugte Schaltung einsetzen. Ebenso lassen sich komplexe Anordnungen als Modul definieren. Eine komplexe Schleifenanweisung unterstützt die Generierung gleich mehrerer Baugruppen nebeneinander.

Bild 22 zeigt die Beschreibung eines Vergleichers in RTS. Er

wurde hier als Funktion konzipiert, um den Einsatz an mehreren Stellen zu ermöglichen. Die Anzahl der zu vergleichenden Bits ist variabel gehalten, so daß — ähnlich wie bei Funktionen in Pascal — der Aufruf mit unterschiedlichen Parametern geschehen kann. Bild 23 zeigt den beschriebenen Schaltungsteil für zwei Eingangswerte zu je 4 Bit.

Die Funktion einer so beschriebenen Schaltung lässt sich nun mit einem Rechner simulieren. Anschließend können aus derselben Eingabedatei die Mas-

Köster-Elektronik fertigt Geräte für...



... Belichten

UV-Belichtungsgerät
UVI Nutzfl. 460 x 180 mm
DM 198,-
UVII Nutzfl. 460 x 350 mm
u.a.m. DM 289,-



... Ätzen

Rapid de Luxe
Nutzfl. 165 x 230 mm **DM 199,-**
Rapid IIIA
Nutzfl. 260 x 400 mm **DM 239,-**
u.a.m.



... Siebdrucken

Siebdruckanl. 27 x 36 mm ab DM 154,-
Siebdruckanlage Profi 43 x 53 mm
ab DM 229,-
Verschiedene Ausführungen
Sämtl. Anlagen werden m. kpl. Zubehör,
z.B. Farben, Rakel usw. geliefert.



... außerdem

Eprom-Löschergeräte ·
Fotopositiv beschichtetes
Basismaterial · Leuchtpulze
Kostenlosen Katalog mit technischen
Daten und Beschreibungen bitte anfordern!

```

function GR (X[upflex:0], Y[lb (X):0])
begin tml W[lb (X):0];
  // W[0] = X[0] Λ Y[0];
  for I from I to lb (X) is
    // W[I] = (X[I] Λ Y[I]) V ((X[I]O Y[I]) Λ W[I-1]); si;
    // GR = W[lb (X)];
end
function GL (X[upflex:0], Y[lb(X):0]) = Λ (XO Y);

```

ken zur Herstellung des Chips erzeugt werden. Das Hauptproblem bei der automatischen Generierung ist jedoch, eine vernünftige Flächenausnutzung zu erzielen.

An der Technischen Hochschule Darmstadt wird gegenwärtig im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts deutscher Hochschulen 'Entwurf Integrierter Schaltungen' (EIS) intensiv an dem Problem gearbeitet, eine formal beschriebene Schaltung möglichst ohne menschliches Eingreifen auf den Chip zu bekommen. Hier existieren vergleichsweise ideale Forschungseinrichtungen bis hin zur Möglichkeit, die entwickelten Chips im eigenen Hause fertigen zu können, in der einzigen 'Halbleiterfabrik' Hessens.

Die einzelnen Schritte bis zum fertigen Chip zeigt Bild 24. Die größten Fortschritte wurden

Bild 22. Die Funktion eines Vergleichers in RTS.

bisher im ersten Abschnitt (Schaltungstechnik) gemacht.

Zur Unterstützung wurde das Softwarepaket DAMOS (Design Aids for Metal Oxide Semiconductors) entwickelt. Es wird nach dem Baukastenprinzip aus aufeinander aufbauenden Implementierungsstufen zu einem integrierten Entwurfssystem ausgebaut und läuft auf einem Großrechner von Siemens unter BS 2000 sowie auf einer VAX unter VMS.

DAMOS enthält eine vollständige Entwurfsumgebung für die Verarbeitung symbolischer Layouts. Ein STICK-Konverter dient zusammen mit dem grafischen Editor GREDIT zur Erstellung von STICK-Diagrammen und deren Transfor-

mation in ein geometrisches Layout. Der Design-Rule-Checker GAMBIT (Geometric Analysis of Masklayout for Breachdetection Independent of Technologies) untersucht die erstellten Layouts auf Fehler. Dabei überprüft er beispielsweise, ob die technologieabhängige minimale Breite der Leiterbahnen bzw. deren Abstand gegeneinander eingehalten wurden.

Der kompaktere COSMOS (Compaction of Symbolic MOS Layouts) erzeugt anschließend das fertige Chip-Layout, indem es die verwandte Fläche in verschiedenen Kompaktierungsschritten minimiert. Die DAMOS-Umgebung stellt verschiedene Simulatoren

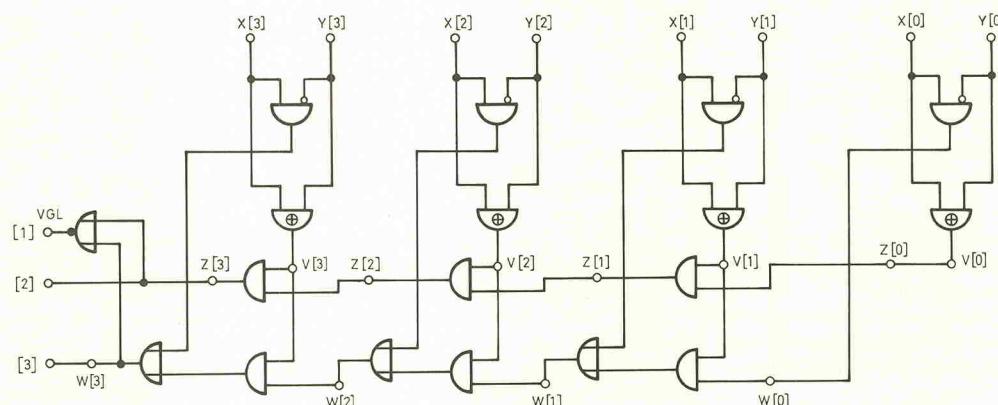


Bild 23. Der Vergleicher aus Bild 22 für 2 x 4 Bit.

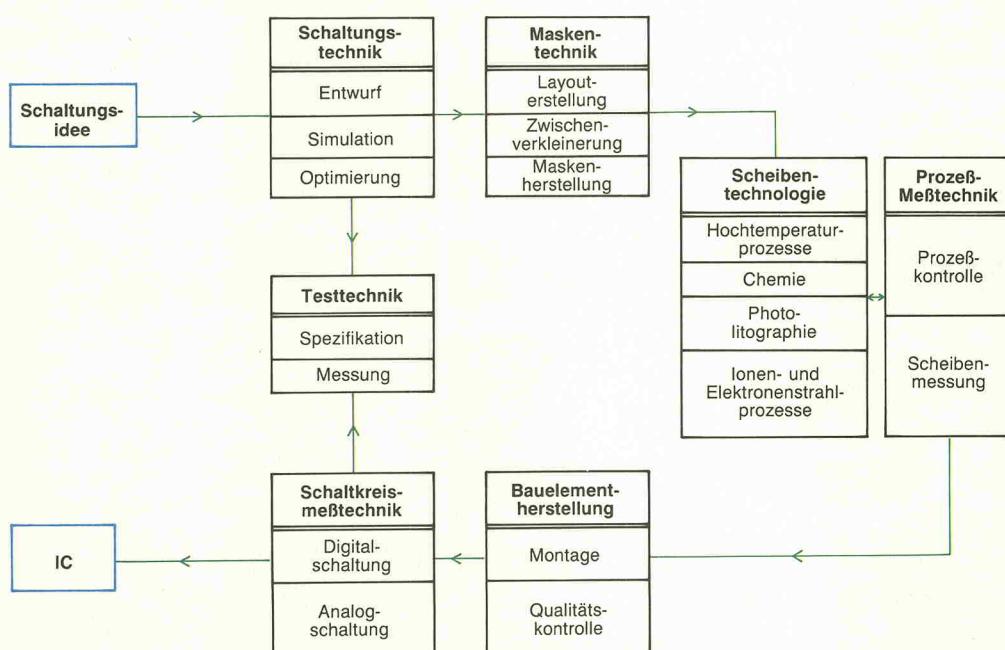
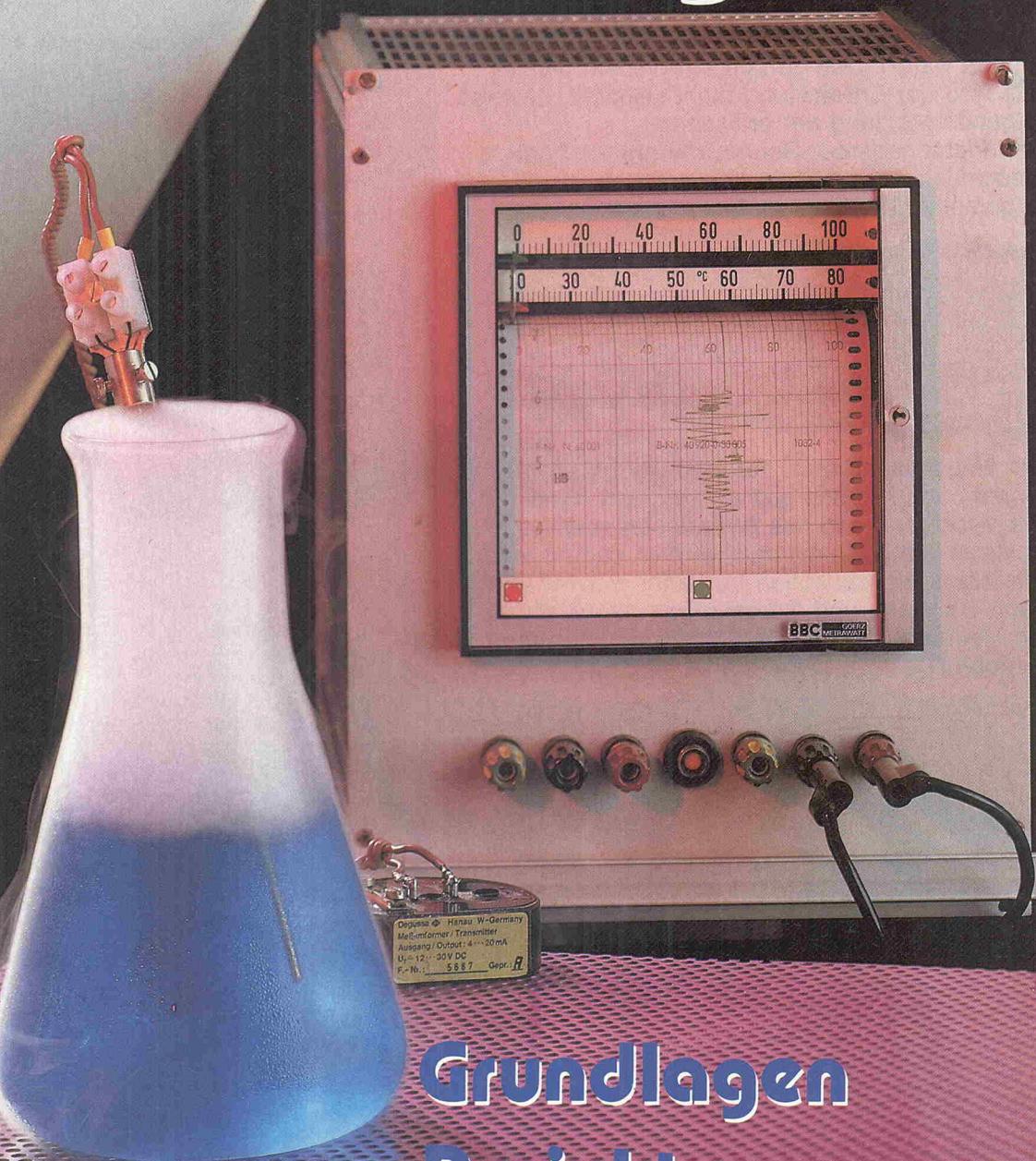


Bild 24. Der Ablauf beim Entwurf einer integrierten Schaltung.

zur Verfügung. Neben RTS gibt es den Switch-Level-Simulator TEDMOS, der speziell auf MOS-Schaltungen ausgetragen ist, sowie SPICE für die Schaltkreisebene. Weiterhin existieren noch einige Konvertierungsprogramme und Schnittstellen zur Plotterausgabe.

Ziel dieser Entwicklungen ist es, eine symbolisch oder formal eingegebene Schaltungsidee so weiterzuverarbeiten, daß ohne menschliches Eingreifen als Endprodukt schließlich der fertige Chip vom Band läuft. Doch bis dahin ist es noch ein sehr langer und sehr steiniger Weg. □

Sensoren und Signale



**Grundlagen
Projekte
Schaltungstechnik**

Editorial

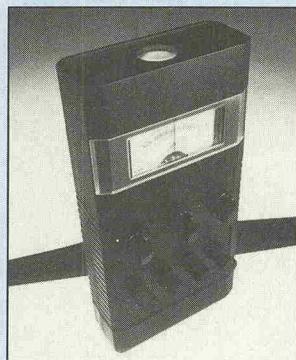
Ein alter Traum der Menschheit ist wieder ein Stück näher gerückt: der Traum vom Heinzelmannchen, das all die lästige Arbeit erledigt, die uns so sehr zuwider ist. Früher hielt sich die Herrschaft ihr Personal — heute denkt man bei Knechtschaft an kostengünstigere Roboter. Inwieweit elektromotorisch-elektronische Minnas und Johanns ihren historischen Vorbildern gerecht werden, ist letztlich wiederum eine Frage der Sensorik. Womit wir wieder beim Thema wären. Daß gerade auf diesem Gebiet das Rad der Entwicklung nicht stillsteht, beweist folgende Meldung der britischen Nachrichtenagentur Reuter, die am 12. April dieses Jahres in der 'Hannoverschen Allgemeinen Zeitung' zu lesen stand:

Roboter kann elf Whisky-Sorten riechen

Tokio (rt) Im wahren Wortsinn um eine Nasenlänge voraus sind japanische Wissenschaftler ihren Kollegen in anderen Ländern bei der Entwicklung von Robotern: Sie haben einen Computer entwickelt, der elf verschiedene Whisky-Sorten, Weine und japanische Reisweine an ihrem Geruch unterscheiden kann. Ein Team um Professor Toyosaka Morizumi vom Insti-

tut für Technologie in Tokio stellte das Gerät mit zehn Sensoren aus, die auf unterschiedliche Gase reagieren und die Reaktion in elektrische Impulse umsetzen. Der Roboter vergleicht den Geruch mit gespeicherten Geruchsmustern. Mögliche Anwendungsbereiche sieht der Professor bei Qualitätskontrollen in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie, aber auch in der Medizin.

Der Haushaltsroboter, der staubsaugt, abwäscht, fensterputzt — noch gibt es ihn nicht. Eine Frage der Zeit und des Bedarfs, letztendlich. Sollte er erfunden werden, wird er perfekt sein: Wie seine menschlichen Vorfäder wird er sich nach Hausputz und Gartenpflege genüßlich an die Hausrat der gnädigen Herrschaft begeben — vorausgesetzt, seine Marke ist dabei...



IR-Strahlungstaster

Wo ist das Wärmeleck, wo die heißeste Stelle der Maschine? Der IR-Punkttaster gibt Auskunft. Nicht preiswert, aber genau. Projekt.

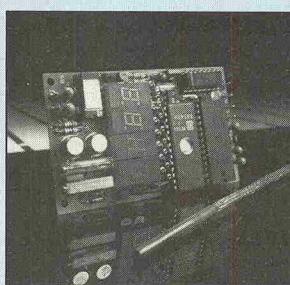
Temperatursensoren — Modelle der Wirklichkeit

Bei dynamischen Temperaturmessungen spielt das Zeitverhalten des verwendeten Sensors eine entscheidende Rolle. In diesem Beitrag werden Wege aufgezeigt, die Übertragungsfunktion eines Sensors durch Bildung eines äquivalenten elektrischen Modells zu beschreiben.

Seite 78

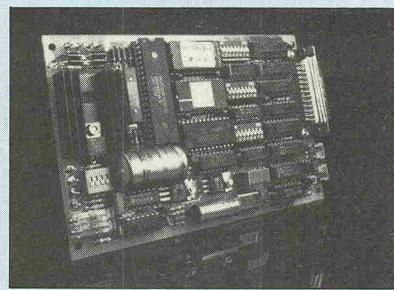
Inhalt

| | Seite |
|--------------------------|-------|
| aktuell | 51 |
| Schaltungstechnik | |
| aktuell | 52 |
| x/t-Schreiber | |
| Printerface | 56 |
| Meßdatenerfassung | |
| Fehlverhalten | 63 |
| IR-Strahlungsdetektor | |
| Fernwärme | 72 |
| Temperatursensoren | |
| Modellbau | 78 |
| Die Buchkritik | 83 |
| Temperatur-Meßsystem | |
| Heißes Eisen | 84 |



x/t-Schreiber

Er beherrscht nicht nur das Alphabet, sondern macht auch mal einen Punkt: der Drucker. Und bei richtiger Steuerung macht er aus vielen Punkten eine Kurve. Drucker als Meßwertschreiber. Projekt.



Temperatur-Meßsystem

Hohe Temperaturen werden auch heute noch mit dem altbewährten Thermoelement gemessen — aber viel genauer und bequemer. Ein Projekt nach Profi-Art.

Seite 84

Seite 56

Sensor-Schaltungstechnik aktuell

Der Sensor-Signal-Prozessor TSS 400 vereinigt auf seinem CMOS-Chip einen softwaregesteuerten 12-Bit-A/D-Wandler mit vier gemultiplexten Eingängen, eine CPU mit RAM, eine LCD-Steuerung und einen bidirektionalen, seriellen Ein/Ausgang. Einzelheiten auf

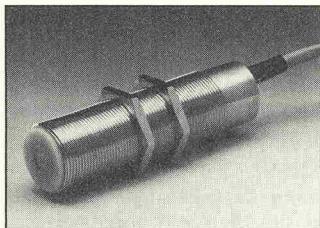
Seite 52

Meßdatenerfassung

Sensor-Meßsysteme sind sensibel. Äußere Störeinflüsse, Rückwirkungen innerhalb des Systems und Korrekturmaßnahmen im Beitrag „Fehlverhalten“. Seite 63

Abstandssensor**Berührungslose
Objekterfassung**

Die Ultraschall-Abstandssensoren der Serie 940 von Honeywell ermöglichen die Erfassung von Objekten beliebiger Formen, Farben und Werkstoffe in einem Abstandsbereich von 100...800 mm. Der Schaltabstand wird über ein internes Potentiometer eingestellt, kann aber auch mit einem externen 10-MΩ-Potentiometer vorgegeben werden.



Über einen externen Anschlußdraht kann zwischen maximaler Reichweite (bis 800 mm) und maximaler Schaltfrequenz (30...50 Hz) umgeschaltet werden. Bei maximaler Reichweite wird eine Schaltfrequenz von 8...20 Hz erreicht. Da Schallpegel und Empfängerempfindlichkeit bei der Wahl maximaler Schaltfrequenz reduziert werden, verringert sich die Reichweite in dieser Betriebsart auf 400 mm.

Um gegenseitige Beeinflussungen zu vermeiden, können mehrere Sensoren über einen Sendesperrereingang synchronisiert werden. Bei Objektanwesenheit innerhalb des Schaltabstands blinkt eine rote Leuchtdiode an der Rückseite des Sensors. Da ihre Leuchtintensität mit der Echostärke ansteigt, wird damit die Ausrichtung des Sensors erheblich erleichtert.

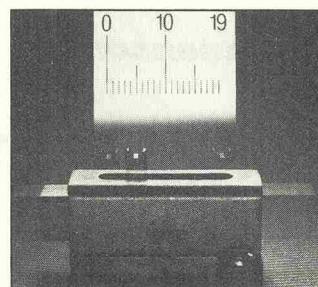
Der Sensor befindet sich in einem verchromten Messinggehäuse M 30, Schutzart IP 65. Durch eine Temperaturkompensation wird die Schaltpunkttdrift im Temperaturbereich 5...55 °C auf 1% begrenzt. Die für den Betrieb des Sensors erforderliche Gleichspannung beträgt 24 V, der kurzschlüpfeste PNP- oder NPN-Ausgang kann Lasten bis zu 100 mA/30 V schalten. Die Trägerfrequenz des Sensors beträgt 215 kHz.

Halleffekt-Wegsensor**Längenmessung mit Magnetfeld**

Der neu entwickelte analoge Wegsensor APS von Honeywell besitzt als Fühlerelement einen Halleffekt-Chip. Der Verschleiß beweglicher Teile wird dadurch erheblich reduziert, und man erreicht eine äußerst lange Lebensdauer.

Der Wegsensor wird werkseitig kalibriert; er enthält einen linearen Hallsensor des Typs Lohet, der eine der magnetischen Flußdichte proportionale Ausgangsspannung liefert. Die Position des Gleitmagneten über dem Chip bestimmt die Flußdichte und damit die Ausgangsspannung. Als typische Linearitätsabweichung wird ein Wert von 2% des Meßbereichs angegeben.

Der lineare Wegbereich beträgt 19 mm. Eine Gleichspannung im Bereich 8...16 V wird für den Betrieb des Sensors benötigt. Bei einer Betriebsspannung von 12 V wird ein Spannungshub in Höhe von



4,5 ± 0,5 V genannt. Die Ausgangsspannung ist im gesamten Betriebsbereich von -20...+85 °C temperaturkompensiert. Sowohl die Wiederholgenauigkeit als auch die Hysterese liegen unter 1%. Der Sensor eignet sich beispielsweise für den Einsatz in Bürogeräten und x/y-Plottern sowie zur Positionserfassung von Drosselklappen und Regelventilen.

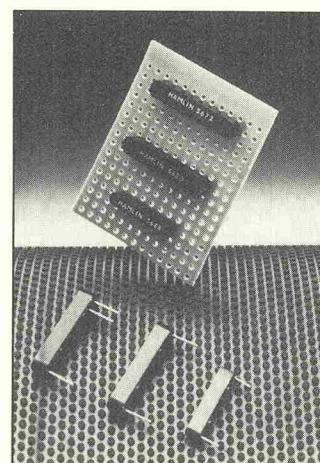
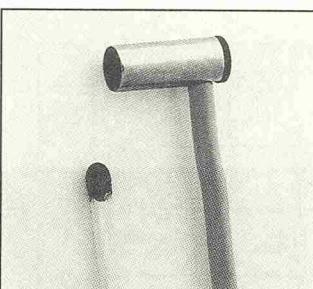
Nähere Infos von:

Honeywell Regelsysteme GmbH, Kaiserstr. 39, 6050 Offenbach, Tel. (0 69) 8 06 40, Telex 4 152 758.

Näherungsschalter**Mini-Brikett**

Fast so sieht er aus. Doch dieser neue magnetische Näherungsschalter 5820 von Hamlin hat wenig Heizwert, dafür aber beachtliche elektrische Daten: Der Winzling (22,8 × 4,3 mm) enthält einen langlebigen Reed-Schalter, der immerhin bis zu 0,5 A bei 240 V Wechselspannung schalten kann. Das Bauteil eignet sich besonders für die Platinenmontage.

Doch nicht immer ist die Platinen der geeignete Platz für einen Näherungsschalter. Beim Einbau in Maschinen und Geräte sind die Einbauorte häufig recht unzugänglich. Für solche Fälle bietet Contrinex einen Näherungsschalter mit Knick.



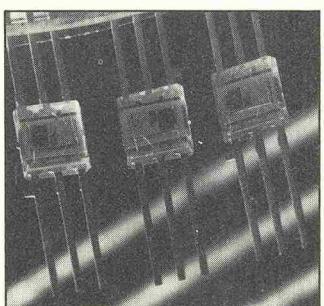
Das Bauteil mit dem radialen Kabelanschluß hat einen Durchmesser von 6,5 mm und ist 16 mm lang. Der Schaltabstand beträgt 1,5 mm bei einer Schaltfrequenz von 2 kHz. Die Schaltspannung darf bei 200 mA Laststrom 10 bis 30 V betragen.

Beide Produkte werden von der Firma OmniRay vertrieben, die gern weitere Informationen erteilt.

Omni Ray GmbH, Postfach 31 68, 4054 Nettetal 1, Tel. (0 21 53) 73 71 0, Fax: (0 21 53) 73 71 49, Telex: 8 54 245

Opto-Elektronik**Lux-linear**

Der neue Fotosensor TFA 1001 W von Siemens integriert eine Photodiode und einen Verstärker in einem transparenten Miniaturgehäuse mit sechs Anschlüssen. Der Ausgangsstrom des Sensors folgt mit einer Empfindlichkeit von 5 μ A/lx linear der Beleuchtungsstärke, die im Bereich zwischen 0,05 lx und 5000 lx liegen darf.



Der große Meßbereich und die gute Linearität erschließen dem Bauelement viele Einsatzbereiche — von der TV-Kamera bis zum medizinischen Analysegerät. Auch die Verwendung in Fotokameras ist möglich, da die Schaltung bis zu einer Versorgungsspannung von 1,2 V arbeitet.

Siemens AG, Zentralstelle für Information, Postfach 103, 8000 München 1, Tel. (0 89) 23 40, Fax: (0 89) 2 34 28 24, Telex: 52 100 25, Telex: 89 80 71.

Anzeige

music
accessories

RAM - röhren

Wonder Caps

Black Gate

präzisions bauteile

music reference

RAM 9 röhren endstufe

reference components

MH 7 röhren vorstufe

reference components

MAT 1 transistor endstufe

dipl.-ing. LUDWIG RUESCHE

postfach paul-enrich- 5270 gummersbach
50737 straße 10 tel.

informationen 3.-dm in briefmarken

Piezoelektrischer Drucksensor

Gedrückte Spannung

Eine hochwertige und dazu preiswerte Alternative zu Bourdon-Manometern und mechanischen Dehnungsmeßstreifen stellen die Solid-State-Drucksensoren der MPX-Serie von Motorola dar.

Gewissermaßen auf Widerstand stößt jeder Druck, der von außen auf einen Sensor der MPX-Serie einwirkt. Genommenen auf einen P-dotierten Halbleiterwiderstand, der an einer strategisch günstigen Stelle auf einer geätzten Silizium-Membran plaziert ist. Dieser Widerstand hat zwei Strom- und zwei Spannungsanschlüsse und stellt damit ein elektromechanisches Gegenstück zum Halleffekt-Sensor dar. Fließt Strom durch den Widerstand (Pin 1 und 3) und die Membran wird senkrecht zum Stromfluß einem Druck ausgesetzt, entsteht ein Transversalfeld und in der Folge eine Spannung, deren Höhe proportional zum Druck ist und die an Pin 2 und 4 abgezapft werden kann. Mit dieser Technik erreicht man eine Linearität von besser als 0,1% bei hoher Wiederholgenauigkeit ($\pm 0,5\%$ bei 1,5 Millionen Zyklen).

Um solche Werte zu erreichen und deren Einhaltung auch über einen weiten Temperaturbereich zu gewährleisten, ist natürlich zusätzlicher Aufwand notwendig. So enthalten die Sensoren der Serie MPX2... zur Temperaturkompensation zwei aufdiffundierte Thermistoren nebst weiteren zehn Dünnfilm-Widerständen. Außerdem wirken ein ausgeklügeltes Design ebenso wie computergesteuerte Lasertrimmung und eine spezielle Metallisie-

nungstechnik zusammen, um diesen Qualitätsstandard zu erreichen.

Erhältlich sind die Sensoren für Drücke von 10...200 kPa. Sie bestehen aus dem eigentlichen Sensor, d.h. dem Basis-Element, und einem Gehäuse, das Anschlußtülle für Druckschläuche besitzt. Hier gibt es je nach Anwendungsfall verschiedene Variationen: Zwei Tüllen für die beiden Seiten der Membran, so daß die Differenz zweier Drücke gemessen werden kann, eine Tülle auf der einen und eine Öffnung auf der anderen Seite, so daß Drücke in Relation zum Umgebungsdruck gemessen werden können

als Kompressormotor-Steuer-Schalter genausogut eignet wie als Pumpen-Schalter zur Flüssigkeitsstandregulierung oder als Ventilatorsteuerung zur Aufrechterhaltung eines Überdrucks in Operationssälen oder Reinst-Räumen. Man kann auch das Relais durch eine LED ersetzen und damit Druckabfälle in Luft- oder Wasserfilteranlagen anzeigen.

Über die Widerstände R1 und R2 fließt Strom durch den Sensor, der je nach Typ und anliegendem Druck eine Spannung zwischen 20...90 mV an den Sensoranschlüssen 2 und 4 zur Folge hat. Angenommen, der Druck- und damit der

sors ($\pm 1\%$) gleichzeitig den Eingangswiderstand des Verstärkers darstellt. Zusammen mit dem Rückkopplungswiderstand R3 ergibt sich damit die geforderte 100fache Verstärkung. Die Gleichspannungskopplung hat zwar Ungenauigkeiten in der Linearität und in der Meßgenauigkeit zur Folge, was bei einer Schaltanwendung jedoch keine Rolle spielt.

Mit R5 wird die Ausgangsspannung des OpAmps auf einen positiven Wert voreingestellt. Steigender Druck bewirkt ein Ansteigen der Spannung am invertierenden Eingang und damit eine Abnahme dieser voreingestellten Ausgangsspan-

| | Messung | 0...10 kPa | 0...50 kPa | 0...100 kPa | 0...200 kPa |
|---------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| unkompensiert | Differenz | MPX 10 DP | MPX 50 DP | MPX 100 DP | MPX 200 DP |
| | Absolut | — | — | MPX 100 AP | MPX 200 AP |
| | Umgebung | MPX 10 GP | MPX 50 GP | MPX 100 GP | MPX 200 GP |
| | Vakuum | MPX 10 GVP | MPX 50 GVP | MPX 100 GVP | MPX 200 GVP |
| kompensiert | Differenz | MPX 2010 DP | MPX 2050 DP | MPX 2100 DP | MPX 2200 DP |
| | Umgebung | MPX 2010 GP | MPX 2050 GP | MPX 2100 GP | MPX 2200 GP |
| | Vakuum | MPX 2010 GVP | MPX 2050 GVP | MPX 2100 GVP | MPX 2200 GVP |

Tabelle I.
Die Drucksensoren der Serie MPX, geordnet nach Druckbereich und Anwendungsfall.

und schließlich eine Tülle für die eine Seite und Vakuum auf der anderen, so daß die Möglichkeit zur absoluten Druckmessung besteht. In Tabelle I sind die zur Zeit erhältlichen Typen aufgelistet.

Eine Applikation für den Drucksensor zeigt Bild 1. Es handelt sich hierbei um einen einfachen Druckschalter, der sich beispielsweise zum Einsatz

Spannungsspeak liegt ungefähr in der Mitte dieses Bereichs, muß die nachfolgende Verstärkerschaltung eine Verstärkung von 100 besitzen, um an seinem Ausgang einen Spannungsbereich von 1...5 V zu überstreichen.

Zwischen Pin 2 des Sensors und dem OpAmp-Eingang liegt kein Widerstand, so daß die Ausgangsimpedanz des Sen-

nung. Die zweite Hälfte des Zweifach-OpAmps arbeitet als Spannungskomparator. Am nichtinvertierenden Eingang dieses Verstärkers liegt die Vergleichsspannung, die zur Temperaturkompensation an Pin 3 des Sensors abgegriffen wird. Mit steigender Temperatur sinkt die Empfindlichkeit des Sensors und das hat wiederum einen kleineren Strom durch selbiges und damit eine höhere

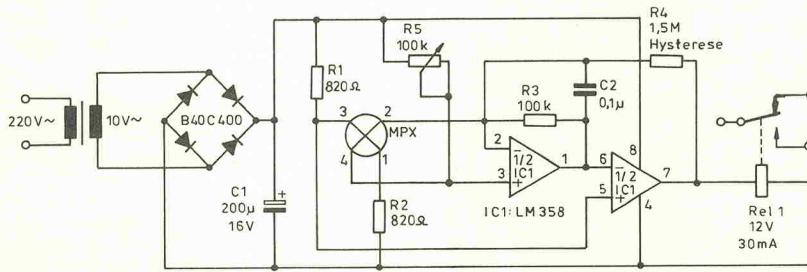


Bild 1. Ein einfacher Druckschalter. Mit R5 wird die Schalt-Schwelle eingestellt.

ngstechnik aktuell +++ neue Bauel

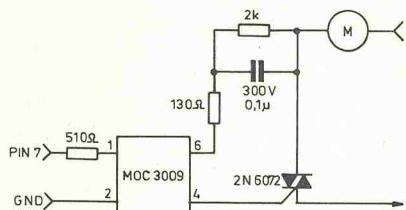


Bild 2. Das Solid-State-Relais erlaubt den direkten Anschluß von Motoren mit einer Leistung von bis zu 1/4 PS.

Sensoreingangsspannung zur Folge. Da letztere gleichzeitig die Vergleichsspannung des Komparators ist, haben Temperaturschwankungen keinen Einfluß mehr auf die Schaltschwelle der Applikation. Dies ist natürlich besonders für den Einsatz der nichtkompensierten Sensorarten von Bedeutung.

Wie bereits gesagt, sinkt die Spannung am Ausgang des ersten OpAmps mit steigendem Druck. Erreicht sie den Wert der Vergleichsspannung,

springt der Komparatorausgang auf 'H' und erhöht damit über R4 die Ausgangsspannung des ersten OpAmps. So entsteht eine Schalt-Hysterese, die ein Flattern des angeschlossenen Relais verhindert. Durch Modifikation des Wertes von R4 kann die Hysterese auf 1...49% des Höchstwertes eingestellt werden.

Der Kondensator C2 wird in vielen Fällen wegfallen können. Er bügelt Spannungsspitzen infolge sprunghafter Druckände-

rungen in Kompressorsystemen aus, die ebenfalls ein Flattern des Relais bewirken würden. In statischen Systemen, wie Flüssigkeitsstand-Regelungen usw. ist die integrierende Wirkung von C_2 überflüssig.

Anstelle des Relais kann auch ein Triac-Optokoppler angeschlossen werden. Die in Bild 2 gezeigte Anordnung schaltet Motoren mit einer Leistung von bis zu 1/4 PS. Soll die Last im Nulldurchgang geschaltet werden, kann man den

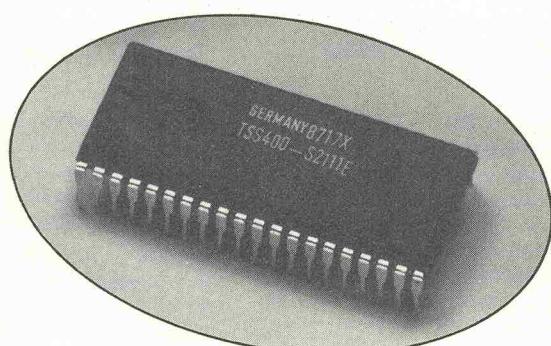
MOC3009 durch einen
MOC3030 ersetzen.

Zu einer analogen Anzeige des Druckes eignet sich die Schaltung nach Bild 3. Das Sensorausgangssignal gelangt hier zunächst zu einem Differenzverstärker, dem ein weiterer Verstärker nachgeschaltet ist. Dieser hat die Aufgabe, das Ausgangssignal auf Masse zu beziehen. Für alle Widerstände sollten 1prozentige Metallfilmwiderstände verwendet werden. □

altungstechnik aktuell +++ neue Bauel

Der Schlüssel für intelligente Sensor-Systeme:

Digitaler Prozessor für Meßwertaufnehmer



Wer sich auf die Suche nach der kürzesten Verbindung zwischen analoger und digitaler Welt begibt, wird sicher früher oder später über den Sensor-Signal-Prozessor TSS400 stolpern. Mit seinem Eingangsmultiplexer sowie dem eingebauten 12-Bit-A/D-Konverter und der programmierbaren Stromquelle mit Quotientenverhalten ist er bestens für alle erdenklichen Aufgaben im Bereich der Sensorik gerüstet.

Die heutigen Anwendungsbe-
reiche der Sensorotechnik setzen
eine komfortable Signalaufbe-
reitung mit hochauflösenden
A/D-Konvertern, nachgeschal-

tete Computerleistung, extrem geringe Leistungsaufnahme und die Möglichkeit für eine sehr einfache Kalibrierung der angeschlossenen Sensoren vor-

aus. Genau in diese Kiste paßt
der Sensor-Signal-Prozessor
TSS400.

Dieser Prozessor vereinigt A/D-Konverter, CPU, Arbeitsspeicher (RAM), LCD-Ansteuerung und bidirektionale serielle Schnittstelle auf einem CMOS-Chip. Der softwaregesteuerte A/D-Konverter mit 12-Bit-Auflösung und vier gemultiplexten Eingängen lässt sich für 4 Bereiche programmieren:

$$0,23 \times U_{DD} \dots 0,41 \times U_{DD}, \quad 1 \\ \text{LSB} = 43 \mu\text{V/V} \times U_{DD} \\ 0,23 \times U_{DD} \dots 0,50 \times U_{DD}, \quad 1$$

$$\begin{aligned} \text{LSB} &= 65 \mu\text{V/V} \times U_{DD} \\ 0,10 \times U_{DD} &\dots 0,40 \times U_{DD}, 1 \\ \text{LSB} &= 74 \mu\text{V/V} \times U_{DD} \\ 0,10 \times U_{DD} &\dots 0,49 \times U_{DD}, 1 \\ \text{LSB} &= 96 \mu\text{V/V} \times U_{DD}. \end{aligned}$$

Diese Bereiche sind vor allen Dingen auf Silizium-Planar-Sensoren wie den TSP102 oder den TSP410 zugeschnitten und speziell für Platin-Temperatur-Sensoren, wie z.B. PT100, PT500 oder PT1000, oder andere Sensoren mit höheren Signalspannungen geeignet, wobei zum Anschluß der letztgenannten Sensortypen eine abgleichbare Stromquelle integriert ist.

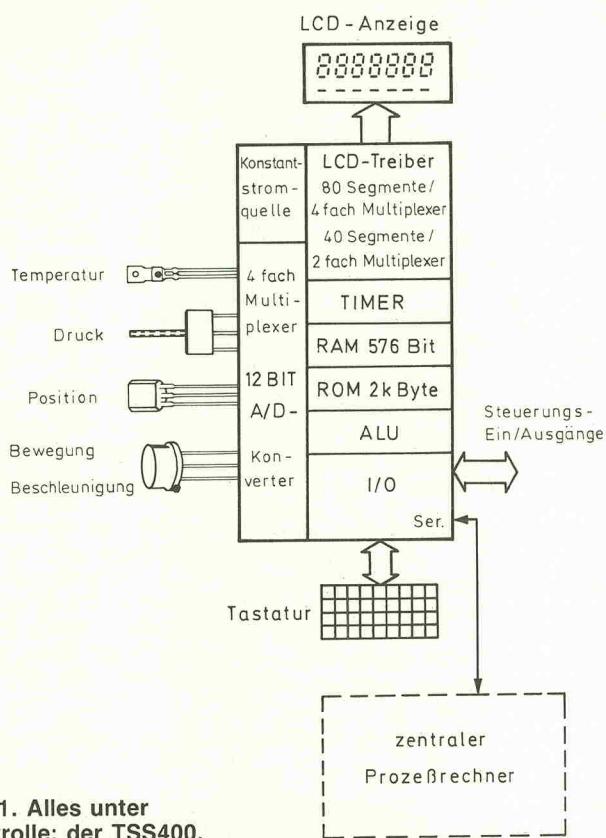


Bild 1. Alles unter Kontrolle: der TSS400.

Die CPU steuert den A/D-Konverter und übernimmt auch die weitere Verarbeitung der Sensorsignale, wie z. B. Offsetkorrektur, Linearisierung, Berechnung der Skalenwerte usw. Für die entsprechende Software ist ein 2-kByte-ROM an Bord.

Alles an Bord

Sensorspezifische Daten, wie z.B. Kalibrierfaktoren oder vom Programm berechnete Ergebnisse, werden in dem 576 Bit großen RAM gespeichert. Die im Chip integrierte LCD-Display-Ansteuerung lässt sich für die Ansteuerung von entweder zweimal gemultiplexten LCDs mit 5 Ziffern oder viermal gemultiplexten LCDs mit 10 Ziffern programmieren.

Für die Kommunikation mit anderen Prozessoren oder Rechnern befindet sich auf dem Chip eine bidirektionale serielle Schnittstelle. Der interne Timer läuft im Ruhebetrieb mit sehr geringer Stromaufnahme und aktiviert den TSS400 lediglich

Die Sache mit den langen Leitungen

In komplexen Prozessorsystemen wird der Mikroprozessor häufig total mit der Berechnung von Daten, Datenübertragung und der Systemsteuerung belastet, so daß ihm keine Zeit für die softwaregestützte Signalaufbereitung bleibt. Außerdem ist die CPU in der Regel weit von den Sensoren entfernt und die Übertragung der analogen Sensordaten über lange Leitungen ist sowieso ein Problem.

Der z.Z. in der Entwicklung stehende TSSE410 greift diese Probleme auf. Die LCD-Ansteuerung ist in diesem Fall durch einen UART ersetzt, der eine einfache Anpassung an vorhandene Datenübertragungssysteme erlaubt. Der Prozessor übernimmt die örtliche Signalverarbeitung und schickt die Meßwerte als digitale Daten zu dem Zentral-Rechner oder

wohin auch immer. Bis zu 8 Sensoren sind direkt an den 10-Bit-A/D-Konverter anschließbar, wobei die Sensoren analog zum TSS400 entweder mit einer konstanten Spannung oder über eine programmierbare Stromquelle gespeist werden können.

Beim TSSE410 ist das maskenprogrammierbare ROM durch ein 2-kByte-EEPROM ersetzt, wodurch sich der Baustein gut für die Prototypenentwicklung und für Kleinserien eignet. Weiterhin ist ein Teil des RAMs als EEPROM ausgebildet, so daß feste Daten, wie beispielsweise Sensorkalibrierfaktoren, dauerhaft gespeichert werden können.

... Und hier der Rest der Familie

Der TSSE400 entspricht dem TSS400 mit 12-Bit-A/D-Konverter und LCD-Ansteuerung, hat aber ein 2-kByte-EEPROM anstelle des maskenprogram-

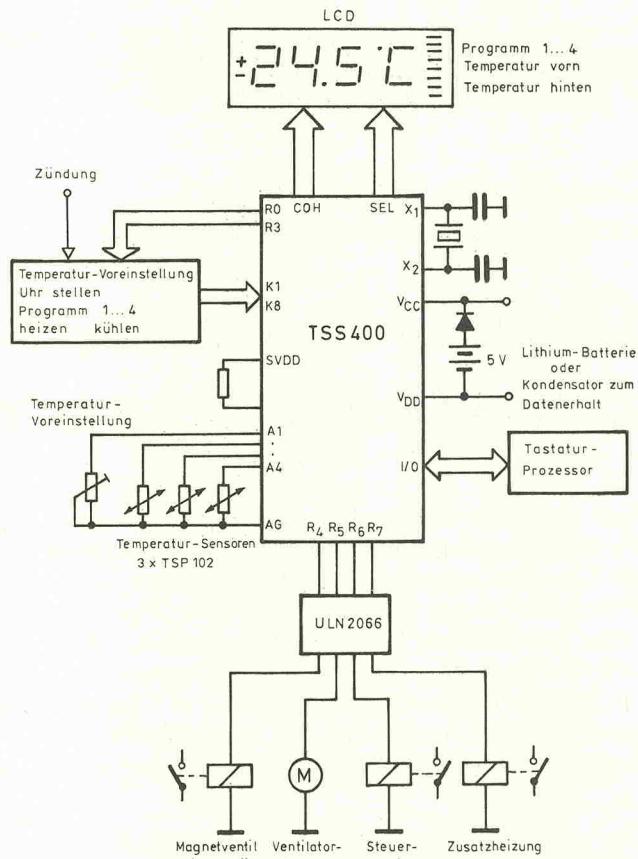
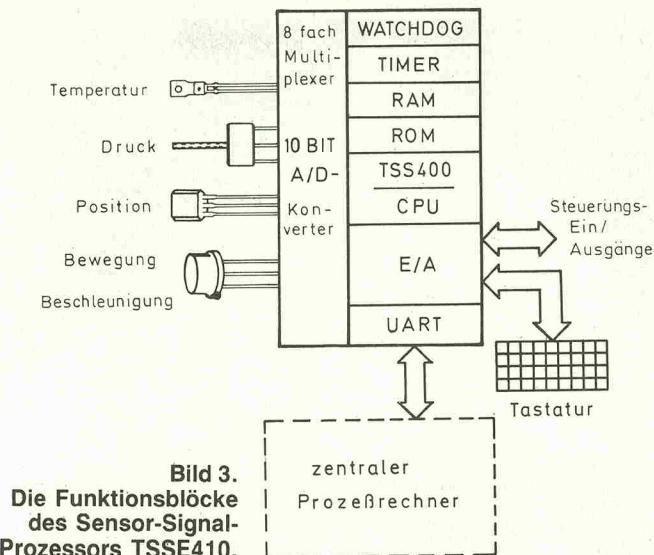


Bild 2. Eine der leichteren Aufgaben für den TSS400: Steuerung einer Auto-Klimaanlage.

mierbaren ROMs und 576 Bit RAM mit EERAM für Sensorkalibrierdaten. Dieses IC ist speziell für Prototypenentwicklung und Kleinserien geeignet.

Für Großserien ist der TSS410, die maskenprogrammierbare Version des TSSE410, gedacht. Neben dem RAM ist ein EERAM auf dem Chip integriert, das Sensorkalibrierdaten dauerhaft speichern kann.

Der TSS420 ist die kleinere Version des TSS400 mit 10-Bit-A/D-Konverter, 4 analogen Eingängen, 1 kByte maskenprogrammierbarem ROM und LCD-Ansteuerung.



| Experten-System für Anschlußbelegung | Experten-System für LCD-Steuerung | Interaktiver Emulator | Spezifikations-Umsetzung |
|--|---|---|---|
| Gehäuse-Definition, Bondierungs-Verifikation, Anschlußbelegung | Typ, Anzahl der Ziffern Status-Anzeige, Zeichen | Programm-Editor und Assembler, Debugger, Simulation ohne Hardware, Trace-Funktion mit Bedingungen | Maskendefinition für ROM, Bondierungs-Diagramm, Quersummenprüfung |

Entwicklungshilfe

Für die Entwicklung der Steuерsoftware des TSS400 und für die Echtzeitemulation bietet Texas Instruments mit dem ADT-TSS400 ein 'Advanced Development Tool' an. Diese Software läuft auf einem IBM-AT oder IBM-AT-kompatiblen Rechner und bietet eine Umgebung für die vollständige Entwicklung inklusive eines Emulators für den Bit-Slice-Prozessor TSS400, einen Konfigurationsadapter, der direkt mit dem Zielsystem des Anwenders verbunden wird, eine Kommunikationskarte für den PC, die den Konfigurationsadapter mit dem PC verbindet und schließlich noch 2 Disketten mit der erforderlichen Software.

Der PC muß mit mindestens 512 kByte RAM bestückt sein, benötigt eine EGA-Karte mit 256 kByte RAM und eine Hard-Disk. Die IBM-AT-kompatiblen PCs müssen mit einem 80286-Prozessor ausgestattet sein.

Für die vollständige Design-Unterstützung enthält das Advanced Development Tool 4 Systeme (Tabelle I):

Interaktiver Emulator, Anwen-

dungsspezifische Übersetzung, Expertensystem für die Anschlußbelegung, Expertensystem für die LCD-Steuerung.

Der interaktive Emulator bietet eine mikrocodierte Software-Emulation des Sensor-Signal-Prozessors TSS400. Er beinhaltet Programm-Edidierung und Debugging-Möglichkeiten und zusätzlich Echtzeit-simulation des TSS400 bis zu 2 MHz Taktfrequenz. Mit diesem Programmsystem läßt sich die vom Anwender vorgeschriebene Spezifikation leicht verifizieren, wodurch Entwicklungszzeit und -kosten verringert werden.

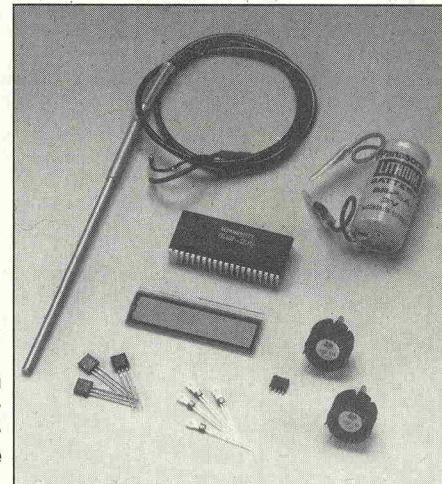
Die Möglichkeit, anwenderspezifische Software im Trocken-

Vier Werkzeuge enthalten die Software-Kasten für TSS 400-Anwender.

Man nehme: den Sensor-Signal-Prozessor, ein LCD-Display, diverse Sensoren . . .

kurs zu simulieren, d.h. ohne angeschlossene Hardware des Zielsystems, bietet den Vorteil, daß der Benutzer in den ersten Entwicklungsstufen der Programmierung und der Fehlersuche keinerlei Hardware benötigt. Dadurch tritt keinerlei Wartezeit auf, die normalerweise für den Aufbau und die Fertigstellung der Hardware des Zielsystems erforderlich wäre.

Der TSS400 liefert mehr Signale an seinen Anschlüssen, als in den Anwendungen mit 40-Pin- oder 28-Pin-Gehäusen benötigt werden. Das Expertensystem für die Anschlußbelegung beinhaltet in einem besonderen Grafikpaket den konzeptionellen Aufbau der Anschlußsignale. In diesem Grafikpaket werden alle zugelassenen Anschlußsignale auf dem Bildschirm dargestellt. Die Signale können belegt und bei späterer Änderung wieder abgetrennt werden. Das Expertensystem sichert den Anschluß der obligatorischen Signale und überprüft die Bondierungsfähigkeit.



Das LCD-Expertensystem unterstützt die LCD-Konfiguration und sorgt für die korrekte OPLA-Spezifikation des TSS400. Es unterscheidet zwischen den fünf Standard-LCD-Typen in 2fach- oder 4fach-Multiplexer-Technologie und selektiert die gewünschte Zifferanzahl oder spezielle Bedingungen des Displays. Das so kreierte Abbild des LCD-Displays ist konstant auf dem Bildschirm des PCs zu sehen und wird während der Simulation voll unterstützt.

Für das ADT-TSS400-Entwicklungssystem bietet Texas Instruments eine 12monatige Garantie für die Hardware. Während dieser Zeit wird ein kostenloser Update-Service geboten, der den letzten Stand der Entwicklungssoftware wieder-spiegelt.

Weitere Informationen bei: Texas Instruments, Haggertystr.1, 8050 Freising, Tel. (0 81 61) 80 40 43

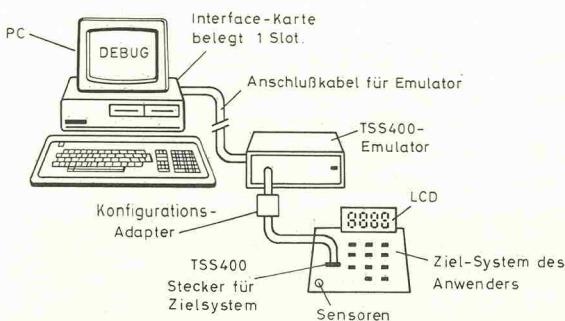
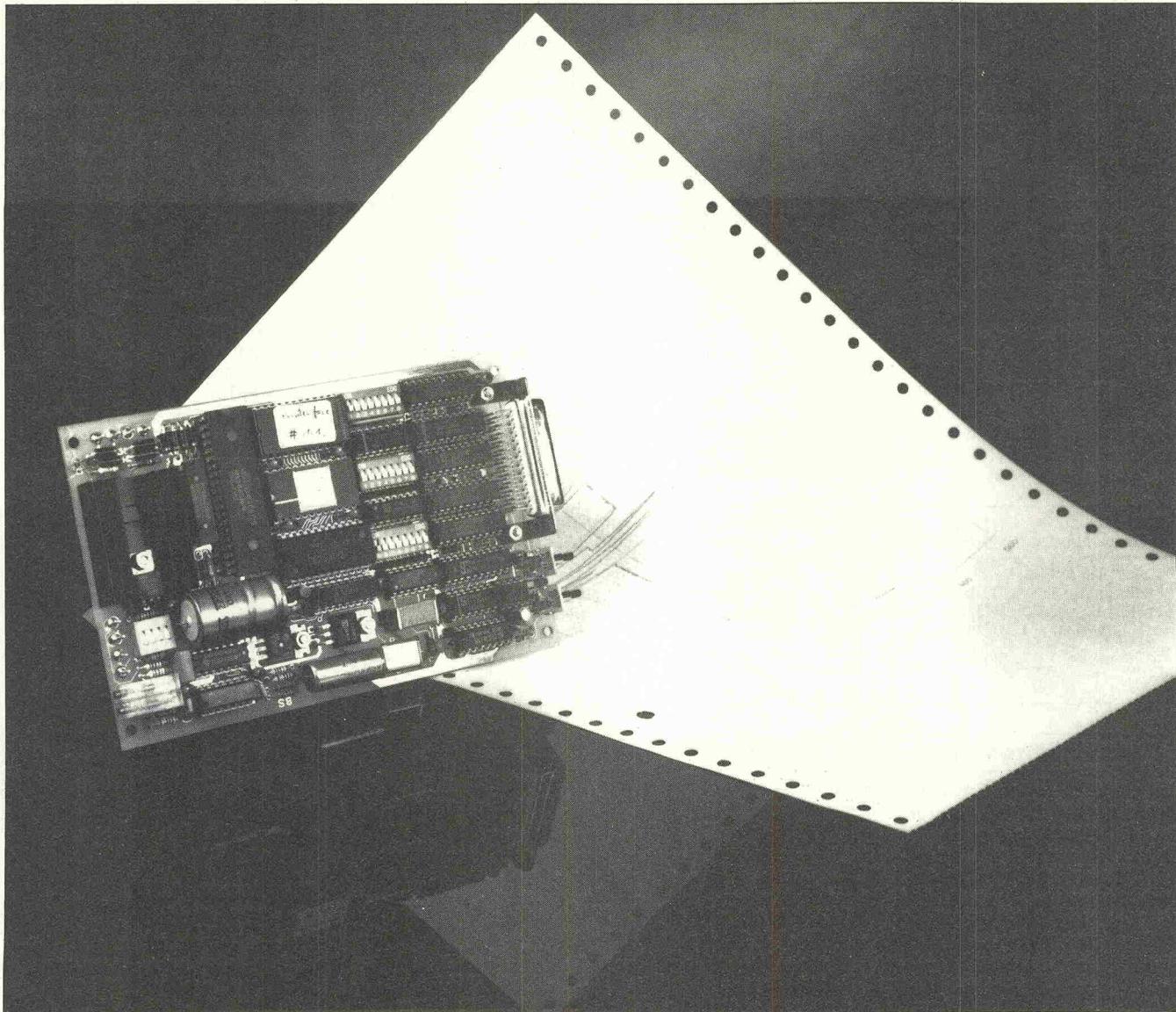


Bild 4. Direkt gesteckt: Das TSS400-Entwicklungssystem.



Printerface

x/t-Schreiber-Interface für Matrix-Drucker

Ulrich Vietzen

Modernste Meßtechnik wird heuer via Rechner betrieben. Aufgenommene Signale werden auf das penibelste in Dateien geschrieben und wohlformatiert auf Diskette gesichert. Trotzdem sieht man allenthalben x/t-Schreiber ihre Dienste verrichten. Einer der gewichtigsten Gründe dafür könnte die unmittelbare Anschaulichkeit des Meßschriebes sein, die bei einer Datei auf Diskette im wahrsten Sinne des Wortes nicht gegeben ist. Denn: Was man schwarz auf weiß besitzt, kann man getrost nach Hause tragen.

Das hier vorgestellte Analog-Interface verleiht jedem Matrixdrucker mit Centronics-Schnittstelle (Bild 1) x/t-Schreiber-Fähigkeiten, vorausgesetzt, er ist in der Lage, folgende Steuersequenzen richtig zu interpretieren:

- `<ESC> '*' CHR$(4)n1n2`, für die Wahl des Grafikmodes.
- `<ESC> 'A'n`, für die Einstellung des Zeilenabstandes.

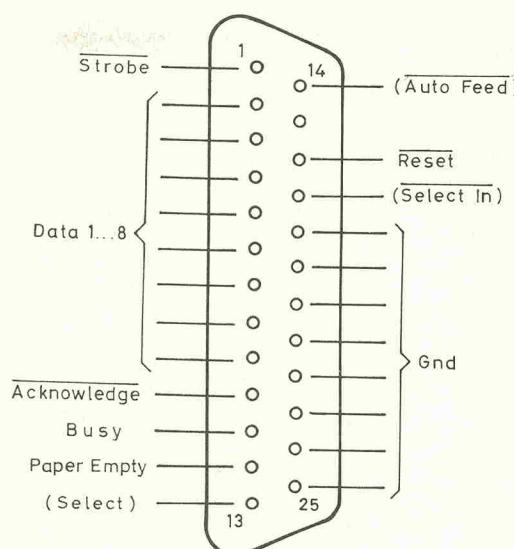
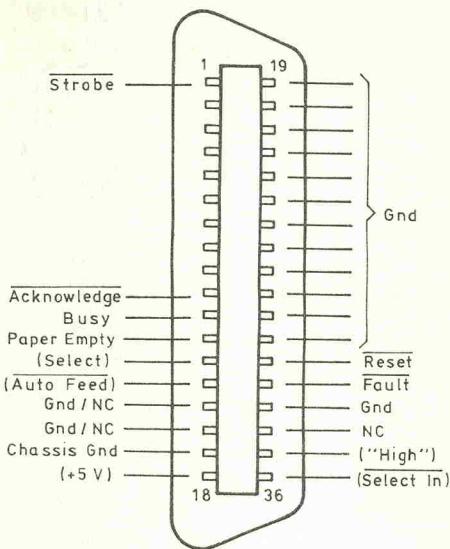


Bild 1. Links die Standard-Centronics-Schnittstelle, rechts das Pendant in Sub-D-25-Ausführung mit den Signalen, die vom 'Printerface' benutzt werden.

— <ESC> '2', führt <ESC> 'A' aus.

Drucker mit einer Einstellungsmöglichkeit auf „IBM-Betriebsart“ sollten anstandslos am „Printerface“ ihre Dienste tun. Ansonsten hilft zur Klärung der Frage, ob ein vorhandener Printer brauchbar ist, nur der Griff zum äußersten: dem Handbuch.

Eine weitere Grundvoraussetzung für den Meßschreiber-Betrieb ist die Verarbeitung von Endlospapier, einzelne Blätter zu beschreiben, macht wenig Sinn. Und noch ein Hinweis: Der Drucker hat unter Umständen über einen langen Zeitraum gut zu tun, des-

halb sollte man sich über seine Standzeiten informieren. Auch hier ist ein Blick in das Manual hilfreich.

Einer der Vorteile des 'Printerface's': Das Meßraster wird mit ausgedruckt.

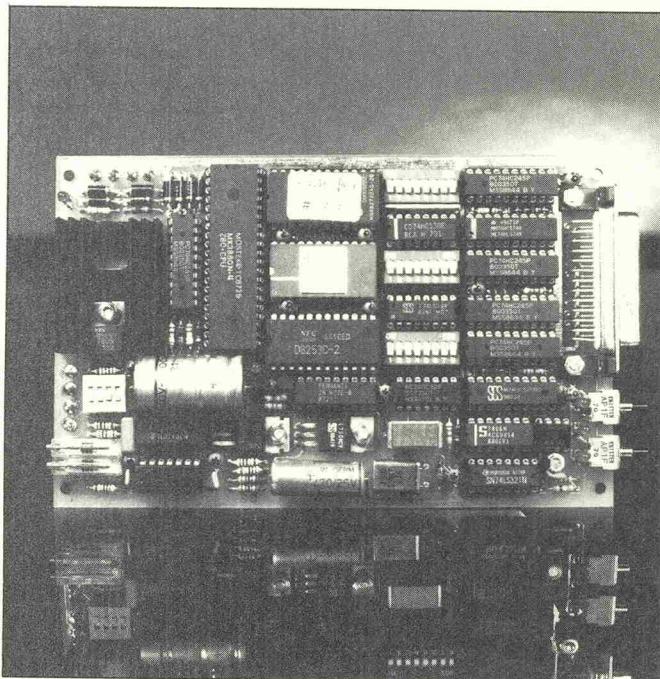
Das Printerface wird wie ein Voltmeter mit dem Meßobjekt verbunden. Der Eingangsspannungsbereich ist mit mit

DIL4 konfigurierbar, siehe Bild 2. Wenn nur der Schalter A von DIL4 eingeschaltet ist, sollte die maximale Eingangsspannung am Eingang 1 + 2,5 V nicht überschreiten, da sonst der A/D-Wandler Schaden nehmen könnte. Dasselbe gilt sinngemäß für die Eingänge 2 und 3 — die Eingänge, an denen die Eingangsspannung heruntergeteilt werden kann. Eingang 1 hat einen sehr hohen Innenwiderstand, da hier nur der nichtinvertierende Eingang von OP1 maßgebend ist.

Mit den DIL4-Positionen B, C, und D können verschiedene Spannungsteiler realisiert werden. Der Schalter D muß dabei immer eingeschaltet und Schalter A immer ausgeschaltet sein. Der hohe Eingangswiderstand des OP1 läßt der Bemessung eines Eingangsspannungsteilers weite Grenzen, so daß für fast jeden Anwendungsfall, auch mit anderen als den vorgeschlagenen Widerstandswerten, Messungen durchgeführt werden können.

Die Auflösung der Ausgabe beträgt bei unmittelbarem Anlegen der Eingangsspannung an Eingang 1 5 mV. Je nach Beschaltung des Eingangsspannungsteilers verändert sich dieser Wert. So wird bei einem Teilverhältnis von 2:1 die Auflösung 10 mV betragen. Dies ist für eine graphische Ausgabe immer noch ein beachtlicher Wert. Die Meßgenauigkeit hängt vom Analog-Digital-Wandler und davon ab, mit welcher Sorgfalt er abgeglichen wird.

Einer der Vorteile des „Printerface's“ ist die Tatsache, daß es sein eigenes Meßraster mit ausdrückt und nicht auf spezielles x/t-Schreiber-Papier ange-



Bis auf den Trafo befinden sich alle Bauteile des 'Printerface's' auf einer Europakarte.

wiesen ist. Die Bedeutung der grafischen Gestaltung des Rasters ist Bild 3 zu entnehmen, wobei die markierten Punkte folgende Bedeutung haben:

- A: Meßereigniszählung. Die ausgegebene Zahl ist Null bei Meßbeginn und kann so gut wie unendlich werden, denn: Die Anzeige wird zwar nach 12 Dezimalstellen wieder Null, dann sind aber 999 Milliarden Ereignisse gezählt, und jeder Drucker längst hinüber.

- B: Horizontale Auflösung (t): Jeder Punkt und jeder Zwischenraum auf der Linie B ist eine Messung. Von 0 bis 1 sind also 100 Messungen gemacht worden. Bei einem Meßintervall

- C: von 0,2 s entspricht der Abstand 0...1 also einer Zeit von 20 s. Den Tagesbedarf an Papier kann man also getrost in Metern angeben.

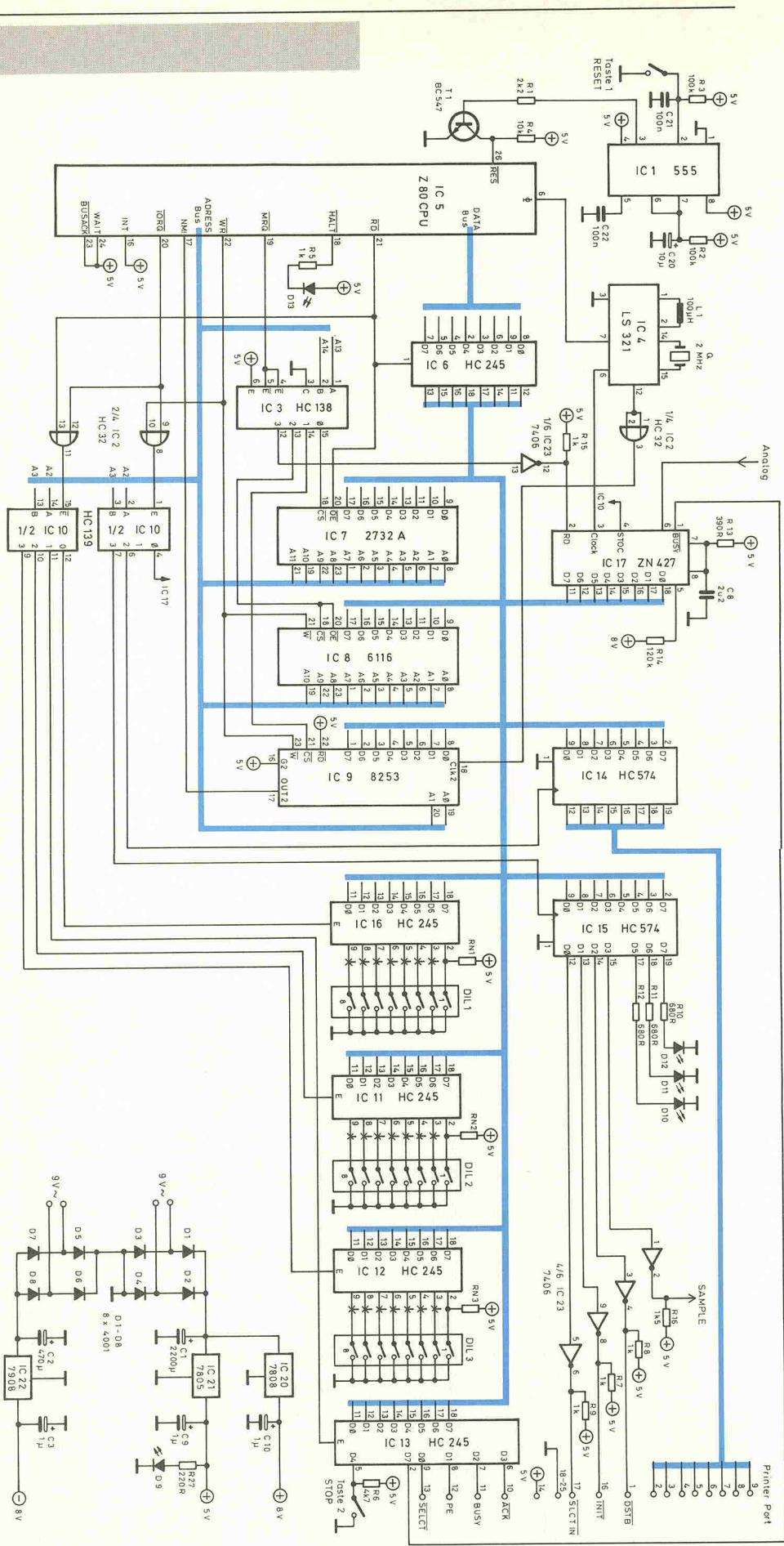
- D: Die vertikale Auflösung (x) beträgt $U_{\text{einmax}}/500$.

- E: Jeder Punkt und jeder Zwischenraum sind $1/500$ der maximalen Meßspanne.

Die Rasterbeschriftung D wird alle 1000 Messungen in das laufende Protokoll als Orientierungshilfe eingebunden. Ist die Messung beendet, wird nochmals diese Zahlenreihe gedruckt und — etwas abgesetzt — die Meldung:

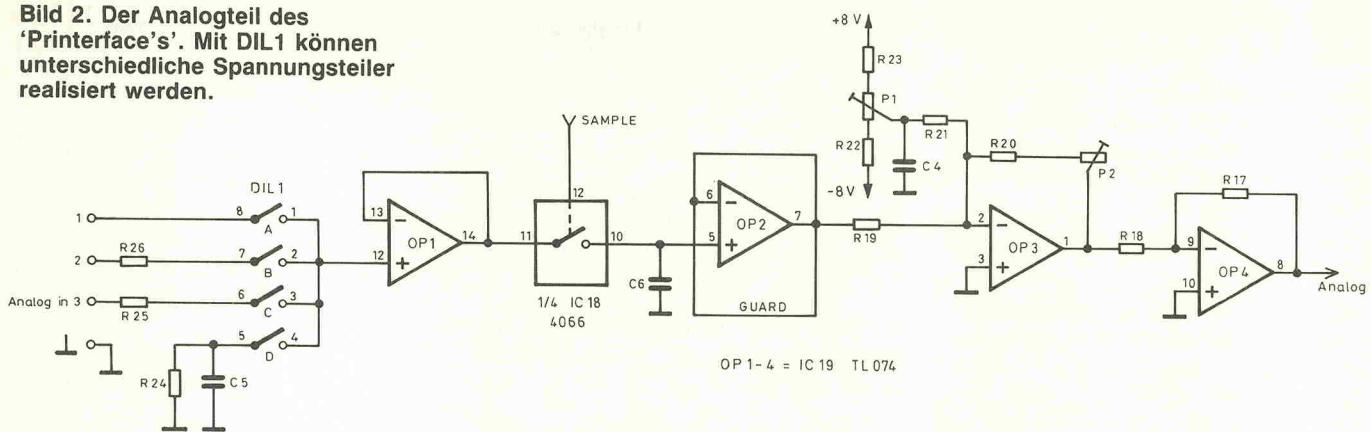
- F: „Messung beendet“ ausgegeben.
- G: Der obere Grenzwert. Wird er überschritten, gibt der Drucker ein akustisches Signal aus. Die Festlegung dieser Schwelle erfolgt mit DIL3. Der 8-Bit-Binärwert lässt eine Einstellung im Zweier-Raster zu.

- H: Die untere Grenzwertschwelle. Auch hier erfolgt eine akustische Meldung. Die Einstellung wird analog zu DIL3 mit DIL2 vorgenommen.



Der Digitalteil des
x/t-Schreiber-Interfaces. Die Soft-
ware im 2732A (IC7) steht fertig
zur Verfügung.

Bild 2. Der Analogteil des 'Printerface's'. Mit DIL1 können unterschiedliche Spannungsteiler realisiert werden.



●I: Die Ansprechschwelle für die Meßwertausgabe. Oft schwanken die Analogwerte von Meßwertaufnehmern in den unteren Bereichen beträchtlich. So ist es für Demonstrationen oder Dokumentationen, bei denen eine gute Lesbarkeit des Protokolls erforderlich ist, sinnvoll, eine Anzeige des Meßwertes erst ab einem bestimmten Betrag als Kurve erscheinen zu lassen. Die Schwelle ist in Zehnerschritten bis 70/500 des Maximalwertes mit DIL1 einstellbar, siehe Tabelle 1.

Einige besondere Darstellungen:

●K: Wird während der Messung eine Änderung an den DIL-Schaltern 1...3 durchgeführt, erscheinen die neuen Parameter zusätzlich an der zeitlich richtigen Stelle im Ausdruck, also zu der Zeit, als sie Gültigkeit erlangten.

●L: Ein Übereinanderschreiben von Hilfslinien ist im Raster noch gut zu erkennen.

Der angeschlossene Drucker kann selbstverständlich bei einer Meßfrequenz von 10 Hz nicht jede zehntel Sekunde einen Meßwert (das heißt eine Zeile) drucken, das macht der beste Drucker nicht mit. Da bei einem Matrix-Drucker mehrere Nadeln untereinander liegen, können zum Beispiel bei einem Neun-Nadel-Drucker in einem Zeilenlauf neun Meßwerte ausgedruckt werden.

Trotzdem brauchen der Drucker und das Printerface einige Zeit zur Datenverarbeitung und zur Kommunikation. Es kann also schon einmal vorkommen, daß es der Drucker nicht schafft, in 0,9 s eine Zeile zu drucken, einen Signalton auszugeben und den Druckkopf zurückzufahren. Das Printerface besitzt zur Umgehung solcher zeitkritischer Situationen einen Puffer-Speicher. Ist der Speicher aber schneller

voll, als dessen Inhalt an den Drucker ausgegeben werden kann, so entsteht ein Überlauf. Der Punkt M zeigt die ausgedruckte Form dieser Situation auf dem Meßschrieb. Das Wort „Überlauf“ und eine eindeutig vom Meßwert zu unterscheidende Spitze erscheinen, zusätzlich wird ein Signalton ausgegeben. Die Meßfrequenz sollte herabgesetzt und die Messung erneut gestartet werden.

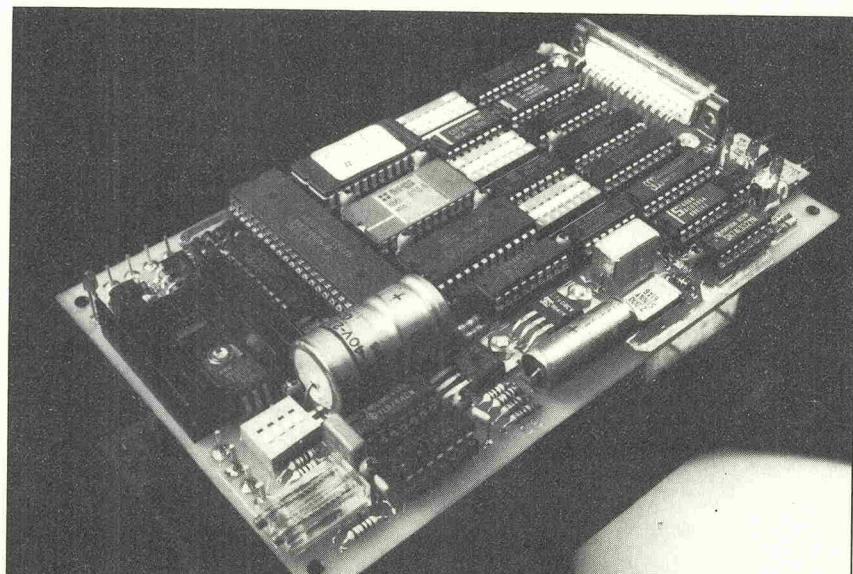
wird. Auch die akustischen Grenzwertmeldungen erscheinen immer erst dann, wenn sie an den Drucker ausgegeben werden. Bei einer Meßfrequenz von 25 Sekunden und einer Speichertiefe von 280 Byte ist etwas Geduld bis zum Ausdruck des ersten Meßwertes erforderlich.

Wie kann nun bei einer Auflösung von acht Bit ein 1/500 Raster zustande kommen, ohne daß einige Werte verlorengehen oder daß geschummelt wird? Man geht von zwei festen Werten aus: Erstens liegt der Wert 0 fest, zweitens die Obergrenze 500. Alle dazwischenliegenden Werte werden interpoliert. Die Rechnung sieht folgendermaßen aus:

Der Eingangsbereich ist 8 Bit, entsprechend 0...255 Meßwertstufen. Dieser Betrag wird mit 2 multipliziert, um dann den Bereich von 0...510 zu erreichen. Dieses jeweilige Ergebnis nennt man A. Den Bereich 0...510 teilt man

Was man schwarz auf weiß besitzt, kann man getrost nach Hause tragen.

Das Vorhandensein des Puffers erklärt auch die Tatsache, daß nie die augenblickliche Eingangsgröße gedruckt



x/t-Schreiber

durch 51 und erhält so eine Spanne von 1...10 — diese nennt man B.

Wenn man nun den aktuellen Wert B vom aktuellen Wert von A subtrahiert, so kommt man auf einen maximalen Betrag von 500, beziehungsweise einen Bereich von 0..500.

Die DIL-Schalter haben folgende Funktionen:

Mit DIL1 werden die Meßintervalle und die Meßschwelle eingestellt (Schalterstellungen siehe Tabelle 1). Steht Schalter 8 auf EIN, wird nach dem Einschalten eine Bedienungsanleitung ausgedruckt.

DIL2 dient zur Einstellung des unteren Grenzwertes. DIL3 ist das dem DIL2

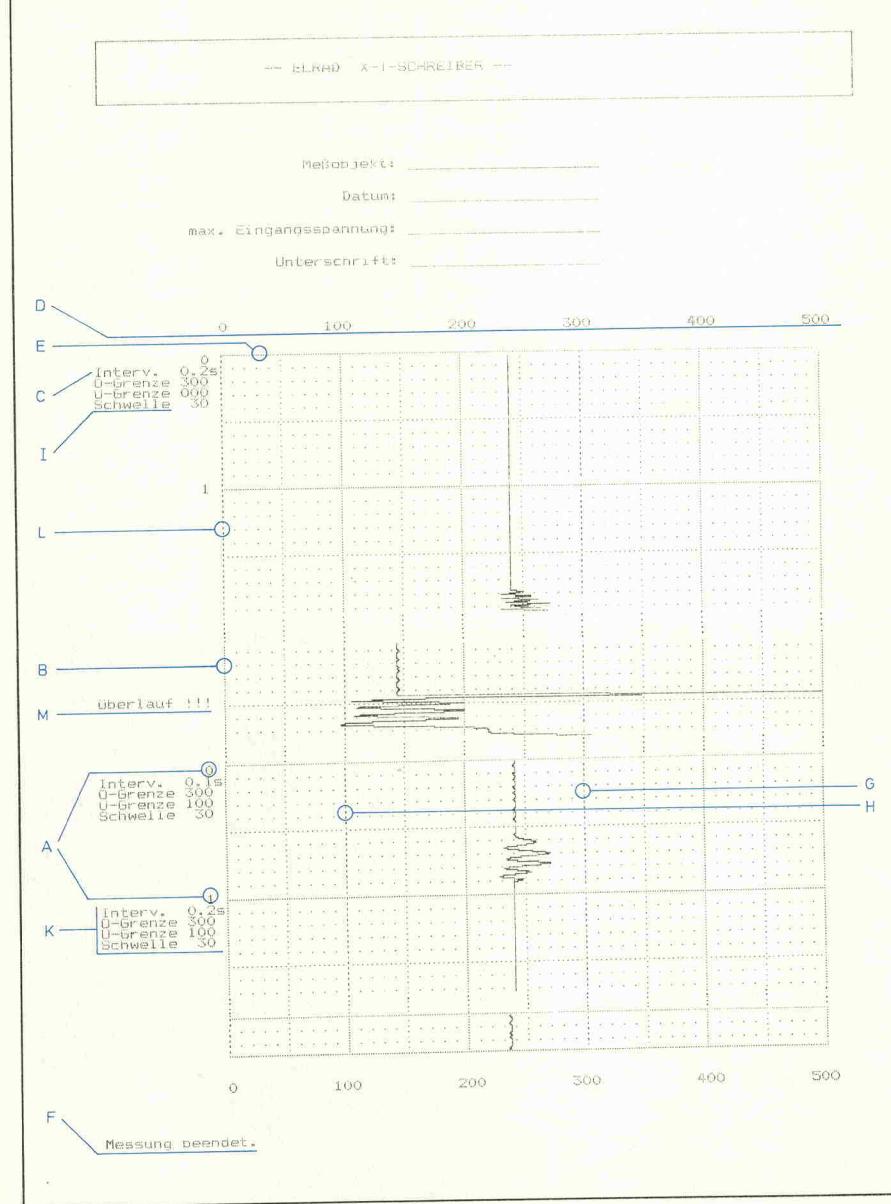
entsprechende Einstellelement für den oberen Grenzwert.

Die Leuchtdioden D10...D12 visualisieren folgende „Printerface“-Zustände:

— D10: Untere Grenzwertschwelle überschritten. Die LED leuchtet erst, wenn der entsprechende Meßwert an den Drucker übergeben wird.

— D11: Diese Leuchtdiode zeigt die Signalüberschreitung für den oberen Grenzwert an.

— D12: hat zwei Funktionen. Sie blinkt, wenn die Messung beendet ist, und leuchtet konstant, sobald der Pufferspeicher übergelaufen ist.



| Einstellung des Meßintervalls: DIL1, Schalter 1...4 | | | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Zeit zwischen zwei Messungen [s]. | Schalterstellung | | | | | | | |
| | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 0,1 | X | X | X | X | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,2 | X | X | X | X | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0,3 | X | X | X | X | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0,4 | X | X | X | X | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | X | X | X | X | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | X | X | X | X | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | X | X | X | X | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | X | X | X | X | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | X | X | X | X | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | X | X | X | X | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7,5 | X | X | X | X | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | X | X | X | X | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12,5 | X | X | X | X | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | X | X | X | X | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 20 | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 25 | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Einstellung der Meßschwelle: DIL1, Schalter 5...7 | | | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Meßschwelle [bezogen auf Skalierung] | Schalterstellung | | | | | | | |
| | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 0 | X | 1 | 1 | 1 | X | X | X | X |
| 10 | X | 1 | 1 | 0 | X | X | X | X |
| 20 | X | 1 | 0 | 1 | X | X | X | X |
| 30 | X | 1 | 0 | 0 | X | X | X | X |
| 40 | X | 0 | 1 | 1 | X | X | X | X |
| 50 | X | 0 | 1 | 0 | X | X | X | X |
| 60 | X | 0 | 0 | 1 | X | X | X | X |
| 70 | X | 0 | 0 | 0 | X | X | X | X |

Ausdruck einer Bedienungsanleitung
beim Einschalten: DIL 1, Schalter 8 = 1

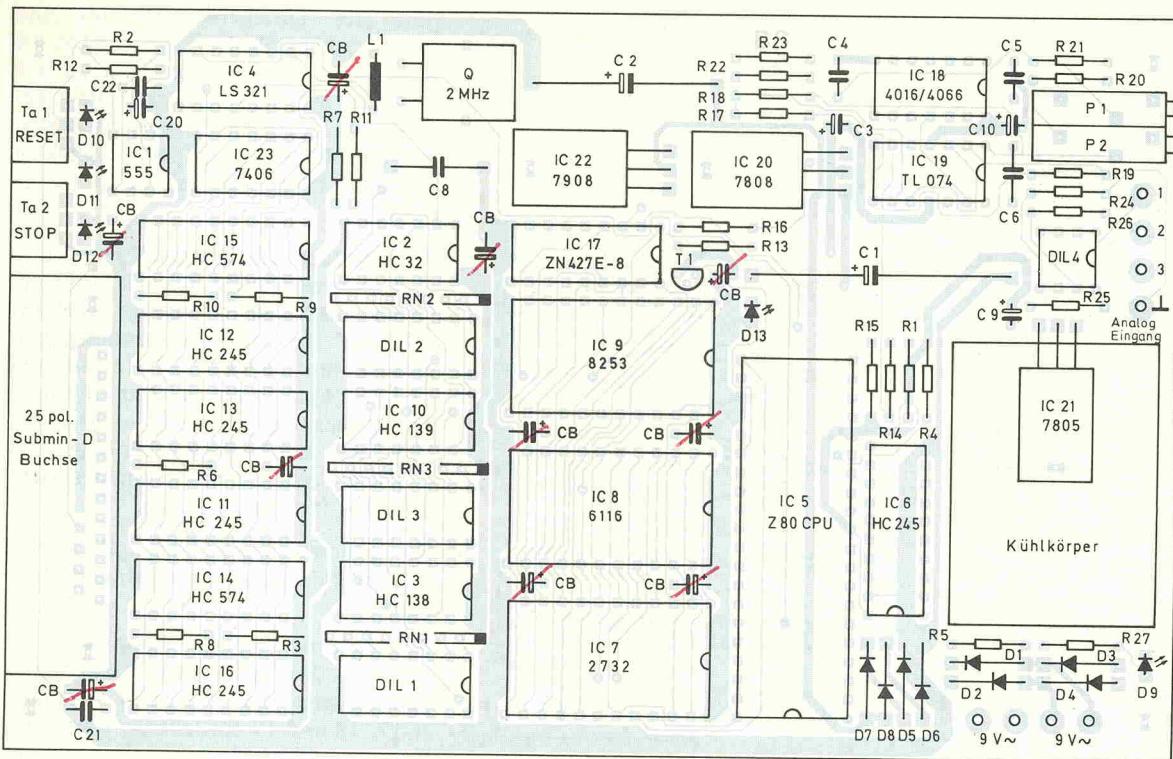
Tabelle 1. Mit DIL1 werden die Meßintervalle und die Meßschwellen eingestellt. Schalter 8 ermöglicht den Ausdruck einer Bedienungsanleitung.

Nach Einschalten des „Printerface's“ oder nach Betätigung des Resetasters Ta1 wird ein Protokollkopf ausgedruckt. Eine Betätigung von Ta2 löst die eigentlichen Messung aus, erneutes Betätigen stoppt den Meßvorgang. Nachdem alle Werte ausgedruckt sind, wird die Meldung „Messung beendet“ ausgegeben.

Das komplette „Printerface“ ist mit allen Anschlüssen und Bedienelementen

Bild 3. Die Bedeutungen der markierten Punkte des Meßschreibes werden im Text erläutert.

CB



Stückliste

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| Halbleiter | |
| IC 1 | 555 |
| IC 2 | 74 HC 32 |
| IC 3 | 74 HC 138 |
| IC 4 | LS 321 |
| IC 5 | Z 80 CPU |
| IC 6,11, 12,13,16 | 74 HC 245 |
| IC 7 | 2732 EPROM mit Software 'Printerface' |
| IC 8 | 6116 2k CMOS-RAM |
| IC 9 | 8253 CTC |
| IC 10 | 74 LS 139 |
| IC 14,15 | 74 HC 574 |
| IC 17 | ZN 427E-8 |
| IC 18 | CD 4016, CD 4066 |
| IC 19 | TL 074 |
| IC 20 | 7808 |
| IC 21 | 7805 |
| IC 22 | 7908 |
| IC 23 | 7406 |
| D1...8 | 4001 o.ä. |
| D9...13 | LED, 3mm, rot |
| T1 | BC 547 o.ä. |

Widerstände (alle 5%, 1/4 W, wenn nicht anders angegeben)

| | |
|-------------|---------------------|
| R1 | 2,2k |
| R2,3 | 100k |
| R4 | 10k |
| R5,7,8,9,15 | 1k |
| R6 | 4,7k |
| R10,11,12 | 680R |
| R13 | 390R |
| R14 | 120k |
| R16 | 1k5 |
| R17,18,19, | |
| 24,25 | 10k Metallfilm, 1% |
| R20 | 8,2k Metallfilm, 1% |
| R21 | 100k Metallfilm, 1% |
| R22,23 | 22k Metallfilm, 1% |
| R26 | 20k Metallfilm, 1% |

| | |
|--|---------------------------------------|
| R27 | 220R |
| Array 1,2,3 | 4,7...10k x 8 |
| P1 | 20k Metallfilm Spindel-trimmer |
| P2 | 5k Metallfilm Spindel-trimmer |
| Kondensatoren | |
| C1 | 2200µF, 16V, liegend, RM 35mm |
| C2 | 470µF, 16V, liegend, RM 25mm |
| C3,9,10 | 1µF, 16V, Tantal |
| C4,12,18,21,22 | 100nF, RM 2,5mm |
| C5,16,19 | 100nF, RM 7,5mm |
| C6 | 10nF, RM 7,5mm, sehr gute Qualität |
| C7 | 2,2µF, bipolar |
| C20 | 10µF, 10V, stehend |
| CB | 10 Stück 1µF, 16V, Tantal |
| Sonstiges: | |
| DIL1...3 | 8fach DIL-Schalter |
| DIL 4 | 4fach DIL-Schalter |
| L1 | 100µH RM 7,5mm |
| Q | Quarz, 2MHz, RM 5mm |
| 2 Taster, Knitter AF1 | |
| 1 Netzschalter | |
| 1 Kühlkörper SK09, 37,5 mm lang, Fischer | |
| 1 Trafo 2 x 9V 10VA | |
| 1 Sub-D-25-W Buchsenleiste für Printmontage mit Halbewinkel | |
| 1 8pin DIL-Fassung | |
| 4 14pin DIL-Fassungen | |
| 3 16pin DIL-Fassungen | |
| 1 18pin DIL-Fassung | |
| 7 20pin DIL-Fassungen | |
| 3 24pin DIL-Fassungen | |
| 3 34pin DIL-Fassungen | |

— eine Ausnahme ist nur der Netztrafo — auf einer doppelseitigen Platine im Europakartenformat aufgebaut. Das Interface besteht aus zwei Funktionsblöcken: dem Analog- und dem μ P-gesteuerten Digitalteil.

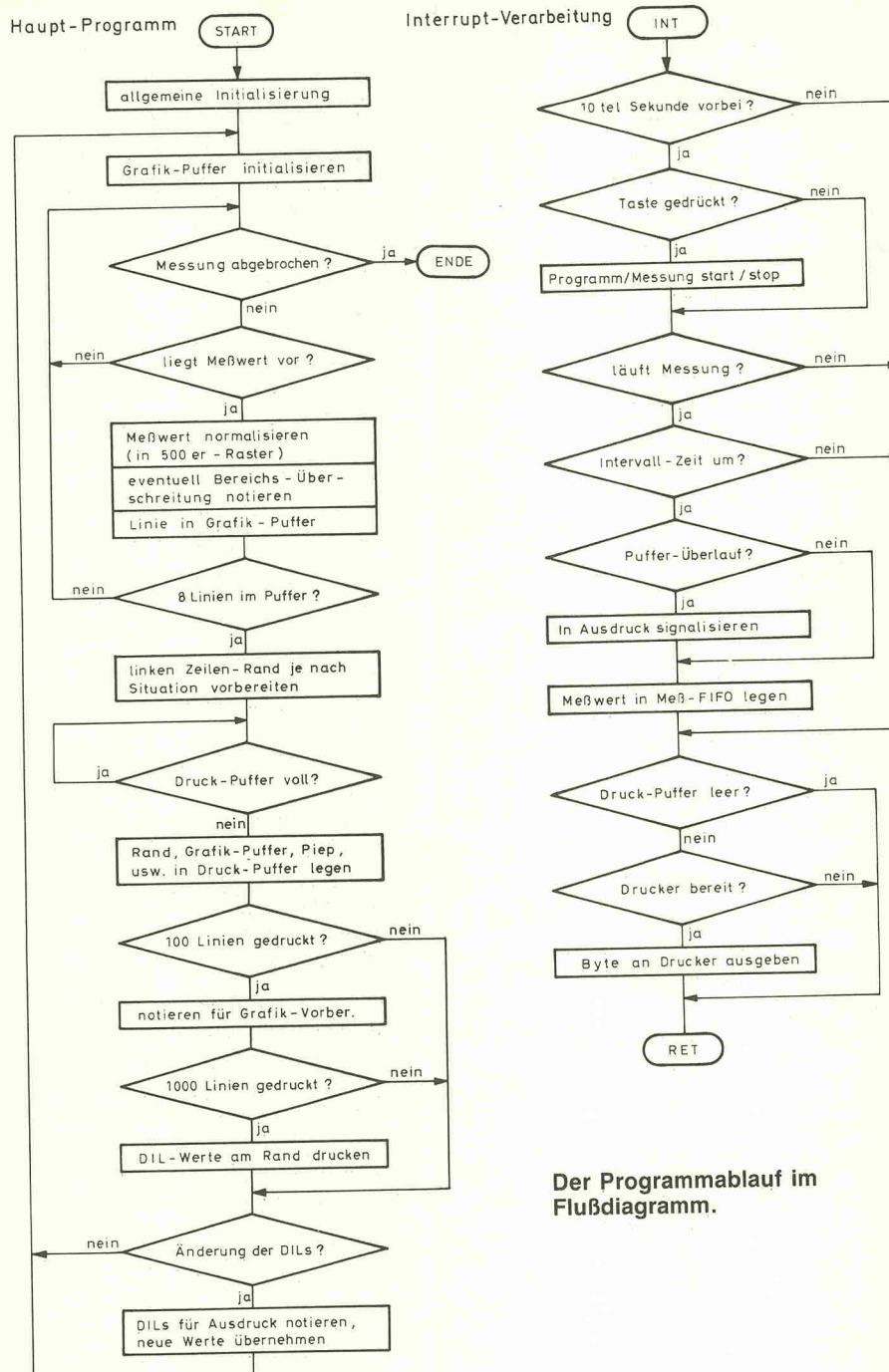
Die Eingangsschaltung für die Analogsignale wird im wesentlichen von IC19 (TL 074) gebildet. OP1 und OP2 bilden zusammen mit einem Schalter des IC18 (4066) und dem Halte-Kondensator C6 die Sample-and-Hold-Stufe. OP3 verstärkt das Signal und addiert eine einstellbare Gleichspannung (Offsetabgleich P1); P2 dient zur Einstellung der Verstärkung. OP4 arbeitet mit dem Verstärkungsfaktor 1.

Der Analog-Digital-Wandler IC17 (ZN 427) arbeitet nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation. Er benötigt neun Taktzyklen für eine Wandlerung, das sind $18 \mu\text{s}$. Die Spannungsreferenz befindet sich auf dem Chip.

Die Beschreibung des μ P-Teils beginnt naturgemäß mit dem „wichtigsten“ Signal in Schaltungen dieser Art: dem Reset-Impuls. Mit IC1 und T1 wird ein definierter Power-On-Reset erzeugt, beziehungsweise mit T1 ein Neu-Start in die Wege geleitet.

Die Bereitstellung des Systemtaktes (2 MHz) und des Taktes für den A/D-Wandler (500 kHz) gewährleistet

xt-Schreiber



Der Programmablauf im
Flußdiagramm.

IC4 (LS 321), ein quarzgesteuerter Oszillator mit Teilerausgängen (f/2 und f/4). Die Induktivität der Spule ist relativ unkritisch. Für Grundwellenquarze kann die Induktivität zwischen 50 µH und 150 µH liegen.

Über die Bus-Leitungstreiber HC 245 (IC11, 12 und 16) werden die Stellungen der DIL-Schalter DIL1...3 eingelesen. Die Adressen dieser Puffer und

die Adresse des IC13 — hier stehen die Melde-Signale des Druckers (:üaACK:üe, BUSY, PE, :üaSELCT:üe), die „Beschäftigt“-Meldung (BUSY) des A/D-Wandlers und der Start/Stopp-Impuls an — werden von einem Dekoder in IC10 (HC 139) aus den Adresssignalen A2 und A3 dekodiert. Der zweite Dekoderblock dieses ICs bedient den A/D-Wandler (STOC), IC14 (Latches für den Daten-

port der Druckerschnittstelle) und IC15 (Latches für die Status-LEDs, die Steuersignale des Centronics-Ports und des Sample-Impulses). Die Centronics-Schnittstelle fordert Steuerleitungen, die einen offenen Kollektor besitzen. Dies wird mit IC23 (7406) realisiert.

Im Speicher-Adressbereich (A13 und A14, Adressdecoder IC3: HC 138) befinden sich neben dem EPROM (2732A) für das Anwendungsprogramm und einem 2 kByte S-RAM (IC8, 6116) auch der programmierbare Timer-Baustein CTC 8253 — in dieser Schaltung als Frequenzteiler eingesetzt — der die zeitliche Steuerung des Meßablaufes fest im Griff hat.

Die Inbetriebnahme des „Printerface's“ sollte folgendermaßen vonstatten gehen:

Bei noch nicht eingesteckten ICs wird als erstes das Netzteil auf die richtigen Spannungen hin überprüft. Danach IC17, 18 und 19 einstecken. Den Analogeingang 1 nach Masse kurzschließen und den DIL1-Schalter „A“ auf EIN stellen. Mit P1 die Spannung an Pin 1 von IC19 auf 0,00 V einstellen. Als nächstes die Masseverbindung vom Analogeingang 1 entfernen und stattdessen diesen Punkt mit Pin 7 von IC17 (Referenzspannung) verbinden. Mit P2 die Spannung an Pin 1 von IC19 auf +2,55 V abgleichen. Nicht vergessen, die Leitung zu entfernen!

Nun können die restlichen ICs eingesetzt werden. Bei IC9 ist an Pin 17 eine Frequenz von 1000 Hz messbar. Ein 2-MHz-Signal steht an Pin 6 des Z80.

In erster Linie wird der Einsatz des Printerface's dort liegen, wo über lange Zeit eine analoge Größe protokolliert werden muß. Mit einer kleinen Zusatzschaltung, bestehend aus Verstärker und Tiefpaßfilter, kann mit einem Mikrofon ein Schallpegel überwacht werden. Ungezählte Anwendungen sind in verschiedenen Labors gegeben, in denen alle möglichen Meßwerte aufzuzeichnen sind (pH-Wert, Druck, Drehzahl, optische oder seismische Größen). Auch zur Demonstration und Schulung läßt sich das Printerface sehr gut einsetzen. Man denke hier an das Aufnehmen von Halbleiterkennlinien und R/C-Ladekurven. Ungeeignet ist das Printerface allerdings für Messungen in der Medizintechnik: Hier gelten andere Genauigkeits- und Sicherheitskriterien. □

Fehlverhalten

Korrektur von Meßwerten

Werner Prühs

Der direkte Zusammenhang zwischen Messen und der Produktion von Stalldung (Mist) ist ein allgemeingültiges Gesetz der Meßtechnik. Infolge zunehmender Automatisierung und der damit zusammenhängenden Erfassung erheblicher Mengen von Prozeßgrößen nimmt dieses Gesetz respektive seine geflissentliche Beachtung einen immer größeren Stellenwert ein. Verschärft wird die Situation zusätzlich durch den Trend hin zur kleinen (Meß-)Größe (Promill, femto, ppm). Die Kenntnis um die Fehlerquellen ist schon der halbe Weg, sie zu beseitigen.

durch ein Normal ermittelt. Die Korrekturgröße, auch Korrektion oder Berichtigung genannt, hat den gleichen Betrag wie der Fehler, allerdings mit umgekehrtem Vorzeichen.

$$K = W - A$$

K: Korrektion

Damit ist der richtige Meßwert die Summe von angezeigtem Meßwert und Korrektion.

Der Fehler ist das Ergebnis verschiedener Störeinflüsse, die in Bild 1 schematisch dargestellt sind. Die zu messende Größe wird von einem Sensor in ein elektrisches Ausgangssignal transformiert, in einem Empfänger aufbereitet und zur Anzeige gebracht. Dabei kann zunächst die Meßgröße selbst durch die physikalischen Eigenchaften des Sensors beeinflußt werden. So wird sich zum Beispiel bei Temperaturmessungen ein thermisches Gleichgewicht zwischen der Temperatur des Fühlers und des zu messenden Mediums einstellen. Bei Spannungsmessungen wird die Quelle durch die Leistungsaufnahme des Meßgerätes belastet. Derartige Rückwirkungen vom Sensor auf die Meßgröße lassen sich häufig durch konstruktive Maßnahmen (geringe

nierende Einflüsse entstehen beispielsweise durch Störspannungen, die sich dem Meßsignal überlagern. Der sich verschiebende Nullpunkt eines Anzeigegerätes kann ebenfalls als superponierende Störung bezeichnet werden. Der so verursachte Fehler ist unabhängig vom Meßsignal und läßt sich nur durch konstruktive Maßnahmen wie Schirmung oder Auswahl geeigneter Anzeigegeräte auf ein vernachlässigbares Maß reduzieren.

Deformierende äußere Störungen beeinflussen das Übertragungsverhalten der Meßeinrichtung. Hier ist der Meßfehler von der Größe und vom zeitlichen Verlauf des zu ermittelnden Meßwertes abhängig. Derartige Meßfehler lassen sich unter Umständen korrigieren. Rückwirkungen vom Empfänger auf den Sensor durch Belastung des Ausgangssignals sind bei den heute auf dem Markt befindlichen Impedanzwandlern bei den allermeisten Anwendungen kaum noch von Bedeutung.

Das Ausgangssignal eines Sensors steht in mathematischer Beziehung zum Eingangssignal. Bei der Messung konstanter Eingangsgrößen steht für das Übertragungsverhalten eine Konstante. Bei zeitlich variablen Meßgrößen wird das Übertragungsverhalten durch eine Differentialgleichung beschrieben. Es entsteht ein Meßfehler, der vom zeitlichen Verlauf der Eingangsgröße abhängig ist. Ein vielzitiertes Beispiel

hierfür ist die Temperaturmessung. Bedingt durch die Trägheit des Fühlers eilt der Meßwert der tatsächlichen Temperatur nach. In vielen Fällen kann man einen Sensor angenähert als Verzögerungsglied erster Ordnung betrachten. Die Hersteller geben dann das Übertragungsverhalten als Dämpfung an. Ist die Dämpfung bekannt, so läßt sich diese wenn nötig softwaremäßig korrigieren.

Ändert sich ein Meßwert einmal von einem kleineren und einmal von einem größeren Meßwert ausgehend auf eine konstante Größe und werden hierbei unterschiedliche Werte gemessen, so spricht man von einem Hystereseffekt (Bild 2). Dieser kann zum Beispiel durch ferromagnetische Materialien hervorgerufen werden. Dabei ist zu beachten, daß die Umkehrspanne von der Vorgeschichte, das heißt vom Umkehrpunkt des Meßwertes, abhängt. Auch mechanische Komponenten können Hystereseeinflüsse hervorrufen. Eine über längere Zeit gespannte Feder kehrt nicht mehr exakt in ihre frühere Ruhelage zurück. Es entsteht eine Differenz, die von der Dauer und vom Betrag der Belastung abhängig ist.

Sollen Meßwerte mit Hilfe der EDV weiterverarbeitet werden, müssen sie digitalisiert werden. Entgegen der weitverbreiteten Annahme sind digitalisierte Meßwerte noch lange nicht genau. Abgesehen von allen Meßfehlern eines Sensors liegt auch

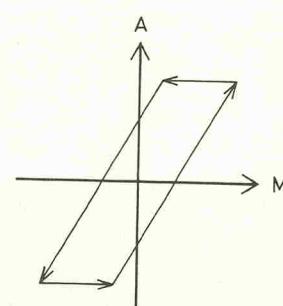
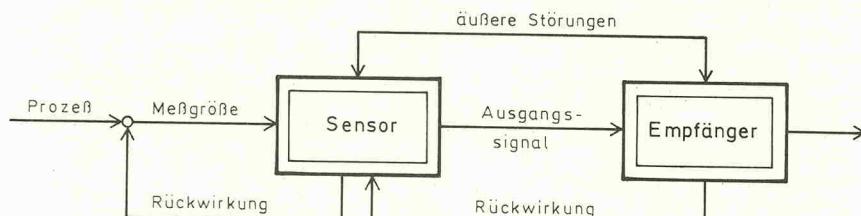


Bild 1. Störeinflüsse auf einer Meßstrecke.

In der DIN 1319 ist der Begriff Fehler als Differenz zwischen angezeigtem Wert und wahren Wert beschrieben.

$F = A - W$

F: Fehler

A: Angezeigter Wert

W: Wahrer Wert

Der wahre Wert ist derjenige, welcher durch ein fehlerfreies Meßgerät angezeigt werden würde. In der Praxis wird dieser Wert durch ein Meßgerät höchster Genauigkeit oder

Masse bei Temperatursensoren, hoher Innenwiderstand bei Spannungsmessern) auf ein vernachlässigbares Maß reduzieren.

Äußere Störungen wirken sowohl auf den Sensor als auch auf den Empfänger. Hier unterscheidet man superponierende (überlagernde) und deformierende Störungen. Superpo-

Meßdatenerfassung

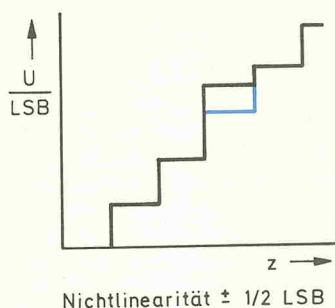


Bild 3. Linearitätsfehler bei der A/D-Wandlung.

in der Analog-Digitalwandlung eine nicht unerhebliche Fehlerquelle. Aus einem 12-Bit-Wandler kann bei Berücksichtigung aller Fehlerquellen leicht ein 10-Bit-Wandler werden.

Man unterscheidet auch hier statische und dynamische Fehler. Während sich Nullpunkt und Verstärkungsfehler abgleichen lassen und vom Hersteller abgeglichen sein sollten — worauf man sich keineswegs verlassen kann — ist man gegen Linearitätsfehler machtlos. Die Nichtlinearität gibt an, um wieviel eine Stufe im ungünstigsten Falle größer oder kleiner als 1 LSB (Least Significant Bit) ist. Bild 3 zeigt je einen Analog-Digitalwandler mit einer Nichtlinearität von ± 1 LSB und $\pm 1,5$ LSB. Bei einem Linearitätsfehler größer 1 LSB spricht man von einem Monotoniefehler. Ein A/D-Wandler mit einem so schwerwiegenden Fehler ist für digitale Regelungen nicht einsetzbar. Wenn anstatt eines steigenden Eingangssignals ein fallendes erfaßt wird und der Stellwert entsprechend falsch berechnet wird, kommt ein Regelkreis zwangsläufig ins Schwingen. Die meisten A/D-Wandler sind so ausgelegt, daß ihre Nichtlinearität $\pm 0,5$ LSB nicht übersteigt, da sonst das niedrigste Bit wertlos wird. Bild 4 zeigt den Einfluß von Linearitäts-, Verstärkungs- und Offsetfehler auf die ideale Kennlinie eines Analog-Digitalwandlers.

Bei der Digitalisierung wird das Meßsignal durch eine Reihe von Momentanwerten beschrieben, Informationen zwischen den Stützstellen gehen verloren. Die Abtastzeit wird zum einen durch die Erfassungshardware — Einstellung der Abtast-Halte-Glieder des Multiplexers und des Verstär-

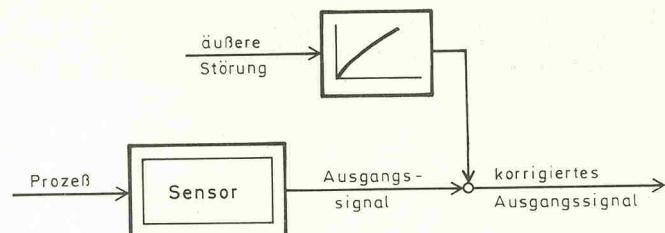
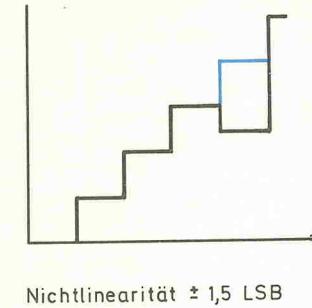
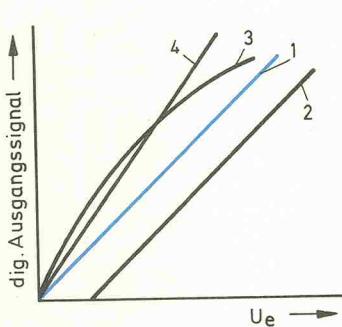


Bild 5. Korrektur einer deformierenden äußeren Störung.



- 1) ideale Kennlinie
- 2) Offsetfehler
- 3) Linearitätsfehler
- 4) Verstärkungsfehler

Bild 4.
Einflüsse auf
die ideale
Kennlinie
eines
A/D-Wandlers.

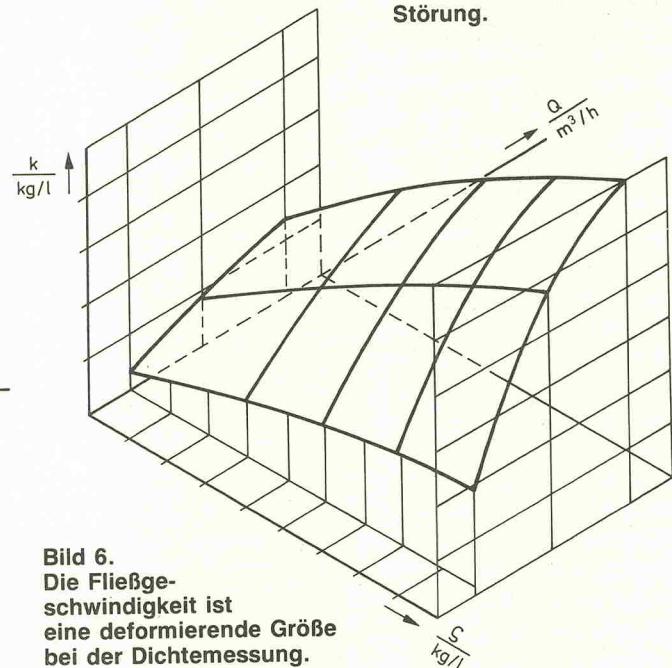


Bild 6.
Die Fließge-
schwindigkeit ist
eine deformierende Größe
bei der Dichtemessung.

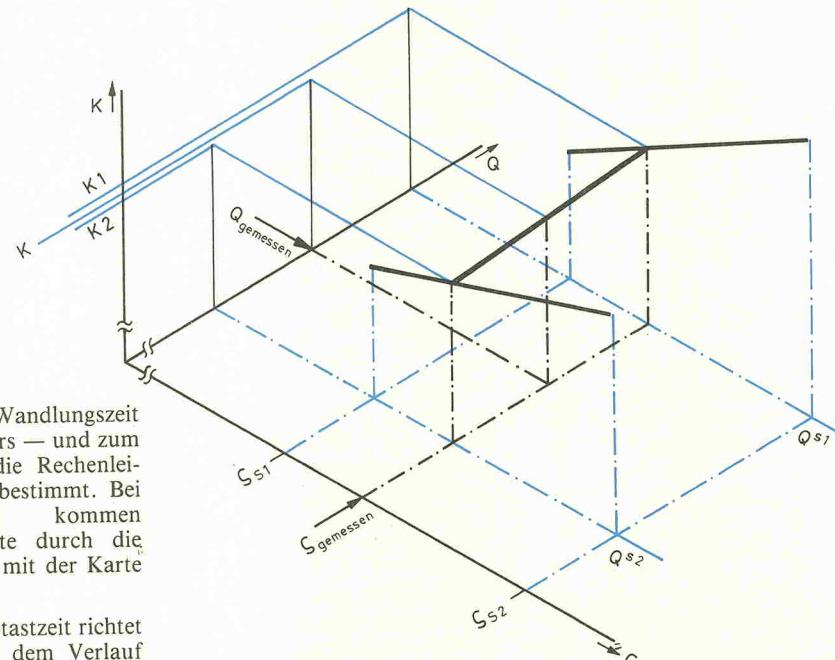


Bild 7. Ermittlung der
Korrekturwerte (k).

Abtastfrequenz $f_a = 1/T_0$. Hierbei geht man davon aus, daß ein periodischer Signalverlauf $U_1(t)$ mit Hilfe von ideal hohen Impulsen, sogenannten 'Diracs', in $U_2(t)$ transformiert wird, woraus $U_m(t)$ entsteht. Das führt im Spektralbereich dazu, daß sich das Spektrum $U_1(t)$ um die Abtastfrequenz faltet und die beiden Spektralhälften in der Mitte spiegelbildlich aneinanderstoßen. Die Abtastfrequenz muß hoch genug gewählt werden, um zu vermeiden, daß sich periodisch wiederkehrende Spektren in der Mitte überlappen. Das Spektrum der Eingangsspannung muß auf $f_a/2$ bandbegrenzt werden. Dieses läßt sich durch einen Eingangstiefpass erzwingen. Setzt man ein ideal steilflankiges Tiefpassfilter voraus, würden zwei Abtastwerte pro Periode ausreichen, um das Eingangssignal zu rekonstruieren. Da es ein solches Filter in der Praxis nicht gibt, wählt man die Abtastfrequenz immer größer als das Doppelte der höchsten vorkommenden (nicht der höchsten interessierenden) Eingangssignalfrequenz ($f_a \geq 2 \times f_{\max}$).

Zurückgewinnen läßt sich das Eingangssignal, indem man aus den Abtastwerten eine Folge von Dirac-Impulsen erzeugt und diese in ein ideales Tiefpassfilter mit $f_{\text{grenz}} = f_{\max}$ gibt. Wählt man die Abtastfrequenz niedriger als nach dem Abtast-Theorem vorgeschrieben, entstehen Spektralanteile mit einer Differenzfrequenz $f_a - f < f_{\max}$, die vom Tiefpassfilter nicht unterdrückt werden und sich als Schwebung äußern (Aliasing). Da von der Anwenderseite kein Einfluß auf die Dimensionierung des Tiefpassfilters der Erfassungseinheit besteht, ist man bei der Wahl der Abtastfrequenz auf Herstellerangaben angewiesen. Hier ist allerdings Vorsicht geboten, da teilweise nur die Wandlungszeiten der A/D-Wandler angegeben werden und oftmals Tiefpassfilter gar nicht vorhanden sind.

Literatur:

DIN 1319, Blatt 3, Grundbegriffe der Meßtechnik. Begriffe für Fehler beim Messen.

Handbuch der industriellen Meßtechnik, Vulkan-Verlag Essen.

Meßwertkorrektur

Eine deformierende äußere Störung läßt sich korrigieren:

- wenn ihr Einfluß reproduzierbar ist,
- die Störgröße bekannt und messbar ist.

Bei der Dichtebestimmung fließender Medien äußert sich bei verschiedenen Meßverfahren die Fließgeschwindigkeit als deformierende äußere Störung. Diese läßt sich im statischen Betrieb softwaremäßig korrigieren (Bild 5). Bei Durchflußschwankungen sind Korrekturen wegen des unterschiedlichen Zeitverhaltens von Durchfluß- und Dichtesensor problematisch. Der Dichtesensor wird bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten gegen eine Referenz (oder mit Medien bekannter Dichte) durchgemessen. Bild 6 zeigt die Korrektion des Sensors bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten. Mit Hilfe des abgedruckten Programms läßt sich der Sensor auf annähernd die Genauigkeit der Referenz korrigieren.

Die Durchflußreferenzen, Dichtewerte und die Korrektion sind in Arrays abgespeichert. In diesem Beispiel sind diese Größen Bestandteil des Source Codes, in der Praxis werden die Arrays natürlich aus einer Datei geladen.

Das Hauptprogramm läuft in einer Endlosschleife. Wegen der Vielzahl unterschiedlicher Analogeingabeschnittstellen ist eine Verallgemeinerung der Eingabeprozedur nicht möglich. Die Momentanwerte für Dichte und Fließgeschwindigkeit werden daher in diesem Beispiel von der Tastatur eingelesen. Anschließend wird die tatsächliche Dichte in der Funktion 'korrekt' berechnet. Die Funktion 'data_to_file' speichert die Werte auf der Festplatte ab.

Die Berechnung der Korrektion erfolgt durch lineare Interpolation zwischen den Werten $q_s2 > q_{\text{ist}}$ und $q_{\text{ist}} < q_{\text{ist}}$ auf den Kennlinien

$Q_s2 < Q_{\text{ist}}$ und $Q_{\text{ist}} > Q_{\text{ist}}$ (Bild 7). Dadurch werden zwei Korrekturwerte K_1 und K_2 bestimmt, aus denen durch lineare Interpolation zwischen den Kennlinien Q_{ist} und Q_{ist} die tatsächliche Korrektur bestimmt wird. Dabei wird die eigentliche lineare Interpolation von der Funktion 'lin_int' durchgeführt.

Die Meßwerte werden in einem definierten Datenformat (Funktion 'data_to_file') auf Platte oder Diskette abgespeichert. Das gewählte Datenformat läßt eine übersichtliche Ausgabe des Dateinhaltens ohne wei-

tere Hilfsprogramme zu. Die Datei wird mit Hilfe der Funktion 'try_open' geöffnet, wodurch eine qualifizierte Fehlerbehandlung gewährleistet wird. Dieses ist notwendig, da Programme wie diese meist unter Multi-Tasking Betriebssystemen laufen. Die Funktion 'get_time' returniert Datum und Uhrzeit in das für die Datei gewünschte Format.

Alle auftretenden Fehler werden, soweit sie abgefangen sind, mit Datum und Uhrzeit zur Anzeige gebracht (Funktion 'fehler'). In Abhängigkeit vom Status einer Steuervariablen wird das Programm entweder abgebrochen oder fortgesetzt.

```
/*
 * TKORR.C
 * Korrektur der deformierenden thermischen äußeren Störungen
 * eines Dichtesensors
 * Die Korrekturkennlinien sind 'fix' im Source Code eingegeben
 * in der Praxis werden diese aus einer Datei geladen
 */
/*
 * Autor : W.Prühs
 * Ersteingabe : 26.02.88
 */
/*
 * TKORR.C
 * Korrektur der deformierenden thermischen äußeren Störungen
 * eines Dichtesensors
 * Die Korrekturkennlinien sind 'fix' im Source Code eingegeben
 * in der Praxis werden diese aus einer Datei geladen
 */
/*
 * #include <stdio.h>
 * #include <math.h>
 * #include <time.h>
 * #include <errno.h>
 *
 * #define f_werte 5
 * #define d_werte 10
 * #define k_werte f_werte*d_werte
 */
/*
 * #include <errno.h>
 * #include <math.h>
 * #include <time.h>
 * #include <errno.h>
 *
 * extern int errno;
 * float korrekt();
 * float lin_int();
 *
 * main() /* des Prozesses 'tkorr' */
 {
 static float flow[f_werte] = {10,20,30,40,50}; /* Flussreferenzen */
 static float rho[d_werte] = {0.,1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.}; /* Dichtewerte */
 static float korrektur[k_werte] = {-.005,-.01,-.011,-.012,-.015,-.016,
 -.015,-.014,-.013,-.012,
 .005,.008,.011,.013,.017,.019,.02,
 .022,.023,.022,
 .01,.016,.021,.027,.032,.037,.04,
 .042,.045,.048,
 .018,.025,.032,.04,.047,.052,.058,
 .062,.068,.07,
 .025,.032,.042,.051,.061,.07,.078,
 .085,.091,.098};
 float wahr_rho;
 double ist_rho,ist_flow;
 char *line[10];
 for(;;)
 {
 printf("%s", " Istwert Dichte : ");
 ist_rho = atof(gets(line));
 printf("%s", " Istwert Fluss : ");
 ist_flow = atof(gets(line));
 wahr_rho = korrekt(ist_rho,ist_flow,&korrektur[0],ist_rho);
 printf("%s\n", " Wahre Dichte : ",wahr_rho);
 data_to_file(ist_flow,ist_rho,wahr_rho);
 }
 */
 /*
 * korrekt()
 * Berechnung des 'wahren' Dichtewertes
 * Parameterübergabe : 1. Pointer auf Flussreferenzen
 * 2. " auf Dichtewerte
 * 3. " auf Korrekturwerte
 */

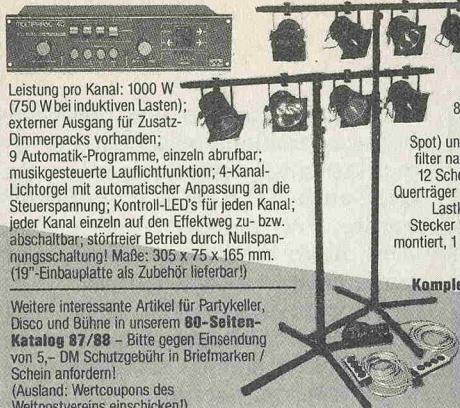
```

```

/*
 4. aktueller Fluss
 5. aktuelle Dichte
*/
float korrekt(flow,rho,korrektur,ist_flow,ist_rho)
float *flow,*rho,*korrektur;
float ist_flow,ist_rho;
{
int i,j,k;
float ko[3];
if(*flow < ist_flow)
{
i = 0;
while((ist_flow) * (flow+i)) && (++i < f_werte))
{
if((i == (f_werte-1)) && (ist_flow) * (flow+i))
fehler("Fluss zu hoch",0);
}
else
fehler("Fluss zu tief",0);
/* Somit liegt der Durchfluss zwischen den Werten *flow+i und
/* *flow+(i-1). Die Korrekturwerte beginnen dann an der Position
/* i * d_werte für *flow+i und (i-1) * d_werte für *flow+(i-1)
*/
if(*rho < ist_rho)
{
j = 0;
while((ist_rho) * (rho+j)) && (++j < d_werte))
{
if((j == (d_werte-1)) && (ist_rho) * (rho+j))
fehler("Dichte zu hoch",0);
}
else
fehler("Dichte zu tief",0);
/* Somit liegen die Korrekturwerte im Korrekturfeld zwischen den
/* Positionen i * d_werte + j und i * d_werte + j-1 für Q > ist_flow
/* sowie (i-1) * d_werte + j und (i-1) * d_werte + j-1
/* für Q (ist_flow
for(k = 0; k < 2; ++k)
{
ko[k] = lin_int(*korrektur+i*d_werte+j,
*(korrektur+i*d_werte+j-1),*(rho+j-1),*(rho+j),ist_rho);
--i;
}
/* ko[0] ist der Korrekturwert für t = ist_flow und ko[1] der für
/* t < ist_flow der tatsächliche Korrekturwert ist dann :
++i;
ko[2] = lin_int(ko[0],ko[1],*(flow+i),*(flow+i+1),ist_flow);
return(ist_rho+ko[2]);
}
*/
lin_int()
/*
Lineare Interpolation
Retuniere den y - Wert der sich durch lineare Interpolation
der Werte Y1, Y2, X1, X2 und X ergibt
Im Fehlerfall wird 0 retuniert
Parameterübergabe : 1. Y1
                    2. Y2
                    3. X1
                    4. X2
                    5. X
*/
float lin_int(y1,y2,x1,x2,x)
float y1,y2,x1,x2,x;
{
float hilf;
if((x1 > x2) || (x > x2) || (x < x1))
{
fehler("falsche Parameter in lin_int",0);
hilf = 0;
}
else
{
if(y2 < y1)
{
hilf = y2;
y2 = y1;
y1 = hilf;
}
hilf = (y2 - y1) / (x2 - x1) * (x - x1) + y1;
}
return(hilf);
}
/*
data_to_file()
Abspeichern der Messwerte
Format : TT.MM.JJ HH.MM.SS Q XXX.XX D XXX.XXX.Dk XXX.XXcr,lf
Parameterübergabe : 1. Istwert Dichte
                    2. " Durchfluss
                    3. wahre Dichte
*/
data_to_file(ist_flow,ist_rho,w_rho)
float ist_flow,ist_rho,w_rho;
{
FILE *fp_rho, *try_open();
char s[17];
get_time();
fp_rho = try_open("rho.dat", "a");
fprintf(fp_rho, "%17s%3s%06.2f%3s%06.2f%4s%06.2f\n",
s, " Q ",ist_flow,
" D ",ist_rho,
" Dk ",w_rho );
fclose(fp_rho);
return;
}
/*
get_time()
lese die Systemzeit und belege den Parameterstring im
Format : TT.MM.JJ HH.MM.SS
*/
get_time(s)
char *s;
{
long thistime;
struct tm *newtime;
time(&thistime);
newtime = gmtime(&thistime);
sprintf(s, "%02.2d%02.2d%02.2d%02.2d%02.2d%02.2d%02.2d",
newtime -> tm_mday, '.',
newtime -> tm_mon+1, '.',
newtime -> tm_year, ' ',
newtime -> tm_hour, '.',
newtime -> tm_min, '.',
newtime -> tm_sec, ' ');
return;
}
/*
fehler(text,aktion)
char*text;
int aktion;
{
char s[17];
get_time();
printf("%s%s%s",s, " ",text);
if(aktion == 0)
{
printf("%s\n", " Stop über Fehlerbehandlung");
exit(1);
}
printf("\n");
return;
}
*/
FILE *try_open(name,mode)
char *name, *mode;
{
static int retry_count = 1000;
int i,j;
FILE *fp;
for(i = 0; i < retry_count; ++i)
{
fp = fopen(name,mode);
if (fp == NULL)
{
if(errno == EACCES) /* locking error */
{
clearerr(fp);
for (j = 0; j < 10000; ++j)
; /* etwas warten */
continue;
}
else
return(fp);
}
fehler("Datei zu lange gelockt",1);
fehler(name,0);
exit(errno);
}
}

```

KOMPLETTE 4-KANAL-PROFI-LICHTANLAGE



Leistung pro Kanal: 1000 W (750 W bei induktiven Lasten); externer Ausgang für Zusatz-Dimmerpacks vorhanden; 9 Automatik-Programme, einzeln abrufbar; musikgesteuerte Lauflichtfunktion; 4-Kanal-Lichtorgel mit automatischer Anpassung an die Steuerspannung; Kontroll-LED's für jeden Kanal; jeder Kanal einzeln auf den Effektivzug zu bzw. abschaltbar; störfreier Betrieb durch Nullspannungsschaltung! Maße: 305 x 75 x 165 mm. (19"-Einbauplatte als Zubehör lieferbar)

Weitere interessante Artikel für Partykeller, Disco und Bühne in unserem **80-Seiten-Katalog 87/88** – Bitte gegen Einsendung von 5,- DM Schutzgebühr in Briefmarken / Schein anfordern! (Ausland: Wertcoupons des Weltpostvereins einschicken!)

Die Anlage wird von uns **komplett anschlußfertig** geliefert. Im Lieferumfang sind enthalten:
1 Steuergerät Multiphase 412 (nebenstehend beschrieben);
8 PAR 56 – Scheinwerfer komplett mit Lampen (300 Watt, Spot) und Farbfilterhalter; 8 LEE-Farbfilter nach Wahl; 2 Stative für max. je 12 Scheinwerfer (max. Höhe 280 cm, Querträger 140 bis 220 cm); 2 Multicore-Lastkabel zu 10 A mit 8-Pol-Bulgin-Stecker und 4-fach-Schukoleiste fertig montiert, 1 Verteiler (1 Bulgin-Stecker auf 2 Bulgin-Buchsen).

Komplettpreis: 2195,- DM
incl. Versandkosten

LLV
Lautsprecher & Lichanlagen
Verleih und Verkauf
Grimm-Boss GbR - Eifelstr. 6
5216 Niederkassel 5
Tel. 02 28 / 45 40 58

Evelyn war stinkesauer...



...dabei hatte alles so gut angefangen! Die PROCUS FIDIBUS gefiel ihr auf Anhieb. Diese todschicke Sandbox mit der raffinierten Technik, bei der man die Tiefotoner nicht sieht. Das Gehäuse in Kirsche paßte genau zur Einrichtung – der Zusammenbau war wirklich kinderleicht. Dann der Sekt beim Probekönnen...

...UND JETZT DAS!

Handmade in 4630 Bochum.

Fordern Sie Prospekte und Händlerliste an!

Dr. Hubert GmbH • Im Westenfeld 22 • D-4630 Bochum • 0234/704613

Hifi Boxen

selbstgemacht

elrad extra 7

jetzt an Ihrem Kiosk

Schuro Elektronik

GmbH
Vertrieb elektronischer und elektromechanischer Bauelemente

Untere Königstr. 46A – 3500 Kassel

Qualität, breites Angebot und schnelle zuverlässige Lieferungen machen uns zum Partner für Entwicklung, Forschung und Fertigung! Täglich durchgehend erreichbar Mo.–Fr. 8.00–16.00 Uhr

- Großes Angebot an Bauelementen – mehr als 30 Markenhersteller im Lieferprogramm
- Günstige Preise schon bei Kleinmengen (kleinster Auftragswert DM 50,00)
- Bauelement-Katalog mit Rabattstufen und Update-Service
- Computergesteuerte Auftragsbearbeitung – sofortige Preis- und Lieferauskunft

Aus Platzgründen veröffentlichen wir nur einen Staffelpreis (Preise mit „*“ = Staffel 5–9 Stck. Abnahme, Pr. m. „%“ = Staffel 100–250 Stck. – automatischer Rabatt bei größerer Abnahme).

Transistoren

| | | | | | | | |
|----------------------|--------------|--------------------|---------------|--------------------|-----------------|------------------------|--------|
| BC 140/10-10 | 0.41* | 2N 2219A | 0.48* | 74F 373/374 | 1.85* | OP 07 DN | 3.71 |
| BC 160/10-161-16 | 0.41* | 2N 2224/29/2907A | 0.38* | Lineare IC's | | OPA 2737 GP | 12.45 |
| BC 327/337/338-25 | 11.34% | 2N 2646/3055RCA | 1.57* | AD 536 A/JH | 45.39 | RG 4136 | 1.47* |
| BC 516 | 0.28* | 2N 3703 | 3.04* | AD 636 JH | 37.93 | RG 4558 P | 0.80* |
| BC 520 | 0.28* | 2N 3703 | 3.04* | AD 636 JH | 37.93 | RG 4558 P | 0.80* |
| BC 546B/548C/556B | 6.69% | 2S 50 | 3.37* | AD 7574 KN | 27.65 | TDA 2002/2003 | 4.84* |
| BC 550C/560C | 7.95% | 2S 135 | 12.34 | AD 8084 LCN | 8.40 | TDA 2005 M | 4.60 |
| BC 547C/557B/558B | 5.61% | 2S 135 | 10.98 | AM 7911 PC | 48.86 | TDA 2030V | 2.68* |
| BC 639/640 | 0.34* | 2S 135 | 11.71 | CA 3130 E | 2.91 | TL 06/01/07/02/082 | 0.80* |
| BD 137/138/139-10 | 0.38* | 2S 135 | 10–24 Stück | CA 3140 E | 1.34* | TL 064 | 1.17* |
| BD 243C/244C | 0.81* | CMOS | | CA 3161 E | 2.20* | TL 074/084 | 1.07* |
| BD 317/318 | 3.51* | 4001/11/12/23/25 | 0.43* | CA 3162 E | 8.89 | ULN 271 CP | 1.22* |
| BD 433/434 | 0.60* | 4008/69/07/1/7/12 | 0.43* | CA 3240 E | 3.08 | ULN 2002/3/4 | 1.07* |
| BD 437/438 | 0.63* | 4013/27/30/49/50 | 0.62* | ICL 7620 E | 3.84 | ULN 723 DIL | 0.68* |
| BD 675A/676A | 0.49* | 4015/25/51/53/60 | 0.95* | ICL 7650/07 | 8.51 | ULN 733 CN | 2.53 |
| BDV 648/658 | 2.47* | 4016/68/85/93 | 0.62* | ICL 7660 CPA | 1.93* | ULN 741 DIP-8 | 0.41* |
| BDX 666/676C | 5.79* | 4017/20/21/22/23 | 0.95* | ICL 7660 CPA | 3.93 | ULN 747 CN | 1.15* |
| BF 244A/244B | 0.61* | 4024/28/42/106 | 0.84 | ICM 7555 IPA | 1.93* | ULN 7805/12/15 | 0.55* |
| BF 245A/245B/245C | 0.60* | 4040/20/21/22/24 | 0.95* | ICM 7555 IPA | 1.93* | ULN 7805/12/15 | 0.55* |
| BF 256A | 0.69* | 4073/75/77/81/82 | 0.43* | L 297 | 14.30 | ULN 7805/12/15 | 0.60* |
| BF 422/423 | 0.33* | 4093/20/38/41/66 | 0.43* | L 298 | 10.92 | ULN 7905/12/15 | 0.59* |
| BF 459/61/17/2 | 0.54* | 4328/43/40/175 | 0.95* | L 298 | 14.81 | XR 2206 C | 7.05 |
| BF 459/61/17/2 | 0.54* | 4328/43/40/175 | 0.95* | LF 355/356 | 1.35* | XR 0838 CP | 5.49 |
| BF 489/70/71/72 | 1.77* | 74-LIS/HC/HCT/FAST | | LF 411 CN | 2.39* | XR 428 E | 14.51* |
| BS 170 | 0.58* | 74LS 0/0/20/04/05 | 0.33* | L 28 CLK-LT-T03 | 75.58 | ZN 428 E-8 | 1.15* |
| BS 250 | 0.76* | 74LS 0/0/9/20/21 | 0.33* | LM 311 N-8 | 0.54* | ZN 428 E-8 | 25.45* |
| BU 208A | 2.66* | 74LS 147/47/132 | 0.51* | LM 317 T | 1.03* | ZN 428 E-8 | 19.40 |
| BU 104 | 1.54* | 74LS 30/32 | 0.33* | LM 32N N | 0.44* | ZN 436 E-8 | 13.00* |
| BU 11 | 3.20* | 74LS 83/85/157 | 0.68* | LM 325 N | 13.00* | Gleichrichter + Dioden | |
| BU 12 | 7.43* | 74LS 138/139 | 0.62* | LM 335 Z/336 Z | 1.84* | 880/1500 (50–99) | 0.45 |
| BU 15 | 8.37* | 74LS 138/139 | 0.62* | LM 336 Z/338 P | 0.49* | 840/5000 (50–99) | 1.69* |
| BU 20 | 4.84* | 74LS 154 | 1.47 | LM 386 S | 1.73* | B250/220-10 | 4.24 |
| BU 24 | 15.20* | 74LS 240/241/244 | 0.95* | LM 393 P | 0.49* | B250/220-25 | 4.90 |
| BU 71A | 1.29* | 74LS 257/283/390 | 0.74* | LM 394 CH | 9.19 | IN4148 (250–499) | 2.50% |
| BU 73A | 2.40* | 74LS 373/374 | 1.02* | LM 833 N | 1.08 | IN4007 (250–499) | 6.62% |
| ALLE TYPEN LIEFERBAR | 74LS 641/642 | 1.81* | LM 3914/15/16 | 7.56 | IN5408 (250–99) | 0.23 | |
| IRF 632 | 3.73* | 74HC 00/04/08/32 | 0.41* | LT 1028 CN8 | 16.14 | | |
| IRF 9620 | 5.46* | 74HC 74/132/139 | 0.62* | LT 1037 CN8 | 12.81 | | |
| MJ 802/4502 | 10.32* | 74HC 138 | 0.69* | MAX 232 CPE | 7.82 | Thyristoren + Triac's | |
| MJ 2501 | 2.61* | 74HC 244/373/374 | 1.05* | MC 1458 DIP | 0.43* | TIC 226 M | 1.46* |
| MJ 2955 | 1.66* | 74HC 00/08/32 | 0.47* | MF 10 CCN | 10.06 | BT 138/500 | 1.72* |
| MJ 15003/15004 | 8.54* | 74HC 244/373/374 | 1.10* | NE 5532 N/5534 N | 1.65* | Optobaulemente | |
| TIP 140/141/145 | 2.06* | 74HC 541/573/574 | 1.48* | NE 5532 AN/5534 AN | 2.13* | D 350 PA/PK (10–24) | 1.72* |
| TIP 142/146/147 | 2.14* | 74F 00/04/08/32 | 0.50* | NE 555 DIP-8 | 0.43* | LCD 3 1/2 st. | 8.02 |
| 2N 1613 | 0.46* | 74F 245 | 2.31* | NE 567 | 1.20* | LED 3 oder 5 rot | 10.85% |

Noch heute 100-Seiten-Lieferprogramm anfordern! (2,- DM in Briefmarken)

0561 / 16415

20 Jahre Original-Müter-BMR

Bildröhren-Meß-Regeneratoren BMR 44, BMR 90 und BMR 107 machen sich in 4 Wochen bezahlt.



Weitere Mütter-Geräte:

- CSG Testbildsender mit Kreis, Color, UHF, VHF, Kabelkanäle;
- ION Luft-Reiniger/Ionisierer für Gesundheit und Wohlbefinden;
- RTT Regelröhrentrafo 1000 VA mit Ampere- und Voltmeter;
- HFZ Frequenzzähler 1,4 GHz;
- CBE Bildschirm-Entmagnetisierer für alle Schirmgrößen;
- BMR Bildröhren-Meß-Regenerator, führend in der Regeneriertechnik.

Fordern Sie kostenlos INFOS an · Kontaktkarte in diesem Heft

Ulrich Müter, Krikedillweg 38, 4353 Oer-Erkenschwick, Tel. (0 23 68) 20 53
BTX *Müter# oder *44556695#

Kontaktloses Entlöten und Löten mit dem Leister-Labor „S“-Heißluftgerät.

Elektronische Temperaturregelung von 20 bis 600 °C. Elektronische Luftmengenregelung von 1 bis 150 Liter per Minute. Zum kontaktlosen Entlöten und Löten von SMD- und DIP-Bauteilen in 2-4 Sekunden.



Verlangen Sie kostenlose Prospekt GE 132 und Lieferanten-Nachweis in Ihrer Nähe.

Karl Leister
CH-6056 Kägiswil
Schweiz
Tel. (00 41 41) 66 00 77
Fax (00 41 41) 66 78 16
Telex (0 45) 8 66 404



Fernwärme

Temperaturen kontaktlos messen

Helmut Israel

Die üblichen und weitgehend bekannten Arten der Temperaturmessung erfordern einen engen thermischen Kontakt zwischen Meßobjekt und Sensor. Der hier vorgestellte Thermofühler braucht diese Annäherung nicht: Er arbeitet kontaktlos bis auf mehrere Meter Abstand vom Meßobjekt. Und er erkennt dabei noch Temperaturdifferenzen bis zu 0,5 °C. Sein Sensor — ein Thermosäulendetektor.

Ein relativ bekannter und preiswerter Infrarot-Strahlungssensor ist der pyroelektrische Detektor, wie er zum Beispiel auch in elrad 4/88 vorgestellt wurde. Für manche Anwendungen weist dieser Sensortyp jedoch einen gravierenden Nachteil auf: Der Pyrodetektor spricht nur auf schnelle Änderungen der Strahlungstemperatur an. Er detektiert somit vorzugsweise bewegte Objekte, oder aber, er muß die Strahlung mit einem Chopper 'zerhackt' vorgesetzt bekommen. Das würde jedoch eine mechanische Komponente im Gerät bedingen.

Mit Hilfe des hier eingesetzten Thermosäulendetektors können dagegen auch Temperaturen erfaßt werden, die sich beliebig langsam oder gar nicht ändern — daneben natürlich ebenfalls auch solche, die von bewegten Körpern herrühren.

Das Gerät eignet sich folglich zur berührungslosen Temperaturüberwachung, solange die kontrollierte Temperatur im Bereich zwischen etwa -10 °C und +200 °C liegt. Flächige oder strukturierte Objekte lassen sich auf ihre Wärmeverteilung hin abtasten. Während die recht aufwendige Wärmekamera ein komplettes Wärmebild wiedergibt, kann dieser Temperaturdetektor einen vergleichbaren Eindruck bei zeilenweiser Abtastung einer Fläche vermitteln. Dabei ist das Gerät sehr feinfühlig: Noch auf vier Meter Entfernung — je nach Strahlungsfläche — läßt sich eine Temperaturdifferenz von 0,5 °C sicher nachweisen.

Die Übermittlung der Meßwerte erfolgt durch ein Zeigerinstrument mit Nullpunktmitte. Temperaturen, die die Umgebungstemperatur unterschreiten, sind somit sofort feststellbar und auswertbar. Der leicht abgleichbare Nullpunkt ändert sich natürlich mit der Umgebungstemperatur.

Außerdem wird dem Meßwert eine wählbare Tonfrequenz zugeordnet, deren Höhe sich auf den Nullpunkt bezieht. Während des Meßvorgangs kann dann eine einstellbare Vergleichsfrequenz eingegeben werden, die einer anderen Temperatur zugeordnet ist. Ein einstellbarer Komparator schaltet bei Überschreiten einer bestimmten Temperaturdifferenz diese Vergleichsfrequenz selbsttätig ein. Mit dieser Zusatzfunktion läßt sich also eine bequeme akustische Temperaturüberwachung realisieren.

Da Strahlungsmessungen — insbesondere Wärmestrahlungsmessungen — nicht eben zum alltäglichen Bereich der Meßtechnik gehören, sollen an dieser Stelle einige theoretische Grundlagen nicht fehlen.

Eine elektromagnetische Strahlung ist Wärmestrahlung, wenn sie durch Absorption in geeigneten Stoffen in Wärme verwandelt wird. Jede Materie, die eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt aufweist (ca. -273°C), sendet diese Form der elektromagnetischen Strahlung aus. Alle elektromagnetischen Erscheinungen sind gemäß ihrer Wellenlänge bzw. ihrer Frequenz im Spektrum geordnet. Die eigentliche Wärme- oder Infrarotstrahlung liegt in dem Frequenzbereich, der an die höchstfrequenten Mikrowellen anschließt und mit dem sichtbaren Licht endet.

Einer Wärmequelle — als Sender dieser Strahlung — ist gemäß ihrer Temperatur, zu messen in K (Kelvin), die Wellenlänge ihrer maximalen Ausstrahlung zugeordnet. Das Wiensche Verschiebungsgesetz beschreibt diese Beziehung:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898 \mu\text{m} \cdot \text{K}}{\text{T}}$$

T in Kelvin [K]

Wie alle Strahlungsgesetze gilt es strenggenommen nur für sogenannte 'Schwarze Körper'. Für die Strahldichte der ausgesendeten Strahlung ist das Stefan-Boltzmannsche Gesetz zuständig:

$$L = \frac{\epsilon \cdot \sigma \cdot T^4}{\pi} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right]$$

mit Raumwinkel $\Omega = 1$

σ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante und ϵ ist ein Emissionsfaktor, der von der Art und Oberfläche des Strahlers abhängt. Hier interessiert vor allem der Strahlfluß (Strahlleistung), der den Detektor erreicht. Es ist

$$\phi = \frac{\alpha \cdot A_S \cdot A_E \cdot L}{d^2} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right]$$

bzw.

$$\phi = \frac{\alpha \cdot A_S \cdot A_E \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4}{\pi \cdot d^2} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right]$$

A_S = Senderfläche [cm^2]

A_E = Empfängerfläche [cm^2]

α = Verlustfaktor

$$\begin{aligned} \epsilon &= \text{Emissionsfaktor} \\ &\quad (\text{hier } 1 \text{ angenommen}) \\ \sigma &= \text{Konstante } 5,6 \cdot 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2 \cdot \text{K}^4} \\ d &= \text{Entfernung zwischen} \\ &\quad \text{Sender und Empfänger [cm]} \end{aligned}$$

Der ausgewertete Strahlfluß muß die Umgebungsstrahlungen und die Detektortemperatur berücksichtigen. Der wirksame 'Kontrast' geht ein in

$$\phi = \frac{\alpha \cdot A_S \cdot A_E \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_z^4 - T_u^4)}{\pi \cdot d^2} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right]$$

mit:

T_z = Zieltemperatur [K]

T_u = Umgebungstemperatur [K]

Im nachfolgenden Teil folgt eine vereinfachte Formel, die Abschätzungen für das beschriebene Gerät ermöglicht.

Als Strahlungssensor wird ein Thermosäulendetektor eingesetzt, der bei Wärmeeinstrahlung unmittelbar eine Meßspannung liefert — unabhängig von der eingestrahlten Wellenlänge, sofern diese nicht durch ein vorgesetztes Fenster gefiltert wird. Die physikalische Grundlage dieses Prinzips bildet der Seebeck-Effekt des Thermoelementes: Berühren sich an einer Kontaktstelle zwei verschiedene Metalle, so treten Elektronen von einem zum anderen Metall über, und zwar um so mehr, je höher die Temperatur der Kontaktstelle ist, da sich mit der Temperatur die Beweglichkeit der Elektronen erhöht.

Verbindet man die beiden Leiter auch an ihren anderen Enden, so heben sich die Kontaktspannungen auf, es sei denn, die Verbindungsstellen haben nicht die gleiche Temperatur. Einer Temperaturdifferenz entspricht folglich eine bestimmte Spannungsdifferenz (Bild 2). Die entstehenden Kontaktspannungen sind sehr klein und liegen für Eisen-Konstantan-Leiter bei $50 \mu\text{V}$ je Grad Temperaturdifferenz. Schaltet man eine Anzahl von Elementen, bestehend aus je zwei Kontaktstellen, der Vergleichsstelle und der Meßstelle, hintereinander, summieren sich die Spannungen, sofern alle Meßstellen auf einer aktiven Fläche liegen und die Vergleichsstellen guten Wärmekontakt mit dem Gehäuse haben (Bild 2).

Wegen seiner günstigen Eigenschaften wurde hier der Detektor 1M eingesetzt. In Dünnfilmtechnik sind 15 Meßlötstellen von Wismut-Antimon-Leitern

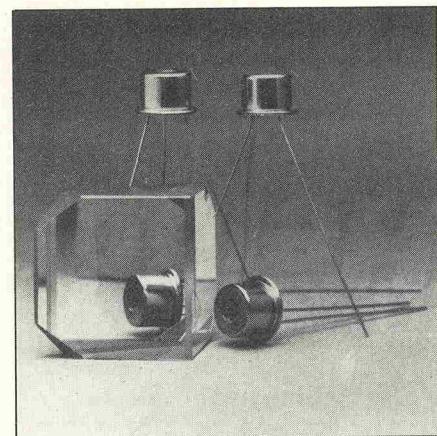


Bild 1. Nicht ganz billig: Der Thermosäulendetektor kostet ca. 250 Mark.

in einem unter Schutzgas liegenden TO-5-Gehäuse untergebracht (Bild 3). Der Detektor zeigt eine gute Langzeitstabilität und ist unempfindlich gegenüber Temperaturschocks und mechanischen Erschütterungen. Das üblicher-

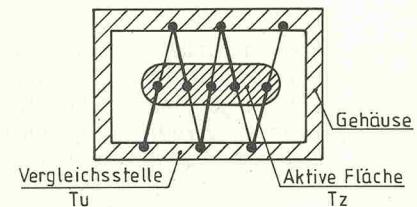
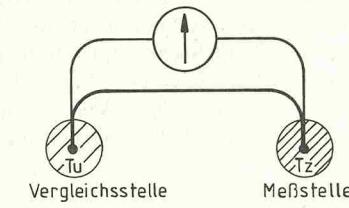


Bild 2. Oben das Prinzip, unten die technische Ausführung. Beim Thermosäulendetektor werden mehrere Thermoelemente in Serie geschaltet.

weise eingebaute KBr(Kaliumbromid)-Fenster legt die obere Grenzwellenlänge mit $30 \mu\text{m}$ fest und bewirkt gleichbleibende Empfindlichkeit bis in den Ultraviolettbereich.

| | |
|-----------------|----------------------------------|
| Widerstand | ca. $3 \text{k}\Omega$ |
| Rauschspannung | $7 \text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| Empfindlichkeit | $25 \text{V}/\text{W}$ |
| NEP | $0,3 \text{nW}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| Zeitkonstante | 32 ms |

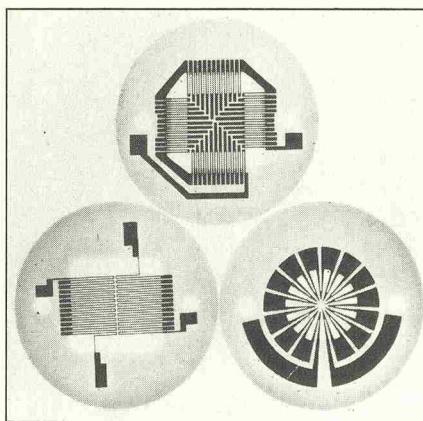


Bild 3. Verschiedene Ausführungen von Sensoren. Die Thermoelemente sind als Chip-Strukturen realisiert.

Um gute Eigenschaften bei der hohen, erforderlichen Gleichspannungsverstärkung zu erzielen, wurde ein spezieller Instrumentenverstärker-OpAmp gewählt (Bild 4). Die zweite Stufe (IC2) bildet den Differenzverstärker, der das erdsymmetrische Meßsignal verstärkt. Es erscheint als U_{A3} an seinem Eingang. Bei symmetrischer Widerstandsbeschaltung beträgt die Verstärkung

$$V_2 = \frac{2 R_3}{2 R_2} = \frac{R_3}{R_2}$$

Diesem Differenzverstärker sind zwei Pufferstufen mit zusätzlicher Signalpeigelhebung vorgeschaltet. An den beiden nichtinvertierenden Eingängen stehen — bezogen auf 0-Potential —

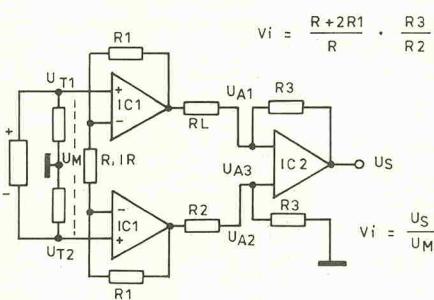


Bild 4. Die Sensorspannungen liegen im Mikrovoltbereich. Das erfordert den Einsatz hochwertiger Meß-OpAmps.

die Pegel $U_{T1}(+)$ und $U_{T2}(-)$ — und damit, nach der OpAmp-Theorie, auch an den invertierenden Eingängen. Die Differenz dieser beiden Pegel ($U_{T1} - U_{T2}$) bildet die eigentliche Meßspannung U_M , die folglich auch durch R den Strom I_R erzeugt. Dieser Strom wird durch die beiden Gegenkopplungswiderstände aufgebracht, die die Spannungen U_{A1} und U_{A2} hervorrufen. Wegen der verschiedenen Stromrichtungen (bei gleichen Widerständen) ist $U_{A1} = -U_{A2}$. Dazu kommt noch die Spannung über dem Widerstand R ; zusammen ergeben sie U_{A3} . Die Verstärkung beträgt

$$\frac{U_{A3}}{U_M} = \frac{U_{A3}}{U_{T1} - U_{T2}}$$

mit

$$U_{A3} = I_R \cdot R + I_R \cdot R_1 + I_R \cdot R_2 = I_R (R + 2R_1),$$

wobei

$$I_R = \frac{U_{T1} - U_{T2}}{R} = \frac{U_M}{R}$$

ist, folgt aus diesem Ansatz die Verstärkung der Doppelstufe:

$$V_1 = \frac{I_R (R + 2R_1)}{I_R \cdot R} = \frac{R + 2R_1}{R}$$

Die Gesamtverstärkung des Instrumentenverstärkers ist dann

$$V_i = V_1 \cdot V_2 = \frac{R + 2R_1}{R} \cdot \frac{R_3}{R_2}$$

Mit den im Schaltbild wiedergegebenen Werten (Bild 7) resultiert eine Verstärkung, die zwischen zwei, durch die Einstellung von R_4 bedingten Werten liegt:

für $R_4 = 0$ ($R = 100 \Omega$)

$$V_i = 6400$$

für $R_4 = 500 \Omega$ ($R = 600 \Omega$)

$$V_i = 1000$$

Der Eingangsschaltung kommt bei derart hohen Gleichspannungsverstärkung eine besondere Bedeutung zu. Hohe Anforderungen werden an die Offsetspannungen der Eingangsstufen gestellt. Sie sollen so klein wie möglich sein und eine sehr geringe Temperaturdrift aufweisen. Chopperverstärker haben diese Eigenschaften, zeigen jedoch ein viel zu hohes Eingangsräuschen.

Das Rauschen bildet dann auch das zweite Problem; es bestimmt die mögliche Auflösung des Gerätes. Zu berücksichtigen sind das thermische Rau-

schen der Eingangswiderstände, der Thermosäule mit ihren Parallelwiderständen mit etwa $8\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ und das Eingangsräuschen der integrierten Schaltung. Letzteres setzt sich vorwiegend aus weißem Rauschen und Funkelrauschen zusammen. Bild 5 zeigt, wie sehr sich gängige OpAmps hinsichtlich dieser beiden Anteile unterscheiden.

Eingangsoffset und Rauschen sind die Hauptprobleme beim Verstärken sehr kleiner Gleichspannungen.

Deutlich wird auch der Übergangsknick der beiden Rauschanteile. Dieser ist bei der integrierten Schaltung OP 227 stark in den Bereich niedriger Frequenzen verschoben. Daraus folgt, daß das frequenzabhängige Funkelrauschen ($1/f$ -Rauschen) erst bei niedrigen Frequenzen an Bedeutung gewinnt. Es steigt somit unterhalb von 1 Hz weiter an. Für das Intervall von 0,1 bis 10 Hz ist für den OP 227 G ein typischer Wert von $U_R = 0,09\mu\text{V}_{\text{pp}}$ angegeben und ein Maximalwert von $0,28\mu\text{V}_{\text{pp}}$ angegeben. Bei einer Doppelstufe erhöht sich die Rauschspannung entsprechend um den Faktor $\sqrt{2}$.

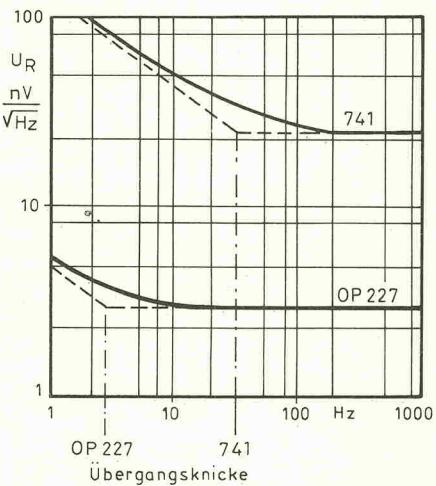


Bild 5. Das Diagramm zeigt den für die Gleichspannungsverstärkung bedeutsamen Übergangsknick zwischen zwei verschiedenen Rauschanteilen.

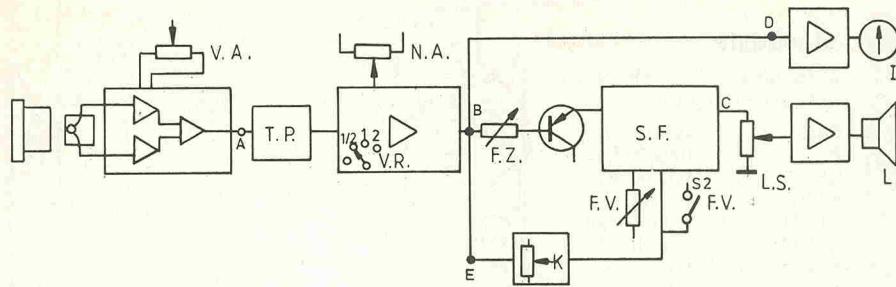


Bild 6. Die verschiedenen Abgleich- und Bedienungselemente sind im Blockschaltbild übersichtlicher als im Schaltplan zu erkennen.

Daneben zeigt der OP 227 G auch einen sehr günstigen Offsetwert von typisch $60 \mu\text{V}$ (maximal $180 \mu\text{V}$), eine gute Langzeitstabilität von $0,2 \dots 0,4 \mu\text{V/Mo}$ und eine durchschnittliche Eingangsoffsetdrift von $0,5 \dots 1,8 \mu\text{V/}^{\circ}\text{C}$.

Das Trimmpot R8 dient dem Vorabgleich (V.A.). Ein erster Tiefpaß mit $f_o = 2,7 \text{ Hz}$ liegt über dem Gegenkopplungswiderstand von IC2, ein weiterer mit $f_o = 1 \text{ Hz}$ folgt am Ausgang.

- V A Vorabgleich (R 8)
- NA Nullabgleich (R 23)
- F Z Frequenzzuordnung (R 26)
- F V Frequenzvergleich (R 31)
- LS Lautstärke (R 39)
- VR Verstärkungsreglung (S 1a)
- K Komparator (R 52)

Danach folgt eine Summierstufe für Signal- und Abgleichsspannung (R23, N.A.). Hier kann die Verstärkung mit S1 (V.R.) in drei Stufen gewählt werden ($0,5 v_i$, v_i , $2 v_i$). Eine Übersicht bietet das Blockschaltbild (Bild 6); die Schaltung zeigt Bild 7.

Die integrierte Schaltung XR 2206 (IC4) bildet den Spannungs/Frequenz-Wandler. Das IC enthält einen VCO, der über Pin 7 oder Pin 8 stromgesteuert wird.

Pin 7(8) liegt intern auf 3 Volt fest. Die Stromänderung erfolgt über den gesteuerten Emitter/Kollektor-Widerstand des Transistors BC 560 C. Mit R32 kann diese Stromänderung in Abhängigkeit vom Bassistrom variiert werden und somit auch der Frequenzhub, bezogen auf die Signalspannungsänderung (Schaltpunkt B). Der Frequenzbereich ist mittels einer Vorspannung durch R29 einstellbar.

Ein Umschalter im IC erlaubt es, die VCO-Steuerung wahlweise über Pin 8 oder R31 vorzunehmen. Er wird entweder durch den Schalter S2 am Komparator-Potentiometer (K) R52 oder durch den Komparator selbst bestätigt. Bei Überschreitung eines festlegbaren Anzeigewertes der Signalspannung schaltet der Komparator (IC7) auf die mit R31 veränderliche Tonfrequenz um, die als Überschreitungsanzeige und als Vergleichsfrequenz genutzt wird. Der Spannungsteiler für Pin 3 legt mit R36 und R38 den Gleichspannungsanteil der Ausgangsspannung (Pin 2) fest, deren sinusförmige Amplitude mit R42 eingeregelt wird. Das Trimmpot R35 bestimmt die Symmetrie der Tonfrequenzspannung.

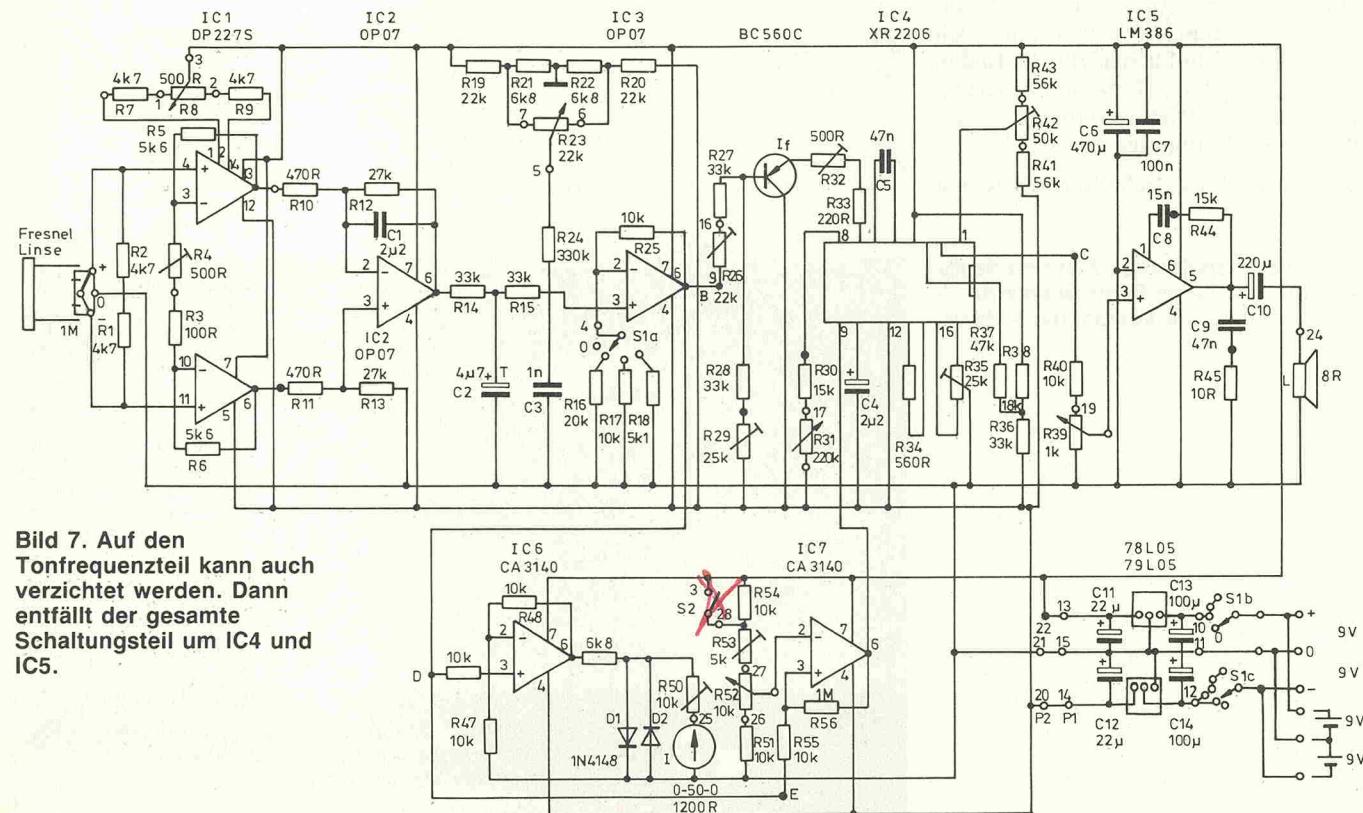


Bild 7. Auf den Tonfrequenzteil kann auch verzichtet werden. Dann entfällt der gesamte Schaltungsteil um IC4 und IC5.

IR-Strahlungsdetektor

Als Ausgangsverstärker für den Miniaturlautsprecher dient ein LM 386 (IC5), der auch bei der geringen Versorgungsspannung von 5 V arbeitet und der durch seinen geringen Ruhestrom Batteriebetrieb gestattet. Werden die Eingänge 1 und 8 nicht geschaltet, ist die Verstärkung 20-fach. Der Spannungsteiler am Eingang, R39, R40, dient der Lautstärkeregelung (L.S.).

6 Potis, 1 Schalter: Der Umgang mit dem Gerät erfordert ein wenig Übung.

IC6 dient als Pufferstufe. Sie bringt keine Verstärkung, belastet aber die Signalspannung im Schaltpunkt B kaum. Ein Diodenpaar schützt das Meßinstrument ($50 - 0 - 50 \mu\text{A}$, 1200Ω). R48 und R50 (regelbar) begrenzen den Strom durch das Meßwerk und gestatten eine Empfindlichkeiteinstellung.

Die Schaltung ist für den Betrieb an einem $\pm 9\text{-V}$ -Netzgerät ausgelegt, oder für eine entsprechende Batterie- oder Akku-Versorgung. Der Stromverbrauch liegt bei etwa 30 mA je Zweig, so daß eine Batterie-Versorgung noch möglich ist. Die kleinen Blocks finden im Gehäuse Platz. Eine Stabilisierung stellt die Betriebsspannungen von $\pm 5\text{ V}$ zur Verfügung.

Der Abgleich der Schaltung sollte erst

Stückliste

Widerstände, 5%, 1/4W, wenn nicht anders angegeben

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| R1,2 | 4k7 Metall |
| R3 | 100R Metall |
| R5,6 | 5k6 Metall |
| R7,9 | 4k7 Metall |
| R10,11 | 470R Metall |
| R12,13 | 27k Metall |
| R14,15,27,28,36 | 33k |
| R16 | 20k |
| R17,25,40,46, 47,48,51, 54,55 | 10k |
| R18 | 5k1 |
| R19,20 | 22k |
| R21,22,49 | 6k8 |
| R24 | 330k |
| R30,44 | 15k |
| R33 | 220R |
| R34 | 569R Metall |
| R37 | 47k |
| R38 | 18k |
| R41,43 | 56k |
| R56 | 1M |

Trimmpotis

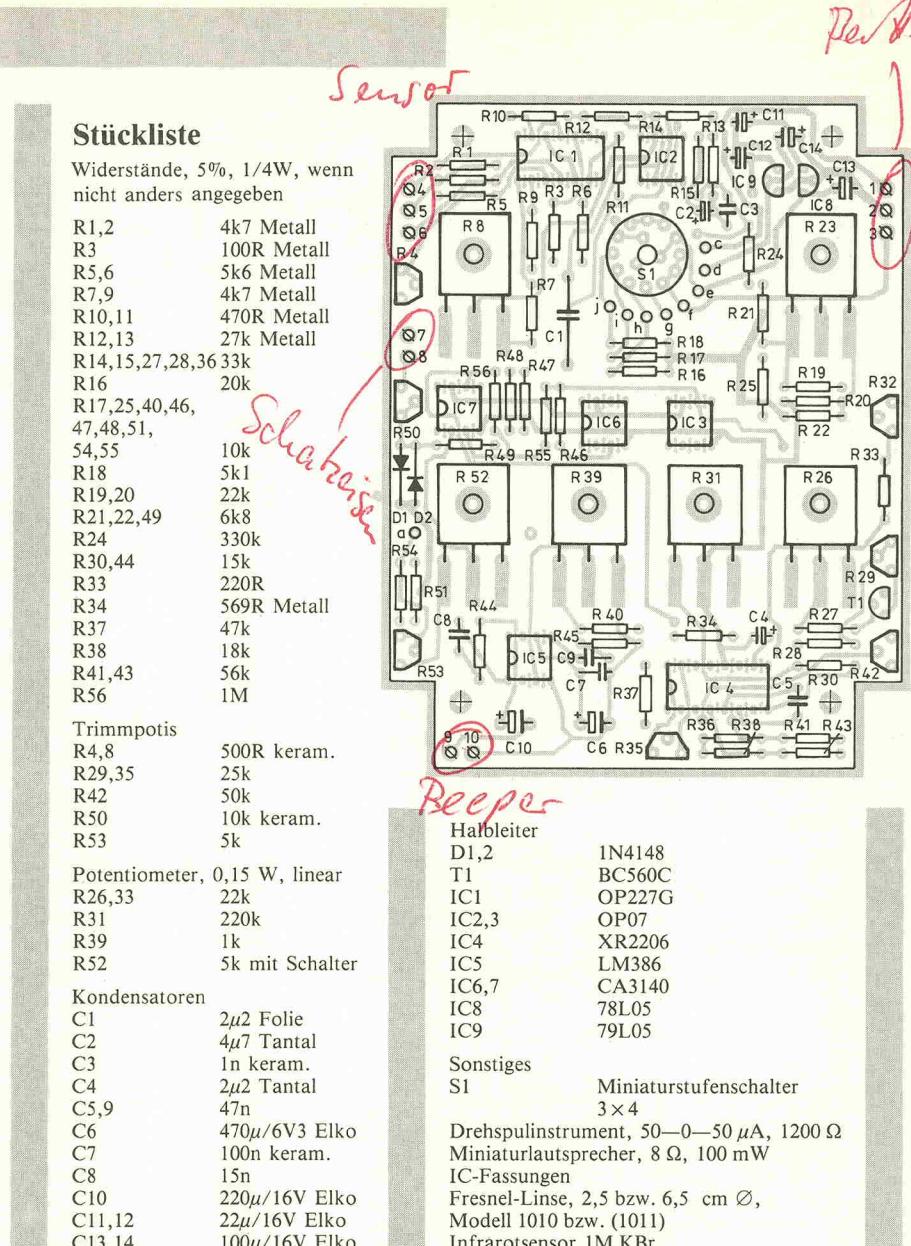
| | |
|--------|-------------|
| R4,8 | 500R keram. |
| R29,35 | 25k |
| R42 | 50k |
| R50 | 10k keram. |
| R53 | 5k |

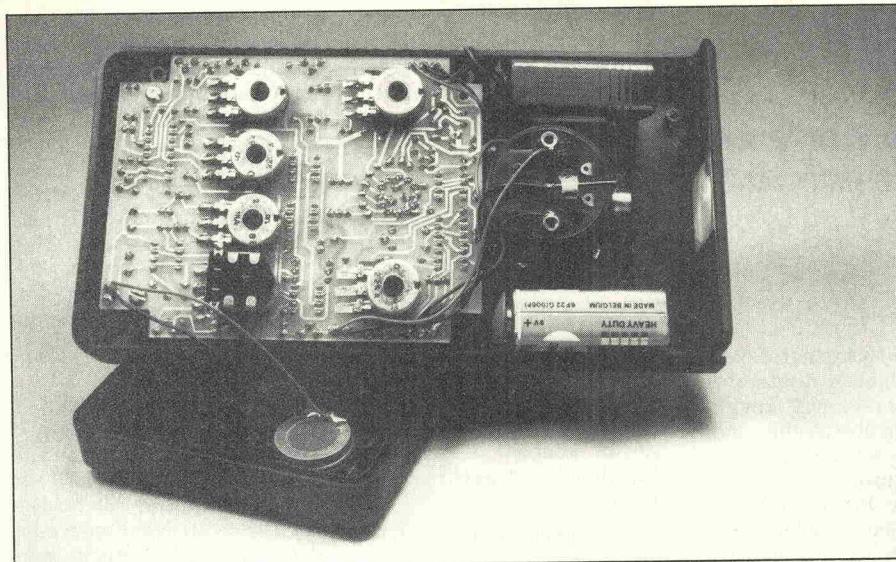
Potentiometer, 0,15 W, linear

| | |
|--------|-----------------|
| R26,33 | 22k |
| R31 | 220k |
| R39 | 1k |
| R52 | 5k mit Schalter |

Kondensatoren

| | |
|--------|-----------------------------|
| C1 | 2 μF Folie |
| C2 | 4 μF Tantal |
| C3 | 1n keram. |
| C4 | 2 μF Tantal |
| C5,9 | 47n |
| C6 | 470 μF /6V3 Elko |
| C7 | 100n keram. |
| C8 | 15n |
| C10 | 220 μF /16V Elko |
| C11,12 | 22 μF /16V Elko |
| C13,14 | 100 μF /16V Elko |





Mit seinen Maßen 20 x 10 x 4 cm ist der Thermodetektor ein echtes Handgerät. Oben auf das Meßwerk geklebt — der Sensor, davor die Fresnel-Linse.

nach einer Vorwärmzeit von ungefähr fünf Minuten erfolgen. Zunächst wird mit S2 (V.R.) die Verstärkung festgelegt (Voreinstellung mit R4). Das Poti R23 (N.A.) wird in Mittelstellung gebracht und danach mit R8 (V.A.) das Instrument auf Null gestellt. Nacheinstellungen erfolgen mit R33 (N.A.). Die Anzeige bleibt konstant, solange keine Wärmezustandsänderungen auftreten.

Mit dem Poti R26 (F.Z.) wird die Tonfrequenz festgelegt, die sich auf einen bestimmten Strahlfluß beziehen soll. Eine Voreinstellung des Bereiches kann mit dem Trimmpoti R29 erfolgen.

Die Empfindlichkeit der Schaltung kann mit einer kleinen Hilfskonstruktion bestimmt werden. Als Strahlungsquelle dient dabei ein Lötkolben, der

mit einer berußten Messingscheibe versehen wird ($\varnothing 3 \text{ cm}$). Mit Hilfe eines Vorwiderstandes oder Regeltransistors wird die Temperatur der Scheibenoberfläche auf $T_z = 30^\circ\text{C} \approx 303 \text{ K}$ eingestellt. Der Sensor wird mit 10 cm Abstand vor der Scheibe angeordnet. Bei einer Umgebungstemperatur von $T_u = 22^\circ\text{C} \approx 295 \text{ K}$ und einem angenommenen Verlustfaktor von $\alpha = 0,4$ lautet dann die Berechnung des Strahlflusses:

$$\phi = \frac{5,67 \cdot 10^{-12} (303^4 - 295^4) \cdot 3 \cdot 0,01 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 100} [\text{W}]$$

Damit ergibt sich ein Strahlfluß von $1,7 \cdot 10^{-7} \text{ W}$ auf die wirksame Detektorfläche. Aus der Detektorempfindlichkeit $R = 25$ resultiert dann eine Meßspannung von $4,2 \mu\text{V}$, die anschließend um den Faktor 2500 verstärkt wird. Die berechnete Signalspannung beträgt dann etwa 10 mV, was mit der praktischen Messung annähernd übereinstimmt.

Faßt man die auf den Detektor 1M bezogenen Parameter und die Konstanten zusammen, entsteht eine handlichere Formel für die unverstärkte Meßspannung U_M :

$$U_M = \frac{45 \cdot 10^{-4} (T_z^4 - T_u^4)}{d^2} \cdot \alpha \cdot A_s [\text{V}]$$

Für alle praktischen Messungen hat sich diese Annäherungsformel — und als solche muß sie bei den nicht exakt erfaßbaren strahlungsphysikalischen Komponenten angesehen werden — gut brauchbar gezeigt.

Durch den Vorsatz einer IR-durchlässigen Linse kann die Empfindlichkeit des Gerätes erheblich gesteigert werden. Empfehlenswert ist eine Fresnellinse mit einem Durchmesser von 2,5 cm aus optimiertem 0,4 mm dicken Kunststoff. Diese Lösung stellt eine preisgünstige Alternative zu kostspieligen Spezialgläsern für den IR-Bereich dar.

Mit dem Vorsatz der Linse wird die Detektorfläche scheinbar vergrößert — gemäß praktischen Versuchen etwa 100fach. Die Meßfläche hat damit in 1 m Abstand einen Durchmesser von 10 cm, in 6 m Abstand 50 cm. Die Diagramme (Bild 8) wurden mit einer Heizplatte (15 cm \varnothing) im Abstand von 3 m aufgenommen. Sie zeigen die funktionalen Zusammenhänge der wichtigen Meßwerte. □

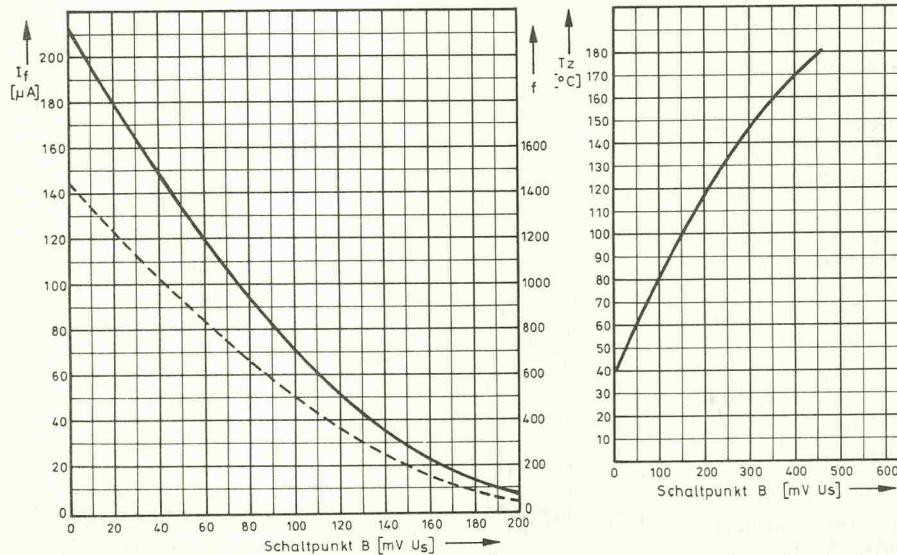


Bild 8. Beide Diagramme wurden mit Hilfe einer Heizplatte erstellt, die in 3 m Abstand vor dem Sensor aufgestellt war.

Modellbau

Untersuchung des Zeitverhaltens eines Temperatursensors anhand eines Modells

Marion Klie

Jeder kennt die spannenden zehn Minuten, in denen das Fieberthermometer unter dem Arm oder an anderer Örtlichkeit größerer Aussagekraft verweilen muß, in denen sich entscheidet, ob die Unlust auf Schule oder Arbeit sich mit harten Fakten untermauern läßt. Da es sich bei diesem Beispiel einer Anwendung um eine statische Messung handelt, ist es unerheblich, ob der Endwert der Anzeige nach ein-dreiviertel, fünf oder zehn Minuten erreicht wird. Wie aber sieht es mit dem Zeitverhalten von Temperatursensoren für dynamische Messungen aus?

Bei wenigen Herstellern finden sich dazu Angaben, die darüber hinaus auf praktische Anwendungen kaum übertragbar sind, sei es, daß sie sich auf den 'nackten' Sensor beziehen oder daß im realen Prozeß völlig andere Umgebungsbedingungen herrschen. Es ist also in vielen Anwendungsfällen von dynamischen Temperaturmessungen notwendig, das Zeitverhalten des Aufnehmers in der jeweiligen Umgebung zu kennen, um das Ergebnis richtig interpretieren oder korrigieren zu können, beziehungsweise den Regelkreis sinnvoll zu dimensionieren.

Es gilt also eine relativ einfache Möglichkeit zu schaffen, dem zeitlichen Verlauf der Übertragungsfunktion, also die Antwort des Sensors auf einen Temperatursprung, im zu messenden Medium auf die Spur zu kommen, weil damit das dynamische Verhalten auf alle anderen Eingangsfunktionen beschrieben ist.

Dabei sind neben dem Sensor selbst zwei Gesichtspunkte zu betrachten, die leider häufig das Geschehen stärker beeinflussen als dieser selber:

- die Konfektionierung (zum Beispiel Montage an Flächen, Ummantelung und dergleichen),

- die Umwelt des Aufnehmers, also zum Beispiel, welches Medium (fester Körper, Gas, Flüssigkeit) soll gemessen werden, und welche Strömung hat das Fluid gegebenenfalls?

Man kennt aus dem klassischen Anwendungsfeld der Physik — Heim und Herd — die gravierenden Unterschiede des Wärmeübergangs bei Gasen und Flüssigkeiten, bei ruhenden und strömenden Medien, das bedeutet, ob der Wärmeübergang in der Hauptsache auf Wärmestrahlung, Wärmelei-

tung oder Konvektion beruht. Als kleine Gedächtnissstütze: Eier immer unter fließendem Wasser abkühlen, nie in stehender Luft, sonst erschrecken sie nicht richtig!

Grundsätzlich stehen drei Wege offen, die Übertragungsfunktion zu finden: Der experimentelle, der mathematische und der raffinierte. Um den ersten Weg zu beschreiten, benötigt man ein Abbild des eigentlichen Prozesses, in dem man einen Temperatursprung realisieren kann, um dann die Reaktion des Probanden aufzzeichnen zu können. Wie so eine 'Maschine' aussieht zeigt Bild 1.

Es ist leicht einzusehen, daß besonders bei 'schnellen' Sensoren ein Temperatursprung mit genügend steiler Anstiegsflanke schwer zu realisieren ist.

Der mathematische Weg ist da im Ansatz schon sehr viel unkomplizierter. Die Temperaturverteilung innerhalb eines beliebigen Körpers im Koordinatensystem x, y, z, läßt sich bei gegebenen Anfangsbedingungen durch die Differentialgleichung nach Fourier beschreiben:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \right)$$

Unter sehr vereinfachten Bedingungen — und die sind gerade nicht gefragt — ist die Lösung möglich. Für komplizierte Strukturen und differenzierte räumlich und zeitliche Randbedingungen läßt sich die gesuchte Übertragungsfunktion analytisch nicht mehr finden.

Und nun zum dritten Weg: Da die rechnerische und experi-

mentelle Darstellung der Einflußgrößen praktisch nicht möglich ist und die Parameter nur schwer oder gar nicht variiert werden können, soll angestrebt werden, ein analoges Modell zu entwickeln, dessen Parameter sich in weiten Bereichen leicht variieren lassen und dessen Modellgrößen für Messungen leicht zugänglich sind. Eine praktikable Lösung: Das elektrische Modell für thermische Vorgänge, von Herrn Beuken 1936 gefunden.

Zwischen der Stromleitung in einer elektrischen Leitung und dem Wärmetransport läßt sich eine Analogie herstellen, wie aus der formalen Ähnlichkeit der Differentialgleichungen ersichtlich ist. Beschränkt man die Betrachtung auf den eindimensionalen Wärmetransport, lautet die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \right)$$

Die Leitungsgleichung lautet:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{1}{R' \cdot C'} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$$

Wenn $C'(F/m)$ der Kapazitäts- und $R'(Q/m)$ der Widerstandsbelag der Leitung ist. Damit ergibt sich der Zusammenhang zwischen Temperatur und Spannung. Die beiden nichtstationären Transportvorgänge sind identisch, wenn bei gleichen räumlichen und zeitlichen Grenzbedingungen die Temperaturleitfähigkeit

$$a = \frac{1}{R' \cdot C'}$$

ist.

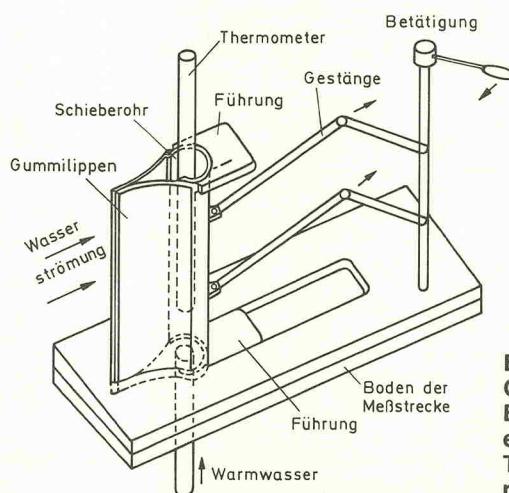


Bild 1. Ein Gerät zur Erzeugung eines Temperatursprunges.

Die Übereinstimmung ist allerdings nur beschränkt auf die Gesetze, die den eigentlichen Strömungsvorgang beschreiben.

Ein praktischer Unterschied zwischen den beiden Systemen besteht darin, daß die beteiligten Werkstoffe sich den Strömungsvorgängen gegenüber größtenteils unterschiedlich verhalten. Die Wärmeströmung verläuft nur selten näherungsweise in eindimensionalen Bahnen, da keine thermischen Isolatoren im Sinne von elektrischen Nichtleitern existieren. Die eindimensionale Darstellung von Wärmeströmungsvorgängen ist daher meist eine unzureichende Vereinfachung der wirklichen Verhältnisse. Bei der Modellbildung werden nun die geometrieabhängigen Größen Widerstand und Kapazität diskretisiert, das heißt, der betrachtete Körper in der Umgebung wird in einzelne Bausteine zerlegt, wobei trotzdem unter bestimmten Voraussetzungen die Leitungsgleichung Gültigkeit behält. In dem aus Widerständen und Kapazitäten bestehenden Netzwerk zeigt die zu ϑ analoge Größe U näherungsweise denselben kontinuierlichen Zeitverlauf.

Durch das Beuken-Modell sind damit nicht nur die Umgebungsbedingungen leicht simulierbar, es läßt sich auch der qualitative Einfluß von Änderungen des Sensoraufbaus (Simulation von Geometrieeinflüssen, Material, Armierungen) aufzeigen.

Zwischen den Eigenschaften des Originals und den entsprechenden Größen des Modells bestehen die folgenden Beziehungen:

Innenwiderstand

$$R = \mu_1 \cdot \frac{\Delta X}{\lambda A}$$

Außenwiderstand

$$R = \mu_1 \cdot \frac{1}{\alpha A}$$

Kapazität

$$C = \mu_2 \cdot \varrho \cdot C_p \cdot A \cdot \Delta X$$

$$t_{el} = \mu_3 \cdot t_w$$

$$U = \mu_4 \cdot \vartheta$$

Spice — ein Analog-Elektronik-Simulator

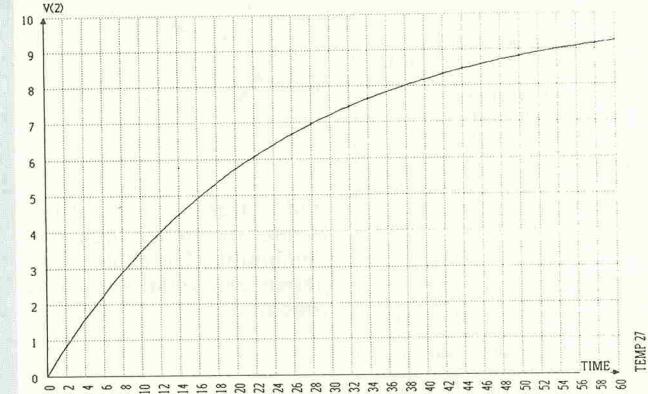
Der Hardware-Aufbau der Beuken-Modelle stößt bald an seine Grenzen. Sei es wegen der 'krummen' Werte der Bauteile oder der Komplexität der Versuche (hier eine andere Ummantelung, dort eine geänderte Sensorgeometrie). Eine elegante Möglichkeit, die gefundenen Netzwerke zu untersuchen, ist ihre Berechnung mit Analyseprogrammen. Eines der bekanntesten ist 'Spice', ein Simulationsprogramm, entwickelt 1972 von der University of California in Berkeley. Eine vollständige Adaption auf den Atari ST ist das hier vorgestellte 'Aspice'. Mit diesem Programm können nichtlineare Gleichstrom-, nichtlineare Einschwing- und lineare Kleinsignal-Wechselstrom-Analysen bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt werden.

In einer Eingabedatei werden die zu untersuchende Schaltung, die Analyseart und die Form der Ausgabe festgelegt. Im vorliegenden Fall des Beuken-Modells bedeutet das: Jedes Bauelement des Netzwerkes ist durch seinen Kennbuchstaben (R = Widerstand, C = Kondensator), seinen Index, seinen Wert und seine Lage zwischen zwei Knotenpunkten genau beschrieben.

Ähnlich werden Eingangsspannung und Analyseart definiert: Die Eingangsspannungsquelle liegt zwischen zwei Knoten, zusätzlich kann der Eingangsspannungsverlauf vorgegeben werden (In der abgedruckten Beispieldatei ist es eine Exponentialfunktion, die mit einer Zeitkonstanten von einer Millisekunde von 0 auf 10 V ansteigt).

Untersucht werden soll das Einschwingverhalten, was durch die Steueranweisung .TRAN, mit den Angaben über Analyseintervalle und den Zeitraum der Untersuchung, geschieht. Der .PRINT-Befehl definiert, gestützt auf die Angaben im .TRAN-Befehl, die Ausga-

Datei A:\ASPICE\DEMO\MODEL.UFT.SPI Datum: 0/0/1980 Zeit: 00:09:20 ASPICE VI (30JUN87)
Firma: Benutzer:
FILE MODELLAN.SPI
V(2)



Die Sprungantwort auf die Eingangsfunktion VIN.

```

.WIDTH OUT=80
.OPTIONS ACCT LIST NODE OPTS
*
VIN 16 0 EXP(0 10 0 0.1MS 1500 1MS)
*R1 1 2 240HM
R2 2 3 1.73KHM
R3 3 6 3.680HM
R4 3 4 1800HM
R5 4 5 1800HM
*R6 6 2 1.17MEGOMH
R7 6 7 24.80HM
R8 7 8 180HM
R9 8 5 6.2KHM
*R10 9 6 1MEGOMH
R11 10 6 27.50HM
R12 10 11 200HM
R13 11 8 6.2KHM
*R14 16 9 26.7K0HM
R15 16 6 26.7K0HM
*R16 16 1 26.7K0HM
*R17 16 11 26.7K0HM
*R18 16 8 26.7K0HM
*R19 16 5 26.7K0HM
*R20 16 10 26.7K0HM
*R21 16 7 26.7K0HM
*R22 16 4 26.7K0HM
*R23 16 14 26.7K0HM
*R24 16 15 26.7K0HM
*R25 13 9 390K0HM
*R26 12 11 390K0HM
*R27 14 13 390K0HM
*R28 15 12 390K0HM
CA 2 0 4.5N
CB 0 5 43.5U
CC 0 6 2.5U
CD 0 8 440U
CE 0 6 3.3U
CF 0 11 392U
*CG 13 0 360U
*CH 12 0 360U
.TRAN 750M 60S
.PRINT TRAN V(2)
.END

```

Die Spice-Eingabedatei.
Zeilen mit '*'-Kennzeichen werden wie Kommentare behandelt.

beform des gefundenen Graphen und die Stelle im Netzwerk, an der gemessen werden soll. Nebenstehend ist eine 'Spice'-Eingabedatei und ein Analyseergebnis eines Beuken-Modells abgebildet.

Ist das Modell eines 'nackten' Sensors gefunden, besteht die Möglichkeit, sein Ersatzschaltbild als Makro zu definieren und die Auswirkungen unterschiedlichster Meßsituationen und Armierungen (Außenbeschaltungen) zu testen.

Der hier vorgestellte Anwendungsfall für 'Aspice' ist eine der leichteren Übungen, die das Programm bewältigt. Seine Stärken liegen in der Behandlung komplexer Schaltungen mit aktiven Bauelementen.

'Aspice'-Steckbrief:

Erforderliche Hardware: Atari ST mit 1 MByte Speicher, mindestens ein doppelseitiges Laufwerk, TOS im EPROM.

Lieferumfang: 'Aspice' mit GEM-Shell, Druckertreiber für Epson FX 80, Atari SMM 804 und SLM 804 sowie Star NB 15.

Preis: DM 248,-, Aufpreis für Coprozessorschaltung (MC 68881): DM 80,-.

Bezogen werden kann 'Aspice' beim Entwickler: Hartmut Ruff, Postfach 1942, 7910 Neu-Ulm, Tel. (0 73 07) 2 41 87.

1000 Berlin Airl, Karl-Marx-Str. 27
JK Electronic Markt, Burgemeisterstraße 10/11 · Plastronic, Einemstr. 5 · WAB, Otto-Suhr-Allee 106 c ·

2000 Hamburg Baderle Electronic Centrum KG, Glockengießerwall 1 · BALÜ, Burchardstr. 6 · Electronic-Bazar, Reetweder 3 · HEV, Wandsbeker Chaussee 98 · Wiepking, Schanzenstr. 115 · 2120 Lüneburg Beusch, An der Münze 3 · 2300 Kiel Kensing, Knooper Weg 41 · 2400 Lübeck Lenzner, Krähenstr. 13-19 · 2800 Bremen Williges, Duckwitzstr. 42/44 · 2900 Oldenburg Kohl, Alexanderstr. 31 · 2940 Wilhelmshaven Electronic Bazar Klauke, Marktstr. 106 ·

3000 Hannover Bartke, Goethestr. 5 · Menzel, Limmerstraße 3-5 · Nadler, Heschelstraße 31 · 3110 Uelzen Müller, Schuhstr. 5 · 3200 Hildesheim Pfennig, Schuhstraße 10 · 3250 Hameln Reckler Elektronik, Zentralstr. 6 · 3380 Goslar Thometzek, Marktstr. 12 · 3500 Kassel Körberling, Schillerstr. 28 ·

4000 Düsseldorf Airl, Am Wehrhahn 75 · RM, Kölner Str. 4 · 4130 Moers Nürnberg, Uerdingen Str. 121 · 4200 Oberhausen Hüskes, Finanzstr. 14 · 4300 Essen Fern, Kettwiger Str. 56 · 4400 Münster Merten, Wolbecker Straße 54 · 4500 Osnabrück Heinicke, Kommodenreestr. 120 · 4600 Dortmund City-Electronic, Güntherstr. 75 · Köhler, Am Schwanenwall 45 · Nadler, Bornstr. 22 · 4630 Bochum Lorenz Electronic, Electronische Bauteile, Wittener Straße 125 · 4670 Lünen-Brambauer H.P. Rogalla, Königsheide 53 · 4790 Paderborn Jansen, Heierstraße 24 · 4800 Bielefeld Berger, Heeper Str. 184 ·

5000 Köln P + M, Wallstraße 81 · 5270 Gummersbach F + H Electronic, Kölner Str. 279 · 5300 Bonn Neumerkel, Stiftsplatz 10 · P + M, Sternstraße 102 · 5500 Trier Weistroffer, Karl-Marx-Str. 83-85 ·

6000 Frankfurt Mainfunk, Elbestr. 11 · 6100 Darmstadt Zimmermann, Kasinostr. 2 · 6300 Giessen Audio Electronic, Bleichstraße 5 · 6500 Mainz Schmidt, Kaiser-Wilhelm-Ring 47 · 6600 Saarbrücken M-Tronic, Peter-Zimmer-Straße 13 · 6640 Merzig Schreiner, Hochwaldstr. 27 · 6680 Neunkirchen Gemmel, Pasteurstr. 11 · 6720 Speyer/Rhein Seidel, Wormserstr. 18 · 6730 Neustadt Roland Benkler, Winzinger Straße 31 · 6800 Mannheim Walter, N 5, 14 ·

7000 Stuttgart Airl, Katharinenstr. 22 · 7100 Heilbronn HK, Gerberstr. 20 · 7140 Ludwigsburg Mayer, Friedrichstr. 15 · 7321 Kirchheim u. Teck Kramer electronic Technik, Turmstr. 10 · 7410 Reutlingen Saier Electronic, Konrad-Adenauer-Straße 8 · 7500 Karlsruhe ADE, Adlerstr. 12 · 7800 Freiburg Breisgau, Wasserstraße 10 · Omega, Eschholzstraße 58 ·

8000 München Hartnagel, Schillerstr. 24 · 8520 Erlangen Feller, Marquardsenstr. 21 · 8700 Würzburg ZE, Juliuspromenade 9-15 · 8720 Schwerin Spath, Cramerstr. 9 · 8750 Aschaffenburg VS, Am Flosshafen 1-3 · 8900 Augsburg Cornet Audio, Karlstr. 2 ·

Alleinvertrieb Österreich:
A - 6800 Feldkirch Target, Königshofstr. 57

Temperatursensoren

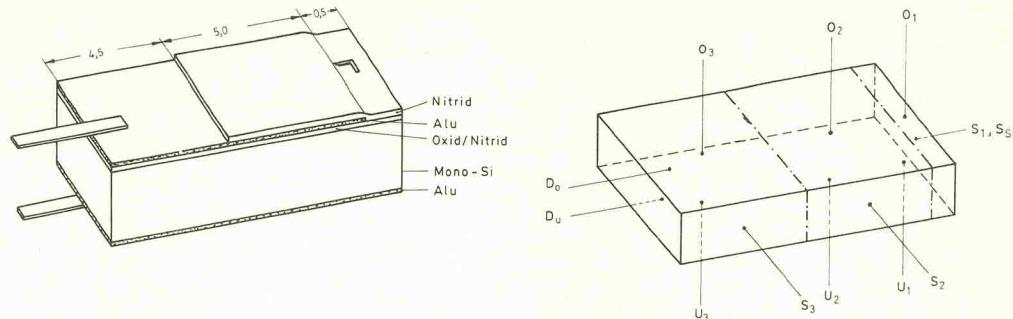


Bild 2. Der hier behandelte Sensor in unmaßstäblicher Zeichnung. Die Maße geben das Seitenverhältnis wieder.

$$\begin{aligned}
 \varrho &= \text{Dichte} \\
 \lambda &= \text{Wärmeleitfähigkeit} \\
 C_p &= \text{spezifische Wärmekapazität} \\
 A &= \text{Dichte Fläche} \\
 t_{el} &= \text{Zeit des elektrischen Vorganges} \\
 t_w &= \text{Zeit des thermischen Vorganges}
 \end{aligned}$$

$$\alpha = \text{Wärmeübergangszahl}$$

Der Innenwiderstand R stellt den Wärmeleitwiderstand innerhalb eines Materials dar, wobei λ die Wärmeleitfähigkeit in $\text{W/K} \times \text{m}$, ein spezifischer Stoffwert, ist.

Der Außenwiderstand charakterisiert den Wärmeübergang zum Sensor. Er wird gekennzeichnet durch α , die Wärmeübergangszahl in $\text{W/K} \times \text{m}^2$, wobei α sowohl vom Medium und dessen Zustand abhängt, als auch von der Sensorgeometrie, vom Anströmwinkel, der Oberflächenbeschaffenheit und so weiter. Die Wärmeübergangszahl ist eine Funktion von verschiedenen empirischen Kennzahlen, die die Einflussgrößen charakterisieren (Nusselt-Zahl, Prandtl-Zahl, Reynolds-Zahl). Um nicht in die unergründlichen Tiefen der Thermodynamik eindringen zu müssen, an dieser Stelle nur soviel: Es gibt in der Literatur (zum Beispiel: VDI-Wärmeatlas) Tabellen beziehungsweise Kurvenscharen, aus denen man die entsprechenden Werte ermitteln kann. Für einige ausgewählte Meßbedingungen und die vorliegende Sensorgeometrie sind die Werte für α in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Übertragungskoeffizienten μ_1 und μ_2 können frei und un-

abhängig gewählt werden; für den zeitlichen Faktor muß dann $\mu_3 = \mu_1 \times \mu_2$ festgelegt werden. Der Koeffizient μ_4 kann beliebig gewählt werden, da nur relative Potentialänderungen betrachtet werden sollen.

Für exakte Modellabbildungen muß ein Teil des betrachteten Körpers in seiner Länge x (x ist die Richtung des Wärmestromes) in eine große Zahl von Schichten aufgespalten werden, wobei jede Schicht durch ein R/C-Glied nachgebildet wird. Es hat sich jedoch gezeigt, daß es in vielen Fällen ausreicht, nur wenige Glieder zu benutzen, um technisch vorkommende Fälle mit großer Genauigkeit darzustellen und durchzumessen.

Nachdem diese Beziehungen geklärt sind, wird der Sensor entsprechend zerlegt. Ein beispielhafter Aufbau eines Sensors ist in Bild 2 zu sehen.

Basierend auf der Sensorgeometrie wird der Körper in Schichten zerlegt, und die 'Angriffsflächen' für die Eingangsgrößen (Temperatur, entsprechend Spannung) festgelegt (siehe Bild 3). Die Eingänge S_1 bis S_3 , die den möglichen Wärmestrom durch die Seitenflächen auf den Monosiliziumkörper darstellen, sind stellvertretend für die beiden Seiten aufzufassen. Dementsprechend

- | | |
|------------------|--|
| O: | Eingang an der Oberseite des Sensors |
| U: | Eingang an der Unterseite des Sensors |
| S: | Eingang an den Seitenflächen des Sensors |
| D ₀ : | Eingang am Draht der Oberseite |
| D _u : | Eingang am Draht der Unterseite. |

Bild 3. Der zerlegte Sensor mit den angenommenen 'Wärmeeingängen'.

wird bei der Berechnung zum Beispiel der Wärmeübergangswiderstand die doppelte Fläche eingesetzt. In dem Ersatzschaltbild sind die Eingänge S_{st} und S_1 zusammengelegt.

Der entscheidende Schritt: Aus den Teilstücken des Sensors wird nun durch die Umwandlung in R/C-Glieder ein Netzwerk zwischen den festgelegten Eingängen aufgespannt. Es entsteht ein vorläufiges Ersatzschaltbild.

In dem Ersatzschaltbild (Bild 4) sind die einzelnen Schichten durch ein bis fünf Widerstände dargestellt, wobei die Kapazitäten schaltungstechnisch möglichst in die Mitte der Schicht gelegt werden. Die Widerstände einer Schicht sind so wiedergegeben und berechnet, als könnten die Längs- und Quer-

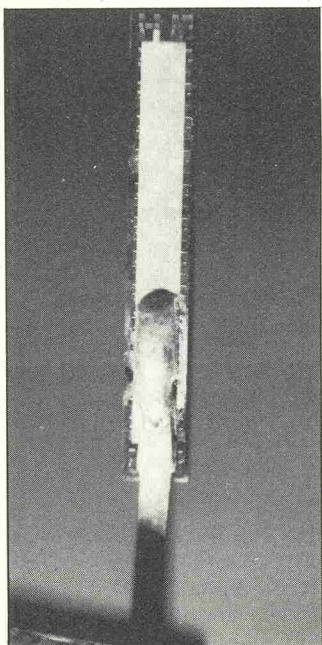
| Meßbedingung | $\alpha [\text{W}/\text{km}^2]$ | $R_\alpha [\Omega]$ |
|----------------|---------------------------------|---------------------|
| Luft 0,5 m/s | 72,9 | $3,74 \cdot 10^4$ |
| Luft 1,0 m/s | 102,2 | $2,67 \cdot 10^4$ |
| Wasser 0,2 m/s | $8,71 \cdot 10^3$ | $3,13 \cdot 10^2$ |
| Wasser 0,5 m/s | $14,2 \cdot 10^3$ | $1,92 \cdot 10^2$ |
| Wasser, ruhend | 728 | $3,75 \cdot 10^3$ |
| Öl 0,2 m/s | 901,7 | $3,03 \cdot 10^3$ |
| Öl 0,5 m/s | $1,41 \cdot 10^3$ | $1,93 \cdot 10^3$ |
| Öl, ruhend | 72,7 | $3,75 \cdot 10^4$ |

Tabelle 1. Die Werte der Wärmeübergangszahl und des entsprechenden Außenwiderstandes für unterschiedliche Meßbedingungen.

wärmeleitfähigkeiten einer Schicht sich als unabhängig voneinander darstellen lassen. Bei Beschränkung auf wenige Bauteile entsteht dabei ein Fehler, wenn die Schaltung nicht mehr symmetrisch angelegt werden kann, und man Wärmeströmungen betrachtet, die nicht ausschließlich in einer Koordinatenrichtung fließen.

Die Oxidschicht ist mit der daraufliegenden Nitridschicht zusammengefaßt. Das Ersatzschaltbild hat elf Eingänge, um alle möglichen Meßbedingungen darstellen zu können. Beispielsweise kann an einen Teil der Eingänge eine Spannung gemäß der jeweiligen Übertemperatur gelegt werden, während die anderen Eingänge auf Masse (entsprechend der Bezugs temperatur) liegen. Es wird zur Simulation der Umgebungsbedingungen, zum Beispiel der Armierung oder des Wärmeüberganges, erforderlich sein, die Eingangsspannung über verschiedene zusätzliche R/C Kombinationen oder Außenwiderstände einzuspeisen.

Nachdem der geistige Teil erledigt ist, kommt nun die Fleißarbeit. Aus den aufgezeigten Beziehungen für R und C und unter Zuhilfenahme der Stoffwerte aus Tabelle 2 können nun Wärmewiderstände und Wärmekapazitäten der einzelnen



Der Beispielsensor im Original.

Glieder berechnet und wie durch die Flächenaufteilung vorgegeben, aufgeteilt werden (siehe Bild 4). Anschließend ist der Scharfblick des Praktikers gefragt. Zunächst: Welche Werte lassen sich vernachlässigen? Im vorliegenden Beispiel können alle Widerstände kleiner 5×10^{-3} K/W und alle Kapazitäten kleiner 7×10^{-6} J/K vernachlässigt werden. Dann: Welche Übertragungskoeffizienten ergeben eine sinnvolle Umsetzung in elektrische Größen?

Der Übertragungskoeffizient für die Widerstände wird festgelegt mit $\mu_1 = 1000 \times W/K$, um die üblichen Widerstandswerte verwenden zu können. Für die Aufzeichnung der Sprungantworten ist es in diesem Fall günstig, wenn der elektrische Zeitablauf etwas langsamer ist als der thermische, so daß ein normaler x/t-Schreiber benutzt werden kann. Für die Kapazitäten wird deshalb der Übertragungsfaktor $\mu_2 = 10 \times^{-1} F \times K/J$ gewählt. Daraus folgt dann $t_e = 10 \times t_w$. Durch die oben getroffenen Vernachlässigungen können in der Schaltung zusätzlich einige Bauteile zusammengefaßt werden. Es entsteht ein vereinfachtes Ersatzschaltbild, welches in Bild 5 dargestellt ist.

Was hier übriggeblieben ist, könnte durchaus hardwaremäßig als Grundbaustein aufgebaut werden.

Um den Wärmewiderstand der Anschlußdrähte zu berechnen, betrachtet man zunächst die Temperatur längs eines Stabes, der an einer Seite erwärmt wird — hier also vom Sensor her. Die Temperatur sinkt aufgrund des Wärmeübergangs zum umgebenden Medium nach einer bestimmten Strecke praktisch auf Umgebungstemperatur (ca. 1 % der Anfangsübertemperatur). Für den Wärmewiderstand gilt dann:

$$R_{Dr} = \frac{1}{\lambda \cdot A \cdot d \cdot U}$$

A: Querschnittsfläche
 λ : Wärmeübergang zur Umgebung
 U: Umfang

Als Anschlußdrähte wurden beim Sensor FeNiCo-Bänder benutzt, die folgende Stoffwerte haben:

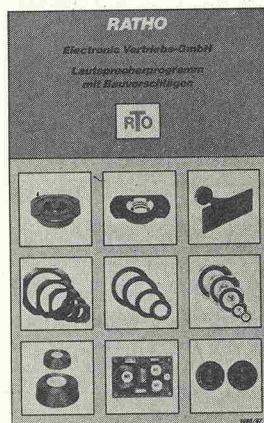
RATHO

Electronic Vertriebs-GmbH

Wenn Sie RATHO noch nicht kennen, dann wird es jetzt höchste Zeit!

Was Sie hier sehen, ist der neue Lautsprecher-Katalog von RATHO.

Er beinhaltet alles, was der Boxenbauer benötigt — bis hin zu Bauvorschlägen — und das ist ein Novum, das diesen Katalog besonders interessant macht.



Was Sie auf der anderen Seite sehen, das sind die RATHO Vertriebspartner.

Dort erhalten Sie Ihren kostenlosen Katalog mit Bauvorschlägen und selbstverständlich auch alle RATHO-Produkte.

Wenn Sie selbst Händler sind und ein RATHO-Vertriebspartner werden möchten, sollten Sie den Coupon ausfüllen und umgehend einsenden an:

RATHO Electronic-Vertriebs GmbH,
 Burchardstraße 6, 2000 Hamburg 1,
 Tel. 040/33 86 41, 32 66 62, 33 67 96
 Telex 215 355 rto d, Telefax 040/33 53 58.

Durch Leistung überzeugen!



Wir stellen aus!
 Wir freuen uns auf Ihren Besuch.
 Wir freuen uns auf Ihren Besuch.
 01.09.88, Halle 9 Stand 9E30

Nur für Händleranfragen (Nachweis erforderlich)
 Ich möchte ein RATHO-Vertriebspartner werden:
 Firma: _____
 Name: _____
 Straße: _____
 Ort: _____
 Tel.: _____

Temperatursensoren

| Gesamtwert der bezeichneten Schicht in J/K bzw. K/W | Werte für die aufgeteilten Schichten in J/K bzw. K/W |
|---|--|
| $R_{Ni} = 4,43 \cdot 10^{-4}$ | $R_{Ni1} = 4,9 \cdot 10^{-3}$ $R_{Ni2} = 4,9 \cdot 10^{-4}$ |
| $C_{Ni} = 170 \cdot 10^{-6}$ | $C_{Ni1} = 1,5 \cdot 10^{-7}$ $C_{Ni2} = 1,5 \cdot 10^{-6}$ |
| $R_{AlO2,3} = 5,58 \cdot 10^{-4}$ | $R_{AlO2} = 1,06 \cdot 10^{-3}$ $R_{AlO3} = 1,18 \cdot 10^{-3}$ |
| $R_{AlO4,5} = 2,24 \cdot 10^{-4}$ | $R_{AlO4} = 1,06 \cdot 10^{-4}$ $R_{AlO5} = 1,17 \cdot 10^{-4}$ |
| $C_{AlO} = 4,8 \cdot 10^{-5}$ | $C_{Al3} = 2,27 \cdot 10^{-5}$ $C_{Al1} = 2,52 \cdot 10^{-5}$ |
| $RO_X = 3,4 \cdot 10^{-2}$ | $R_{ON1} = 17,3$ $R_{ON1} = 6,8 \cdot 10^{-1}$ |
| $R_{Ni} = 2,43 \cdot 10^{-4}$ | $R_{ON2} = 6,8 \cdot 10^{-2}$ $R_{ON3} = 7,5 \cdot 10^{-2}$ |
| $CON \sim COX = 1,4 \cdot 10^{-5}$ | $CON1 = 7 \cdot 10^{-7}$ $CON2 = 7 \cdot 10^{-6}$ $CON3 = 6,3 \cdot 10^{-6}$ |

| Gesamtwerte in J/K bzw. K/W | Werte für die aufgeteilten Schichten in J/K bzw. K/W |
|----------------------------------|---|
| $R_{Mo1,3} = 1,8 \cdot 10^{-1}$ | $R_{Mo1} = 3,6$ $R_{Mo2} = 0,36$ $R_{Mo3} = 0,40$ |
| $R_{Mo4,5} = 1,25 \cdot 10^{-2}$ | $R_{Mo4} = 62,5$ $R_{Mo5} = 62,5$ |
| $C_{Mo} = 8,7 \cdot 10^{-3}$ | $C_{Mo1} = 4,35 \cdot 10^{-4}$ $C_{Mo2} = 4,35 \cdot 10^{-3}$ $C_{Mo3} = 3,9 \cdot 10^{-3}$ |
| $R_{Al1,3} = 5,3 \cdot 10^{-4}$ | $R_{Al1} = 1,06 \cdot 10^{-2}$ $R_{Al2} = 1,06 \cdot 10^{-3}$ $R_{Al3} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ |
| $R_{Al4,5} = 2,36 \cdot 10^{-4}$ | $R_{Al5} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ $R_{Al6} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ |
| $C_{Al} = 5,1 \cdot 10^{-5}$ | $C_{Al1} = 2,55 \cdot 10^{-6}$ $C_{Al2} = 2,55 \cdot 10^{-5}$ $C_{Al3} = 2,3 \cdot 10^{-5}$ |
| $R_{Po} = 2,4 \cdot 10^{-1}$ | |
| $C_{Po} = 4,5 \cdot 10^{-8}$ | |

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1: R_{Po} | $= 24 \Omega$ |
| 2: R_{ON1} | $= 1,73 \text{ k}\Omega$ |
| 3: $R_{ON1'}$ | $= 68 \Omega$ |
| 4: $1/2R_{Mo1}$ | $= 180 \Omega$ |
| 5: $1/2R_{Mo1}$ | $= 180 \Omega$ |
| 6: R_{Al5} | $= 1,17 \text{ M}\Omega$ |
| 7: $R_{ON2} + 1/2R_{Mo2}$ | $= 24,8 \Omega$ |
| 8: $1/2R_{Mo2}$ | $= 18 \Omega$ |
| 9: $R_{Mo5} // R_{Al5}$ | $= 6,2 \text{ k}\Omega$ |
| 10: R_{Al4} | $= 1 \text{ M}\Omega$ |
| 11: $R_{ON3} + 1/2R_{Mo3}$ | $= 27,5 \Omega$ |
| 12: $1/2R_{Mo3}$ | $= 20 \Omega$ |
| 13: $R_{Mo4} // R_{Al4}$ | $= 6,2 \text{ k}\Omega$ |
| a: C_{Po} | $= 4,5 \text{ nF}$ |
| b: C_{Mo1} | $= 43,5 \mu\text{F}$ |
| c: C_{Al2} | $= 2,5 \mu\text{F}$ |
| d: $C_{Mo2} + C_{Al2}$ | $= 440 \mu\text{F}$ |
| e: C_{Al3} | $= 2,3 \mu\text{F}$ |
| f: $C_{Mo3} + C_{Al3}$ | $= 392 \mu\text{F}$ |

Bild 5. Unten: Das endgültige Ersatzschaltbild.
Oben: Die Widerstands- und Kapazitätswerte.

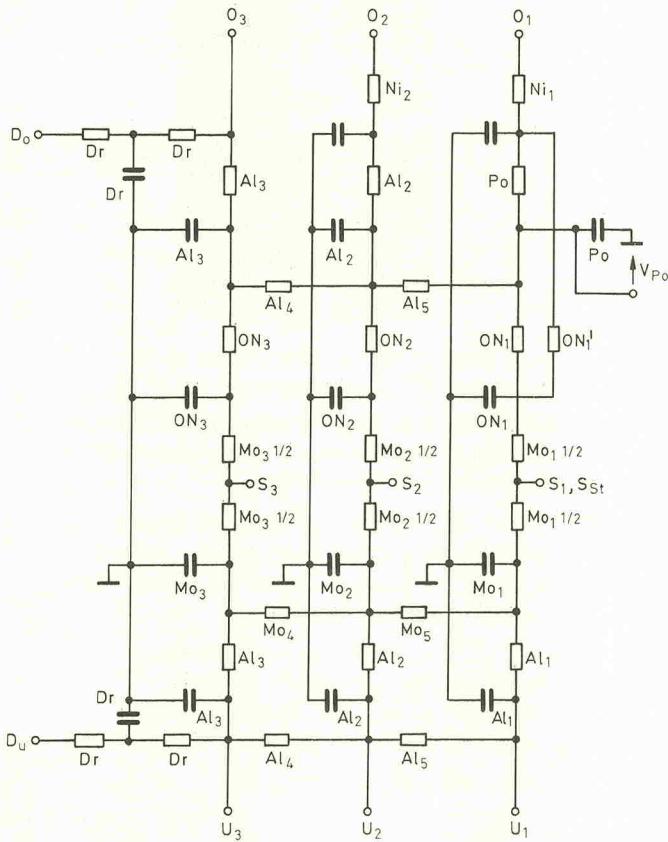
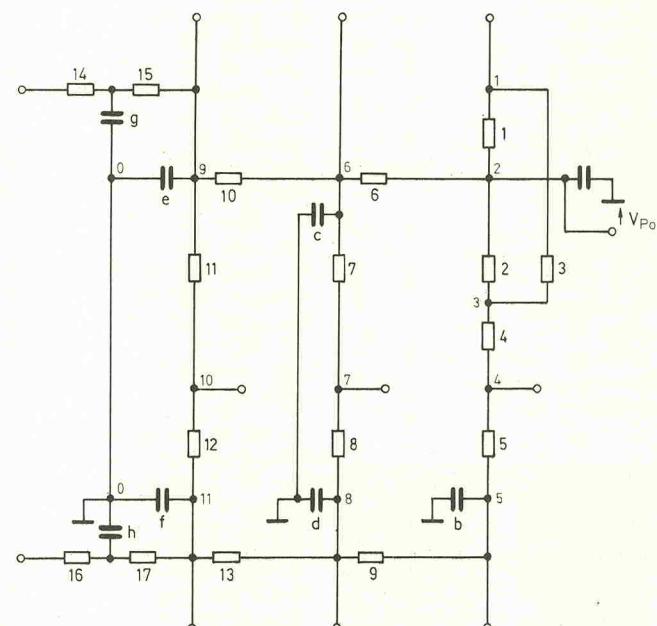


Bild 4. Das vorläufige Ersatzschaltbild des Sensors. Darüber die errechneten Werte der Wärmekapazitäten und Wärmewiderstände.

Ni: Siliziumnitrid
Al: Aluminium
Po: Polysilizium
ON: Oxid und Nitrid
Mo: Monosizium
Dr: Anschlußdraht



$$A = 9 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$U = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 16,74 \text{ W/km}$$

Daraus ergibt sich:

$$R_{Dr} = 7,6 \times 10^3 \text{ K/W.}$$

Unter der Voraussetzung, daß sich die Drähte während einer Messung über ihre gesamte Länge in ruhender Luft befinden (mit $\alpha = 7,65 \text{ W/K} \times \text{m}^2$), muß im Ersatzschaltbild für jeden Draht ein Widerstand von $R = 760 \text{ k}\Omega$ eingesetzt werden. Mit dem errechneten Wärmewiderstand von $7,6 \times 10^3 \text{ K/W}$ läßt sich die effektive Länge ΔX_D berechnen:

$$\Delta X_D = R_{Dr} \cdot \lambda \cdot A \rightarrow \Delta X_D \approx 11 \text{ mm}$$

Mit dieser Länge wird näherungsweise die Wärmekapazität berechnet, mit der der Draht wirkt:

$$C_{Dr} = \rho \cdot C_p \cdot A \cdot \Delta X_D = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \text{J/K}$$

$$C_{Dr} = 360 \mu\text{F.}$$

Da kein Wert für die Wärmekapazität von FeNiCo vorliegt, ist der entsprechende Wert von Eisen eingesetzt worden (C_p von Ni und Co sind kaum abweichend).

Für die Außenwiderstände (die

| Stoff | ρ [kg/m ³] | Cp[J/bgK] | λ [W/Km] | $a \cdot 10^{-6}$ m ² /s | b[W s ^{1/2} /Km ²] |
|---|-----------------------------|-----------|------------------|-------------------------------------|---|
| Silizium | 2330 | 700 | 150 | 91,97 | 15 641 |
| SiO ₂ | 2200 | 745 | 1,256 | 0,766 | 1435 |
| Quarzsubstrat | 2200 | 670 | 1,46 | 0,99 | 1467 |
| Si ₃ N ₄ Si _x O _y N ₂ | 3100 | 712 | 29,3 | 13,3 | 8042 |
| Aluminium | 2700 | 896 | 202 | 83,5 | 22106 |
| FeNiCo | ~7870 | ~460 | 16,74 | 4,62 | 7785 |
| V2A | 8000 | 477 | 15 | 3,93 | 7570 |
| Woodsche Leg. | 1056 | 147 | 12,8 | 82,5 | 1410 |

Tabelle 2. Stoffwerte des Beispielsensors.

den Wärmeübergang vom Medium zum Sensor darstellen) ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Werte.

Bei Simulation mit nicht allseitiger Erwärmung des Sensorkörpers müssen die einzelnen Widerstände gemäß der Flächeneinteilung (Bild 3) errechnet werden. Der Wider-

stand für den Eingang S_1 , S_{st} errechnet sich aus der Parallelschaltung von S_1 und S_{st} .

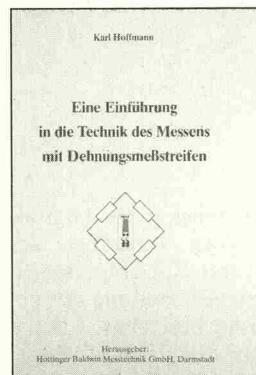
Für alle, denen beim Lesen Zweifel gekommen sind, daß sich der zeitliche Verlauf der Temperatur eines Eigelbs mit gegebenen Randbedingungen — gleichmäßige Umhüllung durch Eiweiß und Schale, Um-

strömung von Wasser mit definierter Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit — durch ein analoges Modell aus R/C-Gliedern darstellen läßt (vorausgesetzt man findet die Stoffkonstanten des Hühnereis in der einschlägigen Literatur) sei noch folgendes angefügt:

Die experimentell ermittelten Übergangsfunktionen mit Versuchsaufbauten ähnlich denen in Bild 1 führen zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Simulationen mit Hilfe des Beulen-Modells.

Zum Schluß sollte noch erwähnt werden, daß aufgrund des begrenzten Umfangs dieser Darstellung einiges vereinfacht dargestellt, beziehungsweise vernachlässigt wurde, wie zum Beispiel der Einfluß der statischen Sensorkennlinie.

Der Buchtip



Karl Hoffmann
Eine Einführung in die Technik des Messens mit Dehnungsmeßstreifen

Herausgeber und Bezugssquelle: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Postfach 4235, 6100 Darmstadt 1.

291 Seiten
DM 25,- (für Studenten DM 14,-) incl. MWSt. und Versandkosten.

Ihre 30-jährige Erfahrung in der Anwendung und Herstellung von

elrad 1988, Heft 7/8



VDI Berichte 677
Sensoren, Technologie und Anwendung

Düsseldorf 1988
VDI-Verlag
545 Seiten
DM 158,-
ISBN 3-18-090677-4

Dieser VDI-Bericht gibt die Manuskripte der vierten Wissenschaftlichen Fachtagung mit dem Thema „Sensoren — Technologie und Anwendung“, die im März 1988 stattfand, wieder. Er ist also eine aktuelle

Veröffentlichung über den neuesten Stand und die Entwicklungen auf dem Gebiet der Sensorik. Schwerpunktthemen sind Kraft-, Druck-, Temperatursensoren sowie Sensoren für die Robotik. Weiter wird über Faseroptische- und Chemische-Sensoren und den Entwicklungsstand auf dem Sektor der Intelligenten-Sensoren berichtet. Bussysteme und Schnittstellen sowie Beiträge zu Verbindungs-technologien und zur Miniaturisierung runden die Thematik ab.

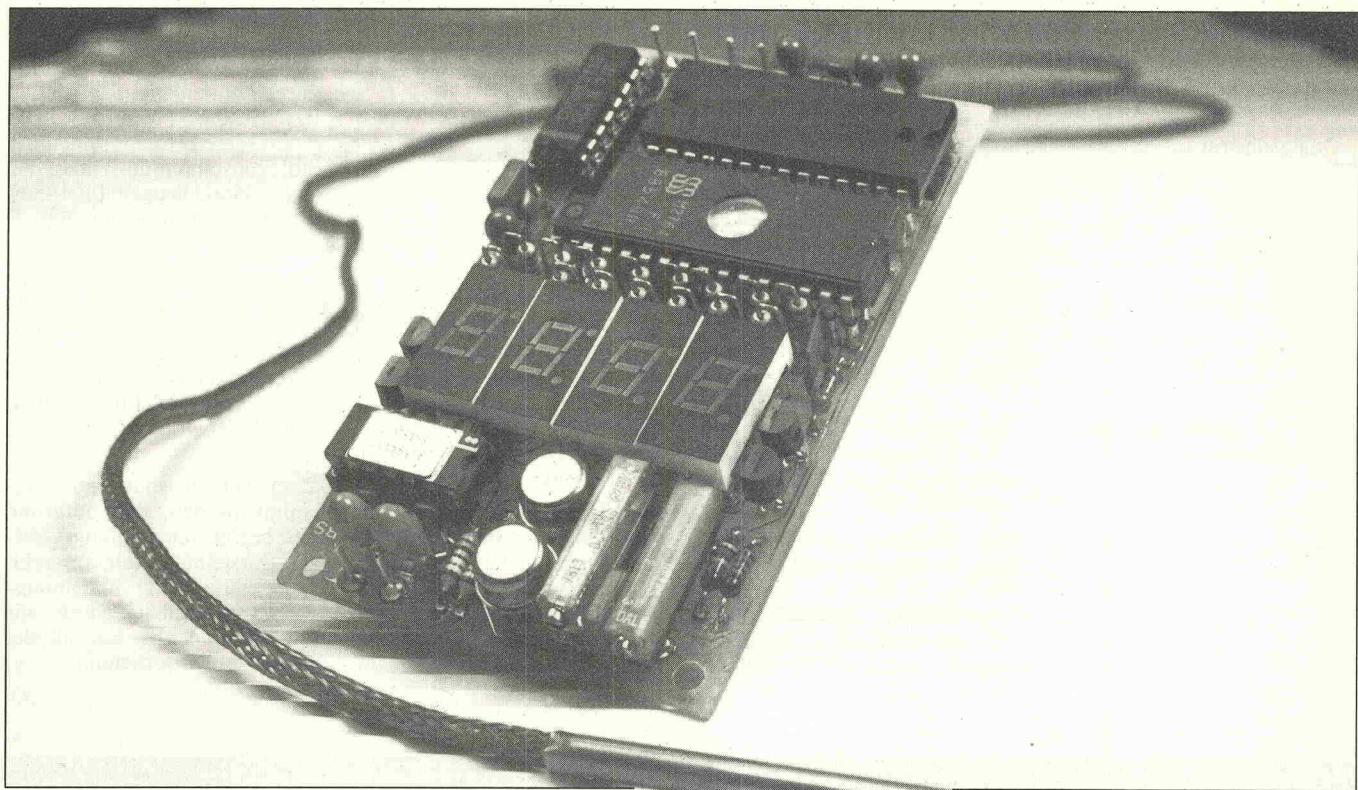
hr

Dietrich Juckenack
Handbuch der Sensortechnik

Landsberg 1988
Verlag Moderne Industrie
400 Seiten
DM 148,-
ISBN 3-478-41630-2

Das Anliegen des Buches ist die Informationsbe-





Heißes Eisen

Digitalisiert und linearisiert

Wenn es um die Messung hoher Temperaturen geht, findet man in aller Regel ein Thermoelement an der heißen Front. Grund genug, eine Schaltung vorzustellen, die mit ausgezeichneter Genauigkeit die Spannung dieser altbewährten Sensoren auswertet.

Thermoelemente zeichnen sich durch ihren weiten Temperaturmeßbereich (bis über 2000 °C), eine gute Auflösung und hohe Genauigkeit aus. Demgegenüber steht die funktionsbedingt etwas kompliziertere Ankopplung an die Auswertelektronik: Da es sich bei den Thermoelementen um Sensoren handelt, die lediglich eine Temperaturdifferenz (zwischen dem 'heißen' und dem 'kalten Ende' des Elements) erfassen können, muß, um zu

einer absoluten Temperaturanzeige zu kommen, die Temperatur am 'kalten Ende' mit einem zweiten Sensor erfaßt und zu dem Wert des ersten Thermoelements hinzugezählt werden. Die Temperatur an dieser sogenannten Vergleichsstelle liegt allerdings in der Regel in weniger extremen Bereichen, so daß als Vergleichswertaufnehmer ein Halbleitersensor eingesetzt werden kann.

Womit wir bei dem AD 594 bzw. AD 595 wären. Diese ICs sind speziell für den Einsatz mit Thermoelementen geschaffen. Neben einem Fühler zur Kompensation der Vergleichsstellentemperatur beinhalten sie u.a. einen vollständigen Instrumentenverstärker und eine Nullgradreferenz. Der Unterschied zwischen den beiden Bausteinen liegt darin, daß der AD 594 auf die Charakteristik eines Thermoelements vom J-Typ (Eisen-CuNi) und der AD 595 auf die eines Thermoelements vom K-Typ (NiCr-NiAl) vorkalibriert ist.

Bild 1 zeigt die Schaltung des Digital-Thermometers. Am Ausgang des AD 594/595 liegt mit IC2 ein zusätzlicher Verstärker zur Einstellung des gewünschten Anzeigebereiches. Seine Verstärkung ist auf den Faktor 2 eingestellt. Da der AD 594/595 eine Ausgangsspannung von 10 mV/°C liefert, beträgt damit die Eingangsspannung für den nachgeschalteten AD 7571 das Doppelte, nämlich 20 mV/°C. Dieser 10-Bit-A/D-Wandler besitzt außer seinen 10 Datenausgängen einen zusätzlichen Ausgang für das Vorzeichen-Bit, das bei negativen Spannungen gesetzt wird. Allerdings wird dieses Bit in der vorliegenden Applikation nicht verwendet. Hier wird der Wandler im sogenannten 'Unipolar-Betrieb' eingesetzt, d.h., das Vorzeichen-Bit wird ignoriert. Der Vorteil dieser Betriebsart liegt darin, daß sowohl das Vorzeichen als auch die negativen Differenzspannungen des AD 7571 damit ohne Bedeutung sind. Um trotz der unipolaren Betriebsart negative Spannungen

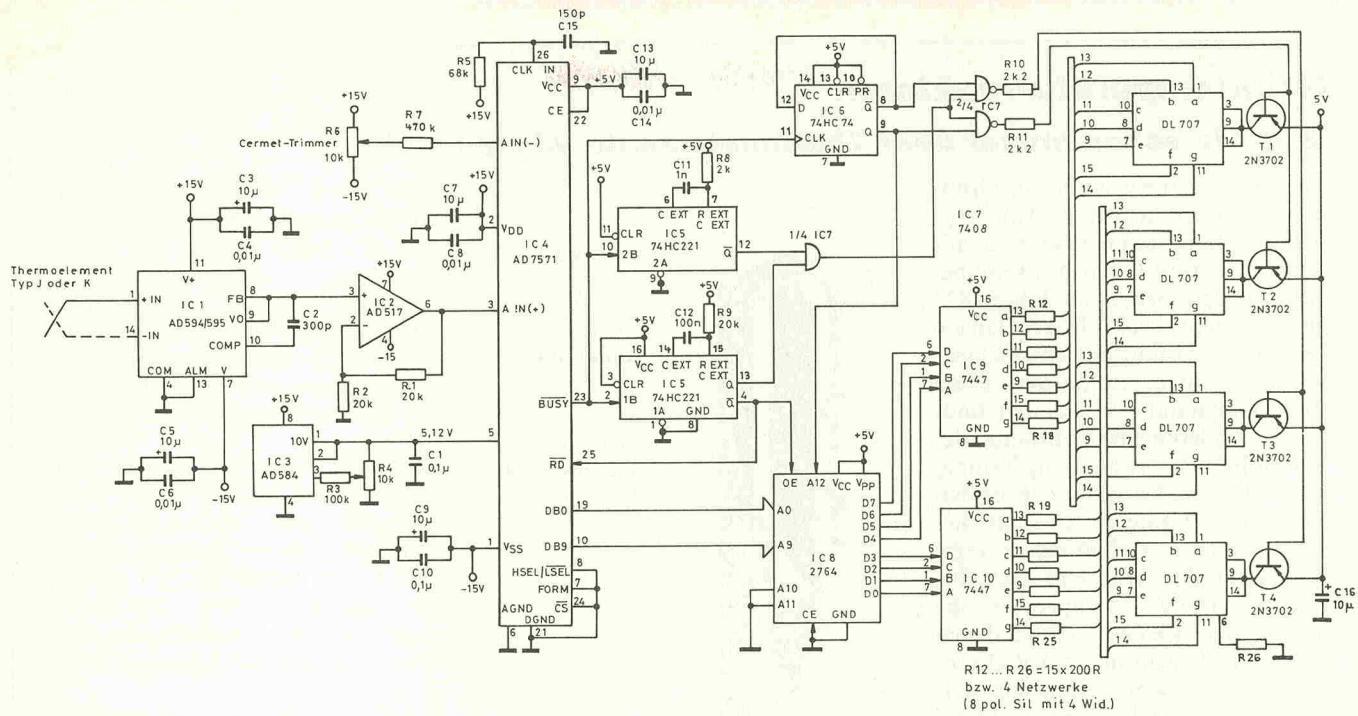


Bild 1 zeigt das Schaltbild zum Digitalthermometer. Den Takt zur A/D-Wandlung schlägt sich der Wandler mit Hilfe von R5 und C15 selber.

(als Folge negativer Temperaturen) verarbeiten zu können, muß die Vorspannung an den Eingängen $A_{IN}(+)$ und $A_{IN}(-)$ veränderbar sein. Und eben diesem Zwecke verdankt der Trimmer R7 sein Dasein.

Die maximale Spannung zwischen den Differenzeingängen des Wandlers darf 10,24 V betragen. Das kommt natürlich nicht von ungefähr, denn eine Wortbreite von 10 Bit entspricht einer Auflösung von 1024 Werten. Pro 10 mV erhöht sich also das Ausgangsdatum des Wandlers um eins. Da die Eingangsspannung des A/D-Wandlers — wie bereits erwähnt — 20 mV/°C beträgt, fallen auf jedes Grad Celsius zwei Digitalworte. Damit ergibt sich eine Auflösung von 512 °C in 0,5-Grad-Schritten.

Bei welcher Temperatur dieser 512-Grad-Bereich anfängt, hängt von der Stellung des Einstellreglers R6 ab. Für die vorliegende Applikation gilt:

$$\begin{aligned} \text{Obere Grenze} &= 10,24 + A_{IN}(-) \cdot 100 \cdot 0,5 \text{ °C} \\ \text{Untere Grenze} &= \text{Obere Grenze} - 512 \end{aligned}$$

Und gleich ein Beispiel hinterher: Liegt der Eingang $A_{IN}(-)$ auf -4 V, so beträgt der Temperaturbereich -200 °C ... +312 °C.

Der A/D-Wandler benötigt eine Referenzspannung von 5,12 V, die ihm von IC3, einem Referenzspannungs-Baustein zur Verfügung gestellt wird. Mit dem Trimmer R3 muß die Ausgangsspannung dieses ICs auf genau diesen Wert eingestellt werden.

Zwar gewährleistet der AD 594/595 eine konstante Verstärkung über den gesamten Eingangsspannungsbereich, aber leider kann man das gleiche nicht vom Thermoelement behaupten. Hier ist der Zusammenhang zwischen der Temperatur und der vom Thermoelement gelieferten Spannung nicht line-

ar. Typische Werte für die Nichtlinearität dieser Thermoelemente sind in Tabelle I dargestellt. Nimmt man eine Steilheit von 10 mV/°C an (Seebeck-Koeffizient \times Verstärkung), so beträgt der Fehler für ein Thermoelement vom J-Typ bei +200 °C bereits ≈ 8 °. Soll die Meßgenauigkeit über den gesamten Temperaturbereich erhalten bleiben, müssen also zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden.

Heißes Eisen alleine genügt nicht. Erst wenn zwei verschiedene Metalle zu einem Thermoelement verbunden werden, entsteht eine meßbare Thermospannung.

Im vorliegenden Falle bieten sich da zwei Alternativen an: Die Linearisierung findet im analogen Bereich, also vor der Digitalisierung statt, was eine relativ komplexe Schaltung mit einigen zusätzlichen Operationsverstärkern und sehr genau ausgemessenen Widerständen erfordert. Beispiele über derartige Linearisierungsmethoden findet man im 'Nonlinear Circuits Handbook' von Analog Devices. Wesentlich einfacher ist jedoch die Linearisierung auf der digitalen Seite der Meßanordnung.

| Thermoelement Temperatur °C | Typ J Spannung mV | AD594 Ausgang mV | Typ K Spannung mV | AD595 Ausgang mV |
|-----------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 0 | 0 | 3.1 | 0 | 2.7 |
| 20 | 1.019 | 200 | 0.798 | 200 |
| 40 | 2.058 | 401 | 1.611 | 401 |
| 80 | 4.186 | 813 | 3.266 | 810 |
| 120 | 6.359 | 1233 | 4.919 | 1219 |
| 160 | 8.560 | 1659 | 6.539 | 1620 |
| 200 | 10.777 | 2087 | 8.137 | 2015 |

Tabelle I. Der Zusammenhang zwischen Ausgangsspannung und Temperatur eines Thermoelements.

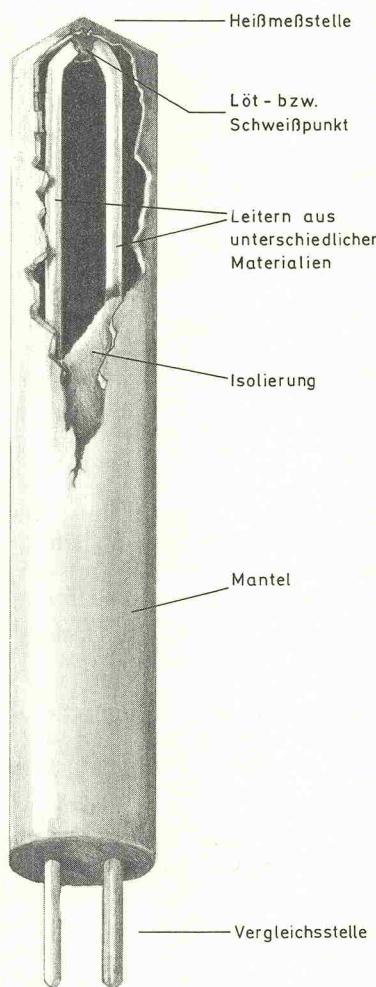
Hochtemperaturreaktoren

Thermoelemente gehören zur Gruppe der aktiven Sensoren: Auf Temperaturdifferenzen reagieren sie mit Spannung. Ihre Funktionsweise beruht auf dem bereits im Jahre 1822 entdeckten Seebeck-Effekt. Danach liefern zwei Drähte aus unterschiedlichen Metallen, die an dem einen Ende miteinander verbunden sind, an dem anderen eine Spannung, deren Höhe proportional zur Temperaturdifferenz zwischen den beiden Enden der Drähte ist. Ursache dieser Spannung ist eben dieses Temperaturgefälle. Während sich bei überall gleicher Temperatur die mehr oder weniger vorhandenen freien Elektronen in allen Richtungen bewegen und damit ein Ladungsgleichgewicht besteht, bewegen sich bei einem Temperaturunterschied durch Wärmediffusion mehr dieser Ladungsträger von der heißen zur kalten Stelle als umgekehrt. In der Folge entsteht an dem kalten Ende ein Ladungsüberschuß und an dem heißen ein Ladungsmangel.

Zwischen diesen Ladungswolken an den Leiterenden entsteht ein elektrisches Feld mit einer Gegenkraft. Die Ladungstrennung vollzieht sich so lange, bis die steigende Gegenkraft des elektrischen Feldes dieser das Gleichgewicht hält. An diesem Punkt ist die sogenannte Leerlauf-EMK erreicht, die man als Thermospannung bezeichnet. Die Höhe dieser Spannung ist vom Leitermaterial und der Temperaturdifferenz abhängig.

| | |
|--------------|-------|
| Cu-CuNi | Typ T |
| Fe-CuNi | Typ J |
| NiCr-CuNi | Typ E |
| NiCr-NiAl | Typ K |
| Pr10Rh-Pt | Typ S |
| Pt13Rh-Pt | Typ R |
| Pt30Rh-Pt6Rh | Typ B |

Die Norm DIN-IEC 584 weist den verschiedenen Thermoelementtypen einzelne Buchstaben zu.



Thermoelemente bestehen aus zwei Leitern aus unterschiedlichen Materialien, die an einem Ende — der späteren Heißmeßstelle — miteinander verlötet oder verschweißt sind.

Nun würde bei einer Anordnung aus einheitlichem Material der gleiche Diffusionsvorgang die gleiche Spannung in den beiden Leiterschenkeln erzeugen, die sich gegenseitig kompensieren. Bei verschiedenen Metallen dagegen ist eine effektive Thermospannung als Differenz der Einzelspannungen wirksam.

Aus dem Vorangegangenen geht hervor, daß die Eigenschaften eines Thermoelements hauptsächlich von dem verwendeten Material abhängen. In der Norm IEC 584 werden die unterschiedlichen Thermoelementtypen mit einzelnen Buchstaben gekennzeichnet (siehe Tabelle).

Der einfache Aufbau, ihre mechanische Belastbarkeit, die Vielzahl erhaltlicher Typen, der große Temperaturbereich bei guter Langzeitstabilität und die hohe Genauigkeit haben zu einer weiten Verbreitung der Thermoelemente geführt. Der einzige Haken an der Geschichte liegt in der Weiterverarbeitung der Thermospannung. Hier muß beim Anschluß der Auswertelektronik nicht nur auf parasitäre Thermoelemente achtgegeben werden, sondern es ist auch eine Vergleichsstellenkompensation erforderlich. Traditionell löste man dieses Problem, indem man die Vergleichsstelle auf der Temperatur des schmelzenden Eises hielt, womit sich die Temperatur in Grad Celsius direkt aus der Thermospannung ableiten ließ. Glücklicherweise braucht man heute keinen Kübel Eiswasser mehr mit sich rumzuschleppen. Halbleiter wie der AD 594/595, die neben einem vor kalibrierten Instrumentenverstärker eine Null-Grad-Referenz und eine Vergleichsstellenkompensation besitzen, sorgen dafür, daß das Thermoelement auch weiterhin ein attraktiver Sensor bleibt.

Eine Möglichkeit bietet hier die Nachbildung der Kennlinie durch eine Polynomapproximation, so daß der Zusammenhang zwischen Temperatur und Ausgangsspannung des Thermoelementes mit einem sehr geringen Fehler dargestellt werden kann:

$$T = P_0 + P_1 U + P_2 U^2 + \dots + P_m U^m \quad (1)$$

T = Temperatur in °C
 $P_0 \dots P_m$ = Polynomkoeffizienten
 U = Thermoelement-Spannung in Volt
 m = Polynomgrad

Dieses Polynom erlaubt eine exakte Berechnung der Temperatur für jede vorgegebene Thermospannung. Typische Polynomkoeffizienten für J- und K-Thermoelemente sind in Tabelle II dargestellt. Vor Anwendung der rechnerischen Linearisierung mit Hilfe des

| | Typ J 0...760 °C ±0.1 °C 5. Polynomgrad | Typ K 0...1370 °C ±0.7 °C 8. Polynomgrad |
|----------------|--|---|
| P ₀ | -0.048868252 | 0.226584602 |
| P ₁ | 19873.14503 | 24152.10900 |
| P ₂ | -218614.53533 | 67233.4248 |
| P ₃ | 11569199.78 | 2210340.682 |
| P ₄ | -264917531.4 | -860963914.9 |
| P ₅ | 2018441314 | 4.83506E + 10 |
| P ₆ | | -1.18452E + 12 |
| P ₇ | | 1.38690E + 13 |
| P ₈ | | -6.33708E + 13 |

Polynoms muß jedoch über die Übertragungsfunktion des AD 594/595 die Ausgangsspannung des Thermoelementes berechnet werden:

Thermoelement Typ J:

$$U_J = (U_{AD\ 594aus}/193,4) - 16 \mu V. \quad (2)$$

Thermoelement Typ K:

$$U_K = (U_{AD\ 595aus}/247,3) - 11 \mu V. \quad (3)$$

Mit Gleichung 2 erhält man bei einer angenommenen Temperatur von 200 °C eine Ausgangsspannung von 10,777 mV für ein Thermoelement vom J-Typ.

Eingesetzt in Gleichung (1) ergibt sich eine Temperatur-Anzeige von

Tabelle II. Polynomkoeffizienten für Thermoelemente des J- und K-Typs.

199,934 °C und damit ein Fehler von nur 0,066 °C.

In der vorliegenden Schaltung sind die entsprechenden Korrekturwerte in einem EPROM abgespeichert, das gleich auch die Binär-BCD-Umsetzung erledigt. Die Zeitablaufsteuerung übernimmt ein Doppelmonoflop. Hat der AD 7571 eine vollständige Umsetzung beendet, geht das Busy-Signal auf 'H' und triggert die beiden Monoflops. Während das erste eine bestimmte Verzögerungszeit erzeugt, die als Zugriffszeit für den AD 7571 und das EPROM benötigt wird, gibt das zweite Monoflop die Datenausgänge des EPROMs frei und initiiert einen neuen Umsetzyklus, nachdem die Anzeige den aktuellen Wert übernommen hat.

Für jede Adresse liefert das EPROM 8 Daten-Bits (= 2 BCD-Ziffern), die direkt die beiden 7-Segment-Display-Decoder IC9 und IC10 ansteuern. Der Speicherbereich des EPROMs ist

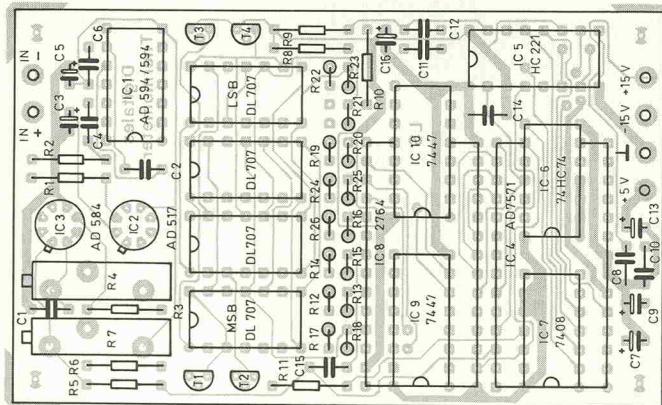
so aufgeteilt, daß die obere Hälfte des Speicherbereiches die beiden höherwertigen Ziffern der BCD-Daten enthält und die untere die beiden niedrigwertigen BCD-Ziffern beinhaltet. Für einen kompletten Ausgabezyklus muß das EPROM somit zweimal angesprochen werden. Dies wird erreicht, indem das höchste Adreßbit nach jeder Umsetzung durch den Binärteiler IC6 invertiert wird, so daß man 2 Umsetzungen des A/D-Konverters

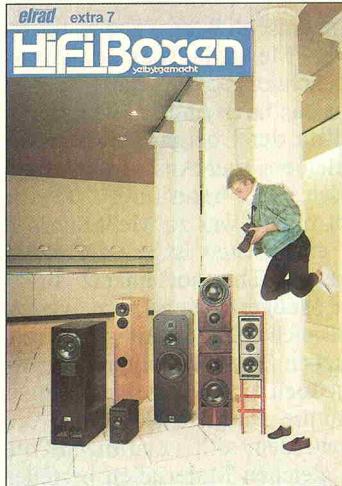
Die richtigen Temperatur-Daten über die richtigen EPROM-Adressen: Der A/D-Wandler übernimmt die Rolle des Adreßzählers.

für eine volle Auffrischung des Displays benötigt. Diese Methode ist im vorliegenden Fall durchaus akzeptabel, da die Zeitkonstante des Thermoelementes und des AD 594/595 verhältnismäßig lang gegenüber der Zeit ist, die für die Darstellung der vier Ziffern benötigt wird.

Zur Erstellung der Korrekturtabellen für das EPROM bietet sich an, unter Verwendung der Gleichung (1) ein kleines Programm zu erstellen, das die entsprechenden Werte erzeugt. Dabei ist zu bedenken, daß diese in 2x2 BCD-Worten ausgedrückt werden müssen, wobei der höherwertige Teil in der oberen und der niedrigwertige Teil in der unteren Hälfte des EPROMs gespeichert wird. Der erste Wert, also der Wert für die niedrigste anzugebende Temperatur, wird unter der Adresse 0000 und 1000(hex) abgelegt usw.

Beim Anschluß des Thermoelementes an das Meßgerät sind gewisse Regeln zu beachten. So darf diese Verbindung nicht aus 'artfremdem' Material bestehen, da der Übergang zwischen Thermoelement und Anschlußleitung dann wieder ein 'parasitäres' Thermoelement bildet, was zu Meßfehlern führt. Am einfachsten ist es, die Anschlußstifte des Thermoelements direkt mit dem Meßgeräteeingang zu verbinden. Läßt sich eine räumliche Trennung zwischen Thermoelement und Meßgerät jedoch nicht vermeiden, müssen sogenannte Ausgleichsleitungen verwendet werden, d.h. Leitungen, die aus den gleichen Materialien bestehen wie die beiden Komponenten des verwendeten Thermoelements.





**WIR WOLLTEN IHNEN IMMER SCHON 'MAL ZEIGEN,
WIE SICH SELBSTGEBAUTE LAUTSPRECHER-BOXEN
MIT EXELLENTEM KLANG, VERFÜHRERISCHEM FINISH
UND BEZAHLBAREM INNENLEBEN IN ELEGANTER
UMGEBUNG MACHEN.**

HifiBoxen
selbstgemacht

Was drin steht, lässt sich hören.

Ab 15. April '88 für 16 Mark 80.
Überall, wo es Zeitschriften gibt.

Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Helstorfer Straße 7, 3000 Hannover 61

HEISE



Überlebenskünstler

Michael Oberesch

Unter kommen sie alle. Leider nicht immer wie geplant. Flugzeugunglücke sind zwar erfreulicherweise recht selten, aber im Falle eines Falles meist ultimativ: Einziger überlebender Zeuge ist dann oft nur noch der 'cockpit-voicerecorder'.

Seit Dezember 1971 müssen nach einer Forderung des Luftfahrt-Bundesamtes alle turbinengetriebenen Verkehrsflugzeuge mit einem — wie es in Amtsdeutsch heißt — 'Führerraum-Tonbandgerät' ausgerüstet sein. Dieses Gerät, das bei den Fluggesellschaften in flight-tauglichem Englisch als 'cockpit-voicerecorder' bezeichnet wird, zeichnet vom Beginn eines Fluges bis zu seinem Ende alle Gespräche auf, die von der Besatzung geführt werden. Beginn eines Fluges heißt dabei bereits das Vorlesen der Checkliste vor dem Start.

Ende des Fluges? In der Regel sollte es auch hier wieder die Checkliste sein, die das Tonband zu verzeichnen hat — bevor es dann unbesehen gelöscht wird. Leider gibt es jedoch die seltenen Fälle, in denen ein Flug nicht mit der Landung endet, sondern mit dem Tod von Passagieren und Besatzung. Einzige Zeugen der Ereignisse, die zu einem solchen Unglück geführt haben, bleiben dann

oft nur noch der 'cockpit-voicerecorder' und der Flugdatenschreiber oder 'flight-recorder', der — in ähnlicher Technik — auf einem Band alle Informationen über die Maschine festhält: Leitwerkstellung, Schubkraft, Geschwindigkeit usw.

Nicht nur für die Suche nach dem Schuldigen — bei menschlichem Versagen — sind diese Informationen wichtig. Insbesondere bei technischen Fehlern, die zum Absturz geführt haben, sind die aufgezeichneten Gespräche und Daten von großer Bedeutung: Sie dienen als Grundlage für Verbesserungen, die ein nächstes, ähnliches Unglück vermeiden helfen.

Doch die Einführung der Cockpit-Voicerecorder verlief — bei aller Einsicht in ihre sinnvolle Notwendigkeit — nicht ganz ohne Diskussionen: Flugkapitäne und Co-Piloten fühlten sich, und das sicher mit einem gewissen Recht, an ihrem Arbeitsplatz belauscht, denn natürlich werden auch im Cockpit

— wie an jedem anderen Arbeitsplatz — Privatgespräche geführt, die man nicht gerne aufgezeichnet weiß. Komromiß: Im Gegensatz zum Flugdatenschreiber, der 25 Stunden lang kontinuierlich arbeitet, werden von den Gesprächen nur die jeweils letzten 30 Minuten festgehalten. Außerdem erfolgt eine Auswertung ausschließlich bei Flugbetriebsstörungen oder Unfällen und nur durch die entsprechenden nationalen Behörden des Landes, in dem sich das Unglück ereignet hat. Die Flugunfall-Untersuchungsstelle im Luftfahrtbundesamt in Braunschweig mußte 1987 achtzehnmal den Kasten knacken. Nicht immer ging jedoch ein Unfall voraus — meist waren es Beinahe-Unfälle, bei denen es gerade noch einmal gutgegangen war.

Die 30-Minuten-Regelung bestimmt auch im Prinzip bereits die Technik des CVR: Die Aufzeichnung erfolgt auf einer entsprechend langen Endlos-Tonbandschleife. 'Alter Hut',

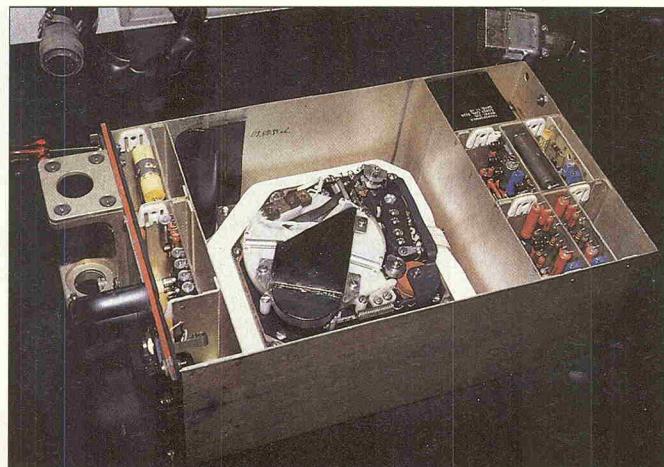


Das Herz des CVR: Zu sehen ist die Antriebsmechanik für das Endlosband. Der helle Block auf der Unterseite ist der sandgefüllte Hitzeschutz. Alles darf in Flammen aufgehen — nur das Band muß gerettet werden.

könnte man hier leicht sagen, in der Erwartung, im Rahmen der Flugzeugtechnik allerorten den letzten Hightech-Status anzutreffen. Doch die uralt-mechanische Tonbandtechnik hat ihren Grund: Zuverlässigkeit — das Schlüsselwort der Luftfahrt.

Außerdem wäre, selbst mit heutiger Speichertechnologie, ein digitales Konzept schwerlich zu verwirklichen: Bei der geforderten Bandbreite von 5 kHz und bei einem zulässigen Klirrfaktor von 5% müßten etwa 150 Millionen Bit reserviert werden, um eine halbe Stunde lang Sprache abzuspeichern!

Schwerer als der immense Speicherbedarf wiegt jedoch eine andere Tatsache. Ein RAM braucht bekanntlich zum Erhalt seiner Daten einen Ruhestrom; ein abgestürztes Flugzeug zeichnet sich hingegen in der Regel durch Stromlosigkeit aus. Ein Tonbandgerät bleibt



in einem solchen Falle einfach stehen, der Bandinhalt bleibt erhalten.

Dennoch ist ein Cockpit-Voicerecorder etwas mehr als ein ein schlichtes Tonbandgerät, wenngleich — gemessen am Hifi-Standard unserer Zeit — seine Übertragungsdaten eher bescheiden anmuten:

Frequenzgang
150 Hz...5 kHz ± 3 dB
Geräuschspannungsabstand
 ≥ 45 dB
Klirrfaktor $< 5\%$

Bei der üblichen 4,75er Bandgeschwindigkeit stellen diese Werte wahrlich keine Highlights dar. Doch Hifi ist hier nicht gefragt — Sprachverständlichkeit genügt vollkommen.

Dafür gestattet der CVR echte 'Quadraphonie', nämlich — wie ein Blick auf das Blockschaltbild zeigt — eine parallele 4-Spur-Aufzeichnung. 3 Spuren sind dabei völlig gleichberechtigt und auch gleich beschaltet: Diese 'Crewmember-Kanäle' zeichnen die Gespräche auf, die die Cockpit-Besatzung über ihre Kopfhörer/Mikrofon-Garnituren führt — die Funkkontakte mit dem Boden und anderen Maschinen also und den Interkom-Verkehr an Bord.

Daneben gibt es natürlich noch Gespräche, die die Besatzungsmitglieder untereinander führen, ohne das Interkom zu benutzen. Auch die werden aufgezeichnet. Diesem Zweck ist der vierte Kanal vorbehalten, der sein Signal aus einem Mikrofon bezieht, das in der Instrumentenwand des Cockpits angebracht ist (Area-Micro-

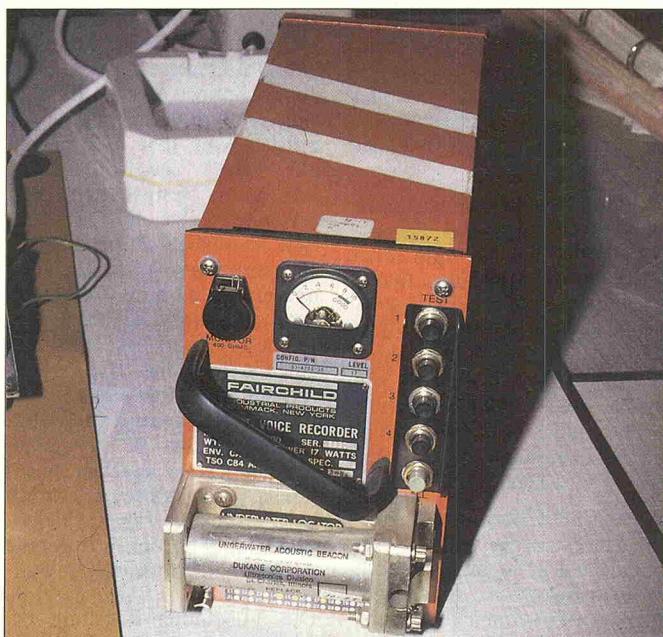
Dickes Stahlblech bildet das Gehäuse. In der runden Kapsel in der Mitte läuft das Endlosband.

phone). Ein eigener, automatisch geregelter Vorverstärker paßt den Pegel dieses Kanals der jeweiligen Umweltlautstärke an.

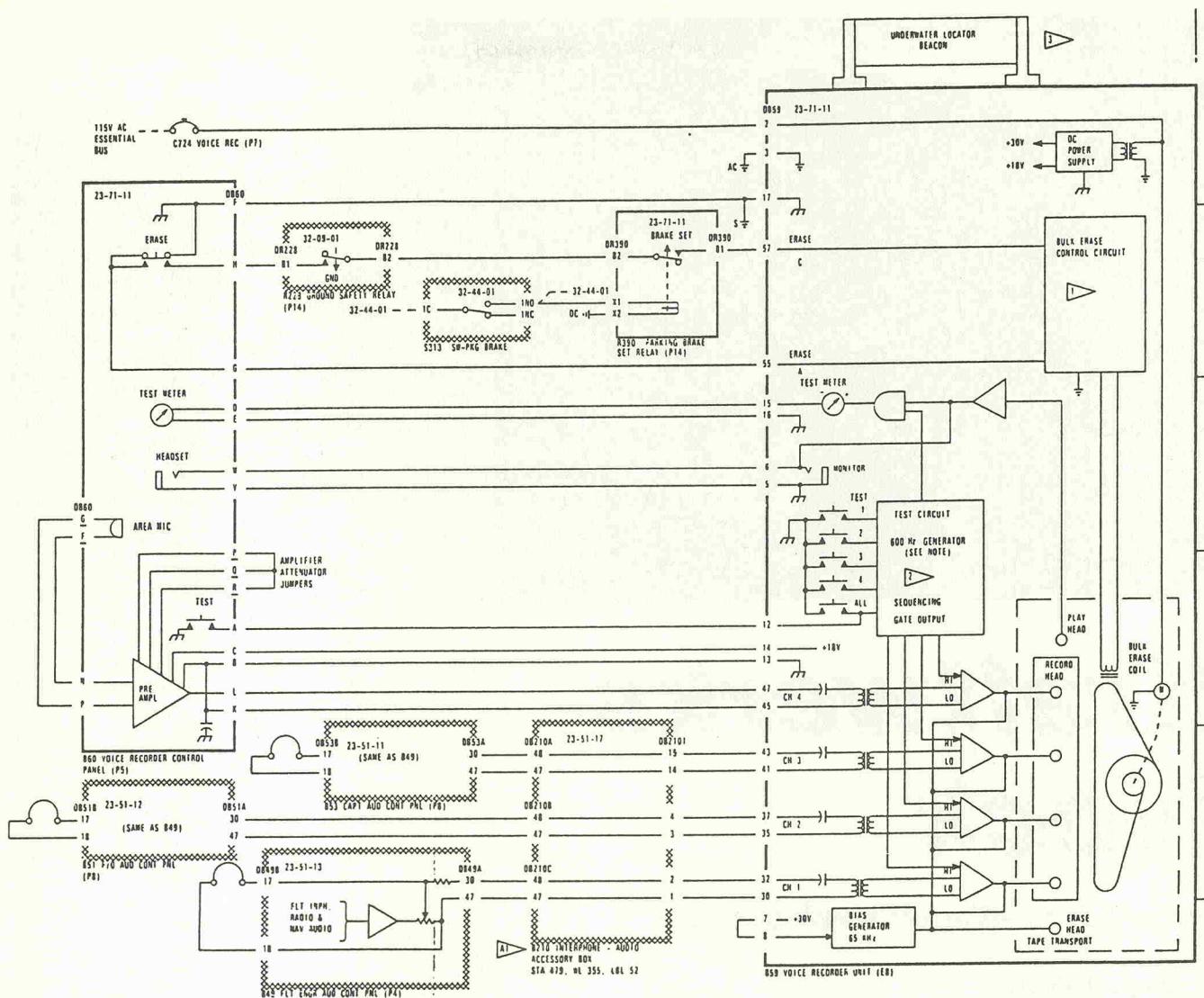
Die Technik, die dabei verwendet wird, ist grundsätzlich keine andere als die altbekannte aus Heim und Studio. An die Studiotechnik erinnert zum Beispiel die aufnahmeseitige Nf-Ankopplung mit Übertragen, die ebenfalls aus der Blockschaltung ersichtlich ist. Auch hier wird mit einer symmetrischen 300-Ohm-Anpassung gearbeitet — allerdings mit dem vom Studiolevel abweichenden Pegel von 500 mV.

Eine symmetrische Übertragung, die ja bekanntlich besonders unempfindlich gegen Störstrahlungseinstreuungen ist, ist an dieser Stelle sehr wichtig: Die Tonquellen, also die Funkempfänger und das 'Area-Microphone', befinden sich natürlich im Cockpit — der CVR dagegen ist im Bereich des hinteren Frachtraums, in der Nähe des Leitwerks, eingebaut. Zwischen diesen beiden Orten liegen zum Beispiel bei einer Boeing 747 rund 70 Meter Kabellänge.

Und Störstrahlungen gibt es in einem Flugzeug reichlich. Wenngleich auch der CVR in alt-analoger Technik arbeitet — der Rest der Flugelektronik ist so digital, wie modernste Mikroprozessoren es eben erfordern. Doch nicht nur Rechteck-Schmutz von Datenleitun-



Bislang sind fast alle CVRs gefunden worden — ob im Dschungel oder unter Wasser. Dafür sorgt einerseits die auffällige Farbe, andererseits der Ultraschallsender in dem runden Stab an der Vorderseite des Gerätes.



gen gilt es zu unterdrücken, auch das Bordnetz eines Flugzeugs bringt eigene und ungewöhnliche Probleme mit sich.

Der bodenständige Audio-Ingenieur kennt die Störproblematisierung zwischen Netz und Nf als lästiges 50-Hertz-Brummen am unteren Ende des Hörbereichs. In der Luft hätte er hingegen mit einem noch lästigeren Pfeifen zu rechnen: Flugzeug-Bordnetze arbeiten mit 115 Volt bei 400 Hz, also mit einer Frequenz, die mitten im kritischen Abschnitt des Sprachspektrums liegt. Aufwendige Maßnahmen zur Vermeidung von Einstreuungen sind folglich notwendig und durch symmetrische Leitungen noch am einfachsten zu verwirklichen.

Die ungewöhnliche Netzfrequenz von 400 Hz hat übrigens einen sehr handfesten Grund: Gewichtersparnis — die ober-

ste Regel des Flugwesens schlechthin! Höhere Frequenz, das heißt für Trafos aber auch für Elektromotoren: weniger Eisen oder Ferrit statt Eisen. Die Gramme addieren sich.

Und auch der erwähnte Einbauort des CVR, der alle Störprobleme so verschärft, hat seinen wohlgedachten Grund: Langjährige Erfahrungen haben gezeigt, daß Heckteil und Leitwerk einer Maschine bei einem Unfall in der Regel am wenigsten beschädigt werden. An dieser Stelle sollte man sich wieder der Tatsache erinnern, daß das Gerät gerade eben für jenen Worst-Case konstruiert ist. Deshalb gesellen sich auch zu den enttäuschenden, aber hinreichenden Audio-Werten einige mechanische Daten, die durchaus imponierend sind.

So fordert das Luftfahrt-Bun-

desamt das einwandfreie Funktionieren in einem Temperaturbereich zwischen -54°C und $+55^{\circ}\text{C}$. Eine Maschine, die längere Zeit in Mombasa auf dem Rollfeld stand, um dann in kürzester Zeit ihre Reiseflughöhe von 30.000 ft, also 10.000 m, zu erreichen, kann in ihrem unklimatisierten Frachtraum diese Werte aufweisen.

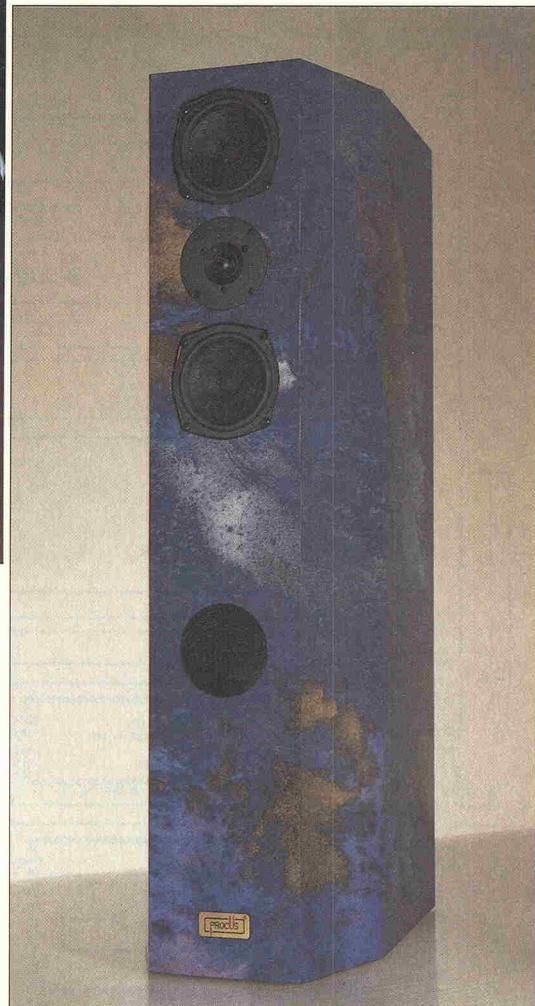
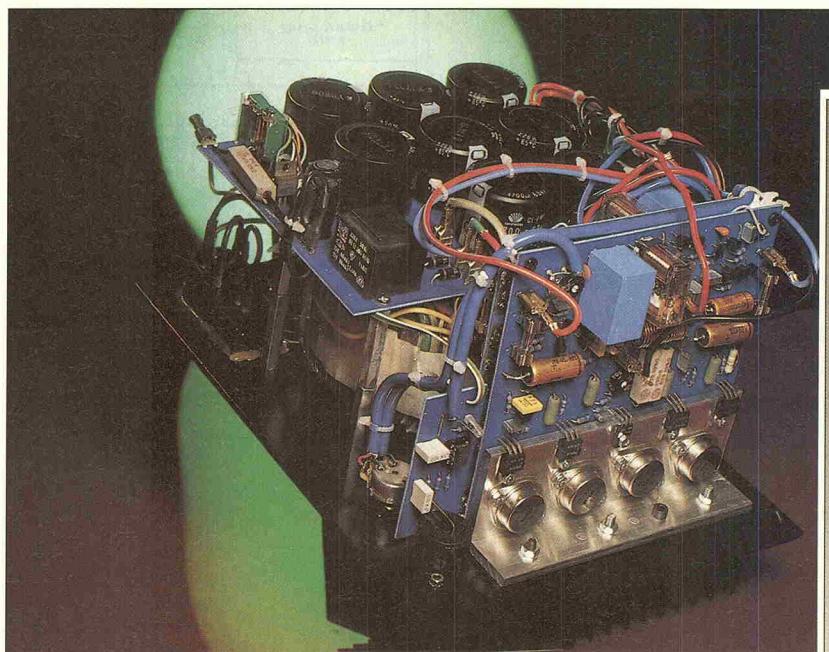
Weitere für den erdgelenkten Elektroniker ungewöhnliche Vorgaben: Das Gerät muß im Bereich zwischen 10 und 500 Hz Vibrationen bis 5 G schadlos ertragen können, und eine Schockbelastung bis zu 15 G. (Das Maß 'G' ist die Einheit der Erdbeschleunigung, also $9,81 \text{ m/s}^2$.)

Zwei Anforderungen hat das Gerät noch zu erfüllen — sehr extreme, aber dafür einmalige, weil auf den letzten Einsatz be-

zogene: 100 G Impact Shock (Aufprallschock) und eine halbe Stunde lang 1100°C Hitze. Bei Eintritt dieser physikalischen Bedingungen darf nicht nur, sondern soll sogar das Band stehenbleiben. Eine Stromversorgung wird es in diesem Fall ohnehin nicht mehr geben.

Wichtig wird dann nur noch sein, den knallroten oder schreiend-gelben CVR zu finden — sei es in der Wüste, im Hochgebirge, im Urwald oder sogar auf dem Grunde eines Meeres. Auch an den letzten Fall wurde gedacht: Nicht nur 50.000 ft Höhe (16 km) muß das Gerät ertragen können — auch 6000 m Meerestiefe. Damit es dort gefunden wird, ist ein Ultraschall-Bakensender eingebaut, der sich in einem solchen Fall selbsttätig für mindestens 30 Tage einschaltet.

Aktivbox-Endstufe



Kraftwerks-block

Ein solider 2-Weg-Aktiveinschub

**Dr. Ing. Hubert
Michael Oberesch**

Miniaturlösungen müssen es in der Regel nicht sein, wenn Endstufeneinschübe zur Aktivierung von Boxen gesucht werden — Platz ist meist zur Genüge da. Wichtiger ist da schon ein gesunder Wärmehaushalt, denn die dunklen Höhlungen des Boxeninnern bieten alle Voraussetzungen für einen Wärmestau. Probleme solcher Art dürfte es mit dieser Doppelendstufe nicht geben. Ausgelegt ist sie nämlich für 2×200 Watt!

Ursprünglich wurde die Aktiveinheit für die Box 'Fidibus' von der Dr. Hubert GmbH entwickelt. elrad stellte die 'Fidibus' 1985 im Sonderheft extra 3 vor. Trotz der seitdem vergangenen drei Jahre ist diese Selbstbau-Box immer noch mit Erfolg im Vertriebsprogramm der Herstellerfirma. Der

Grund dafür mag in der etwas ungewöhnlichen Schallführungstechnik liegen, die es gestattet, das Gehäuse sehr schmal und schlank zu halten — trotz Einsatz zweier Baßchassis.

Das Schlüsselwort heißt: Bandpaß-Gehäuse. Die Wirkungsweise dieses Prin-

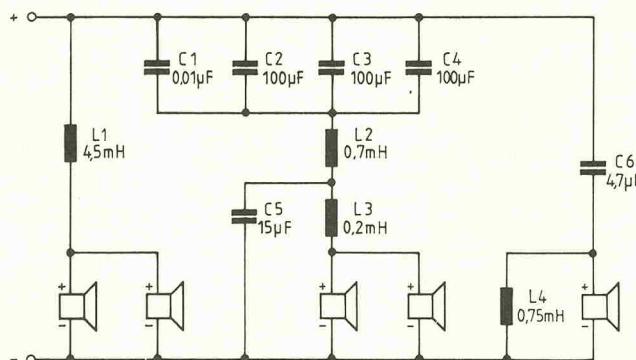


Bild 1. Recht aufwendig: Jede Menge Kupfer und dicke Kondensatoren benötigt die 'passive Fidibus'.

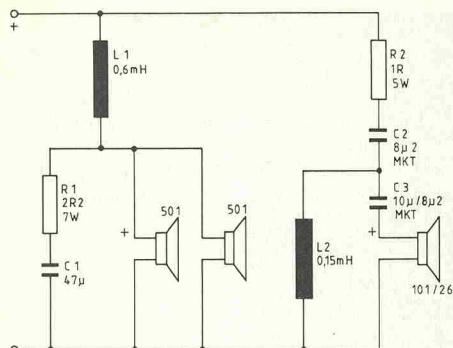


Bild 2. Bei der Aktivierung fällt einiges weg. Die Tiefotoner sind nicht eingezeichnet — sie liegen direkt am Ausgang des Baßverstärkers.

zips ist im Kasten auf Seite 96 kurz beschrieben; eine ausführliche Darstellung mit Berechnungshinweisen findet sich im neuesten Boxen-Sonderheft 'elrad extra 7'.

Doch natürlich lässt sich die Aktiv-Einheit nicht nur für die 'Fidibus' einsetzen. Die Endstufenschaltung kann auch als ganz normaler Verstärker eingesetzt werden — also in Breitbandversion ohne Filterglieder. Daneben lässt sich mit der Schaltung im Prinzip jede andere Box 'aktivieren'. Die Frequenzweiche ist dann natürlich an die Verhältnisse anzupassen und wird in der

Regel etwas aufwendiger ausfallen müssen, als es die 'Fidibus' erfordert.

Daß es bei einer Bandpaß-Box so einfach geht, liegt am Prinzip: Bild 1 zeigt die Frequenzweiche der Passiv-Version der 'Fidibus'. Die beiden parallelen Tieftöner bilden zusammen mit dem Gehäuse das natürliche Bandpaßfilter mit 12 dB Flankensteilheit. Die Spule L1 leistet einen zusätzlichen Beitrag von 6 dB/Oktave, so daß sich insgesamt ein 18-dB-Übergang zum Mitteltonbereich ergibt. Bei der Aktiv-Version (Bild 2) entfällt diese Spule ersatzlos; ihre Aufgabe übernimmt der Tiefpaß R2/C1 im Verstärker des Baßkanals.

Im Mitteltonkanal ergibt sich die zweite Weichen-Abmagerung. Bei der Passiv-Box sah die Flankensteilheits-Bilanz so aus: Das berechnete Mitteltöner-Volumen wirkt als 12-dB-Hochpaß, C1...4 legen noch 6 dB dazu. Zusammen ergibt sich auch hier eine

Die Endstufe kann auch als ganz normaler, separater Verstärker dienen. Dann natürlich ohne Filterglieder.

18-dB-Ankopplung an den Baßbereich. Für die Aktiv-Version gilt das gleiche, nur kann auch hier die Batterie von vier großen Kondensatoren entfallen: Die Aufgabe von C1...4 übernimmt der Hochpaß C2/R3 im Hoch/Mitteltonverstärker.

Die Trennung zwischen Mittel- und Hochtonbereich erfolgt nach wie vor passiv, jedoch mit leichten Änderungen gegenüber der Urfassung. Auch wenn es nicht auf den ersten Blick erkennbar ist: Der Tiefpaß des Mitteltöners arbeitet ebenfalls mit 18 dB/Oktave. Einen einsichtigen, elektrischen

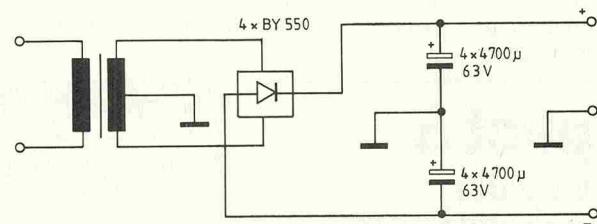
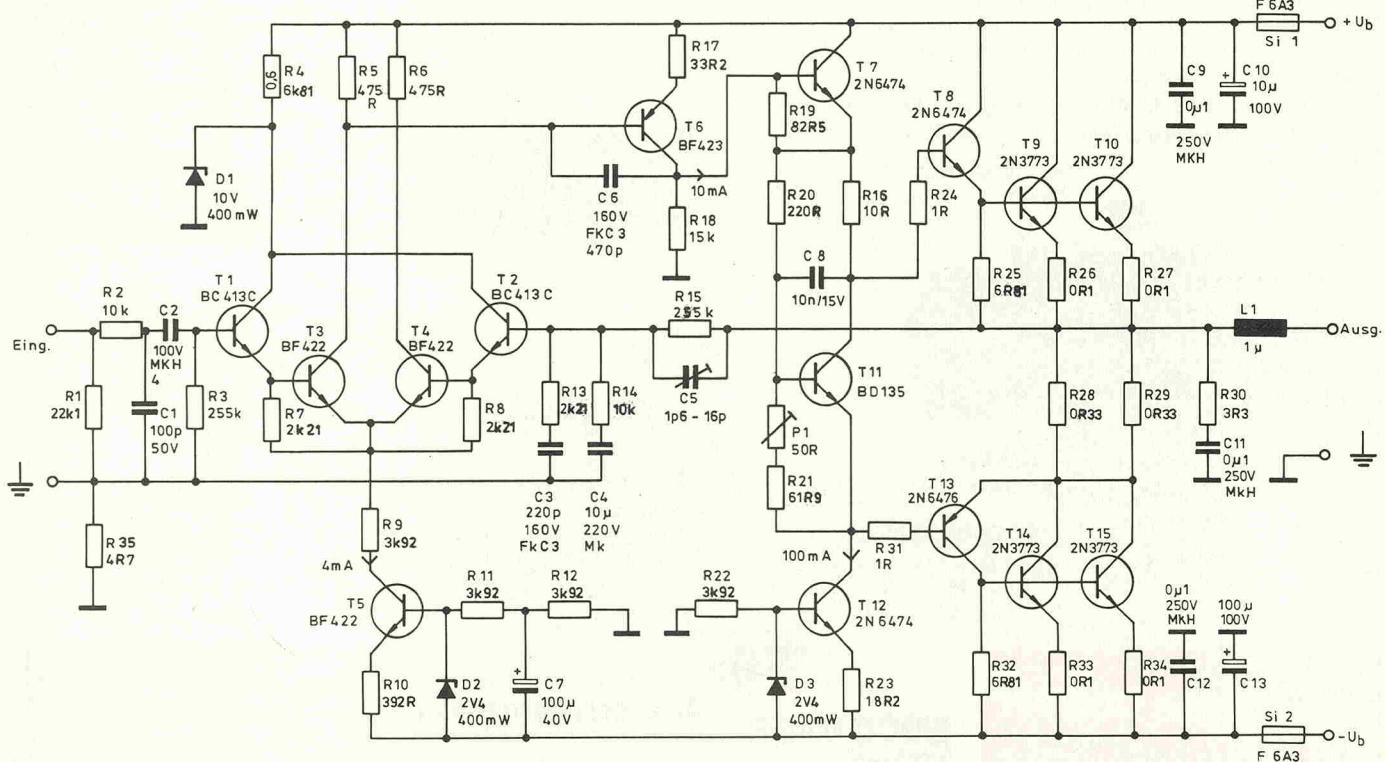


Bild 3. Netzteil und Endstufe zeigen sich zwar konventionell, sind aber sehr sorgfältig berechnet und bemessen.



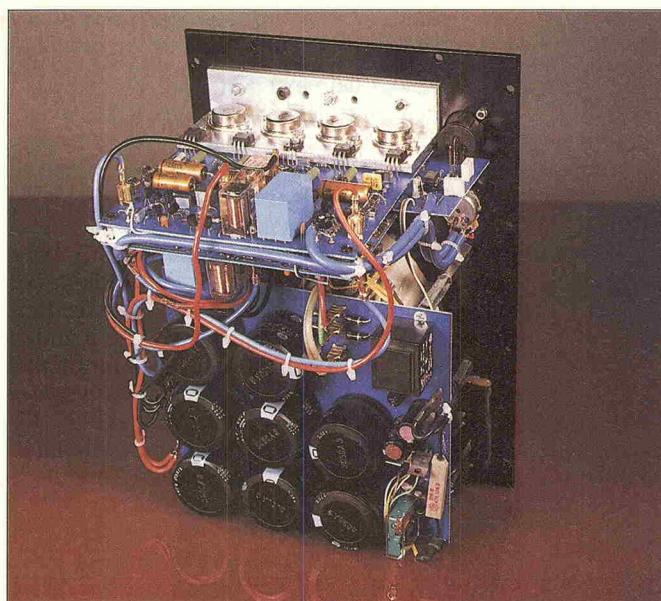
Aktivbox-Endstufe

Anteil von 12 dB leisten dabei L1 und C1; die restlichen 6 dB sind im Chassis versteckt — als akustische obere Grenzfrequenz. Der Hochtöner, ein Procus 101/26 (in der alten Version wurde ein Dynaudio-Typ eingesetzt) koppelt dann wiederum an einen klassischen Filter 3. Ordnung an.

Die beiden Endstufen der Aktiv-Einheit sind im wesentlichen vollkommen identisch aufgebaut und unterscheiden sich lediglich durch die Bemessung der genannten RC-Glieder. Das Schaltbild zeigt den Mittel/Hochtonzweig mit den korrekten Werten für die 'Fidibus'. Beim Aufbau des Baßkanals sind nur vier Bauelemente zu ändern:

C1 = 47n
C2 = 470n
R1 = 3k9
R2 = 20k

Findet die Schaltung in anderen Boxen Verwendung, so sind diese Werte natürlich den Gegebenheiten anzupassen. In den meisten Fällen wird es sogar nötig sein, den beiden Endstufen eine zusätzliche elektronische Frequenzweiche höherer Ordnung vorzuschalten, denn



Fast ein kompakter Würfel:
Der Aktiv-Einschub für die 'Fidibus' enthält zwei 200-Watt-Endstufen nebst allem Zubehör.

bei Boxen-Konzepten, die keine akustischen Filter 'eingebaut' haben, dürften die 6-dB-Trennungen der Verstärker nicht ausreichen. Gut geeignet wäre hier zum Beispiel die Linkwitz-Weiche aus elrad 2/87.

Wird die Endstufe mit einer separaten Weiche betrieben — oder als normaler Endverstärker —, so ist ihr Frequenzgang natürlich linear zu halten. Die Eingangsbeschaltung sollte dann so aussehen:

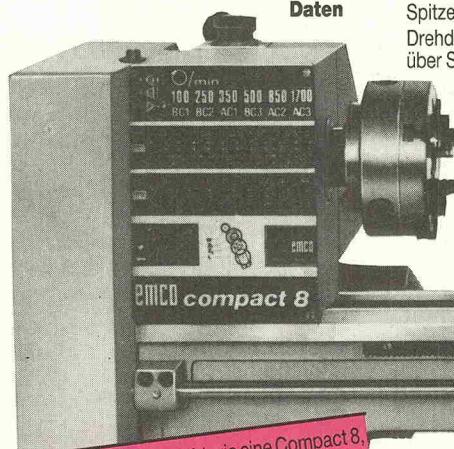
EMCO Compact 8

Profi-Technik für die präzise Bearbeitung von Metall und Kunststoff

Die ideale Maschine für Heimwerker, Feinmechaniker, Reparaturbetriebe, Modellbauer, für Optik-, Elektro- und KFZ-Werkstätten, technische und wissenschaftliche Labors; für die technische Ausbildung in Schulen und Lehrwerkstätten.

Obwohl die EMCO COMPACT 8 nur 58 kg wiegt, bietet sie in perfekter Technik die gleiche Standfestigkeit wie andere Maschinen mit weit höherem Gewicht.

| Technische Daten | Spitzenhöhe | 105 mm |
|------------------|------------------------------|--------|
| | Spitzenweite | 450 mm |
| | Drehdurchmesser über Support | 118 mm |



Nicht alles was so aussieht wie eine Compact 8, ist eine Compact 8 von EMCO.

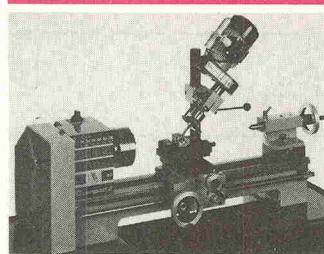
Hier ist das Original!

Aktion: Erweiterte Grundausstattung einschl. Rädersatz zum Gewindeschneiden und 4-fach Stahlhalter. Fragen Sie Ihren Fachhändler.

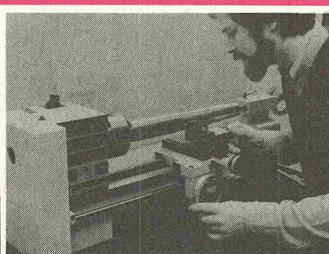
EMCO MAIER

GmbH & Co. KG
Sudetenstr. 10
8227 Siegsdorf
Tel. (08662) 7065
Telex 56414 emco ma

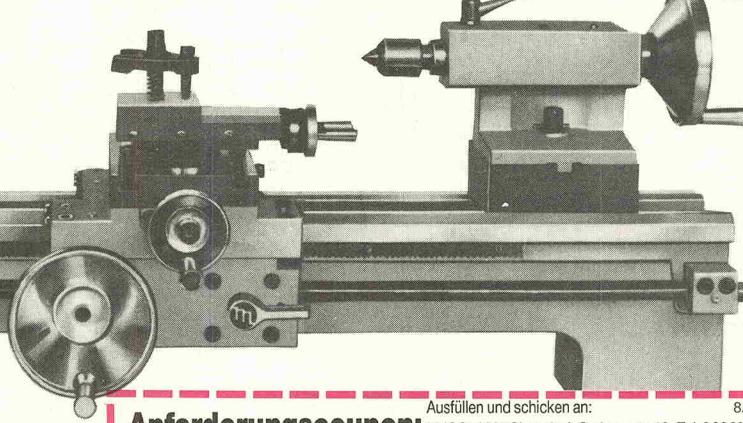
Überzeugende Technik zum attraktiven Preis



Fräsen und Bohren auf einer Drehmaschine



Maschinenabbildungen mit Zubehör



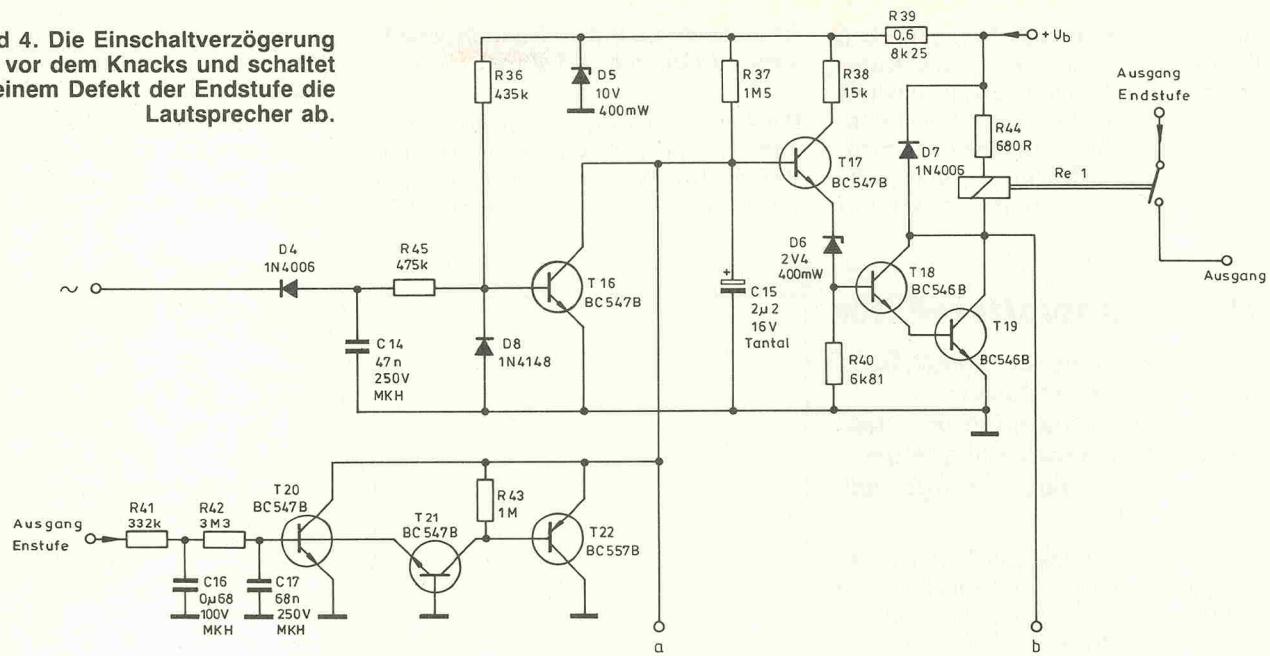
Ausfüllen und schicken an:
Anforderungscoupon: EMCO · 8227 Siegsdorf · Sudetenstr. 10 · Tel. 08662/7065
Bitte schicken Sie uns kostenlos Informationsmaterial über

Compact 8
 Ges. Herstellungsprogramm

X
Absender

8/15/88

Bild 4. Die Einschaltverzögerung schützt vor dem Knacks und schaltet bei einem Defekt der Endstufe die Lautsprecher ab.

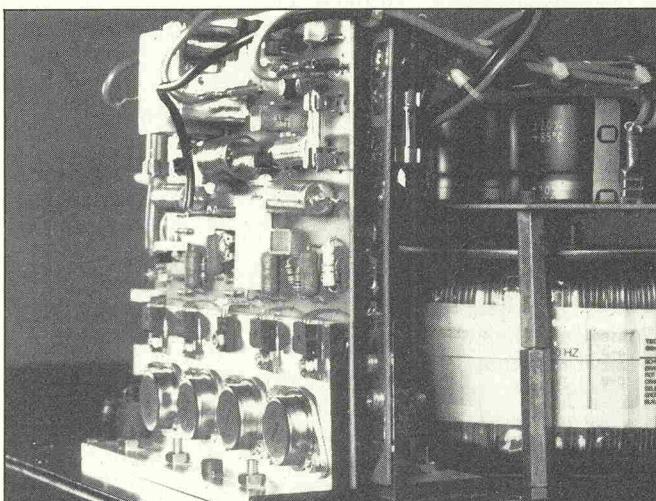


C1 = 100p
 C2 = 470n
 R1 = 22k
 R2 = 10k

Sicherlich wird diese Endstufe in den meisten Fällen für die Aktivierung vorhandener Boxen eingesetzt werden — also auch in Drei- oder Mehrweg-Version. Die Netztrafo-Tabelle zeigt, für wie viele Leistungsbereiche sich die Schaltung anpassen lässt. Aus diesem Grund erscheint es auch wenig sinnvoll, ein festes Layout für die Schaltung vorzusehen — ein jeder braucht's halt etwas anders...

Die Endstufe (Bild 3) ist wie üblich als stark gegengekoppelter Operationsverstärker aufgebaut, um die nichtlinearen Verzerrungen, insbesondere die Übernahmeverzerrungen der AB-Ausgangsstufe zu reduzieren. Die Ringverstärkung beträgt etwa 200 bei einer Grenzfrequenz von 5 kHz, die durch C6 bestimmt ist. In Verbindung mit einer Lead-Kompensation im Gegenkopplungszweig ist damit ein stabiles Arbeiten des Verstärkers bei einer Transitfrequenz von 1 MHz möglich.

Die Eingangsstufe in Darlingtonsschaltung hat den Vorteil eines hohen Ein-



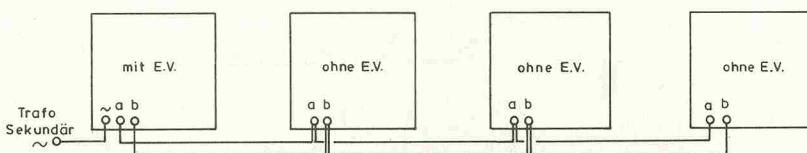
Über dem 560-VA-Ringkerンtrafo liegt die Netzteilplatine. Die beiden Endstufen stehen Rücken an Rücken daneben.

gangswiderstands und eines kleinen Eingangsstroms. Dadurch ist eine hochohmige Dimensionierung des Gegenkopplungsnetzwerks möglich, ohne daß große Offsetspannungen am Ausgang auftreten. Vorteilhaft ist außerdem die Kombination von rauscharmen (T1, T2) und spannungsfesten (T3, T4) Transistoren. Die Konstantstromquelle mit T5 verhindert die Einkopplung von Störungen, die der Speisespannung überlagert sind.

Die weitere Spannungsverstärkung des Signals erfolgt durch T6. R18 reduziert künstlich den Ausgangswiderstand dieser Stufe und damit auch den 'open-loop'-Ausgangswiderstand des Gesamtverstärkers. Ringverstärkungsverlauf und Stabilität werden dadurch unabhängiger von der Last.

Es folgen eine Impedanzwandlerstufe mit T7 und die quasikomplementäre Ausgangsstufe. Die Z-Diodenschal-

Bild 5. Sollen mehrere Endstufen an einem gemeinsamen Netzteil betrieben werden, so braucht man nur ein Modul mit Einschaltverzögerung.



tung mit dem thermisch gekoppelten Transistor T11 stabilisiert den Ruhestrom. Es sind zwei parallelgeschaltete Endstufentransistoren pro Endstufenhälfte vorgesehen, um die hohen Ströme und Verlustleistungen mit preisgünstigen Transistortypen bewältigen

zu können und den Kühlkörperaufwand in Grenzen zu halten.

Bei Ausgangsleistungen von 70 W oder weniger genügt ein Transistor pro Endstufenhälfte. Man lässt dann T10, T14 sowie deren Emitterwiderstände R27

und R33 und einen der Widerstände R28, R29 weg. Den Ruhestrom stellt man auf 50 mA ein. Spule L1 verbessert die Stabilität bei kapazitiver Last und ist sehr niederohmig ausgelegt, da sie für den Dämpfungsfaktor mitbestimmend ist. Die Eingangsmasse ist

Das Spanplatten-Filter

Im aktuellen Boxen-Sonderheft 'elrad-extra 7' erläutert Dr. Ing. Hubert ausführlich das Prinzip des Bandpaß-Lautsprechers. Hier einige Auszüge aus seinem Artikel:

Bei der Berechnung von Frequenzweichen gibt es zahlreiche Probleme zu beachten. So darf dabei, vor allem im Tieftonbereich, keinesfalls von einer rein ohmschen Last ausgegangen werden. Die Impedanz eines Lautsprechers ändert sich nämlich sehr stark mit der Frequenz, da die Übergangsfrequenz in der Nähe der Eigenresonanz des Tieftöners liegt.

Doch selbst wenn diesbezüglich zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden, so ergeben sich hier für die Kapazitäten und Induktivitäten derart große Werte, daß die Frequenzweichen sowohl sehr groß als auch sehr teuer werden.

Und hier stellt sich unser Speziallautsprecher — wir möchten diese Sonderform eines Baßreflex-Gehäuses einmal Bandpaß-Lautsprecher nennen — mit 'eingebauter' Frequenzweiche 2. Ordnung (12 dB pro Oktave Flankensteilheit) als idealer Problemlöser vor:

Baut man einen Lautsprecher in ein geschlossenes Gehäuse ein, so hat der Frequenzverlauf bekanntlich eine

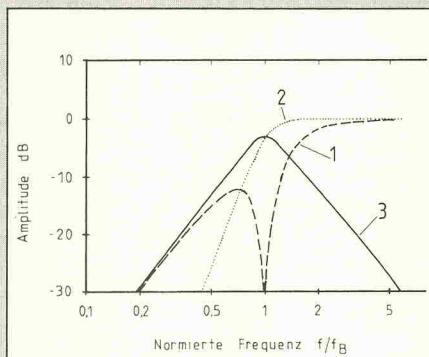


Bild 1. Prinzipieller Frequenzgang einer Baßreflex-Box (2). Beiträge von Chassis (1) und Reflex-Öffnung (3).

Hochpaßcharakteristik 2. Ordnung. Baut man einen Lautsprecher in ein Baßreflex-Gehäuse ein, so hat der Frequenzverlauf eine Hochpaßcharakteristik 4. Ordnung — vorausgesetzt, man hat eine klassische B4-Abstimmung gewählt.

Der typische Frequenzgang einer Baßreflex-Box setzt sich im unteren Bereich aus zwei Anteilen zusammen: zum einen aus dem Anteil, der vom Tieftöner direkt abgestrahlt wird, zum anderen aus dem Anteil, der von der Reflexöffnung abgestrahlt wird (Bild 1). Der Frequenzverlauf der Reflexöffnung hat dabei bereits eine Bandpaßcharakteristik: ein Bandpaß 2. Ordnung (12 dB Flankensteilheit) mit der Mittelfrequenz f_B , der Reso-

nanzfrequenz des ventilirten Gehäuses.

Verhindert man nun, daß der direkt vom Lautsprecher abgestrahlte Schallanteil einen Beitrag zum Schalldruck leisten kann, bleibt nur der Bandpaß übrig. Das kann auf einfache Weise dadurch geschehen, indem ein geschlossenes Gehäuse über den Laut-

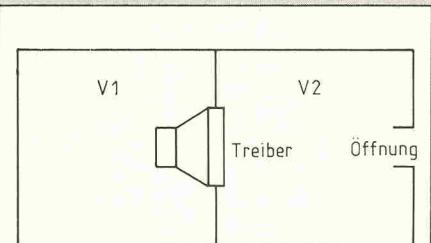
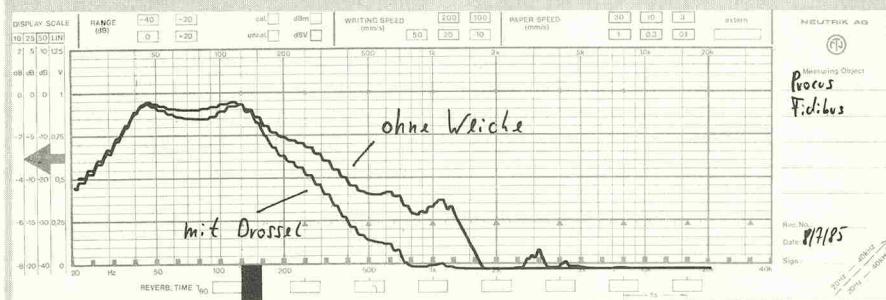


Bild 2. Prinzip des Bandpaß-Gehäuses.

sprecher gesetzt (Bild 2). Das Lautsprecher-Chassis arbeitet also auf der einen Seite gegen das ventilirte Volumen und auf der anderen Seite gegen das geschlossene Volumen.

In der Praxis ergeben sich bei dieser Art der Schallführung typische Frequenzgänge, wie sie der Meßschrieb der 'Fidibus' zeigt (Bild 3). Die obere Kurve zeigt die natürliche Bandpaß-Charakteristik ohne jedes Filter, die untere Kurve beschreibt ein Tiefpaßverhalten 3. Ordnung (18 dB/Oktave), das sich ergibt, wenn zusätzlich die Spule L1 (4,5 mH) vorgeschaltet wird.

Die Vorteile des Prinzips: Der Bandpaß-Lautsprecher liefert ohne aufwendige und teure Weichenbauteile eine natürliche Bandpaß-Charakteristik. Dabei ist sein Wirkungsgrad deutlich höher als der einer vergleichbaren geschlossenen Box. Daneben gibt es keine Subsonic-Probleme wie bei Baßreflex- oder Transmissionline-Gehäusen, da der Tieftöner auch unterhalb der Resonanzfrequenz durch das geschlossene Gehäuse belastet bleibt.



zur Vermeidung von Brummschleifen getrennt herausgeführt. Falls hier die externe Verbindung zum Massepunkt nicht hergestellt wird, stellt der niedrige Widerstand R16 die Funktion des Verstärkers sicher.

Der reinste Allesbrenner: Die Endstufe akzeptiert fast jeden Netztrafo — von 17 bis 37 Volt.

Der Eingangswiderstand des Verstärkers (20 kOhm) ist im wesentlichen durch R1 bestimmt. Läßt man R1 weg, so erhält man einen höheren Eingangswiderstand (250 kOhm), der aber nicht mehr frequenzunabhängig ist, sondern wegen C1 zu hohen Audiofrequenzen hin abnimmt.

Für Anwendungen in Aktivboxen kann es nützlich sein, dem Verstärker eine Hoch- oder Tiefpaßcharakteristik zu geben. Die ist durch Umdimensionierung von C1 oder C2 möglich. Der Übertragungsbereich reicht normalerweise von 2 Hz bis 130 kHz. Vergrößern von C1 bewirkt ein Tiefpaßverhalten 1. Ordnung, wobei die Grenzfrequenz durch C1 und R2 bestimmt wird. Dabei ist zu beachten, daß die Eingangsimpedanz bis auf den Wert

| Stückliste | |
|---|--|
| Endstufe | |
| Widerstände, 1/4 W, 1 %, Metallschicht, wenn nicht anders angegeben | |
| R1 | siehe Text |
| R2 | siehe Text |
| R3,15 | 255k |
| R4 | 6k81 |
| R5,6 | 475R |
| R7,8,13 | 2k21 |
| R9,11,12,22 | 3k92 |
| R10 | 392R |
| R14 | 10k |
| R16 | 10R |
| R17 | 33R2 |
| R18 | 15k |
| R19 | 82R5 |
| R20 | 221R |
| R21 | 61R9 |
| R23 | 18R2 |
| R24,31 | 1R |
| Kondensatoren | |
| C1 | siehe Text |
| C2 | siehe Text |
| C3 | 220p FK3 |
| C4 | 10 μ MKT |
| C5 | 1p6...16p Trimmer |
| C6 | 470p FK3 |
| C7 | 100 μ /40V Elko |
| C8 | 10n MKT |
| C9,11,12 | 100n MKT |
| C10,13 | 100 μ /100V Elko |
| Halbleiter | |
| D1 | Z-Diode, 10V/400mW |
| D2,3 | Z-Diode, 2V4/400mW |
| T1,2 | BC 413 C |
| T3,4,5 | BF 422 |
| T6 | BF 423 |
| T7,8,12 | 2 N 6474 |
| T9,10,14,15 | 2 N 3773 |
| T11 | BD 135 |
| T13 | 2 N 6476 |
| Sonstiges | |
| S11,2 | Sicherung 6,3 A, flink |
| L1 | Luftspule 1 μ H, 5 m Ω , z.B.: 16 Wdg. 1,3 CuL auf 10-mm-Dorn gewickelt |
| Schutzschaltung | |
| Widerstände (wie oben) | |
| R36,45 | 475k |
| R37 | 1M5 |
| R38 | 15k |
| R39 | 8k25, 1/2 Watt |
| R40 | 6k81 |
| R41 | 332k |
| R42 | 3M3 |
| R43 | 1M |
| R44 | 680R, siehe Text |
| Kondensatoren | |
| C14 | 47n MKT |
| C15 | 2 μ 2/16V Tantal |
| C16 | 680n MKT |
| C17 | 68n MKT |
| Halbleiter | |
| D4,7 | 1 N 4006 |
| D5 | Z-Diode 10V/400mW |
| D6 | Z-Diode 2V4/400mW |
| D8 | 1 N 4148 |
| T16,17, 20,21 | BC 547 B |
| T18,19 | BC 546 B |
| T22 | BC 557 B |
| Sonstiges | |
| Re1 | 24-V-Relais, 1 x EIN, Kontakte für min. 5 A |
| Empfohlener Kühlkörper | |
| für Sinus-Dauerleistung | |
| 70 W | 1,8 K/W |
| 100 W | 1,2 K/W |
| 150 W | 0,7 K/W |
| 200 W | 0,45 K/W |

Empfohlene Netztransformatoren für verschiedene Ausgangsleistungen und Lastimpedanzen für Ausgangsleistung

| Last | Nennspannung/-strom | Leistung | Sinus-Dauer/Impuls |
|---------|---------------------|----------|--------------------|
| 2 Ohm | 2x17,5 V/5,3 A | 185 VA | 70/ 95 W |
| | 2x20 V/6,4 A | 255 VA | 100/130 W |
| | 2x23,5 V/7,9 A | 370 VA | 150/200 W |
| | 2x26,5 V/9,1 A | 480 VA | 200/250 W |
| 2,5 Ohm | 2x19 V/4,7 A | 180 VA | 70/ 90 W |
| | 2x22 V/5,7 A | 250 VA | 100/130 W |
| | 2x25,5 V/7,0 A | 360 VA | 150/200 W |
| | 2x29 V/8,2 A | 470 VA | 200/250 W |
| 3 Ohm | 2x20 V/4,4 A | 175 VA | 70/ 90 W |
| | 2x23 V/5,3 A | 245 VA | 100/120 W |
| | 2x27,5 V/6,5 A | 355 VA | 150/190 W |
| | 2x31 V/7,5 A | 465 VA | 200/250 W |
| 4 Ohm | 2x22,5 V/3,8 A | 170 VA | 70/ 90 W |
| | 2x26 V/4,5 A | 235 VA | 100/120 W |
| | 2x31 V/5,6 A | 345 VA | 150/190 W |
| | 2x35 V/6,5 A | 455 VA | 200/240 W |
| 6 Ohm | 2x26,5 V/3,1 A | 165 VA | 70/ 85 W |
| | 2x31 V/3,7 A | 230 VA | 100/120 W |
| | 2x36,5 V/4,6 A | 335 VA | 150/180 W |
| | 2x37,5 V/4,7 A | 350 VA | 160/200 W |
| 8 Ohm | 2x30 V/2,7 A | 160 VA | 70/ 85 W |
| | 2x34,5 V/3,3 A | 225 VA | 100/120 W |
| | 2x37,5 V/3,5 A | 265 VA | 115/150 W |

Aktivbox-Endstufe

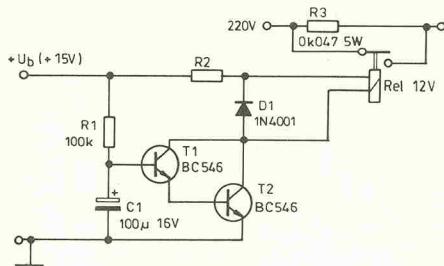


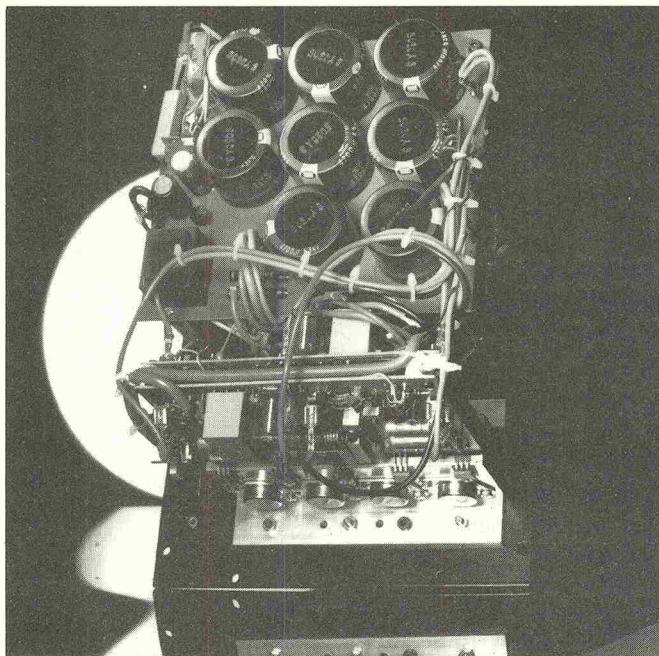
Bild 6. Nützlich bei dicken Ringkerntrafos: die Softstart-Schaltung.

eventuell nachstellen! Im eingebauten Zustand (mit Kühlkörper) darf der Ruhestrom nach Belastung mit der vollen Nennleistung auf maximal 300 mA ansteigen (entspricht 50 mV DC an R28).

Abgleich der Gegenkopplung: Der Trimmer C5 dient zum Abgleich auf optimalen Frequenzgang im Bereich hoher Audiofrequenzen. Zwischen 1 kHz und 20 kHz sollte der Frequenzgang um nicht mehr als 0,1 dB abfallen. Zur Einstellung ist es hier praktischer, auf bestes Rechteckverhalten bei 10 kHz abzugleichen ($U_{ass} = 100 \text{ mV}$). Den Trimmer so einzustellen, daß gerade kein Überschwingen mehr auftritt! Die Kleinsignalbandbreite des Verstärkers sollte jetzt bei 130 kHz liegen.

Netzteil: Die zulässige Betriebsspannung des Moduls reicht von ± 25 V bis ± 60 V. Daraus ergibt sich bei Netzzspannungsschwankungen von 10 % eine maximale Trafo-Leerlaufnennspannung von $2 \times 38,5$ V, bzw. eine Nennspannung von ca. 37 V je nach Bauart. Die Tabelle zeigt empfehlenswerte Netztrafos für verschiedene Leistungs- und Belastungswerte. Der Relais-Vorwiderstand R44 in der Lautsprecherschutzschaltung ist gegebenenfalls anzupassen.

Einschaltverzögerung: Dieser Schaltungsteil (Bild 4) ist zur Funktion der



Endstufe nicht lebensnotwendig — aber er ist recht nützlich. Die Schaltung übt zwei Funktionen aus: Zum einen wird am Eingang — eine vorhandene Netztrafo-Sekundärspannung detektiert. Eine Zeitkonstante ($R37/C15$) sorgt dafür, daß nach dem Einschalten die Lautsprecher erst zugeschaltet werden (Relais $Re1$), wenn die Endstufe ihren stabilen Arbeitspunkt erlangt hat. Auf diese Weise wird ein Einschaltknacken vermieden.

Der Schaltungsteil um T20...22 bewirkt eine weitere Schutzfunktion: Hier wird eine eventuell am Ausgang des Verstärkers auftretende Gleichspannung erkannt — zum Beispiel bei einem Defekt der Endstufe. Die Lautsprecher werden in diesem Fall sofort abgeschaltet.

Sollen mehrere Endstufen an einem gemeinsamen Netzteil betrieben werden, so braucht man nur ein Modul mit Einschaltverzögerung. Dieses steuert bis zu drei weitere Module, wenn die Anschlüsse a und b aller Module durchverbunden werden (Bild 5). Die Einschaltverzögerung mit Sofortabfall und DC-Schutz ist damit für alle Mo-

Acht Elkos für die Netzteil-Siebung machen die Sache flach und kompakt. Zwei einzelne — mit entsprechender Kapazität — tun es natürlich auch.

dule wirksam und die Relais schalten stets gleichzeitig. Auf den Modulen ohne Einschaltverzögerung entfallen die Bauteile R35...R40, T16...T19, C14, C15, D4...D8 sowie der Wechselspannungsanschluß.

Montage der Leistungstransistoren: Die Leistungstransistoren sind vom Kühlkörper isoliert einzusetzen. Das erfolgt durch Isolierscheiben (Glimmer o.ä.) und Nippel, die von unten in die Kühlschiene gesteckt sind und durch ihren Flansch gleichzeitig einen Abstand zwischen Platine und Kühlschiene herstellen.

Softstart: Diese Zusatzeinrichtung ist besonders für Endstufen größerer Leistung zu empfehlen. Dicke Ringkerntrafos bringen durch ihren starken Einschaltstromstoß nicht selten die Hausicherung zum Ansprechen. Das lässt sich auf einfache Weise vermeiden: Der Trafo wird zunächst über einen kleinen Widerstand ($47\ \Omega$) ans Netz gelegt, der den Stromstoß auf ein erträgliches Maß reduziert. Nach kurzer Verzögerung überbrückt ein Relais diesen Vorschaltwiderstand.

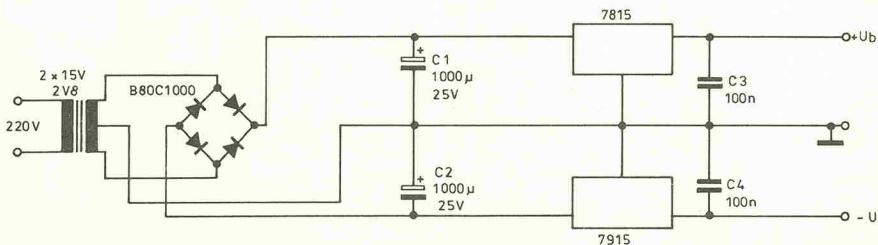


Bild 7. Die Zusatzschaltungen 'Einschaltverzögerung' und 'Softstart' erfordern ein separates, einfaches Netzteil zur Ruhestromversorgung.

TRAFO-LÖWE-ELEKTRONIK

Versand nur per Nachnahme oder Vorauskasse Postscheckkonto Essen Nr. 154.291-438, 4174 Issum 2, Sevelen, Rheinufer Str. 58, Postfach 2150, Telefon 028 35/012 o. 50 13. Bei Sendungen unter 20,- DM 2,50 DM Bearbeitungsgebühr, ab 150,- DM portofrei. Zwischenverkauf und Presseanzeigen verboten. Verkauf 8.-12.00/13.-16.00 Uhr. Telex 08 12261(Ausland nur gegen Vorkasse. Gegen Einsendung eines mit 1,30 DM frankierter Umschlags, Sonderliste lieferbar).

Ersatzteilpäckchen im Plastikbeutel!

Diverse Einzelteile gemischt!
Wie Widerstände, Kondensatoren, NV-Elektronen, Flachröhren, Keramikkondensatoren, Spulen, kleine Übertrager, Dioden, Z-Dioden, Transistoren (BC-, BD- und BF-Typen), LEDs, Flachstecker u. Steckbuchsen. Alles Ware 1. Wahl aus Industrie-Reserven, teilweise mit leicht gekürzten Enden für Printmontage vorbereitet. Außerdem günstig für jeden Radio- und Fernsehreparateur. Ebenso für Bastler/ Funkamateure.

Nr. 545 250 gr. Beutel mindestens 500 Einzelteile. **DM 9,50**
Nr. 546 500 gr. Beutel mindestens 1000 Einzelteile. **DM 17,50**
Nr. 548 1 kg Beutel mindestens 2000 Einzelteile. **DM 24,-**
Nr. 939 geräumte Widerstände, Dioden, Kondensatoren und Induktivitäten von Bestückungsaufnahmen mit vielen interessanten Werten 500 g ca. 1400 Teile **DM 10,-**

Nr. 925 Infrarot-Empfänger in abgeschirmtem Gehäuse 5,5 x 2,5 x 3,5 mit 4 pol. Steckeranschluß, mit TCA 440 N. Fotodiode mit Linsen. 10 x R 9 x C, 3 Trans., 2 Spulen, Trimmer **DM 15,-**

Nr. 774 Infrarot Sender SBC 5512 12 Tasten + 10er Tastatur für Videorecorder PH oder zum Aufbau von Fernsteuerungen. **DM 15,-**

Nr. 925 + 774 im Set **DM 22,50**

Nr. 718 Infrarotgeber (Sender) Typ RCS5002 bis 29 Kanäle, RCS 5 Code für alle gängigen Farbfernsehgeräte oder zum Aufbau von Fernsteuerungen mit IC SAA 1082 D

AV 5600 Infrarotgeber (Sender) Universal für FS + Video umschaltbar RCS Code, für fast alle Fabrikate geeignet, mit Batterien 1 St. **DM 150,-**

Wachststromrelais Nr. 880 220V 10A 2 x UM Stck. **DM 2,-**

Elektronisches Vielfachmeßgerät PM 2404, 19 x 165 x 27 cm, 3,7 kg. Gleich- u. Wechselspannung 5 mV—1000 V, Gleich- u. Wechselstrom 50 µA—10 A, Skalenlänge 11 cm, gebraucht, geprüft **DM 175,-**

Digital Multimeter PM 2422 A, 3V-stellig, 15,4 x 24 x 30 cm, 3,5 kg, 30 VA, Gleichspannung 0,2—1 KV, Wechselspannung 0,2—600 V, Gleich- u. Wechselstrom 0,2 mA—2 A; Widerstand 200 Ω—20 MQ, gebraucht, geprüft **DM 225,-**

Nr. 715 Preiswerte Weller-Lötstation Weller-Lötkolben WTC 24 V 50 W, temperaturgeregt, Spitze Pt 7 mit Ständer und Schwamm, Trafo im Vergußgehäuse, aus eigener Fertigung. Stück **DM 75,-**

Trenn-Transformatoren i. Gehäuse IP 20 1000VA Pr. 220V/sek, 220V 18 kg Mabz: 325x220x20cm **DM 145,-**
800VA Pr. 220V/sek 220V 12 kg Mabz: 218x150cm **DM 90,-**

Lieferung unfrei für Post

Nr. 9931 Trafo EI 75/27 Pr. 220/240V m. Temp. Sich. 2K, Lötsen, 2 x 6, 8V je 2A, 200VA, 3 A, 2 x 1, 2V0, 3A 1 St. **DM 6,-** — 10 St. **DM 50,-**

Nr. 0134 Trafo EI 175/33 2K Lötsen, m. Temp. Sich. Pr. 180/220V Sek. 12,5V 1,2A, 6,5V 1,2A, 10,5V 0,6A, 3,5V 0,6A, 0,15-30-42V 0,3A St. **DM 7,50**

SOUND EQUIPMENT
LAUTSPRECHER P.A.-BOXEN BÜHNELEKTRONIC
Inh. Michael Eisenmann
TEL. 0234/450080

AUDIOPHILE LAUTSPRECHER-BAUSÄTZE

von

TDL
ELECTRONICS

und anderen renommierten Herstellern für anspruchsvolle Bastler!

Fordern Sie unseren Katalog 1988 mit vielen neuen, überwiegend englisch orientierten Bauvorschlägen an. DM 5,—, die sich lohnen (BfRm, Schein, Scheck)!

LAUTSPRECHER-VERTRIEB A. OBERHAGE
Pf. 1562, D-8130 STARNBERG
(Vorführtermine: Tel.: 08151/14321)

EPROM-LÖSCHGERÄTE · NEU: KOMPL. BAUSÄTZE



COMPUTERTECHNIK

HEINZ WELTER

Borkenwirther Str. 40

Postfach 30 29

4280 Borken-Weseke

TEL. 0 28 62/15 05 o. 15 20

open Air Rentzelstr. 34
Inh. Peter Brager 2000 Hamburg 13
Tel.: 040/44 58 10

Peerless -Depot
LAUTSPRECHER

Lieferung u. Unterlagen sofort ab Lager
Von Audax bis WHD alles am Lager

Verschenken

können wir nur unsere Bauteilliste. Aber das andere kann sich auch sehen lassen. Unsere Angebote für diesen Monat sind:

| | |
|--|------------------------------------|
| 1 Sort. IC's | 25 St. 9,60 |
| 1 Sort. Dioden, Transistoren | 200 St. 8,20 |
| 1 Sort. Kühlkörper, versch. Typen | 200 St. 20,00 |
| 1 Sort. Elektrolyt-Kondensatoren | 200 St. 12,00 |
| 1 Sort. LED's | 500 St. 55,00 |
| 1 Sort. MKP-Kondensatoren | 500 St. 15,00 |
| 1 Sort. MKT-Kondensatoren | 500 St. 15,00 |
| 1 Sort. HL-Widerstände 1 W—17 W | 100 St. 15,00 |
| 1 Sort. SMD-Widerstände 100 Ohm | 100 St. 2,00 |
| 1 Sort. Widerstände 1W 5% 67 Werte à 500 St. | 33 500 St. 30,00 |
| 1 Sort. Widerstände 1W 5% 67 Werte à 100 St. | 6 700 St. 80,00 |
| 1 Sort. Widerstände 1W 5% 67 Werte à 50 St. | 3 350 St. 45,00 |
| 1 Sort. Metallfilm-R, 1W 1% 129 Werte à 100 St. | 12 900 St. 370,00 |
| 1 KG Z-Widerstände 1W—2W sortiert 5% | 25,00 |
| 1 Sort. Z-Dioden | 500 St. 1,00 |
| 1 Sort. Silikon-Gleichrichter | 100 St. 5,00 |
| 1 Sort. Tantal-Elektrolyt (Perform) | 100 St. 20,00 |
| 1 Sort. Schrauben und Muttern | 1000 St. 12,00 |
| 1 Sort. Schraubenset, 10 versch. 10mm-Ringe | 100 St. 8,00 |
| 1 Sort. Steckverbinder | 200 St. 1,00 |
| 1 Sort. Montage-Material | 500 St. 8,00 |
| 1 Sort. Flachbahnregler mono/stereo | 100 St. 15,00 |
| LED 5mm rot 16 1005=14,00 | LED 3mm rot 0,15 1005=13,00 |
| LED 5mm gelb 0,15 1005=13,00 | LED 2mm rot 0,08 1005= 6,50 |
| 1N 4148 0,05 1005= 3,90 | 1N 4007 0,05 1005= 8,10 |
| Elektrolytkond.: 470µF/10V 0,40 | 470µF/10V 0,45 |
| 220µF/18V 0,85 | 220µF/18V 0,85 |
| 250µF/12V1,00 | 250µF/12V1,00 |
| 5000µF/10V 0,55 | 5000µF/10V 0,55 |
| Transistoren: BC 307 B, BC 319 C, BC 337, BC 727 | BC 307 B, BC 319 C, BC 337, BC 727 |

8072 Marching - Postfach 12 62 - Tel. (0 84 59) 73 45

Nf-Technik und Schallwandler



ELEKTRONIK

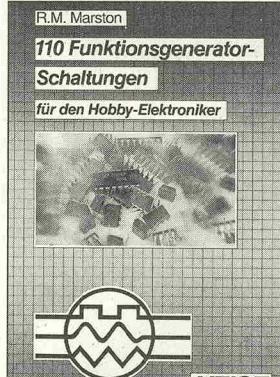
Der Operationsverstärker ist eines der wichtigsten elektronischen Bauelemente. In diesem Buch werden erprobte Schaltungen aus einem weiten Anwendungsspektrum vorgestellt. Alle Schaltungen sind bewußt einfach gehalten und bereiten auch dem Anfänger kaum Probleme. Ein Buch für die Praxis.

Broschur, 147 Seiten
DM 16,80
ISBN 3-922705-04-9



Boxen-Selbstbau — ein faszinierendes Hobby. Von einem erfahrenen Fachmann werden hier sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Tips für den Selbstbau von Lautsprecher-Boxen vermittelt. Neben zahlreichen Tabellen enthält das Buch auch ausgereifte Konstruktionsvorschläge für unterschiedliche Boxentypen.

Broschur, 153 Seiten
DM 16,80
ISBN 3-922705-03-0



Funktionsgeneratoren — bestückt mit Transistoren, Operationsverstärkern, Digital-ICs und speziellen Funktionsgenerator-ICs. Alle Schaltungen wurden sorgfältig dimensioniert, aufgebaut und getestet.



Verlag
Heinz Heise
GmbH & Co KG
Postfach 61 04 07
3000 Hannover 61

| | |
|---|-------|
| Artikel | ab 1 |
| SSM 2011 Vorverstärker-System | 9,50 |
| SSM 2012 Spannungsgest. Verstärker | 26,90 |
| SSM 2013 Spannungsgest. Verstärker | 17,50 |
| SSM 2014 Universelles sp.gest. | |
| Element | 19,90 |
| SSM 2015 Mikrofonvorverstärker | 19,90 |
| SSM 2016 Hochwertiger Vorverstärker | 26,90 |
| SSM 2020 Dual VCA | 19,90 |
| SSM 2022 Dual VCA | 17,50 |
| SSM 2024 Quad VCA | 17,50 |
| SSM 2031 HF-VCO | 9,50 |
| SSM 2033 VCO, Chipheizung | 26,90 |
| SSM 2038 VCO, low power | 26,90 |
| SSM 2040 Universal-Filterbaustein | 19,90 |
| SSM 2044 4-pol. Tiefpaßfilter | 17,50 |
| SSM 2056 ADSR-Baustein | 17,50 |
| SSM 2134 Operationsverstärker, low noise | 5,40 |

INGENIEURBÜRO SEIDEL
Entwicklung elektronischer Schaltungen
Beratung und Vertrieb
Dipl.-Ing. Ulf Seidel
Postfach 31 09, D-4950 Minden
Tel. 05 71/2 18 87

Radarwarngerät

Ausführlicher Bauplan für alle (flotten) Autofahrer. Verwendung finden nur gebräuchliche Bauteile! Für nur 20 DM in bar, oder per NN + Porto.

E & E – Versand, Postfach 15 41 / 8058 Erding

| LEHMANN-electronic | | Bruchsaler Str.8 | Tel: 0621-6800 MANNHEIM 81 | 989780 Q |
|--|---|------------------------------|----------------------------|----------|
| HIDERSTANDS-SORTIMENTE – SORTIERT MIT JE 10/25/100 STÜCK/HERT | | | | |
| KEINE FARB-CODE-PROBLEME | – ALLE HIDERSTÄNDE MIT OHMHEIT-BESCHRIFTUNG | | | |
| METALLSCHÍTZ 1% 0,25W. E12/E24 | KOHLESCHÍTZ 0,25WATT E12 | | | |
| M1-12 E12 10n-1MΩ 61x10 | DM 28,50 | K1-52 1Ω-3,3MΩ 67x10 | DM 16,75 | |
| M2-12 E12 10n-1MΩ 61x25 | DM 68,00 | K2-52 1Ω-3,3MΩ 67x25 | DM 35,20 | |
| M3-12 E12 4,7-1MΩ 65x100 | DM 195,00 | K3-52 1Ω-3,3MΩ 67x100 | DM 99,50 | |
| M4-12 E24 10n-1MΩ 121x10 | DM 50,80 | K4-52 1Ω-10MΩ 85x10 | DM 20,95 | |
| M5-12 E24 10n-1MΩ 121x25 | DM 119,00 | K5-52 1Ω-10MΩ 85x25 | DM 42,95 | |
| M6-12 E24 4,7-1MΩ 129x100 | DM 368,00 | K6-52 1Ω-10MΩ 85x100 | DM 125,00 | |
| NN-VERSAND + P/V. UNSER ELEKTRONIK-KATALOG LIEGT BEI - ODER ANFORDERN. | | | | |

elrad-Bausätze AKTUELL

Unsere Bausätze enthalten alle Bauteile laut Stückliste sowie die Platine und Trafo. ★ Gehäuse extra!
★ Alle Teile auch einzeln! ★ Platinen zu Verlagspreis!

Juli/August-Heft 1988

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| — xt-Schreiber | DM 238,40 |
| Drum-to-MIDI: Schlagwandler | DM 196,25 |
| Universal-Netzgerät | DM 249,90 |
| — RETEX-Metallgehäuse hierzu | DM 89,00 |
| — DVM-(Dig. Voltmeter-Modul) 200 mV | DM 49,95 |
| E.M.M.A.: IEC-Konverter | DM 84,95 |
| Stereo-IR-Sender | DM 77,30 |
| Stereo-IR-Empfänger | DM 88,40 |
| Stereo-IR-Sender/Empfänger Paket | DM 159,80 |

Sehr geehrte elrad-Leser!!! Ab diesem Heft finden Sie uns wieder regelmäßig mit Bausatzangeboten in elrad. Unsere Bausätze werden mit großer Sorgfalt und ausschließlich Bauteilen 1. Wahl zusammengestellt.!!!!!! Urlaub vom 23. 07. bis 08. 08. 1988!!!!!!

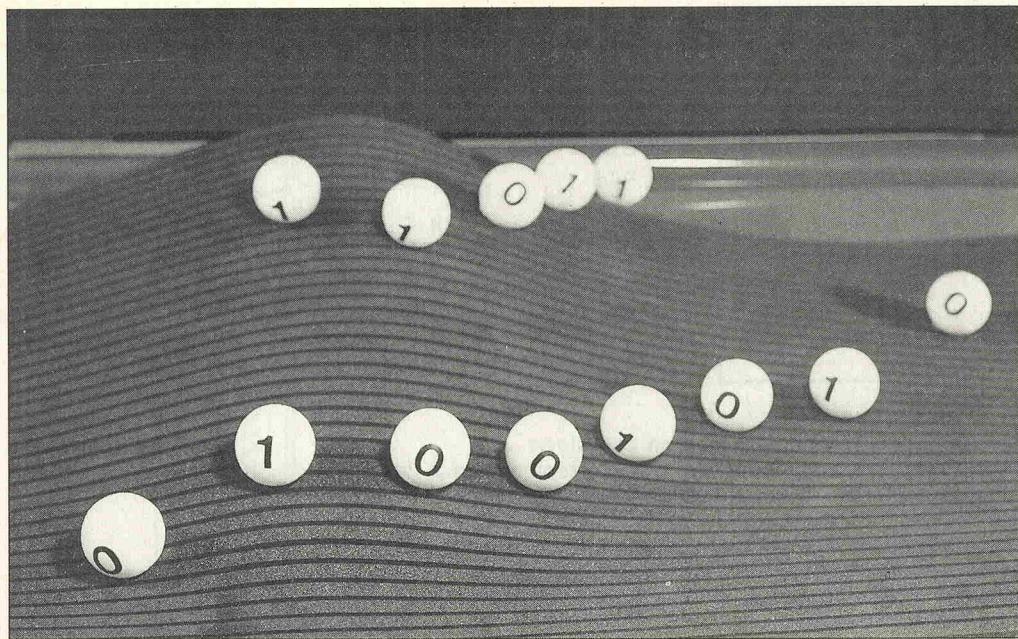
Versand: Nachnahme (Portopauschale DM 4,50 + 1,70 NN-Gebühr) ★ Vorauscheck: Bestellwert + DM 4,50 Porto ★ Oder: Postgiro Karlsruhe 2205 52-757 ★ Ab DM 200,- portofrei! ★

Geist Electronic-Versand GmbH
Otto-Gönenwein-Strasse 5
D-7730 VS-Schwenningen
TELEFON: 0 77 20/3 66 73

elrad-Platinen

elrad-Platinen sind aus Epoxid-Glashartgewebe, bei einem * hinter der Bestell-Nr. jedoch aus HP-Material. Alle Platinen sind fertig gebohrt und mit Lötlack behandelt bzw. verzint. Normalerweise sind die Platinen mit einem Bestückungsaufdruck versehen, lediglich die mit einem „oB“ hinter der Bestell-Nr. gekennzeichneten haben keinen Bestückungsaufdruck. Zum Lieferumfang gehört nur die Platine. Die zugehörige Bauanleitung entnehmen Sie bitte den entsprechenden elrad-Heften. Anhand der Bestell-Nr. können Sie das zugehörige Heft ermitteln: Die ersten beiden Ziffern geben den Monat an, die dritte Ziffer das Jahr. Die Ziffern hinter dem Bindestrich sind nur eine fortlaufende Nummer. Beispiel 011-174: Monat 01 (Januar, Jahr 81). Mit Erscheinen dieser Preisleiste verlieren alle früheren ihre Gültigkeit.

| Platine | Best.-Nr. | Preis | Platine | Best.-Nr. | Preis | Platine | Best.-Nr. | Preis | Platine | Best.-Nr. | Preis |
|------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------|-----------|-------|--------------------------------|-------------------|---------|----------------------------------|-----------|-------|
| Compact-S1 Verstärker | 041-191 | 23,20 | Kapazitätsmeßgerät | 025-400 | 11,95 | Notzhilfe | 056-482 | 14,30 | HF-Baukasten-FM-Demodulator | 077-578 | 6,00 |
| 60dB-Pegelmesser | 012-225 | 22,60 | PIzo-Vorverstärker | 025-401 | 10,50 | elrad UHF-Vorverstärker (Satz) | 056-486 | 43,10 | — AM-Demodulator | 077-579 | 6,00 |
| MM-Eingang | 023-233 | 10,20 | Video-Umschaltverstärker | 025-402 | 12,05 | Drehzahlmesser Signalform | 066-487 | 69,00 | Ultrachall-Entfernungsmeß (Satz) | 077-580 | 16,00 |
| MC-Eingang | 032-237 | 10,20 | Motor | 025-403 | 16,60 | Generator (doppelseitig) | 076-495 | 7,20 | Strom-Meter | 077-581 | 23,30 |
| VV (V) Hauptplatine | 029-339 | 47,20 | VV 1 (Terzanalyse) | 025-404 | 9,25 | Drehzahlsteller | 076-496 | 59,90 | Rauschgenerat | 077-582 | 3,00 |
| 300/2 PA | 092-256 | 18,40 | 2V 2 (Terzanalyse) | 025-405 | 12,20 | MM-Max (Satz) | 076-497 | 5,83 | Pi-Nose-Filter | 077-583 | 5,70 |
| Stecker-Netzteil A | 102-261 | 4,40 | MOSFET-PA-Hauptplatine | 025-405/1 | 56,00 | UHF-Modulator | 076-498 | 56,50 | Eeprom-Geschloß (Satz) | 077-584 | 20,00 |
| Stecker-Netzteil B | 102-262 | 4,40 | PIzo-Vorverstärker für Ozilloskop | 025-406 | 49,50 | Delay – Anzeige-Modul | 076-499 | 4,69 | μ-Pegelschreiber-Generator-Karte | 077-585 | 83,00 |
| Cobold/T | 043-324 | 36,50 | Hauptröhre (SIVO) | 025-408 | 21,40 | PIzo-Verstärker | 097-586 | 3,70 | Midi-V-Box | 097-587 | 18,20 |
| Cobold/TD | 043-325 | 35,10 | Bechters-Schaltung | 025-409 | 13,80 | — Tastatur | 097-588 | 3,70 | Wheelschalter | 097-589 | 5,00 |
| Ladungsschalt | 043-326 | 6,20 | PIzo-Verstärker (Satz) | 025-410 | 16,40 | Welle | 096-590 | 15,20 | Midi-Klavier | 097-590 | 63,00 |
| 5x 7 Punktmatr (Satz) | 014-330* | 49,00 | Motorgetriebe | 025-410 | 14,10 | Fahrtreger (Satz) | 096-593 | 15,20 | Transistor-Verstärker | 097-591 | 44,00 |
| Impulsgeräte | 014-331* | 13,00 | Audio-Verstärker | 025-412 | 11,10 | Digitales Sinusgenerator | 096-594 | 34,80 | W. Röhren-Verstärker-Endstufe | 077-592 | 66,00 |
| NC-Optikomatik | 014-332 | 13,00 | PIzo-Verstärker | 025-413 | 4,70 | Digitales Sinusgenerator | 096-595 | 68,00 | Normal-Keyboard | 077-593 | 30,00 |
| Blitz-Sequenzer | 014-333 | 5,20 | MOSFET-PA-Aussteuerungskontrolle | 025-414 | 23,00 | Digitales Sinusgenerator | 096-596 | 61,10 | Midi-Keyboard | 077-594 | 8,80 |
| NDFL-Verstärker | 024-334 | 22,50 | PIzo-Verstärker | 025-415 | 18,20 | Digitaler Sinusgenerator | 096-597 | 11,60 | NICD-Lader | 077-595 | 36,50 |
| Kühler-Netzteil (NDFL) | 024-335 | 5,00 | SVIO Schreiberausgang | 025-416 | 12,10 | Röhrenverstärker | 096-598 | 9,20 | μ-Pegelschreiber-Netz | 077-596 | 23,80 |
| Stereo-Basis-Verstärkung | 024-336 | 4,30 | SVIO Schreiberausgang | 025-417 | 13,10 | Schlagleiste – Mutter | 096-599 | 8,00 | Interface | 077-597 | 58,00 |
| Trigger-Einheit | 024-337 | 2,00 | SVIO Steuerungsschaltung | 025-418 | 13,80 | Schlagleiste – Vater | 096-600 | 25,80 | Schrittmotorensteuerung-HP | 117-599 | 38,50 |
| HF-Vorverstärker | 024-338 | 2,00 | SVIO Steuerungsschaltung | 025-419 | 10,90 | — | ATC-Antenne (SMD) | 117-600 | 2,80 | | |
| Elektrische Sicherung | 024-339 | 1,60 | SVIO Steuerungsschaltung | 025-420 | 16,40 | Digitales Sinusgenerator | 106-513 | 29,90 | Impuls-Generator | 117-601 | 1,70 |
| HF-Filter | 024-340 | 1,60 | SVIO Steuerungsschaltung | 025-421 | 17,30 | Digitaler Sinusgenerator | 106-514 | 25,60 | FMD-Mikro (ds.) | 117-602 | 8,00 |
| ZN-81 Board | 034-341* | 6,60 | Hall-Digital I | 025-422 | 3,90 | — | PIzo-Verstärker | 127-612 | 12,00 | | |
| Heizungsregelung NT Uhr | 034-342 | 11,70 | Hall-Digital II | 025-423 | 7,30 | — | PIzo-Verstärker | 127-613 | 9,70 | | |
| Heizungsregelung CPU-Platine | 034-343* | 11,20 | Hall-Generator | 025-424 | 35,30 | PIzo-Verstärker | 127-614 | 66,00 | | | |
| Heizungsregelung Eingabe/Ausz. | 034-344 | 16,60 | PIzo-Verstärker | 025-425 | 16,60 | PIzo-Verstärker | 127-615 | 39,00 | | | |
| EMIX-Summekanal | 034-345 | 41,00 | PIzo-Verstärker | 025-426 | 25,00 | PIzo-Verstärker | 127-616 | 13,70 | | | |
| HF-Vorverstärker | 034-346 | 43,50 | Hall-Digital II | 025-427 | 22,10 | PIzo-Verstärker | 127-617 | 10,70 | | | |
| Trigger-Einheit | 034-347 | 2,00 | PIzo-Verstärker | 025-428 | 19,10 | PIzo-Verstärker | 127-618 | 14,90 | | | |
| Heizungsregelung NT Relais treiber | 041-351 | 16,00 | PIzo-Verstärker | 025-429 | 18,50 | PIzo-Verstärker | 127-619 | 13,90 | | | |
| Heizungsregelung Therm. A | 041-352 | 11,30 | PIzo-Verstärker | 025-430 | 18,50 | PIzo-Verstärker | 127-620 | 13,90 | | | |
| Heizungsregelung Therm. B | 041-353 | 13,90 | PIzo-Verstärker | 025-431 | 21,00 | PIzo-Verstärker | 127-621 | 26,50 | | | |
| Photo-Leuchte | 041-354 | 6,30 | PIzo-Verstärker | 025-432 | 21,00 | PIzo-Verstärker | 127-622 | 12,00 | | | |
| Empfänger-Netzteil | 041-355 | 12,20 | Computer-Schaltuhr: Anzeige | 025-433 | 4,80 | PIzo-Verstärker | 127-623 | 9,70 | | | |
| LCD-Thermometer | 041-356 | 11,40 | PIzo-Verstärker | 025-434 | 8,80 | PIzo-Verstärker | 127-624 | 6,00 | | | |
| Wischer-Intervall | 041-357 | 13,10 | PIzo-Verstärker | 025-435 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 127-625 | 19,70 | | | |
| Triop-Netzteil | 041-358 | 10,50 | PIzo-Verstärker | 025-436 | 20,00 | PIzo-Verstärker | 127-626 | 30,00 | | | |
| Kondensator-Verstärker | 041-359 | 9,00 | PIzo-Verstärker | 025-437 | 13,40 | PIzo-Verstärker | 127-627 | 14,00 | | | |
| LED-Panelmeter | 041-360/1 | 19,20 | PIzo-Verstärker | 025-438 | 20,10 | PIzo-Verstärker | 127-628 | 40,00 | | | |
| Spannungsmeßgerät | 041-361 | 14,60 | PIzo-Verstärker | 025-439 | 11,20 | PIzo-Verstärker | 127-629 | 15,60 | | | |
| Autotelefon | 041-362 | 4,60 | PIzo-Verstärker | 025-440 | 8,90 | PIzo-Verstärker | 127-630 | 7,50 | | | |
| Heizungsregelung PI 4 | 041-363 | 14,80 | PIzo-Verstärker | 025-441 | 27,10 | PIzo-Verstärker | 127-631 | 44,00 | | | |
| Autotelefon-Netzteil (Satz) | 041-364 | 14,50 | PIzo-Verstärker | 025-442 | 44,40 | PIzo-Verstärker | 127-632 | 64,00 | | | |
| Wetterstation (Satz) | 041-365 | 21,90 | PIzo-Verstärker | 025-443/1 | 9,30 | PIzo-Verstärker | 128-623 | 10,50 | | | |
| Lichtautomat | 041-366 | 7,30 | PIzo-Verstärker | 025-443/2 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 128-624 | 15,50 | | | |
| Arbeitsmesser | 041-367 | 9,80 | PIzo-Verstärker | 025-444/1 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 128-625 | 9,50 | | | |
| Thermometer | 041-368 | 9,45 | PIzo-Verstärker | 025-444/2 | 11,90 | PIzo-Verstärker | 128-626 | 55,00 | | | |
| Wärmetauscher | 041-369 | 4,00 | PIzo-Verstärker | 025-445/1 | 5,00 | PIzo-Verstärker | 128-627 | 33,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (Satz) | 041-370 | 23,60 | PIzo-Verstärker | 025-445/2 | 14,50 | PIzo-Verstärker | 128-628 | 38,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (Netzteil) | 041-371 | 5,95 | PIzo-Verstärker | 025-446/1 | 2,60 | PIzo-Verstärker | 128-629 | 1,60 | | | |
| PIzo-Schalter | 041-372 | 4,00 | PIzo-Verstärker | 025-446/2 | 4,70 | PIzo-Verstärker | 128-630 | 6,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (doppelseitig) | 041-373 | 11,35 | PIzo-Verstärker | 025-447 | 14,40 | PIzo-Verstärker | 128-631 | 18,00 | | | |
| CO-Abgaster – Satz | 041-380* | 12,30 | PIzo-Verstärker | 025-448 | 6,00 | PIzo-Verstärker | 128-632 | 19,00 | | | |
| Terz-Analyse/Trafo | 041-381 | 22,75 | PIzo-Verstärker | 025-449 | 17,40 | PIzo-Verstärker | 128-633 | 40,00 | | | |
| Thermometer | 041-382 | 13,50 | PIzo-Verstärker | 025-450 | 14,40 | PIzo-Verstärker | 128-634 | 19,50 | | | |
| Universell-Weiche | 042-389* | 1,90 | PIzo-Verstärker | 025-451 | 14,40 | PIzo-Verstärker | 128-635 | 5,50 | | | |
| Aktiv-Kontakt | 042-390* | 30,90 | PIzo-Verstärker | 025-452 | 8,10 | PIzo-Verstärker | 128-636 | 31,00 | | | |
| PIzo-Netzteil | 042-391 | 10,20 | PIzo-Verstärker | 025-453 | 13,00 | PIzo-Verstärker | 128-637 | 20,00 | | | |
| KW-Nachziele | 042-392 | 11,35 | PIzo-Verstärker | 025-454 | 23,30 | PIzo-Verstärker | 128-638 | 18,00 | | | |
| KW-Zielanzeige | 042-393 | 12,70 | PIzo-Verstärker | 025-455 | 13,00 | PIzo-Verstärker | 128-639 | 18,00 | | | |
| PIzo-Netzteil | 042-394 | 12,70 | PIzo-Verstärker | 025-456 | 13,00 | PIzo-Verstärker | 128-640 | 18,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (Satz) | 042-395 | 12,70 | PIzo-Verstärker | 025-457 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 128-641 | 18,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (Satz) | 042-396 | 12,70 | PIzo-Verstärker | 025-458 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 128-642 | 18,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (Satz) | 042-397 | 12,70 | PIzo-Verstärker | 025-459 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 128-643 | 18,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (Satz) | 042-398 | 12,70 | PIzo-Verstärker | 025-460 | 12,40 | PIzo-Verstärker | 128-644 | 18,00 | | | |
| PIzo-Netzteil (S | | | | | | | | | | | |



Bits im Gänsemarsch

Die RS-232-C-Schnittstelle

Günter Klotz

Die meistverwendete serielle Verbindung zwischen Computern und deren Peripherie ist zweifellos die asynchrone RS-232-C- oder V.24-Schnittstelle. Man findet sie in irgendeiner Form an fast jedem Rechner, meistens auch an Plottern oder Druckern. Im Hinblick auf das Projekt „E.M.M.A. meets IEEE“ — Einplatinenmikro vermittelt V.24-Anrufe zum IEC-Bus — wird hier die andere Seite der Medaille beleuchtet, nachdem in der letzten elrad-Ausgabe der IEC-Bus ausführlich besprochen wurde.

Trotz der Möglichkeit, die RS-232-C-Schnittstelle mit wenig Vorkenntnissen und einem relativ geringen Schaltungsaufwand zu betreiben, kann die Verbindung zweier Geräte über diese Schnittstelle so viele Stolpersteine in sich bergen, daß es sich lohnt, ein paar klärende Worte darüber zu verlieren.

Neben der parallelen Datenübertragung, bei der ein Binärwort „an einem Stück“ transfiert wird (und die selten bidektronal ausgelegt wird), ist die Methode der seriellen Weiterleitung von Informationen weit verbreitet. Prinzipiell benötigt man hierfür nur ein Leitungspaar (Signal- und Rückleitungswise Masseleitung), denn es wird zu jedem Zeitpunkt jeweils nur ein Datenbit übertragen. Dieses Verfahren macht sich besonders dann angenehm bemerkbar, wenn große Entfernung zu überbrücken sind: Bei paralleler Übertragung vervielfachen sich die Kosten für das Kabel mit jedem Bit im Binärwort. Darüber hinaus wirken sich die durch steile Signalflanken und

elektrische Verkopplung benachbarter Leitungen induzierten Störungen mit wachsender Leitungslänge sehr viel mehr aus als bei der relativ langsam seriellen Übertragung mit nur wenigen, womöglich gut abgeschirmten Leitungen.

Die verhältnismäßig geringe Arbeitsgeschwindigkeit serieller Datenübertragung ist zugleich ihr größter Nachteil. Da die einzelnen Bits nacheinander über die Leitung geschickt werden und jeder Transfer eine bestimmte Zeit beansprucht, dauert es viel länger, ein gegebenes Binärwort zum Empfänger zu schicken, als wenn man es parallel transportieren würde. Allerdings arbeiten die meisten Peripheriegeräte ohnehin ziemlich langsam und können die mit hoher Geschwindigkeit übertragenen Datenströme gar nicht verarbeiten. Serieller Datenverkehr ist für Geräte wie mechanische Drucker und Plotter in der Regel völlig ausreichend — es sei denn, sie besitzen einen größeren Pufferspeicher für ankommende Zeichen. Zum Austausch von Daten be-

nötigt man üblicherweise zwei Geräte. Das können zwei Computer sein, die miteinander in Verbindung treten wollen, oder ein Computer und ein Terminal, um mit einem Menschen zu kommunizieren, oder ein Computer und ein Drucker, der Daten und Texte zu Papier bringen soll. Nun gehen die einschlägigen Normen aber von einer ganz bestimmten Verbindungsphilosophie aus, bei der zwei verschiedene Kategorien von Geräten benötigt werden:

- a) DTE (Data Terminal Equipment), oder deutsch DEE (Daten-Endeinrichtung/en); und
- b) DCE (Data Communication Equipment) beziehungsweise DÜE (Daten-Übertragungseinrichtung/en).

Ein DTE ist ein Gerät, welches am Anfang oder am Ende einer Datenübertragungskette steht und die Daten sendet beziehungsweise empfängt. Bei einem DCE handelt es sich dagegen um eine Art Zwischenstation, die zwischen DTE und der sogenannten Übertragungsstrecke (der „langen Leitung“) vermittelt, wenn beide mit unterschiedlichen Darstellungen der zu übertragenden Information arbeiten; die Daten selbst bleiben dabei unverändert. Zum Beispiel ist ein Modem ein DCE, das die Signalspannungen vom Ausgang eines DTE in Tonfrequenzen umsetzt, die dann über das Telefonnetz als Übertragungsstrecke „verschickt“ werden können, und umgekehrt.

Hier stößt man sogleich auf den ersten Stolperstein, um nicht zu sagen: ein ganzes Geröllfeld. In den Normen ist nur die Schnittstelle DTE-DCE geregelt, nicht jedoch eine Verbindung zweier DTE ohne zwischengeschaltete DCE. Letztere ist aber heute fast schon zur Regel geworden. Sei es, daß man einen Mikrocomputer mit einem Terminal koppeln will, mit einem „seriellen“ Drucker oder mit einem zweiten Mikrocomputer; sofern diese Geräte dicht beieinander stehen, sind Modems vollkommen überflüssig.

Welche Probleme sich daraus im einzelnen ergeben, wird im folgenden noch erläutert; siehe dazu auch Kasten „Normen und Realität“. Zunächst nur soviel: Die klare Trennlinie

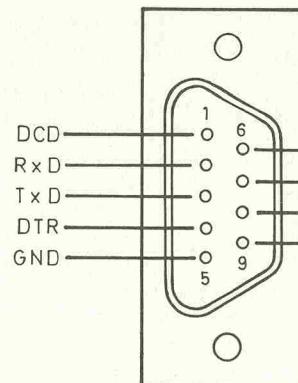
zwischen DTE und DCE verschwimmt, weil viele Terminal- und Druckerports als DCE konfiguriert werden, um Standard-Verbindungskabel verwenden zu können.

Und schon liegt der nächste Stein im Weg. Sind nämlich die Anschlußpins normgerecht bezeichnet, läßt sich anhand der Pinbelegung nicht feststellen, ob ein Gerät als DTE oder DCE verschaltet ist. Die Pins des 25-poligen Subminiaturs-D-Steckverbinder tragen bei beiden Gerätekategorien dieselben Bezeichnungen; beispielsweise heißt Pin 2 immer „Tx D“ (= Sendedaten) und Pin 3 immer „Rx D“ (= Empfangsdaten). Während jedoch ein DTE auf Pin 2 seine Daten heraussendet und auf Pin 3 empfängt, verhält sich ein DCE genau umgekehrt — es empfängt auf Pin 2 und sendet auf Pin 3. Genauso ist es mit etlichen anderen Leitungen. In der Tabelle sind deshalb die Signalrichtungen für DTE und DCE getrennt aufgeführt.

Durch die jeweils vertauschten Ein- und Ausgänge läßt sich das Verbindungskabel zwischen DTE und DCE „Eins-zu-Eins“ verdrahten. Und da ein normgerechtes Kabel zudem je einen Stecker und eine Kupplung besitzt, kann es bei Bedarf ohne weiteres mit einem zweiten Normkabel verlängert werden.

Vorsicht, noch ein Stolperstein: Laut Norm weist ein DTE einen „männlichen“ Steckanschluß für das Verbindungskabel auf (Stecker), das DCE einen „weiblichen“ (Steckdose). Leider hält sich kaum ein Gerätehersteller an diese eigentlich recht einfache Vereinbarung, meistens ist sowohl an DTE als auch an DCE ein weiblicher Steckanschluß angebracht.

Alles in allem erlauben die äußeren Merkmale praktisch nur in zwei Fällen eine verlässliche Eingruppierung. Der eine ist der, daß man ein Gerät findet, an dessen Gehäuse ein männlicher Stecker montiert ist. Dann kann man davon ausgehen, daß es sich um ein DTE handelt. Der andere betrifft die Pinbelegungsliste; ist dort Pin 2 mit Rx D bezeichnet, Pin 3 mit Tx D und so weiter, hat man mit Sicherheit ein DCE vor sich.



Die Belegung des normgerechten 25poligen Steckerverbinders (rechts) und der platzsparenden 9-Pin-Ausführung, wie sie bei vielen Erweiterungskarten für den IBM PC (XT, AT) verwendet wird (Blick auf die Lötseite eines Steckers). Die hervorgehobenen Leitungen sind die Mindestausstattung für bidirektionale Transfer (Dreileitungsverbindung), selten gebrauchte Leitungen sind nicht eingezeichnet.

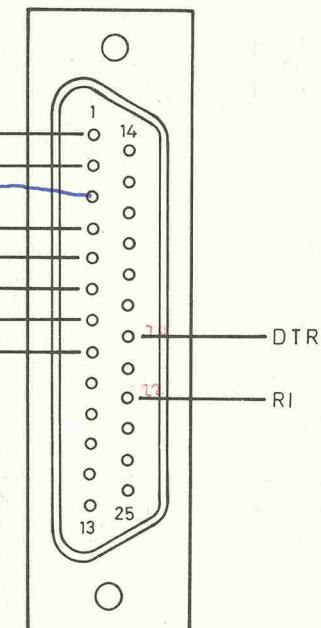
Mit Vorbehalt kann noch die Buchsenbezeichnung herangezogen werden; ein Modemanschluß ist in aller Regel als DTE verdrahtet, ein Terminal- oder Druckerport üblicherweise als DCE. In Zweifelsfällen sollte man jedoch nachmessen: Liegt am (offenen) Pin 2 im Ruhezustand eine Spannung von mindestens -5 V (gegen Masse, Pin 7), dann ist dieser Pin ein Ausgang und das Gerät somit ein DTE. Bei einem DCE (Pin 2 = Eingang) zeigt das Meßgerät etwa null Volt an.

Eine der wesentlichen Vereinbarungen im RS-232-C-Standard gilt dem Signalpegel, an dessen Höhe ein Empfänger den Wert eines Datenbits erkennt. Während im Innern eines Rechners eine logische „0“ oder „1“ durch eine Spannung von $0\ldots 0,8\text{ V}$ beziehungsweise $2\ldots 5\text{ V}$ repräsentiert wird (TTL-Pegel), arbeitet die RS-232-C-Schnittstelle mit bipolaren logischen Pegeln und invertierter Logik. Im Klartext bedeutet das, daß der logischen „1“ eine negative Spannung (auch MARK genannt) zugeordnet ist, während der logischen „0“ eine positive Spannung (SPACE) entspricht.

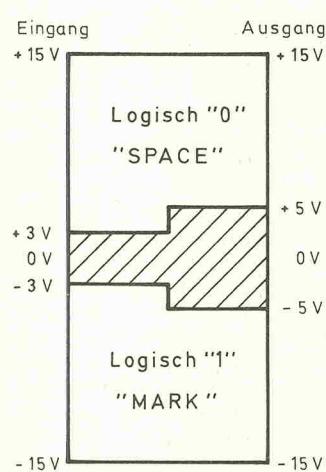
In bezug auf die Höhe dieser Spannungen nennt die Norm für Sender und Empfänger unterschiedliche Mindestwerte. Für Ausgänge ist der Spannungsbereich zwischen -5 V und $+5\text{ V}$ nicht als Logikpegel

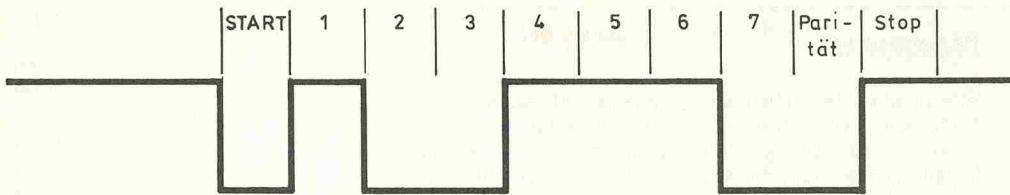
definiert und daher auch nicht interpretierbar; der Bereich von $+5\text{ V}\ldots +15\text{ V}$ entspricht der logischen „0“, der Bereich von $-5\text{ V}\ldots -15\text{ V}$ der logischen „1“. Die Spannungsangaben gelten für einen Abschlußwiderstand zwischen $3000\ \Omega$ und $7000\ \Omega$. Bei Eingängen ist der Übergangsbereich schmäler, hier liegen die Grenzen bei $\pm 3\text{ V}$. Die Differenz beider Grenzwerte dient als Sicherheit zur Kompensierung von Spannungsverlusten auf der Leitung zwischen Sender und Empfänger und als Schutzmaßnahme gegen eingestraute Störspannungen.

Für die Umsetzung der geräteinternen TTL-Pegel in RS-232-C-Pegel und umgekehrt verwendet man heutzutage meistens integrierte



Die Spannungen am Einbeziehungsweise Ausgang laut Norm.





Beispiel für eine serielle asynchrone Übertragung der ASCII-Ziffer 9 (39h) mit Startbit, einem Stopbit und gerader Parität.

ten übertragen? Für den Kenner steckt die Antwort in einem einzigen Wort: asynchron. Es besagt, daß die Übertragung eines Datenwortes, ausgehend von einem Ruhezustand, zu irgendeinem beliebigen Zeitpunkt beginnen kann. Die RS-232-C-Norm definiert als Ruhezustand den MARK-Zustand (logisch „1“) der Sender-Ausgangsleitung. Dieser Zustand liegt nach dem Einschalten vor und wird nach jeder Übertragung wieder eingenommen.

Bevor jedoch ein Datum „auf die Reise“ geschickt, also dessen erstes Bit ausgegeben werden darf, ist der Empfänger in geeigneter Weise vorzuwarnen, da dieser, falls das erste Bit den Wert 1 hat, keinen Unterschied zum Ruhezustand bemerken würde. Dazu dient das sogenannte Startbit: Für die Dauer eines Bits gibt der Sender SPACE aus (logisch „0“); dieses Signal unterscheidet sich eindeutig vom Ruhezustand und gibt dem Empfänger Gelegenheit, seine Abfragelogik auf das Einlesen der Datenbits vorzubereiten.

Die Datenbits, die üblicherweise ein Zeichen im 7-Bit-ASCII-Code repräsentieren, folgen unmittelbar auf das Startbit, und zwar mit dem LSB voran (Lowest Significant Bit = Bit 1). Nach dem letzten Bit, dem MSB (Most Significant Bit, Bit 7 bzw. bei 8-Bit-Daten Bit 8), kann noch ein so-

genanntes Paritätsbit zur Erkennung von Übertragungsfehlern eingefügt werden. Dabei unterscheidet man zwischen gerader (even) und ungerader (odd) Parität. Gerade Parität beispielsweise bedeutet, daß die Anzahl der übertragenen gesetzten Bits („1“) einschließlich des Paritätsbits gerade ist; der Sender setzt also das Paritätsbit, wenn die Anzahl der gesetzten Bits im Datenwort ungerade ist, und umgekehrt. Der Empfänger untersucht nun den Bitstrom nach der gleichen Vorschrift und kann so Übertragungsfehler feststellen. Das Ende der Übertragung kennzeichnet ein Stopbit (MARK), das 1, 1,5 oder 2 Bitzeiten dauern kann. (Man redet deshalb auch von 1, 1,5 oder 2 Stopbits).

Die nächste wichtige Vereinbarung ist die sogenannte „Baudrate“. Sie gibt die Geschwindigkeit an, mit der Daten übermittelt werden (1 Baud = 1 Bit/s). Übliche Baudraten sind 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 und 19200 Baud. Daraus kann man die Zeichenrate ableiten, also die Anzahl der übertragenen Zeichen je Zeiteinheit. Beispielsweise werden bei einem Übertragungsformat von einem Start-, sieben Daten- und zwei Stoppbits und einer Geschwindigkeit von 300 Baud genau 30 Zeichen pro Sekunde übertragen.

Noch ein Wort zur Maximallänge der Datenleitung zwischen zwei Geräten: Sie hängt, physikalisch bedingt, im wesentlichen von der Datenwechselzfrequenz, also von der Baudrate, sowie von der Kapazität der Übertragungsleitung ab. Die Norm nennt allerdings pauschal eine maximale Länge von 30,5 m (100 Fuß) und liegt damit immer auf der sicheren Seite.

Bliebe noch zu klären, wie sich Sender und Empfänger gegenseitig die Bereitschaft zum Datenaustausch signalisieren. Dieser Vorgang, der als „Handshaking“ bezeichnet wird, kann auf zwei Arten erfolgen: als Software-Handshaking oder als Hardware-Handshaking.

Zunächst wird der Fall betrachtet, daß ein als DTE konfigurierter Drucker Daten von einem als DCE verschalteten Computer empfangen soll. Prinzipiell würde es genügen, wenn man nur die Verbindung zwischen den Pins 3 und 7 herstellen würde. Bei einem Überlauf des Druckerpuffers gingen dann jedoch Daten verloren, weil der Drucker den Zustand „Puffer voll“ wegen fehlender Rückleitungen nicht an den Computer melden kann.

Beim Hardware-Handshaking, das in vielen derartigen Fällen benutzt wird, meldet der Drucker seine Empfangsbereit-

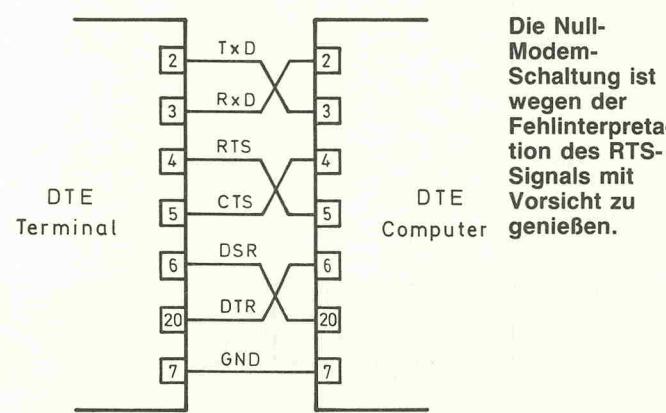
schaft über die Leitung DTR (Data terminal ready) an Pin 20. Dabei steht eine logische „0“ (SPACE) für „Bereit“ und eine logische „1“ (MARK) für „Nicht bereit“ oder „Beschäftigt“. Das Hardware-Handshaking wird deshalb auch Ready/Busy-Protokoll genannt.

Beim Software-Handshaking teilt der Drucker die Empfangsbereitschaft über Steuerzeichen mit, die er an den Computer sendet. Deshalb muß hierfür die Leitung TxD (Pin 2) vorhanden sein. Es werden zwei Fälle unterschieden — sendergesteuertes und empfängergesteuertes Software-Handshaking.

Ersteres, auch ETX/ACK-Protokoll genannt, verwendet die beiden ASCII-Steuerzeichen ETX (03h, Control-C) und ACK (06h, Control-F) zur Verständigung: Wenn der Drucker bereit ist, Daten entgegenzunehmen, sendet er das Zeichen ACK. Der Computer gibt daraufhin die Daten aus und schließt diese mit einem ETX-Zeichen ab. Erkennt der Drucker dieses Zeichen, weiß er, daß die Übertragung beendet ist und er zur Verarbeitung schreiten darf. Kann er weitere Daten aufnehmen, sendet er wieder ein ACK-Zeichen zum Computer, und der Zyklus beginnt von vorn. Das ETX/ACK-Protokoll setzt natürlich voraus, daß die Anzahl der Daten, nach denen der Computer ein ETX in den Zeichenstrom einfügt, auf die Größe des Druckerpuffers abgestimmt ist.

Wegen dieser Unzulänglichkeit wurde noch eine Variante des ETX/ACK-Protokolls entwickelt, das ACK-Protokoll. Dabei entfällt die Block-Ende-Markierung durch ETX, und der Drucker quittiert nicht mehr Datenblöcke, sondern jedes einzelne Zeichen mit ACK.

Das empfängergesteuerte Software-Handshaking (XON/XOFF-Protokoll) funktioniert ähnlich wie das Ready/Busy-Protokoll: Der Drucker nimmt so lange Zeichen an, bis sein Puffer gefüllt ist, und schickt dann über seine Sendeleitung das Ausschaltzeichen XOFF (13h, Control-S) zum Computer. Sobald dieser das Zeichen empfängt, geht er



in einen Wartezustand. Wenn der Druckerpuffer leer ist, sendet der Drucker das Einschaltzeichen XON (11h, Control-Q), und der Computer fährt mit der Übertragung an dem Punkt fort, an dem er gestoppt wurde.

Für das Software-Handshaking braucht man also neben den Datenleitungen (Pins 2 und 3) und Masse (Pin 7) keine weitere Verbindung zwischen DCE und DTE herzustellen. Im Beispiel sieht es zwar für das Hardware-Handshaking genauso aus, man muß jedoch bedenken, daß hier nur eine Übertragungsrichtung betrachtet wurde. Für eine bidirektionale Verbindung mit Hardware-Handshaking benötigt man schon mindestens fünf Leitungen (vier Signal- plus eine Masseleitung), eine Schnittstelle mit Software-Handshaking ist dagegen prinzipiell bidirektional. Es klang bereits an: Strenge nommen ist das eben behandelte Beispiel gar keine RS-232-C-Verbindung. Ein Drucker ist nun einmal ein Endgerät — gleichgültig, ob als DCE „getarnt“ oder nicht. Aber so ist die Praxis. Und es ist ja nicht aus der Luft gegriffen, wenn Computerhersteller ihre Terminal- und Druckerschnittstellen als RS-232-C-kompatibel bezeichnen: Die grundlegenden Vereinbarungen — Steckerbelegungen, Signalpegel, Übertragungsformat und Baudaten — werden praktisch immer eingehalten.

Dennoch ist die Kopplung zweier Endgeräte das Sorgenkind der RS-232-C-Anwender, weil die sogenannten Steuer- und Meldeleitungen mit den DIN-Kurzbezeichnungen S1...S5 und M1...M6 nicht einheitlich verwendet werden. Zum Glück sind nur fünf relevant — DTR, RTS (S1 und S2), DSR, CTS und DCD (M1, M2 und M5). Diese können einen aber auch einige Zeit beschäftigen, es sei denn, man bekommt ein nachweislich passendes Kabel mitgeliefert — aber: zu welchem Preis?

Ist dieser „Luxus“ nicht gegeben, sollte man zunächst die Handbücher befragen nach Informationen über die Kategorie der Geräteanschlüsse (DTE oder DCE) sowie darüber, wel-

Normen

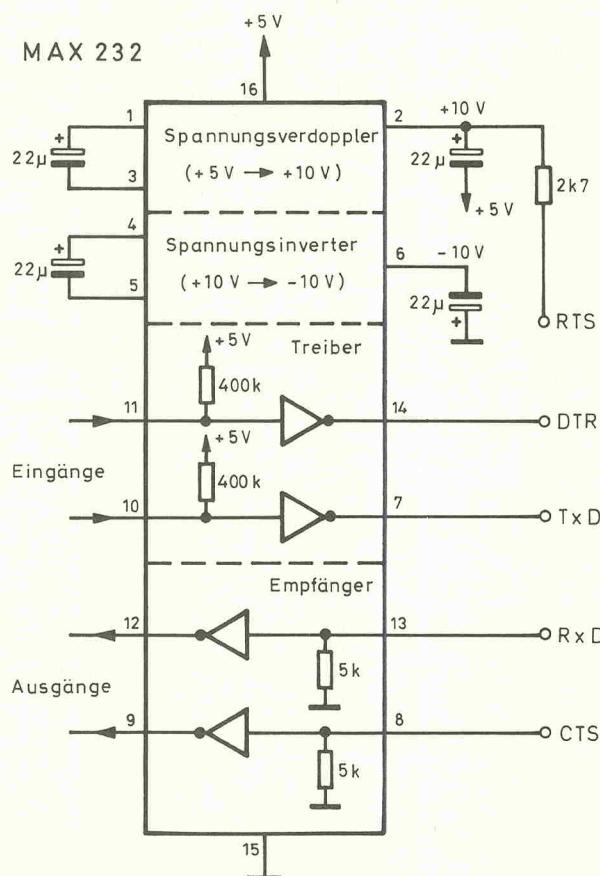
Wie in allen Bereichen der Technik gibt es auch für die serielle Übertragung von Daten Vorschriften, die den Datenfluß regeln, Spezifikationen für Pegel und Leitungen festlegen und für eine Vereinheitlichung der Übertragungsprozeduren sorgen sollen. Historisch ist der „RS-232-Standard“, der in den USA erstmals im Jahre 1964 von der EIA (Electronic Industries Association) formuliert wurde, aus der Notwendigkeit entstanden, den Datenaustausch zwischen zwei Computern beziehungsweise einem Computer und dezentral aufgestellter Peripherie über das Telefonnetz mit Hilfe eines sogenannten Modems (MODulator/DEModulator) zu regeln. In dieser wenig später noch einmal überarbeiteten und dann unter dem endgültigen Namen RS-232-C herausgebrachten Norm sind sowohl die funk-

tionellen als auch die elektrischen Kennwerte wie Signalpegel, Kurzschlußfestigkeit, Abschlußwiderstand usw. der Schnittstelle festgelegt. Das internationale Gegenstück zu dieser amerikanischen Norm wurde 1964 von der Standardisierungsgesellschaft CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) herausgegeben. Diese Empfehlung erhielt die Bezeichnung V.24, sie ist eine sogenannte „Shopping List“, in der alle in Verbindung mit Modems überhaupt möglichen Schnittstellenleitungen und ihre Funktionen beschrieben sind. Die elektrischen Kennwerte sind in einer eigenen CCITT-Empfehlung angegeben, der V.28. Das deutsche Pendant zu V.24 ist die DIN 66020, Teil 1; das Pendant zu V.28 ist die DIN 66259, Teil 1.

che Ein- und Ausgänge am Ready/Busy-Protokoll beteiligt sind und wie mit den übrigen Ein-/Ausgängen verfahren wird. Es lohnt sich zu prüfen, ob nicht Software-Handshaking (XON/XOFF-Protokoll) zum Einsatz kommen kann. Dann reicht nämlich billiges dreidriges Kabel — vielleicht mit ein paar Lötbrücken an den Steckern.

Als Beispiel soll wieder die Computer-Drucker-Kopplung dienen. Bekannt seien die Geräteanschlüsse (Computer = DCE, Drucker = DTE; falls nicht dokumentiert, hilft die weiter vorne beschriebene Messung.) Von den Handshaking-Signalen gehe nur DTR eindeutig aus der Beschreibung hervor; es verhalte sich wie im Abschnitt über Hardware-Handshaking erläutert.

Für eine solche unidirektionale Schnittstelle (Übertragung nur vom Computer zum Drucker) reichen diese Informationen normalerweise aus. Neben der Daten- (Rx D) und der Masseleitung braucht man lediglich die DTR-Leitung für das ebenfalls „einseitige“ Ready/Busy-Protokoll; in der Experimentierphase sollte man aber immer mindestens eine Leitung in Reserve haben. Vorausgesetzt, beide Geräte sind auf dasselbe Übertragungsformat und -protokoll, dieselbe (zunächst niedrige) Baudrate und dieselbe Parity-Behandlung eingestellt, sollte die Übertragung auf Anhieb funktionieren. Wenn ja, ist noch ein Test angebracht, bei dem das Handshaking mit Sicherheit gefordert ist, etwa eine Übertragung größerer Datenmengen



Mit dem MAX 232, dessen Ein-/Ausgänge TTL- und CMOS-kompatibel sind, gehört zusätzlicher Schaltungsaufwand für die ± 12 V-Versorgung der Schnittstellentreiber der Vergangenheit an.

| Kurzzeichen | | | Pin | Beschreibung | | Richtung | |
|---------------|-----------------|--------------|-------|---|---|----------|-----|
| CCITT V.24 | EIA RS-232-C | DIN 66020 | | Deutsch | Englisch | DCE | DTE |
| 101 | AA | E1 | 1 | Schutzerde | Protective Ground | - | - |
| 102 | AB | E2 | 7 | Signal-/Betriebserde | Signal Ground/Common Return | - | - |
| 103 | BA | D1 | 2 | Sendedaten | Transmitted Data (TxD) | ein | aus |
| 104 | BB | D2 | 3 | Empfangsdaten | Received Data (RxD) | aus | ein |
| 105 | CA | S2 | 4 | Sendeteil einschalten | Request to send (RTS) | ein | aus |
| 106 | CB | M2 | 5 | Sendebereitschaft | Clear to send (CTS) | aus | ein |
| 107 | CC | M1 | 6 | Betriebsbereitschaft | Data set ready (DSR) | aus | ein |
| 108.1 | | S1.1 | 20 | Übertragungsleitung an | Connect data set to line | ein | aus |
| 108.2 | CD | S1.2 | 20 | Terminal betriebsbereit | Data terminal ready (DTR) | ein | aus |
| 125 | CE | M3 | 22 | Ankommender Ruf | Ring indicator (RI) | aus | ein |
| 109 | CF | M5 | 8 | Empfangssignalpegel | Received line signal detector (DCD) | aus | ein |
| 110 | CG | M6 | 21 | Empfangsgüte | Carrier detector | aus | ein |
| 111 | CH | S4 | 23 | Übertragungsgeschwindigkeit (Wahl vom DTE) | Signal quality detector | aus | ein |
| 112 | CI | M4 | 23 | Übertragungsgeschwindigkeit (Wahl vom DCE) | Data signal rate selector (DTE) | aus | aus |
| 113 | DA | S5 | 11 | Wahl Sendefrequenz | Data signal rate selector (DCE) | aus | ein |
| 114 | DB | T1 | 24 | Sendedatumschritt von DTE | Select transmit frequency | ein | aus |
| 115 | DD | T2 | 15 | Sendedatumschritt von DCE | Transmitter signal element timing | ein | aus |
| 118 | SBA | T4 | 17 | Empfangsschrittakt | Transmitter signal element timing (TxC) | aus | ein |
| 119 | SBB | HD1 | 14 | Sendedaten Rückkanal | Receiver element signal timing (RxC) | aus | ein |
| 120 | SCA | HD2 | 16 | Empfangsdaten Rückkanal | Secondary transmitted data | aus | aus |
| 121 | SCB | HS2 | 19 | Rückkanal Sendeteil ein | Secondary received data | aus | ein |
| 122 | SCF | HM2 | 13 | Rückkanal Sendebereitschaft | Secondary request to send | ein | aus |
| | | HMS | 12 | Rückkanal Empfangssignalpegel | Secondary clear to send | aus | ein |
| | | | 9/10 | Modemtest | Secondary Carrier detector | aus | ein |
| | | | 11/18 | Nicht belegt | Data set testing | - | - |
| | | | 25 | | Unassigned | - | - |

Die DIN leitet ihre Kurzzeichen von der jeweiligen Leitungsgruppe ab. Unterschieden werden:

- Erdleitungen
- Datenleitungen
- Steuerleitungen
- Meldeleitungen
- Taktleitungen
- Leitungen für den Hilfskanal

Die Taktleitungen und einige der Steuer- und Meldeleitungen werden nur relativ selten benutzt, nämlich bei speziellen Modems. Das gleiche gilt für den Hilfskanal, der jedoch durch BTX und andere Einrichtungen, die mit verschiedenen Baudaten in Hin- und Rückrichtung arbeiten, zumindest eine gewisse Bekanntheit erlangt hat.

Im folgenden sind die Funktionen der sechs wichtigsten Steuer- und Melesignale aufgeführt (vergleiche Anschlußbelegung); die genannte Bedeutung bezieht sich jeweils auf

den Zustand „aktiv“, das heißt, der zugehörige Ausgang führt „0“-Pegel (positive Spannung).

DTR — DTE betriebsbereit, Übertragungsleitung an (Pin 20): Aus der Sicht des DCE ist dies die Bereitschaftsmeldung des DTE; umgekehrt kann man DTR auch als Aufforderung des DTE an das DCE begreifen, die Übertragungsleitung einzuschalten, also die Verbindung zur Gegenstation herzustellen.

DSR — DCE betriebsbereit (Pin 6): Dies ist die Mitteilung an das DTE, daß das DCE eingeschaltet ist und Verbindung mit der Gegenstation besteht.

RTS — Sendeteil einschalten (Pin 4): Damit wird das DCE vom DTE darüber informiert, daß dieses Daten übertragen will, und aufgefordert, seinen Sender (den in Richtung Gegenstation) zu aktivieren.

CTS — Sendebereitschaft (Pin 5): Das DCE antwortet

auf die obige Anforderung mit einer Sendebereitschaftsmeldung. Das DTE darf dann mit der Ausgabe der Daten beginnen.

DCD — Empfangssignalpegel (Pin 8): An diesem Signal erkennt das DTE, daß das DCE von der Gegenstation gültige Signale mit ausreichendem Pegel empfängt. DCD wird benutzt, um den Empfänger im DTE zu sperren und damit das Einlesen falscher Daten zu unterbinden, wenn das DCE die Signale der Gegenstation nicht deuten kann.

RI — Ankommender Ruf (Pin 22): Das ist die „Telefonklingel“, mit der das DCE dem DTE bekanntgibt, daß eine Gegenstation mit ihm Verbindung aufnehmen will. RI ist ein ausgesprochenes Modem-Signal.

Schon bei einem Akustikkoppler, der dem Modem noch am nächsten kommt, ist es ohne Belang, weil der Rechner den Telefonhörer ja normalerweise nicht selbst abheben kann.

mit hoher Baudate. Treten keine „Aussetzer“ auf, ist die Verbindung in Ordnung, ansonsten muß man den anderen Handshake-Eingang des Computers (RTS) mit dem DTR-Ausgang des Druckers verbinden. Bleibt der Drucker dagegen

still, ist als erstes zu klären, ob der Computer überhaupt sendet. Sofern kein Oszilloskop zur Verfügung steht, tut es auch ein Voltmeter: Im Ruhezustand muß zwischen RxD und Masse eine negative Spannung nachzuweisen sein. Ein Sendedatensignal wird vom

Meßgerät gemittelt, der angezeigte Wert liegt dann deutlich näher bei null Volt oder etwas darüber (positive Spannung), je nachdem, wie viele Nullen das übertragene Datum hat. Für den Nachweis einzelner Bytes ist ein Voltmeter allerdings zu träge.

Ergibt die Messung, daß der Computer (DCE) nicht sendet, ist die DTR-Leitung an den falschen Handshake-Eingang angelötet. Anderfalls benötigt vermutlich der Empfänger im Drucker (DTE) das DCD-Signal zur Freigabe. Bislang ist dieser Eingang ja noch offen, und ein offener Eingang erscheint in der Regel als „inaktiv“ („1“, MARK). Um den Empfänger zur Arbeit zu bewegen, muß der DCD-Eingang auf „0“ (SPACE) gelegt werden. Bestenfalls steht am Druckerstecker ein Pin mit +5 V oder +12 V zur Verfügung; eventuell kann man auf den DTR- oder RTS-Ausgang des Druckers ausweichen, sofern es der Empfänger verträgt, wenn DCD mitten in einem Byte „ausfällt“ (ausprobieren). In beiden Fällen braucht man nur eine Drahtbrücke am Druckerstecker, ansonsten muß man eine weitere Kabelader für die DCD-Leitung opfern.

Soll die gleiche Schnittstelle (je ein DTE und DCE) in beiden Richtungen betrieben werden, muß man noch die Anschlüsse für das Ready/Busy-Protokoll vom DTE zum DCE herausfinden. Grundsätzlich ist dafür die CTS-Leitung vorgesehen, auf der DTE-Seite wird dies auch nicht in Frage gestellt. Auf der DCE-Seite kann dagegen auch der DSR-Ausgang das entsprechende Signal führen.

Sind beide Geräte als DTE konfiguriert, hat man mit der Zuordnung „Signalname zu Richtung“ keine Probleme mehr (TxR beispielsweise ist immer Ausgang). Dafür muß man aber genauer überlegen, welcher Pin des einen Steckers mit welchem Pin des anderen Steckers zu verbinden ist. Um hier eine eingängige Regelung zu schaffen, kam irgendwann ein findiger Kopf auf die Idee, einfach nur die drei Haupt-Leitungspaire (TxR/RxD, RTS/CTS und DTR/DSR) zu kreuzen. Diese Schaltung, auch Null-Modem genannt, ist sehr schön übersichtlich und leicht zu merken, hat aber einen Haken: Sie stimmt nicht ganz.

Der Denkfehler steckt in der Verbindung RTS-CTS. Der CTS-Eingang dient wie gesagt dazu, den Sender eines DTE zu sperren, wenn die Gegenstation nicht empfangsbereit ist. Dies

gibt ein DTE aber nicht über den RTS-, sondern über den DTR-Ausgang bekannt. RTS hat vielmehr die Aufgabe, der Gegenstation eigene Sendeabsichten mitzuteilen, damit diese gegebenenfalls ihren Empfänger einschalten kann. Der zu RTS passende Eingang ist also eher DCD und nicht CTS. Wegen dieses Mißverständnisses bringt der Einsatz von Null-Modems leider oft mehr Probleme mit sich, als er löst. Ist das Handshaking ohnehin undurchsichtig, sollte man diese Modems lieber nicht verwenden.

Aber welche sind denn nun die richtigen Verbindungen von DTE zu DTE? Das sind pro Übertragungsrichtung TxD an RxD, RTS an DCD sowie DTR an DSR und CTS. Um Kabeladern zu sparen, kann man auf die Leitung RTS/DCD verzichten und DCD am Stecker verdrahten; das kann auch aus einem anderen Grund angebracht sein: Man hat wohl für einige Zeit im Null-Modem „die Lösung“ gesehen, worauf-

hin etliche (vornehmlich Drucker-) Hersteller ihre Geräte dem veränderten Handshaking angepaßt haben. Das RTS-Signal verhält sich bei diesen Geräten wie DTR.

Und was ist, wenn's nicht funktioniert? Dann hilft nur Messen, Löten und Ausprobieren. Die Kriterien sind die gleichen wie bei der Verbindung DTE-DCE, ergänzend seien hier noch ein paar besonders „schöne“ Hinderungsgründe aufgeführt. Es gibt Geräte, die einen der Handshake-Ausgänge dauernd „aktiv“ oder „inaktiv“ halten, was die damit verbundenen Eingänge natürlich nicht ahnen können. Andere können es nicht leiden, wenn das Signal am CTS- oder DCD-Eingang während einer laufenden Übertragung seinen Zustand wechselt; dies kommt aber bei modernen Geräten praktisch nicht mehr vor. Besonders tückisch ist jedoch der Fall, daß die Handshaking-Signale einander bedingen, daß beispielsweise RTS und DTR nur dann freigegeben werden, wenn DSR ge-

setzt ist (SPACE). Solche „Kleinigkeiten“ herauszufinden, soll manchem sogar Spaß machen...

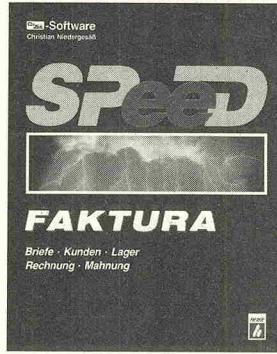
Mit dem bisher übertragenen Know-how dürfte auch der Aufbau einer Dreileitungsverbindung mit XON/XOFF-Handshaking keine unüberwindliche Schwierigkeit mehr darstellen. Der Ersatz von Steuer- und Meldeleitungen durch Steuerzeichen reduziert die Forschungsarbeit darauf, jedes der Geräte für sich zum Senden und Empfangen zu bewegen, sofern es das nicht schon von vornherein kann; viele Terminals arbeiten auch mit offenen Handshake-Eingängen. Dazu sollten sich folgende Brücken eignen, die an den Steckern anzubringen sind: Beim DTE von DTR nach DSR und DCD sowie von RTS nach CTS (hier ist die direkte Verbindung RTS-CTS sogar notwendig), und beim DCE von CTS nach DTR und von DSR nach RTS.

Abschließend noch ein paar Worte zu den Helfershelfern

moderner Computer und Peripheriegeräte. Fast alles, was die Umsetzung paralleler in serielle Daten mit Start-, Stop- und eventuell Paritätsbit anbelangt, findet in sogenannten UART-Bausteinen statt (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), die in der Regel auch einen Teil des Handshaking übernehmen. Bekannte Vertreter hierfür sind die Z80-SIO, der 8251(A), der 6850 oder der 6551. Diese Bausteine können per Software mit den gewünschten Betriebsparametern programmiert werden und sind daher sehr universell einsetzbar. Wer mit diesen leistungsfähigen ICs eigene Schaltungen aufbauen will, sollte neben den Datenblättern den folgenden Hinweis beachten: Die vorhandenen Handshake-Ein- und -Ausgänge sind grundsätzlich die eines DTE. □

Dieser Beitrag wurde ursprünglich in der Zeitschrift c't, Ausgabe 12/86, in der Rubrik „c't-Kartei“ veröffentlicht und für elrad überarbeitet.

Ein Fakturierungsprogramm der absoluten Spitzenklasse!



Händleranfragen willkommen.

Das erste Anwendungsprogramm der SPEED-Reihe mit folgenden Leistungen:

- Kundenverwaltung,
- Artikelverwaltung,
- Terminverwaltung,
- Angebotsschreibung,
- Rechnungen, Mahnwesen,
- Textverarbeitung,
- Serienbriefe.

SPEED.FAKTURA läuft auf allen IBM-kompatiblen Rechnern mit Betriebssystem MS-DOS 2.11 und höher.

Best.-Nr. 51824 DM 148,— unverbindliche Preisempfehlung

Im Buch-, Fachhandel oder beim Verlag erhältlich.



Verlag
Heinz Heise
GmbH & Co KG
Postfach 61 04 07
3000 Hannover 61

Jetzt mit Sourcecode und Turbolinker

Neuer Preis
DM 98.—
unverbindliche Preisempfehlung



SPEED.LIB — die Toolbox der neuen superschnellen Generation für Turbo-Pascal 3.0. So optimiert, daß sich bei über 100 Routinen der Programmspeicher nur um 5K verringert. Außerdem stehen mehrere interaktive Funktionen wie z.B. Taschenrechner, Tastaturprogrammierung, Devicemuschaltung, Error-handling zur Verfügung.



Verlag
Heinz Heise
GmbH & Co KG
Postfach 61 04 07
3000 Hannover 61

Best.-Nr. 51820

Symmetrische Signalübertragung

Grundlagen und Schaltungen

Der Begriff 'Symmetrie' ist in der professionellen Audio-Technik bestens bekannt. Welche Vorteile die Symmetrierung bietet und mit welchen Mitteln diese ausgeführt werden kann, ist Inhalt dieses Beitrags.

Die einzelnen Komponenten einer Heim-Hifi-Anlage wie z.B. Vorförder- und Leistungsverstärker sind üblicherweise mit abgeschirmten Leitungen entsprechender Länge verbunden (Bild 1). Der Innenleiter ist die 'heisse' Leitung, die äußere Abschirmung verbindet die Massepunkte der Elektronik beider Geräte. Diese Verbindungsart wird als 'unsymmetrisch' bezeichnet. Sie

spannungen stehen (z.B. von einem dynamischen Mikrofon) und die nachfolgende Verstärkung sehr hoch ist. Als Beispiel sei die Verbindung zwischen einem Mikrofon und einem Mischpult genannt, in dem jedes über das Mikrofonkabel eingefangene Störsignal um bis zu 60 dB verstärkt wird.

Ein Weg, die Störeinflüsse zu minimieren, besteht darin, die Leitungsimpedanzen so gering wie möglich zu halten und die übertragenen Spannungen möglichst hoch zu wählen. Falls der der Leitung vorgesetzte Verstärker eine sehr geringe Ausgangsimpedanz aufweist

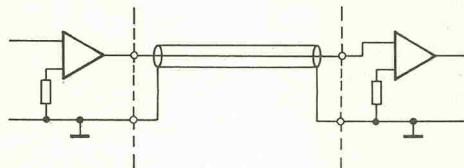


Bild 1. In den meisten Heim-Anlagen ist eine unsymmetrische Leitungsführung üblich.

funktioniert recht gut, solange die beiden zu verbindenden Geräte nicht allzuweit voneinander entfernt sind und die Verbindungsleitung nicht unmittelbar an elektrischen Störquellen vorbeigeführt wird. Die Abschirmung bietet dem Innenleiter zwar einen gewissen Schutz, ein starkes Wechselstrom-Störfeld wie z.B. das magnetische Streufeld eines Transfornators schlägt auf den Innenleiter durch und erzeugt im Verstärker ein lästiges Brummsignal. Dieses Problem tritt vor allem dann auf, wenn auf den Leitungen sehr geringe Signal-

— weniger als 1 Ω ist mit Operationsverstärkern durchaus erreichbar — liegt der Innenleiter einer angeschlossenen abgeschirmten Leitung praktisch auf Masse, so daß äußere Störfelder einen nur geringen Einfluß haben.

Dieses Prinzip funktioniert bis zu etwa 30 m Leitungslänge bei nicht zu starken äußeren Störfeldern durchaus zufriedenstellend. Bei sehr langen Leitungen macht sich allerdings der Leitungswiderstand bemerkbar, und die Leitungsimpedanz nimmt zu, je weiter man sich von dem einspeisenden Verstärker entfernt. In manchen Fällen ist es auch nicht möglich, eine Ausgangsimpedanz von nahezu Null zu erzielen.

Die Impedanz eines typischen dynamischen Mikrofons beträgt etwa 200 Ω . Einige Verstärker mit passiven Lautstärkestellern oder passiven Frequenzgang-Korrekturgliedern hinter der Ausgangsstufe weisen Ausgangsimpedanzen von einigen Kiloohm auf. Das sind 'ideale'

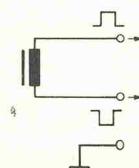


Bild 2. Prinzipschaltbild einer symmetrischen Spannungsquelle, beispielsweise eines dynamischen Mikrofons.

fon liefert. Verbindet man die beiden Mikrofonausgänge mit den Trafoeingängen, hat man eine symmetrische Schaltung hergestellt. In der Praxis sind die beiden Leitungen von einer Abschirmung umgeben, die im vorliegenden Beispiel das Metallgehäuse des Mikrofons mit dem Masseanschluß des Verstärkers verbindet. Diese Schaltung ist in Bild 4 zusammen mit einer dem Trafo nachgeschalteten Verstärkerstufe dargestellt.

Worin besteht nun der Unterschied zwischen einer unsymmetrischen

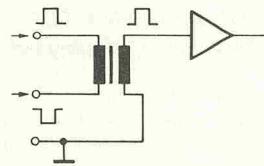


Bild 3. Transformator-Eingangsstufe mit Differenz- bzw. symmetrischem Eingang.

und einer symmetrischen Schaltung? Falls das Verbindungskabel zwischen einem symmetrischen Ausgang und einem symmetrischen Eingang irgendwelche Störsignale aufnimmt, erscheinen diese unerwünschten Störsignale auf beiden Leitungen mit gleich hoher Spannung und, was noch wichtiger ist, mit gleicher Phasenlage. Da aber ein symmetrischer Eingang zwischen seinen beiden Eingängen 180° Phasenverschiebung erfordert, werden alle nichtgegenphasigen Signale durch die Differenzbildung des symmetrischen Einganges eliminiert. Das trifft natürlich auch für die unerwünschten Brumm-, Rausch- und sonstigen auf der symmetrischen Leitung ankommenden Störsignale zu. Die Fähigkeit eines symmetrischen oder Differenzeingangs, unerwünschte Signale zu unterdrücken, wird 'Gleichtaktunterdrückung' genannt (CMRR = Common Mode Rejection Ratio). Bei sorgfältigem Aufbau lassen sich ohne weiteres 80...90 dB Gleichtaktunterdrückung über die gesamte Nf-Bandbreite erzielen.

Betrachtet werden soll nun eine Eingangsschaltung, die als 'Differenzeingang' bezeichnet wird und die durch die Transformator-Anordnung nach Bild 3 gegeben ist. Um eine Ausgangsspannung zu erzeugen zu können, müssen am Trafoeingang zwei Signale anliegen, die in jeder Hinsicht identisch, aber um 180° phasenverschoben sind. Und das ist genau das, was das Mikro-

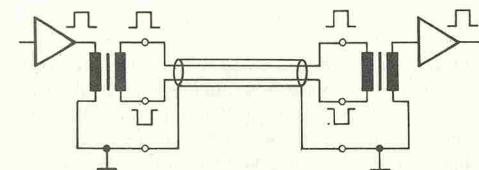


Bild 4. Prinzip der symmetrischen Leitungsführung.

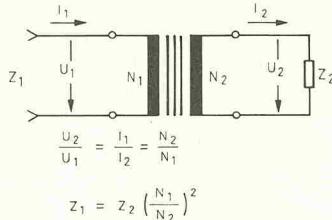


Bild 5. Grundsätzliche Zusammenhänge zwischen Spannungsverhältnis, Impedanzverhältnis und Windungszahlverhältnis eines Übertragers.

Übertrager für Nf-Anwendungen

Der Begriff 'Übertrager' ist historisch gewachsen und stammt aus der Gründerzeit der Audiotechnik. Ein Übertrager ist im Grunde nichts anderes als ein Transistor, der allerdings spezielle Eigenschaften aufweist. Er bietet die besten Grundlagen zur Isolation und Gleichtaktunterdrückung zwischen zwei Schaltkreisen und ist in nahezu jeder beliebigen Audio-Anwendung einsetzbar.

Bild 5 vermittelt den fundamentalen Zusammenhang zwischen Span-

schiedlichen Impedanzen, beispielsweise zwischen einem niederohmigen Mikrofon und dem angeschlossenen Vorverstärker.

Das Impedanzverhältnis ist eine gebräuchliche Spezifikation vieler Nf-Übertrager; es entspricht dem Quadrat des Windungszahlverhältnisses. Ein Übertrager mit einer Impedanztransformation $600 \Omega : 10 \text{ k}\Omega$ weist somit ein Windungszahlverhältnis von 1:4,08 auf. Die Spannungsverstärkung beträgt 12,2 dB. Die angegebenen Impedanzwerte sind grundsätzlich die Nominalwerte für Quellen- und Lastwiderstand, mit denen der beste Frequenzgang erreicht wird. Der beste Störabstand wird ebenfalls nur dann erreicht, wenn eine optimale Leistungsanpassung zwischen Quelle und Last gegeben ist.

Übertrager haben allerdings auch Nachteile: Sie weisen eine Bandpaßcharakteristik auf und erzeugen durch die Magnetisierungskennlinien des verwendeten Eisenkerns zusätzliche Verzerrungen. Es ist sicher nicht weiter verwunderlich, daß Übertrager seit Einführung der Transistoren und der integrierten Schaltungen etwas in den Hintergrund gedrängt wurden. Viele im Nf-Gebiet und auf dem Audio-Sektor tätige Ingenieure haben jedoch

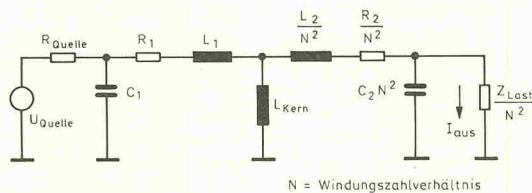


Bild 6. Ersatzschaltbild eines typischen Transformators mit Quell- und Lastimpedanz. Die äquivalente Wechselstromschaltung wird von der Quelle her gesehen. R_1 , L_1 , C_1 und R_2 , L_2 , C_2 sind die Ersatzgrößen der Primär- und Sekundärseite. Man beachte die durch das Windungszahlverhältnis hervorgerufene sekundäre Abschlußimpedanz. L_{Kern} begrenzt die untere übertragbare Frequenz auf typisch 1...1000 Hz.

nungsverhältnis, Impedanzverhältnis und Windungszahlverhältnis. Der Übertrager bietet die einzigartige Eigenschaft der Impedanztransformation, weil die Eingangs- und Ausgangsleistungen gleich sein müssen (Voraussetzung: verlustloser Übertrager). Liegt z.B. ein $1\text{k}\Omega$ Widerstand an der Primärwicklung eines idealen 1:2-Übertragers (Aufwärts-Transformation) und mißt man die Impedanz an der Sekundärwicklung, so erscheint dort eine Impedanz von $4\text{k}\Omega$. Übertrager ermöglichen auf einfache Art und Weise Impedanzanpassungen zwischen Schaltkreisen mit unter-

aus ihren Erfahrungen gelernt, daß wesentlich unangenehmere Übertragungsprobleme zu bewältigen sind als einen Gesamtklirrfaktor von 0,001% oder eine Übertragungsbandbreite von Gleichspannung bis hin zu Mikrowellen zu erzielen.

Ersatzschaltbild eines Übertragers

Bild 5 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild einer typischen übertragergekoppelten Schaltung. Wichtig ist die Kenntnis der Zusammenhänge, wie die Elemente der Sekundär-

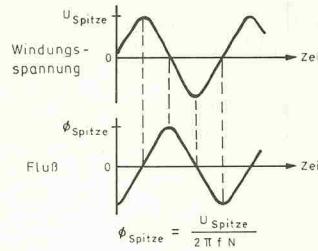


Bild 7. Die Spannung pro Windung ist proportional zur Flußänderungsgeschwindigkeit. Der Spitzenwert des magnetischen Flusses ist umgekehrt proportional zur Signalfrequenz und zur Anzahl der Windungen einer Wicklung. Man beachte die Phasenverschiebung von 90° zwischen dem magnetischen Fluß und der Spannung.

seite inklusive der Lastimpedanz als Funktion des Windungszahlverhältnisses auf die Primärseite transformiert oder reflektiert werden. Der ohmsche Widerstand der Wicklung läßt sich nun einmal nicht vermeiden. Die Streuinduktivität einer Windung wird durch den geringfügigen Anteil des magnetischen Flusses repräsentiert, der nicht mit den anderen Windungen verkoppelt ist. Außerdem existiert zwischen den einzelnen Windungen auch noch eine kapazitive Komponente.

Der Frequenzgang wird durch den komplexen Zusammenhang von Streuinduktivität, Windungskapazität sowie Quell- und Lastimpedanzen bestimmt. Um einen Übertrager mit einem vorgegebenen Frequenzgang zu entwerfen, kommt man heute ohne computergestützte Analysetechniken nicht mehr aus. Durch die Induktivitäten und Kapazitäten ergeben sich Resonanzfrequenzen, die Einschwingvorgänge und im Hörbereich das gefürchtete 'Klingeln' hervorrufen. Die Streuinduktivität hängt von der Wicklungsanordnung ab und kann von Fall zu Fall sehr stark schwanken. Das gilt vor allen Dingen für sehr einfache und billige Nf-Übertrager. Die Herstellung eines hochqualitativen Nf-Übertragers ist mit der Herstellung eines sehr guten Weines vergleichbar — beide erfordern eine sehr sorgfältige Zusammenstellung der Zutaten und die Beachtung wichtiger Details.

Die vom Eingang her gesehene Induktivität des Übertragers begrenzt die untere Grenzfrequenz (Bild 6). Diese Induktivität wird von dem durch die Primärwicklung erzeug-

ten magnetischen Fluß hervorgerufen. Die Induktivität ist näherungsweise dem Quadrat der Windungszahl und der relativen Permeabilität des Eisenkerns proportional. Die relative Permeabilität ist eine Größe für die magnetische Flussdichte in einem magnetischen Material. Die meisten ferromagnetischen Legierungen weisen Werte zwischen 1000 bis 100000 auf, d.h. die magnetische Flussdichte ist um den angegebenen Wert größer als die Flussdichte des leeren Raums bei einer konstanten vom magnetischen Fluß durchsetzten Fläche. Leider weisen alle Kernmaterialien Sättigungseffekte auf, die hauptsächlich durch den relativ scharf ausgeprägten Knick im Kurvenverlauf der relativen Permeabilität oberhalb einer bestimmten kritischen magnetischen Flussdichte bedingt sind.

Die für einen Übertrager angegebenen Signalspannungen sind im allgemeinen Maximalwerte, die ohne Überschreiten eines definierten Klirrfaktors übertragen werden können. Typisch ist eine Spezifikation bei 20 Hz Signalfrequenz und 1...3% Klirrfaktor.

Bild 7 vermittelt einen Eindruck, wie der magnetische Fluß in dem Eisenkern gegenüber der angelegten Spannung phasenverschoben ist. Gleichzeitig ist auch der Zusammenhang zwischen Signalfrequenz und Fluß dargestellt. Weil der Spitzenwert des magnetischen Flusses umgekehrt proportional zur Signalfrequenz ist, verringert sich bei einer Signalfrequenz von 0 Hz die maximal anlegbare Spannung auf Null. Fährt man den Übertrager in die Sättigung, verschwinden die in Bild 6 dargestellte hohe Kerninduktivität sowie die von der Sekundärseite reflektierte Impedanz gänzlich. Die Eingangsimpedanz des Übertragers erniedrigt sich, sie wird nur durch den Wicklungswiderstand und die Streuinduktivität der Primärwicklung begrenzt. Dadurch treten auf der Primärseite Strombegrenzungseffekte und andere technisch unangenehme Erscheinungen auf.

Eingangsübertrager

Eingangsübertrager werden auf Isolation und Gleichtaktunterdrückung hin optimiert. Es gibt sie in zwei unterschiedlichen Kategorien, die vom Signalpegel abhängen. Die Übertrager zur Verarbeitung niedriger Signalpegel dienen beispielsweise zur Ankopplung eines Mikrofons oder einer anderen

Signalquelle mit geringer Impedanz und geringer Ausgangsspannung.

Der Vorteil eines Eingangsübertragers besteht darin, daß er nicht nur eine Impedanztransformation, sondern auch eine Spannungstransformation vornimmt. Übliche Werte für die Spannungstransformation sind 1:2 bis 1:10 (+ 6...+ 20 dB). Die maximalen Eingangspegel liegen typisch bei -10...+ 8 dBm (0 dBm entspricht einer effektiven

der Sekundärseite). Zusätzlich bildet die Kapazität der Abschirmungen mit der Streuinduktivität des Übertragers ein sehr wirksames Filter gegen HF-Einstreuungen.

Ein optimal ausgelegter Eingangsübertrager mit statischer Abschirmung bietet eine beinahe unübertreffbare Gleichtaktunterdrückung. Typische Werte sind 130 dB bei 60 Hz und bis zu 80 dB bei 20 kHz. Diese Werte übertref-

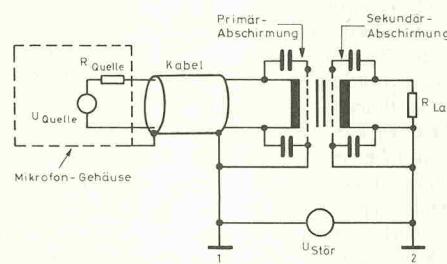


Bild 8. Eine statische Abschirmung eliminiert die Kapazität zwischen den Wicklungen und erhöht die Isolation gegenüber der Störspannung $U_{Stör}$. Durch diese Maßnahme erreicht man Gleichtaktunterdrückungen bis zu 130 dB bei 60 Hz. Ohne die statischen Abschirmungen wird ein Teil der Störspannung $U_{Stör}$ in den Lastwiderstand R_{Last} eingekoppelt.

Eingangsspannung von 0,775 V). Übertrager für hohe Signalpegel können Pegel bis zu +30 dBm verarbeiten; sie dienen hauptsächlich als Leitungübertrager mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 oder geringfügig höheren Werten wie z.B. 2:1.

Eingangsübertrager enthalten normalerweise eine oder mehrere statische Abschirmungen, um die Isolation und die Gleichtaktunterdrückung zu verbessern. Zur statischen Abschirmung ist im allgemeinen eine Kupferfolie zwischen Primär- und Sekundärwicklung angeordnet, die geerdet werden kann. Dadurch vermindert sich die kapazitive Kopplung zwischen Primär- und Sekundärwicklung erheblich. Die Kupferfolie läßt sich natürlich auch durch eine andere dünne Metallfolie, z.B. aus Aluminium, oder durch eine einlagige Wicklung ersetzen. Bild 8 verdeutlicht, wie diese Abschirmung die Kapazität zwischen Eingangs- und Ausgangswicklung aufhebt und das Einkopeln von Gleichtaktsignalen in den Lastwiderstand erheblich vermindert. Zwei Abschirmungen bieten optimale Eigenschaften, wobei jede Abschirmung an der zugehörigen Seite geerdet werden muß (Eingangsabschirmung auf der Primärseite, Ausgangsabschirmung auf

fen häufig weit die Eigenschaften von transformatorlosen Eingangsschaltungen. Ein übertragergekoppelter Eingang weist auch nicht die Unzulänglichkeiten der Gleichtaktunterdrückung auf, wie sie oft bei elektronisch symmetrierten Eingangsschaltungen anzutreffen sind.

Das Übertragungsverhalten für hohe Frequenzen ist bei einem Übertrager für niedrige Signalpegel in besonderem Maß von Änderungen der Quell- und Lastimpedanzen ab-

hängig. Das gilt bei der Aufwärtstransformation speziell für die Quellimpedanz und die Lastkapazität. Manche Hersteller von Übertragnern schlagen auf der Sekundärseite RC-Kompensationsnetzwerke vor, um einen bestmöglichen Frequenzgang zu erzielen. Leitungen weisen im allgemeinen eine recht hohe Kapazität auf und sollten ausschließlich auf der Seite der niedrigen Impedanz des Übertragers angeschlossen werden, um eine Beschniedung der höherfrequenten Signalanteile zu vermeiden.

Eingangsübertrager befinden sich meistens innerhalb eines magnetisch geschirmten Gehäuses, um den Einfluß magnetischer Störfelder zu minimieren. Zur magnetischen Abschirmung dient normalerweise eine Nickel-Eisen-Legierung, die durch eine spezielle Wärmebehandlung in ihren magnetischen Eigenschaften optimiert wurde. Das Anlöten irgendwelcher Kabel ans Gehäuse, Bohren von Schraubenlöchern oder ähnliches Bearbeiten des Gehäuses sollte tunlichst vermieden werden, um die Wirksamkeit der magnetischen Abschirmung nicht zu verschlechtern.

man eine nahezu perfekte magnetische Kopplung zwischen den Windungen der Primär- und der Sekundärwicklung, muß allerdings eine höhere Windungskapazität in Kauf nehmen. Der daraus resultierende Kompromiß im hochfrequenten Isolationsverhalten ist aber akzeptabel, da die Signalpegel im allgemeinen verhältnismäßig hoch sind.

Bifilar, Trifilar und Quadfilar sind übliche Ausdrücke, um die Anzahl der parallel gewickelten Drähte zu beschreiben. Bei Aufwärts- oder Abwärtsübertragnern müssen deshalb diverse parallel gewickelte Wicklungsteile in Reihe geschaltet werden, da all diese Wicklungen die gleiche Anzahl Windungen aufweisen. Quadfilar gewickelte Ausgangsübertrager sind heute üblich, da durch entsprechendes Zusammenschalten der einzelnen Wicklungsteile Übertragungsverhältnisse von 3:1, 2:1, 1:1, 1:2 oder 1:3 möglich sind.

Bild 9 zeigt eine typische 1:1-Konfiguration für einen quadfilar gewickelten Ausgangsübertrager, der einen unsymmetrischen Verstärkerausgang mit geringer Impedanz an eine symmetrische Last oder Leitung anpaßt. In Bild 9 ist

Ausgangsübertrager

Ausgangsübertrager — hier sind nicht die alten, großen, schweren Übertrager von Röhrenverstärkern gemeint — sind als Leitungstreiber optimiert. Die wichtigste Größe eines Ausgangsübertragers ist die maximal zulässige Signalspannung. Dieser Maximalwert hat einen erheblichen Einfluß auf die Quell- und Lastimpedanzen, da sie die niedrfrequenten Verzerrungen beeinflussen.

Bild 10. Zwei Übertrager lösen das hier dargestellte heikle Anpassungsproblem, wobei die Störspannung $U_{Stör}$ einige Volt betragen kann. T1 ist ein Ausgangs-, T2 ein Leitungs-Eingangsübertrager. Bemerkenswert: die empfohlenen Erdungspunkte der Abschirmungen. Der Wert für R_x hängt von der Leitungslänge und von den Kapazitäten ab; typisch sind 10...47 Ω .

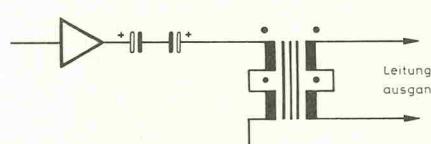
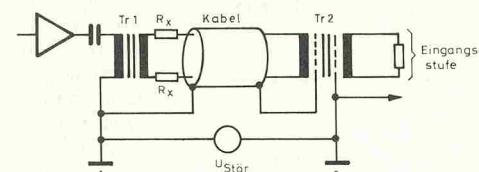


Bild 9. Typische 1:1-Konfiguration mit unsymmetrischem Eingang und symmetrischem Ausgang. Die Polarität der in Reihe geschalteten Wicklungen ist unbedingt zu beachten. Zwischen Verstärkerausgang und Übertragereingang muß ein ungepolter Kondensator eingefügt werden, um Gleichströme durch die Primärwicklung zu verhindern.



Ausgangsübertrager unterscheiden sich von den Eingangsübertragnern sowohl in konstruktiver Hinsicht als auch in den anderen Eigenschaften. Um eine hohe Übertragungsbreite mit geringen Eingangs- und Ausgangsimpedanzen zu erreichen, ist es notwendig, die Streuinduktivität so gering wie möglich zu halten. Deshalb sind Ausgangsübertrager im allgemeinen 'multifilar' gewickelt. Dadurch erreicht

auch die empfohlene kapazitive Kopplung zwischen dem Verstärkerausgang und der Primärwicklung des Übertragers dargestellt. Fließt durch die Primärwicklung des Übertragers ein Gleichstrom, entsteht auch ein Gleichfeld, das die Aussteuerfähigkeit des Übertragers begrenzt und bei tiefen Frequenzen zusätzliche Verzerrungen hervorruft. Geringe Offset-Gleichspannungen an Verstärkerausgängen

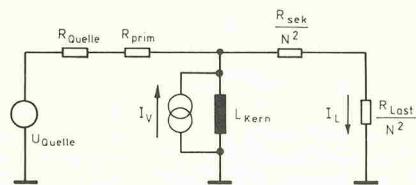


Bild 11. Das Ersatzschaltbild zeigt den Einfluß des Verzerrungsstromes I_v , der durch die nichtlineare Magnetisierungskennlinie des Kernmaterials hervorgerufen wird. N entspricht dem Windungszahlverhältnis. Der Strom I_v erzeugt an R_{Quelle} und R_{prim} sogar dann verzerrende Spannungen, wenn der Lastwiderstand R_L unendlich hoch ist.

gen können deshalb Probleme bereiten, da der ohmsche Widerstand der Wicklungen gering ist.

In Bild 10 wird gezeigt, wie mit einer Kombination von Ausgangs- und Eingangsübertrager ein schwieriges Anpassungsproblem gemeistert werden kann. In diesem Beispiel soll der Ausgang eines transportablen Mischpults mit einem anderen System verbunden werden, das 300 m entfernt ist. Die Netztromversorgungen beider Systeme liegen an unterschiedlichen Phasen mit einem Gleichaktstörsignal gegenüber Erde von etwa 10 V. In

durch eine statische Abschirmung getrennt, um die Isolation zwischen den Wicklungen zu erhöhen. Hierbei muß streng darauf geachtet werden, daß die zur entsprechenden Wicklung gehörende Abschirmung auch an der entsprechenden Wicklungsseite geerdet wird. Spezielle Abwärtsübertrager, die im englischen Sprachgebrauch als 'direct-box'-Übertrager bezeichnet werden, dienen zur Ankopplung von Musikinstrumenten und anderen Signalquellen mit hohem Pegel an Mikrofoneingänge. Die typischen Übertragungsverhältnisse

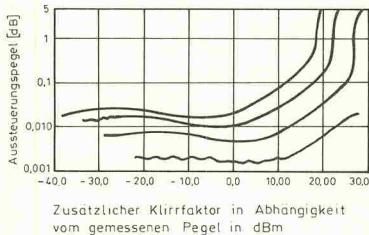
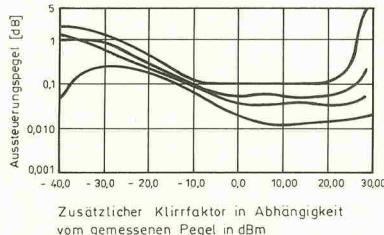


Bild 12. Die gemessenen Gesamtverzerrungen eines Ausgangsübertragers mit (siliziumhaltigem) M6-Dynamoblech. Die Parameter der Kurven sind von oben nach unten 20 Hz, 30 Hz, 50 Hz und 100 Hz; $R_Q = 50 \Omega$, $R_L = 600 \Omega$.

sind 10:1 bei einer Spannungsminde rung von 20 dB. Man erreicht mit diesen Übertragnern nicht nur eine korrekte Impedanzanpassung, sondern auch eine entsprechende Dämpfung der Signalpegel, um die Mikrofoneingänge nicht zu übersteuern. Lange Leitungen haben immer negative Einflüsse auf das hochfrequente Verhalten der Übertragungsstrecke, wenn sie an der Primärseite eines derartigen Übertragers — also an der Seite mit der hohen Impedanz — angeschlossen werden.

Leitungs-Anpaßübertrager werden verwendet, um räumlich weit auseinander stehende Lautsprecher mit einer konstanten Spannung aus einem zentral angebrachten Leistungsverstärker anzusteuern. Bei ELA-Anlagen beträgt die Nennspannung generell 100 V. Durch diese Methode werden die Leistungsquerschnitte und die Leistungsverluste minimiert. Dieses

Verfahren ähnelt dem der elektrischen Energieübertragung. Leitungs-Anpaßübertrager weisen auf der Primärseite häufig Anzapfungen auf, da unterschiedliche Lautsprecher zumeist auch unterschiedliche Wirkungsgrade aufweisen. Die wichtigsten Parameter von Übertragnern dieser Kategorie sind die übertragbare Leistung und der Frequenzbereich.

Übertrager bieten dem Entwickler von Audio-Anlagen die Vorteile der Isolation unterschiedlicher Signalquellen und eine ausgezeichnete Gleichtaktunterdrückung. Sie weisen nicht die Beschränkungen der Gleichtaktunterdrückung transformatorloser Schaltungen auf und sind häufig die einzige mögliche Lösung bei speziellen Anpassungsproblemen, bei hohen Störspannungen oder wenn eine möglichst große Entkopplung erreicht werden muß. Der prinzipielle Nachteil der Übertrager sind die relativ hohen Kosten, ihre Abmessungen und ihr Gewicht. Die Begrenzung des übertragbaren Frequenzbereiches und die Verzerrungen bei niedrigen Frequenzen seien hier der Vollständigkeit halber nochmals erwähnt. In

materials hervorgerufen. In einer Modellvorstellung kann man diesen Umstand so veranschaulichen, als hätte man eine die Verzerrungen erzeugende Stromquelle der Wicklungsinduktivität parallel geschaltet, wie es in Bild 11 dargestellt ist. In Wirklichkeit ist die Induktivität nichtlinear. Zur Anschauung ist es aber einfacher, eine Unterteilung in lineare und nichtlineare Effekte vorzunehmen. Die Verzerrungsströme teilen sich auf die Eingangs- und Ausgangsseite auf und erzeugen Verzerrungsspannungen an den unterschiedlichen Quell-, Last- und Windungsimpedanzen. Man beachte, daß die Verringerung der Quellimpedanz auch eine Verringerung der Verzerrungen bewirkt.

Die richtige Auswahl des Kernmaterials hat einen enormen Einfluß auf die tieffrequenten Verzerrungen. Die Bilder 12 und 13 zeigen die Abhängigkeit der Verzerrungen eines Ausgangsübertragers vom Kernmaterial bei unterschiedlichen Übertragungsleistungen und Übertragungsfrequenzen. Das übliche siliziumhaltige Dynamoblech (M 6) kann hohe Ausgangspegel verarbeiten, bevor es in die Sättigung fährt, erzeugt aber extreme Verzerrungen bei sehr geringen Signalpegeln. Eine Legierung mit 80% Nickelgehalt geht zwar etwa 8 dB früher in die Sättigung als siliziumhaltiges Dynamoblech, zeigt aber nur sehr geringfügige Verzerrungen bei kleinen Signalpegeln. Die in allen Fällen dominierende Verzerrungsart ist die 3. Harmonische der jeweiligen Signalfrequenz. Andere Materialien, wie beispielsweise Legierungen mit 40% Nickelanteil, kobaltlegierte Materialien und Ferrite weisen unterschiedliche Charakteristiken auf, finden aber in Nf-Anwendungen nur sehr begrenzte Einsatzbereiche.

Übertrager oder Halbleiter?

Über viele Jahre hinweg wurden in der Nf-Technik zur Symmetrierung von Ein- und Ausgängen ausschließlich Übertrager eingesetzt. Der Übertrager bietet den Vorteil, daß das Ausgangssignal eines Geräts zum Eingang eines anderen Geräts völlig erdfrei übertragen werden kann und so das Risiko von Brummschleifen wesentlich reduziert wird. Das gilt speziell für den Bereich der Studiotechnik, in dem Übertrager als Standard angesehen werden.

Wo Licht ist, ist aber auch Schatten. So weisen die Übertrager auch

diesem Fall ist es nahezu unmöglich, eine funktionsfähige Problemlösung ohne den Einsatz von Übertragnern zu finden.

Andere Nf-Übertrager

Mikrofon-Brückenübertrager werden verwendet, um ein Mikrofon gleichzeitig auf verschiedene Eingänge zu schalten. Diese Übertrager weisen Übertragungsverhältnisse von 1:1, 1:1:1 oder 1:1:1:1 auf. Jede Wicklung ist von der anderen

einer Nf-Anlage kommt es allerdings eher auf die Unterdrückung von Brummen und Rauschen durch eine hohe Gleichtaktunterdrückung an als auf eine übertragbare Bandbreite bis 50 kHz oder 1% Klirrfaktor bei 20 Hz.

Übertrager-Verzerrungen

Die von Übertragnern hervorgerufenen Verzerrungen werden durch die nichtlineare magnetische Kennlinie (Hysterese) des magnetischen Kern-

eine Anzahl Nachteile auf. Will man ihre Abmessungen nicht zu groß halten, dürfen die zu übertragenen Spannungen nicht zu gering sein, da sonst insbesondere bei tiefen Frequenzen relativ starke Verzerrungen auftreten. Werden die Übertrager nicht sehr sorgfältig hergestellt, können auch unerwünschte Phasenverschiebungen vorkommen. Hochwertige Übertrager sind außerdem teuer — die

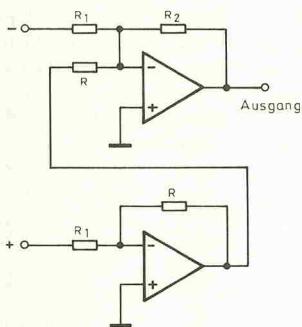


Bild 14. Realisierung eines symmetrischen Eingangs mit Operationsverstärkern.

Preise liegen in der Größenordnung 100,— bis 200,— DM pro Übertrager.

Sowohl zur Anpassung symmetrischer Ein- bzw. Ausgänge auf unsymmetrische Anschlüsse sowie zur Anpassung unsymmetrischer Ein- bzw. Ausgänge auf symmetrische sind Übertrager in sehr großen Stückzahlen im Einsatz. Sie werden jedoch nach und nach durch Halbleiterschaltungen ersetzt. Das gilt sowohl für Eingangs- wie auch für Ausgangsstufen.

Aktive symmetrische Eingangsschaltungen

Eine Möglichkeit, eine symmetrische Eingangsschaltung in Halbleitertechnik zu realisieren, zeigt Bild 14. Der positive Eingang wird gepuffert und über einen Operationsverstärker invertiert. Dessen Ausgangssignal gelangt an einen zweiten invertierenden OpAmp, der das Signal zu dem vom negativen Eingang kommenden Signal addiert. Da die Gleichtaktsignale am positiven und negativen Eingang mit gleicher Spannung und gleicher Phasenlage auftreten, werden sie durch die Differenzbildung der Eingangsschaltung unterdrückt. Beide Eingänge weisen die gleiche Impedanz auf und lassen

sich wegen der hochohmigen Eingangswiderstände sehr leicht gegen Überlastung schützen. Durch die Toleranzen der Widerstände beträgt die Gleichtaktunterdrückung ohne weiteren Abgleich allerdings nur 50 dB. Bei sehr sorgfältigem Abgleich lässt sich mit dieser Schaltung etwa 80 dB Gleichtaktunterdrückung erreichen. Durch die Alterung der Bauelemente nimmt die Gleichtaktunterdrückung allerdings mit der Zeit ab.

Die einfachste und preiswerteste aktive Eingangsschaltung wird durch den Einsatz eines Differenzverstärkers realisiert. Jeder gewöhnliche Operationsverstärker weist einen Differenzeingang auf und lässt sich dadurch unmittelbar an eine symmetrische Leitung anschließen, wie es in Bild 15 dargestellt ist. Um die bestmögliche Gleichtaktunterdrückung zu erreichen, müssen die vier Widerstände den gleichen Wert aufweisen. Deshalb ist es üblich, für R3 eine Kombination aus Festwiderstand und Trimmopoti vorzusehen, damit sich die Gleichtaktunterdrückung für die tiefen Frequenzen optimieren lässt. Die beiden Kondensatoren müssen ebenfalls den gleichen Wert aufweisen. Zur Optimierung der Gleichtaktunterdrückung bei hohen Frequenzen wird C2 häufig als Trimmer ausgeführt, evtl. mit einem parallelgeschalteten Festkondensator, dessen Wert geringer als der von C1 sein muss. Bei sehr sorgfältigem Abgleich erreicht man eine Gleichtaktunterdrückung von bis zu 90 dB über den gesamten Niederfrequenzbereich. Diese Schaltung kann durchaus ausgezeichnete Resultate erbringen, weist jedoch

einige Nachteile auf, die ihren Einsatz in der professionellen Technik verbieten.

Die beiden Eingänge bieten nämlich unterschiedliche Eingangsimpedanzen, da R2 über dem Minuseingang des Operationsverstärkers virtuell an Masse liegt, R1 hingegen durch die Parallelschaltung von R3 und der Eingangsimpedanz des Operationsverstärkers belastet wird. Ungleiche Eingangsimpedanzen müssen aber nicht unbedingt von ausschlaggebender Bedeutung sein. Das Resultat hängt davon ab, mit welcher symmetrischen Ausgangsschaltung diese Eingänge verbunden sind.

Viel wichtiger ist der tatsächliche Wert der Eingangsimpedanz. Im Normalfall betragen die Eingangsimpedanzen für Leistungssignal 10 kΩ oder auch etwas mehr, damit der Signalpegel nicht durch Belastungseffekte reduziert wird. Manchmal ist es auch wünschenswert, Eingangsimpedanzen von 50 kΩ oder mehr zur Verfügung zu haben. Wird der Wert der Widerstände wesentlich erhöht, um eine hohe Eingangsimpedanz von beispielsweise 33 kΩ zu erzielen, muss man bereits das thermische Rauschen mit in Betracht ziehen. Unter Zugrundelegung einer Bandbreite von 20 kHz, 33-kΩ-Widerständen und einer Umgebungstemperatur von 25 °C beträgt die Rauschspannung -107,4 dBm, was nicht gerade als gut angesehen werden kann. Reduziert man die Werte der Widerstände um den Faktor 10, erhält man bereits eine Reduzierung der Rauschspannung um 10 dB — eine stattliche Verbesserung.

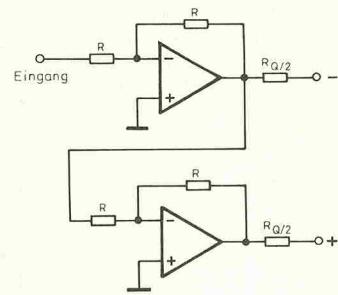


Bild 17. Einfache Ausgangsstufe mit symmetrischem Ausgang.

Erweitert man die einfache Schaltung des Differenzverstärkers mit einem Paar Pufferverstärker, erhält man einen Differenzverstärker mit den Qualitäten eines Instrumentenverstärkers (Bild 16). Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die beiden Kondensatoren C1 und C2 weggelassen. Die Eingangsimpedanz ist wesentlich höher, und die Einflüsse der Quellimpedanzänderungen sind hier von untergeordneter Bedeutung. Zwar wird durch die beiden Pufferstufen zusätzliches Rauschen erzeugt, durch die Verkleinerung der Widerstandswerte ist jedoch eine Verbesserung des Eigenrauschen des Gesamtschaltung erreichbar.

Fügt man in die Zuleitung zu den Eingangsstufen zusätzliche Widerstände ein, arbeiten beide Eingangsstufen als Verstärker, wobei sich das Eigenrauschen der Schaltung nicht wesentlich erhöht. Durch die zusätzliche Verstärkung wird auch die Gleichtaktunterdrückung um den Wert der zusätzlichen Verstärkung verbessert. Die Verstärkung darf allerdings nicht zu hoch getrieben werden; sie wird durch die Höhe der Leistungssignal und den Clippingeinsatz der Operationsverstärker begrenzt.

Aktive symmetrische Ausgangsschaltungen

Ältere Geräte mit aktiven symmetrischen Ausgangsstufen verwenden im allgemeinen die in Bild 17 dargestellte Anordnung. Das Ausgangssignal wird über eine invertierende Pufferstufe dem Minus-Ausgang zugeführt, durchläuft aber gleichzeitig eine zweite Inverterstufe, die das zweite gegenphasige Signal erzeugt. Zwischen den Ausgängen der Operationsverstärker und dem eigentlichen Ausgang sind zwei Widerstände angeordnet, die

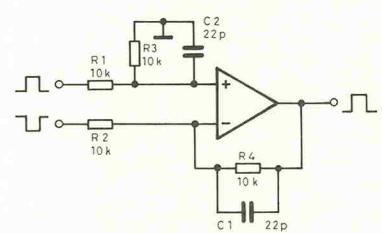


Bild 15. Symmetrische Eingangsschaltung mit einem einzigen Operationsverstärker.

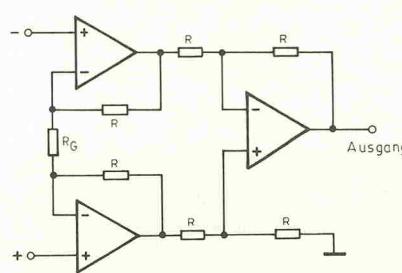
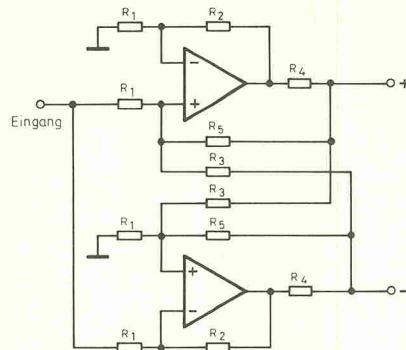


Bild 16. Diese Eingangsschaltung entspricht in Aufbau und Qualität einem Instrumentenverstärker.

Bild 18. Eine elektronisch symmetrierte Ausgangsstufe mit massefreiem Ausgang.



jeweils der Hälfte der gewünschten Quellimpedanz entsprechen. Da der Lastwiderstand zwischen den Ausgängen zweier Operationsverstärker liegt, beträgt die maximale Ausgangsspannung ungefähr 20 V, sie ist also doppelt so hoch wie an einem unsymmetrischen Ausgang. Diese Schaltung arbeitet recht ordentlich, solange die Belastung einigermaßen symmetrisch ist. Aller-

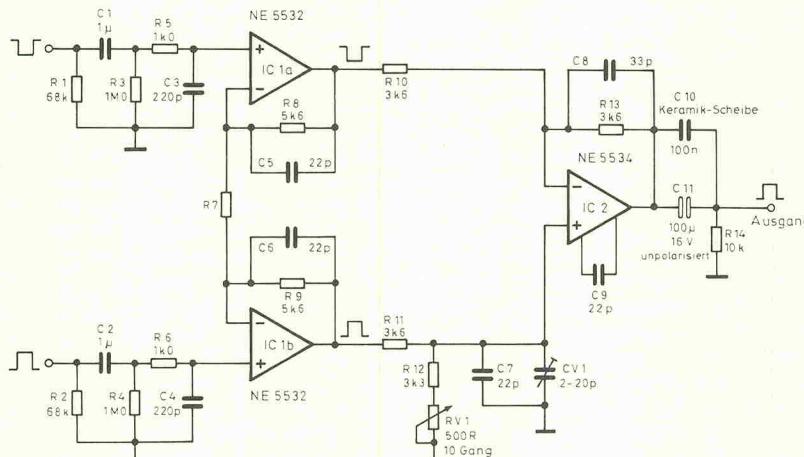
Masse oder über die Leiterbahnen der Printplatine auf. Geräte mit diesen Ausgangsschaltungen weisen häufig weitere Ausgangsbuchsen auf, die nur mit einem der beiden Verstärker zum Treiben unsymmetrischer Ausgänge verbunden sind.

Das zweite Problem besteht darin, daß das Ausgangssignal nicht massefrei ist. Falls irgendeine Span-

gangssignal des anderen Verstärkers ab. Durch entsprechende Bemessung der Widerstände können diese Stufen auch eine zusätzliche Verstärkung oder Abschwächung bewirken. Genauso läßt sich durch entsprechende Bemessung der Widerstandswerte die Ausgangsimpedanz einstellen. Allerdings wird ein gewisser Widerstand vom Ausgang nach Masse benötigt, um zu verhindern, daß die Ausgangsspannung auf eine der beiden Betriebsspannungen hochläuft, wenn ein massefreier Eingang angeschlossen ist.

Durch die zusätzlichen Widerstände zwischen den Ausgängen und Masse bleibt die Ausgangsimpedanz vom Ausgang nach Masse bei jeglicher Wechselspannungskopplung der Ausgänge endlich. Dadurch wird zwar die Einkopplung von Stör- und Rauschspannungen durch Erdschleifen reduziert, aber nicht vollständig eliminiert. Ist diese Schaltung nicht sehr sorgfältig

Bild 19. Vorverstärker mit symmetrischem Eingang und mit Eingangspufferstufen zwecks Reduzierung der Werte der erforderlichen Gegenkopplungswiderstände, um ein niedrigeres thermisches Rauschen zu erreichen.



dings weist diese einfache Ausgangsstufe zwei gravierende Nachteile auf.

Das erste Problem taucht auf, wenn man mit dieser Schaltung unsymmetrische Lasten treiben will oder wenn einer der beiden Ausgänge unabsichtlich an Masse gelegt wurde. Liegt der negative Ausgang durch eine unsymmetrische Belastung an Masse, besteht die Gefahr, daß der erste Operationsverstärker durch Überlastung bei höherer Aussteuerung das Ausgangssignal verzerrt. Dadurch erscheint natürlich auch ein verzerrtes Signal am Ausgang des anderen Operationsverstärkers. Auch wenn die unsymmetrische Belastung am Ausgang des zweiten Operationsverstärkers liegt, treten Verzerrungen im Ausgangssignal durch die Verkopplung über die gemeinsame

Netzleitungsbrunnen) zwischen der ausgangsseitigen Masse und der Masse des eingespeisten Geräts besteht, wird dieses Störsignal zum Nutzsignal addiert. Die einzige Möglichkeit zur Unterdrückung der Störsignale ist dann durch eine möglichst hohe Gleichtaktunterdrückung der Eingangsstufe des gespeisten Geräts gegeben.

Einige Hersteller bieten auch Geräte mit elektronisch symmetrierten Ausgängen an, die auch massefrei sind. Die Grundlage einer derartigen Ausgangsschaltung zeigt Bild 18. Die Schaltung besteht aus zwei Operationsverstärkern, die kreuzartig mit- und gegengekoppelt sind. Das Ausgangssignal eines jeden Verstärkers hängt sowohl vom Eingangssignal als auch vom Aus-

Hälfte. Beträgt die Durchgangsverstärkung der Ausgangsstufe nur 1, tritt zwar keine Begrenzung auf, aber die Ausgangsspannung ist nur noch halb so hoch. Abgesehen von diesem geringfügigen Problem arbeitet diese Schaltung sehr gut und bietet gegenüber einem Übertrager eine wesentlich höhere Bandbreite bei erheblich geringeren Kosten.

Praktische Anwendungen

Eine praktisch ausgeführte Eingangsstufe, die nach dem in Bild 16 beschriebenen Prinzip arbeitet, zeigt Bild 19. In dieser Schaltung ist die Eingangsimpedanz auf fast jeden gewünschten Wert einstellbar, und vor allem ist die Eingangsimpedanz beider Eingänge gleich. Durch diese Konfiguration können auch die Widerstandswerte klein gehalten werden, so daß das thermische Rauschen gering bleibt. Ein weiterer Vorteil dieser Schaltung besteht darin, daß die Durchgangsverstärkung der gesamten Stufe durch Änderung eines einzigen Widerstands — nämlich R7 — variiert werden kann. Die Verstärkung in dB errechnet sich zu

$$20 \cdot \log (((R8 + R9)/R7) + 1).$$

Durch Umstellen dieser Gleichung nach R7 läßt sich für eine vorgegebene gewünschte Verstärkung der Wert von R7 berechnen. Diese Eingangsstufe ist ideal für Leitungseingänge und eignet sich für den Verstärkungsbereich 0...30 dB. Das Eigenrauschen und die Verzerrungen sind sehr gering (typischer Klirrfaktor im gesamten Nf-Bereich: 0,002%). Weiterhin bietet diese Schaltung eine ausgezeichnete Gleichtaktunterdrückung (Bild 20). Durch Abgleich von RV1 und CV1 läßt sich die Gleichtaktunterdrückung optimieren. Der Abgleich geschieht bei zwei Frequenzen: Bei einem 100-Hz-Eingangssignal verstellt man RV1, bis die Ausgangsspannung der Schaltung ein Minimum erreicht. Mit einem 15-kHz-Eingangssignal wird mit CV1 auf minimale Ausgangsspannung abgeglichen.

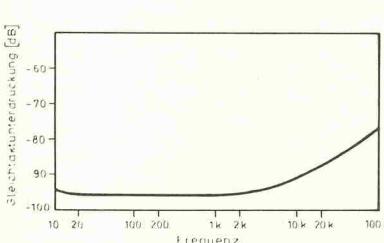


Bild 20. Gleichtaktunterdrückung des Vorverstärkers aus Bild 19.

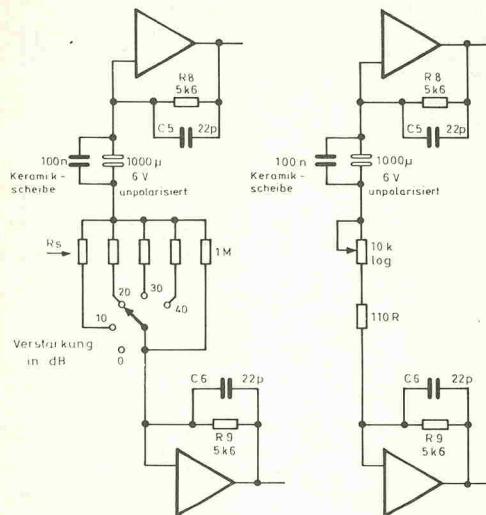


Bild 21. Modifizierung der Schaltung nach Bild 19:
(a) umschaltbare Verstärkung,
(b) stufenlos einstellbare Verstärkung.

Die Stufe arbeitet sehr gut als symmetrische Eingangsstufe für Vor- und Leistungsverstärker, Mischpul- te usw. Sie eignet sich weiterhin als universelle Eingangsstufe für hoch-qualitative Test- und Prüfgeräte. So findet man sie in NF-Voltmetern, Verzerrungs- und Klirrfaktormeßgeräten und vielen anderen Ge- räten, da diese Eingangsstufe eine sehr stabile und eindeutig definierte Verstärkung und eine hohe Band- breite mit flachem Frequenzgang aufweist. Mit den in Bild 19 ange- gebenen Bauteilewerten liegen die -3-dB-Punkte des Frequenzgangs bei ungefähr 0,5 Hz bzw. 150 kHz. Der Phasenfehler ist bei 20 Hz klei- ner als 2° und erreicht bei 20 kHz etwa 7° .

Mit einigen Schaltungsänderungen lässt sich diese Eingangsschaltung auf jede gewünschte Anwendung optimieren. Ersetzt man C1 und C2 durch nichtpolarisierte Elkos mit einer Kapazität von $10\dots22\mu F$ (parallel zu diesen Elkos jeweils ei- ne 100-nF-Keramikscheibe), lässt sich das Eigenrauschen reduzieren. Auch gewinnt man bei tiefen Fre- quenzen einige dB mehr an Gleichtaktunterdrückung. Außerdem wird der Phasenfehler bei 20 Hz noch weiter reduziert. Soll die Stufe als Vorverstärker in Prüfgeräten eingesetzt werden, sollten C3 und C4 auf 47 pF verringert werden, um den Frequenzgang bis 100 kHz flach zu halten.

Zur Verstärkungsvariation eignet sich ein Umschalter mit mehreren

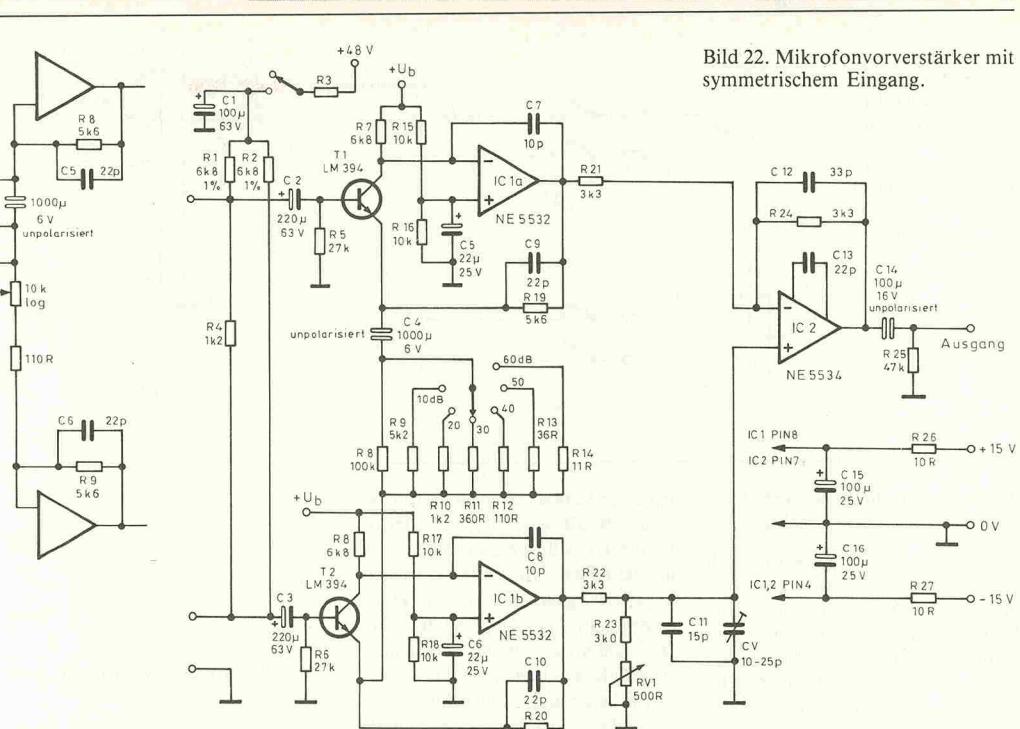


Bild 22. Mikrofonvorverstärker mit symmetrischem Eingang.

Festwiderständen bzw. eine Rei- henschaltung aus Festwiderstand und Potentiometer (Bild 21). Durch die Wechselspannungskopplung im Eingang werden Schalt- knacken oder störende Kratzgeräu- sche von Potentiometerschleifern vermieden, die unweigerlich auftre- ten, wenn Gleichspannungsreste auf den Eingangsleitungen stehen sollten.

Viel mehr gibt es zu symmetrischen aktiven Eingangsschaltungen für Leitungspegel nicht zu sagen. Um einiges problematischer gestaltet

sich allerdings die Realisierung ei- ner Aktiv-Schaltung, die Eingangs- signale im Milli- oder Mikrovolt- Bereich verarbeiten soll. Für einen hochwertigen Mikrofonverstärker kann man die Schaltung aus Bild 19 mit einigen Änderungen übernehmen.

Das größte Problem bei Mikrofon- verstärkern ist das Eigenrauschen, das bei dieser Vorstufe so gering wie möglich zu halten ist. Das ther- mische Rauschen eines 200Ω -Wi- derstands liegt bei $-129,6\text{ dBm}$, so daß ein perfekter rauschfreier Mi-

krofonverstärker bei einer Stufen- verstärkung von 60 dB und einer Eingangsimpedanz von 200Ω eine Ausgangsspannung von $-69,6\text{ dBm}$ bei 20 kHz Bandbreite liefern wür- de. Bringt ein realer Verstärker nun eine Ausgangsspannung von -67 dBm , kann man sagen, daß seine Rauschzahl 2,6 dB beträgt.

Einige Hersteller geben Rauschzah- len von 1 dB an, aber 1,5 dB ist si- cher realistischer. Die in Bild 22 dargestellte Schaltung erreicht diese niedrigen Rauschzahlen, allerdings muß man einige Sorgfalt bei der

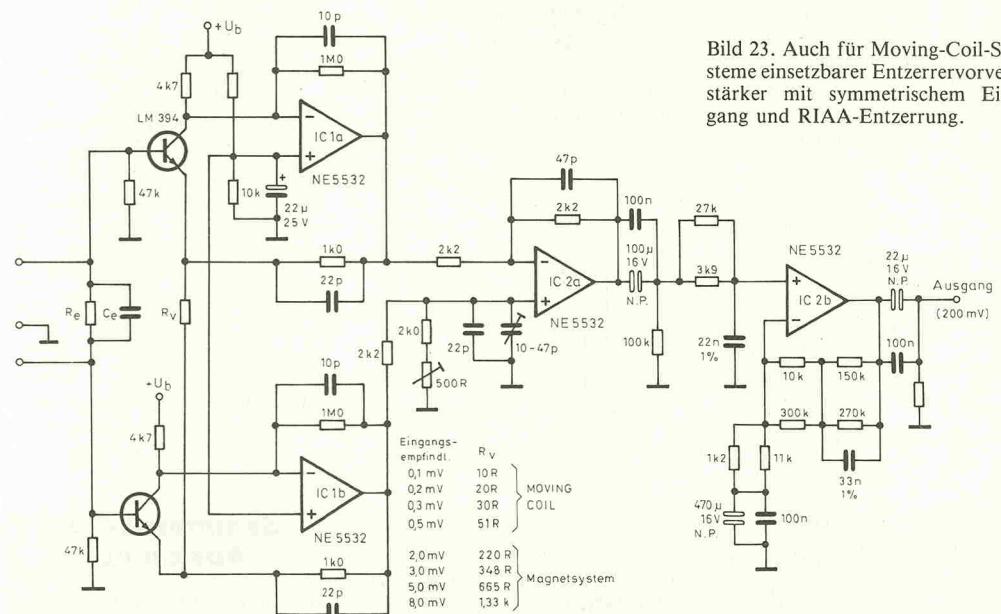
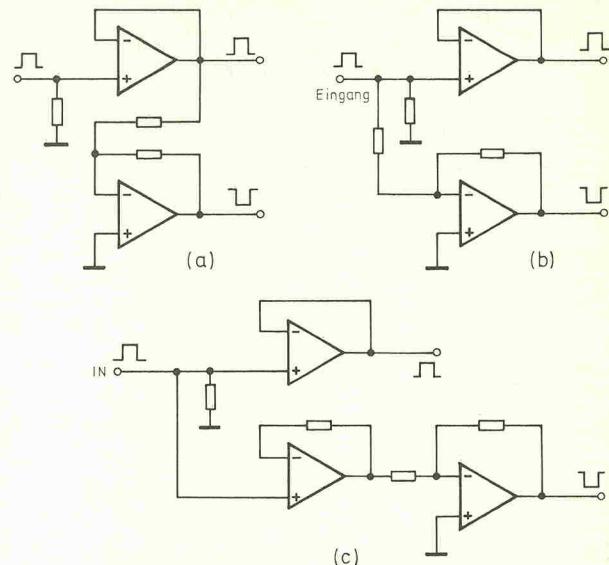
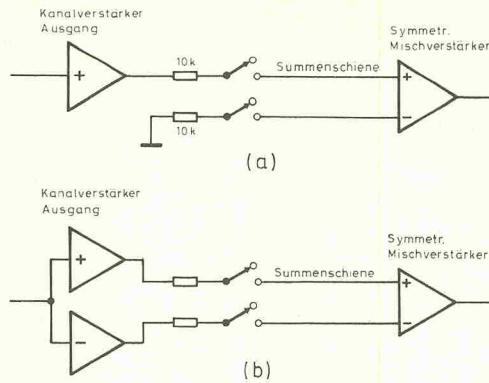


Bild 23. Auch für Moving-Coil-Sy- steme einsetzbarer Entzerrervorver- stärker mit symmetrischem Ein- gang und RIAA-Entzerrung.

Bild 24. Anordnungen von symmetrischen Mischern mit (a) unsymmetrischen, (b) symmetrischen Kanal-Verstärker- ausgängen.



Auswahl der Bauteile und beim Aufbau dieser Stufe beachten.

Die Eingangsimpedanz wird durch Widerstand R4 fest auf $1,2\text{ k}\Omega$ eingestellt. Das ist der heute übliche Wert bei Mikrofonen mit $200\text{ }\Omega$ Impedanz. Falls ein Mikrofonhersteller einen anderen Wert für die Eingangsimpedanz des Vorverstärkers vorschreibt, lässt sich dieser natürlich auch ändern. Über R1 und R2 wird eine Spannung in Höhe von 48 V für die Phantomspeisung von Kondensatormikrofonen eingespeist. Diese beiden Widerstände sind sehr kritisch. Ihre Toleranz darf maximal 1% betragen. Soll diese Schaltung nur für dynamische Mikrofone eingesetzt werden, sind R1...3 und C1 überflüssig. Auch C2 und C3 können entfallen. Man erreicht dadurch einen etwas besseren Signal-Rausch-Abstand und eine Verbesserung der Tonqualität, weil die Verluste der Elektrolytkondensatoren im Eingangssignalpfad entfallen.

Da die Gleichtaktunterdrückung von einem Schaltungsteil bestimmt wird, der der verstärkungsbestimmenden Stufe folgt, ändert sich die Unterdrückung mit der Verstärkung. Es ist leicht einzusehen, daß

bei einer Verstärkung von beispielsweise 10 dB eine bessere Gleichtaktunterdrückung zu erreichen ist als bei 60 dB. Darum bietet es sich an, den Abgleich der Gleichtaktunterdrückung bei 30...40 dB Verstärkung vorzunehmen. Mit einem sorgfältig ausgelegten Platinenlayout arbeitet diese Schaltung ebenfalls sehr zufriedenstellend und teilweise erheblich besser als heute auf dem Markt erhältliche professionelle Mikrofonverstärker.

Symmetrischer Entzerrer- vorverstärker

Die Schaltung eines Entzerrervorverstärkers für magnetische Tonabnehmersysteme, auch für Moving-Coil-Systeme, ist in Bild 23 wiedergegeben. Die Komponenten wurden allerdings für die RIAA-Entzerrungskurve dimensioniert, die jedoch der DIN-Entzerrungskurve ähnlich ist.

Symmetrische Mischer

Die Summenschienen von Mischverstärkern sind besonders empfindlich gegen Brummen und Rau-

Bild 26. Typische Anordnungen symmetrischer Ausgangsstufen.

chen. Dieses Problem lässt sich jedoch ebenfalls durch eine symmetrische Anordnung reduzieren. Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Konfigurationen möglich: Eingangsverstärker mit entweder symmetrischem oder unsymmetrischem Ausgang (Bild 24). In beiden Fällen gelangt das Signal an einen Differenzverstärkereingang; jegliche Störspannung erscheint an den Eingängen des Mischverstärkers mit gleicher Phasenlage und mit gleicher Spannung und wird durch die Eigenschaften des Differenzverstärkers auf die bekannte Weise unterdrückt.

Bild 25 zeigt einen derartigen Eingangsverstärker. Hier wird der Eingangsteil der Schaltung nach Bild 19 verwendet, mit dem Unterschied jedoch, daß die Eingangssignale in die invertierenden Eingänge der Operationsverstärker eingespeist werden. Die Verwendung von $3,3\text{-k}\Omega$ -Widerständen für die Gegenkopplung und für die Mischeingänge hält das Rauschen niedrig und verbessert die Linearität, weil die Eingangskondensatoren innerhalb der Gegenkopplungsschleife liegen. Mit dieser Schaltung werden Gleichtaktsignale um immerhin 60...80 dB unterdrückt.

Symmetrische Ausgänge

Mikrofone und Tonabnehmersysteme sind systembedingt zumeist

symmetrisch gestaltet, Verstärker hingegen nicht. Die einfachste Problemlösung besteht darin, einen Übertrager an den Ausgang eines unsymmetrischen Verstärkers zu klemmen. Aber mit einer Handvoll Transistoren oder IC-Chips kann man eine Symmetrierung auf elegantere Art und Weise erreichen.

Falls der symmetrische Ausgang lediglich aus zwei gegenphasigen Ausgängen bestehen soll, gibt es mehrere Möglichkeiten der Realisierung (Bild 26). Sie alle haben aber ein Manko: Wenn einer der Ausgänge nach Masse kurzgeschlossen wird, bricht die Ausgangsspannung auf die Hälfte zusammen, weil der zur Verfügung stehende Ausgangsspannungshub halbiert wird.

Da grundsätzlich jede Verbindung zwischen zwei Audiogeräten symmetriert werden kann, bleibt abschließend zu klären, in welchen Bereichen der Einsatz symmetrischer Ein- bzw. Ausgänge sinnvoll ist. Für Mikrofone sollte man grundsätzlich symmetrische Eingänge verwenden. Genauso wichtig ist es, die Eingangsverstärker für Tonabnehmersysteme und Leseköpfe von Tonbandgeräten oder Kassettenrekordern zu symmetrieren. Die Verbindungen zwischen Vor- und Leistungsverstärkern werden durch die Symmetrierung weniger störanfällig, insbesondere dann, wenn die Gefahr von Brummschleifen besteht.

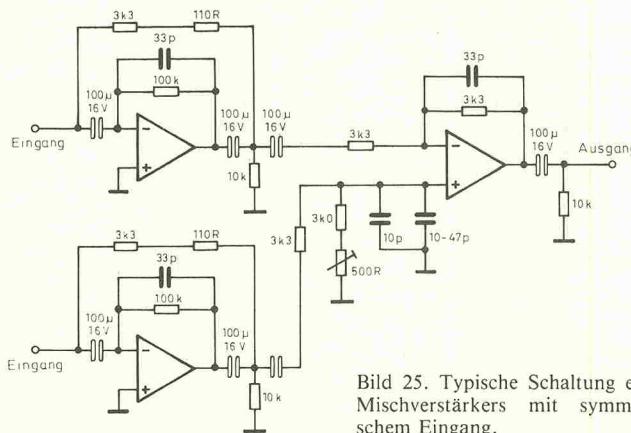


Bild 25. Typische Schaltung eines Mischverstärkers mit symmetrischem Eingang.

Kombi-OpAmp LM 10

Grundlagen und Anwendungen

Operationsverstärker gibt es buchstäblich wie Sand am Meer, und häufig sind ihre Eigenschaften sehr ähnlich. Bei speziellen Anwendungen kann man aber auf entsprechend zugeschnittene OpAmps zugreifen. Manchmal werden auch Operationsverstärker benötigt, die mit nur einer Betriebsspannung zufrieden sind, sich 'vernünftig' verhalten und sich auch weit genug ausspielen lassen.

Ein Nachfolger des LM 741 ist der LM 10, der gegenüber seinem Vorgänger wesentlich verbesserte und erweiterte Eigenschaften aufweist. Im Inneren des LM 10 sind ein Operationsverstärker, eine Präzisionsspannungsquelle mit 200 mV Ausgangsspannung und ein Puffer mit einstellbarer Verstärkung enthalten. Das alles ist in einem TO5-Gehäuse mit 8 Anschlüsse untergebracht. Der Betriebsspannungsbereich reicht von 1,1 V bis 45 V. Der Ruhestrom beträgt in allen Fällen nur etwa 270 μ A. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers erreicht bis auf wenige Millivolt die Betriebsspannung, der maximale Ausgangsstrom beträgt 20 mA.

Der LM 10 lässt sich sowohl in Standard- als auch in speziellen Anwendungen einsetzen. Er ist jedoch besonders geeignet für Anwendungen, bei denen entweder eine geringe oder nur eine einzige Versorgungsspannung zur Verfügung steht oder wenn es um eine möglichst geringe Leistungsaufnahme geht. Durch die eingebaute Referenzspannungsquelle eignet er sich zudem hervorragend als Regelverstärker in Stabilisierungsschaltungen.

LM 10-Grundlagen

Bild 1 zeigt das Blockschaltbild und die Anschlussbelegung des LM 10. Wie man sieht, enthält das IC den Operationsverstärker, die Referenzspannungsquelle und den Pufferverstärker. Zu bemerken ist, dass ein Anschluss des Pufferverstärkers fest mit der Referenzspannungsquelle verbunden ist. Das Blockschaltbild des LM 10 ist in Bild 2 dargestellt.

Der Operationsverstärker des LM 10 weist eine PNP-Differenz-

verstärker-Eingangsstufe auf, die Eingangsspannungen bis herunter zu null Volt verarbeiten kann. Die Komplementär-Klasse-B-Ausgangsstufe liefert Spannungen, die bei 50 μ A Laststrom bis auf etwa 50 mV oder bei 20 mA Laststrom immerhin bis auf etwa 400 mV an die Betriebsspannung heranreichen können. Der Eingang des Operationsverstärkers ist über interne Strombegrenzungswiderstände gegen Überspannungen geschützt, der Ausgang ist gegen thermische Überlastung und Kurzschluss geschützt. Der Operationsverstärker

lässt sich sowohl mit symmetrischen Betriebsspannungen als auch mit nur einer Betriebsspannung betreiben und kann wie jeder 'normale' Operationsverstärker verwendet werden.

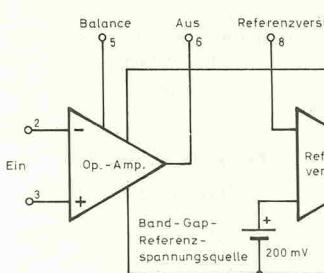


Bild 2. Blockschaltbild des LM 10.

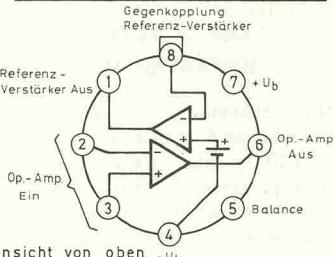


Bild 1. Gehäuse und Anschlussbelegung des LM 10.

Bei der Referenzspannungsquelle des LM 10 handelt es sich um einen Band-Gap-Typ, deren Abweichung von der Nennspannung kleiner als 5% ist. Der Temperaturkoeffizient ist kleiner als 0,003%/ $^{\circ}$ C. Die Referenzspannung ist nur über den Ausgang des Pufferverstärkers zugänglich, dessen Verstärkungsfaktor über geeignete Gegenkopplungswiderstände zwischen eins und einigen tausend einstellbar ist. Auf diese Weise lassen sich Referenzspannungen im Bereich zwischen 200 mV und 40 V 'erzeugen'.

Innerhalb der LM 10-Familie gibt es fünf verschiedene Typen, deren Arbeitstemperaturbereich durch verschiedene Kennbuchstaben angegeben wird (LM 10, LM 10 B oder LM 10 C). Die maximal zulässige Betriebsspannung beträgt entweder 7 V (Kennzeichnung L) oder 45 V. Der LM 10 C weist geringfügig schlechtere Eigenschaften als die kommerzielle Version des 45-V-Typs auf, ist jedoch für die hier beschriebenen Anwendungen bestens geeignet. Die Tabelle in Bild 3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Daten der LM 10-Familie.

In den Bildern 4...8 werden einige Methoden der Betriebsstromversorgung für den LM 10 aufgezeigt. In

| Parameter | LM 10 | LM 10 B | LM 10 C | LM 10 BL | LM 10 CL | Einheiten |
|---|------------|-----------|---------|-----------|----------|-----------------|
| Betriebstemperaturbereich | -55...+135 | -25...+85 | 0...+70 | -25...+85 | 0...+70 | °C |
| Max. Betriebsspannung | 45 | 45 | 45 | 7 | 7 | V |
| Gesamt-Ruhestrom (typisch) | 270 | 270 | 300 | 260 | 280 | μ A |
| Typische OpAmp-Eigenschaften bei 25 °C | | | | | | |
| Eingangs-Offsetspannung | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | mV |
| Eingangs-Offsetstrom | 0,25 | 0,35 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | nA |
| Eingangstrom | 10 | 10 | 12 | 10 | 10 | nA |
| Gleichtaktunterdrückung | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | dB |
| Unterdrückung der Betriebsspannungsänderung | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | dB |
| Spannungsverstärkung ohne Belastung | 400 | 400 | 400 | 300 | 300 | V/mV |
| Spannungsverstärkung unter Last ($R_L = 1\text{k}\Omega$) | 130 | 130 | 130 | 30 | 30 | V/mV |
| Bandbreite bei Verstärkung 1 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | MHz |
| Anstiegsgeschwindigkeit | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | V/ μ s |
| Typische Eigenschaften der Referenz-Spannungsquelle bei 25 °C | | | | | | |
| Referenzspannung | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | mV |
| Abweichung der Referenzspannung vom Sollwert | 2,5 | 2,5 | 5 | 2,5 | 5 | ±% |
| Ausregelung von Betriebsspannungsänderungen | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | %/V |
| Ausregelung von Belastungsänderungen | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | % |
| Temperaturdrift | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | %/ $^{\circ}$ C |
| Eingangstrom des Referenzverstärkers | 20 | 20 | 22 | 20 | 22 | nA |
| Verstärkung des Referenzverstärkers | 75 | 75 | 70 | 70 | 70 | V/mV |

Bild 3. Parameter der LM 10-Familie.

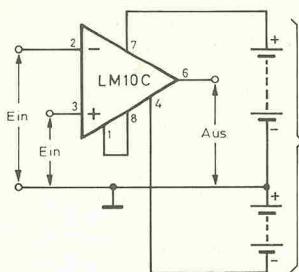


Bild 4. Symmetrische Betriebssstromversorgung für den LM 10.

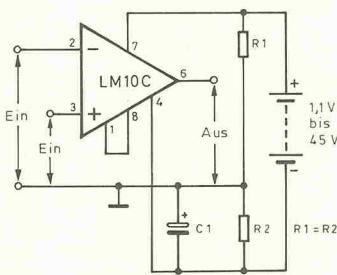


Bild 5. Symmetrische Betriebssstromversorgung für den LM 10 mit künstlichem Nullpunkt.

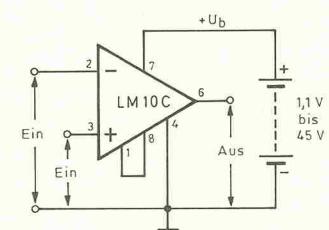


Bild 6. Betriebssstromversorgung des LM 10 mit nur einer Betriebsspannung.

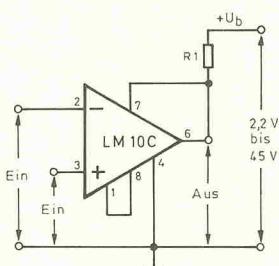


Bild 7. Shunt-Methode bei der Stromversorgung des LM 10.

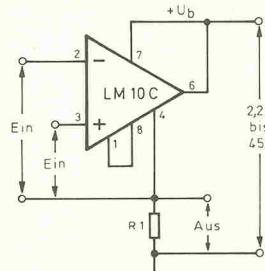


Bild 8. Alternative zur Schaltung aus Bild 7.

den Schaltungen der Bilder 4 und 5 wird der Operationsverstärker mit einer symmetrischen Spannung betrieben. Dieses Verfahren ist für die Anwendungen sinnvoll, in denen die Eingänge auf null Volt bezogen sind und die Ausgangsspannung sowohl positive als auch negative Werte annehmen kann. Die Schaltung in Bild 4 verwendet zwei getrennte Spannungen, die Schaltung in Bild 5 hingegen eine Betriebsspannung mit künstlichem Mittelpunkt.

Die Stromversorgung

Die Spannungsversorgung nach Bild 4 und 5 ermöglicht es, den LM 10 in allen Standard-Operationsverstärkerschaltungen einzusetzen, mit dem Vorteil, daß die Betriebsspannung minimal 1,1 V betragen darf und der Gesamtstrom nur etwa 270 μ A beträgt. Zudem können die Ausgangsspannungen bis auf wenige zehn Millivolt an die Betriebsspannungen herangehen.

In der Schaltung nach Bild 6 wird nur eine Betriebsspannung benötigt, die zwischen 1,1 V und 45 V betragen kann. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers kann sich wiederum bis auf wenige zehn Millivolt an null Volt bzw. der positiven Betriebsspannung nähern. Der Operationsverstärker hat die vorteilhafte Eigenschaft, Eingangsspannungen bis herab zu null Volt problemlos verarbeiten zu können.

Zwei spezielle Stromversorgungsmethoden für den LM 10 sind in Bild 7 und 8 wiedergegeben. In beiden Schaltungen ist der Ausgang des Operationsverstärkers unmittelbar mit der positiven Betriebsspannung des ICs verbunden, so daß der Ausgang den vom IC aufgenommenen Strom 'shuntet'. In beiden Fällen liegt der Strombegrenzungswiderstand R1 in einer der beiden Betriebsspannungszuleitungen des ICs.

Der maximale Ausgangsstrom des LM 10 ist einige Größenordnungen höher als der normale Ruhestrom. Diese Tatsache — in Verbindung mit der ausgezeichneten Betriebsspannungsunterdrückung von etwa 96 dB und dem großen Betriebsspannungsbereich — prädestiniert den LM 10 für lineare und Schaltanwendungen. Im Schalterbetrieb kann der LM 10 sogar seine eigene Betriebsspannung und den Betriebsstrom modulieren!

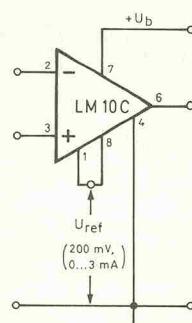


Bild 9. Referenzspannungsquelle mit einer festen Ausgangsspannung von 200 mV.

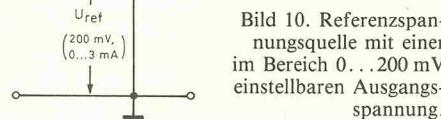


Bild 10. Referenzspannungsquelle mit einer in Bereich 0...200 mV einstellbaren Ausgangsspannung.

Die Shunt-Betriebsart eignet sich besonders gut für Anwendungen mit Sensoren, die über eine Zweidrahtleitung angeschlossen werden. An der Zweidrahtleitung stehen dann sowohl die Betriebsspannung als auch die Information des Sensors an. In diesem Anwendungsfall muß die Betriebsspannung allerdings wesentlich höher als 1,1 V betragen, damit über dem Strombegrenzungswiderstand R1 ein ausreichend hoher Spannungsabfall durch die Sensorstromänderung entsteht.

Der Referenzverstärker

Die eingebaute Referenzspannungsquelle und der Referenzverstärker (siehe Bild 2) erweitern die Einsatzmöglichkeiten des LM 10 erheblich. Dieser Baustein läßt sich beispielsweise recht gut in Präzisionskomparator- und Spannungsregler-Schaltungen einsetzen. Wird in einer bestimmten Anwendung die Referenzspannungsquelle nicht benötigt oder braucht man lediglich eine Referenzspannung in Höhe von 200 mV, können die Anschlüsse 1 und 8 des ICs verbunden werden (Bild 9). Dadurch puffert der Referenzverstärker die Vergleichsspannung und liefert zwischen den Anschlüssen 1 und 4 eine Spannung von exakt 200 mV bei einer maximalen Belastung von 3 mA.

Benötigt man eine präzise Referenzspannung im Bereich 0...200 mV, verbindet man die Anschlüsse 1 und 8 wie bereits beschrieben und schaltet ein 1-k Ω -Potentiometer zwischen die Anschlüsse 1 und 4. Die Referenzspannung kann dann am Schleifer des Potentiometers abgegriffen werden, wie es in Bild 10 dargestellt ist.

Soll die Referenzspannung im Bereich zwischen 200 mV und 40 V einstellbar sein, eignet sich die Schaltung nach Bild 11. Hier arbei-

tet der Referenzverstärker als nicht-invertierender Gleichspannungsverstärker mit einer festen Eingangsspannung von 200 mV und einer Spannungsverstärkung, die dem Verhältnis $(R1 + R2)/R2$ entspricht.

Zu bemerken ist noch, daß die Bandbreite des Referenzverstärkers bei einer Verstärkung von 1 etwa 500 kHz beträgt, so daß man sich diese Eigenschaft in einigen Sonderfällen sowie bei Wechselspannungsverstärker-Schaltungen durchaus zunutze machen kann. Weiterhin läßt sich der Referenzverstärker auch als einfacher Spannungskomparator verwenden, was in einigen Anwendungen sehr nützlich sein kann. Bild 12 zeigt die entsprechende Schaltung.

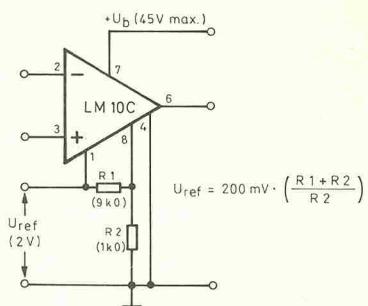


Bild 11. Referenzspannungsquelle mit einer zwischen 200 mV und 40 V einstellbaren Ausgangsspannung.

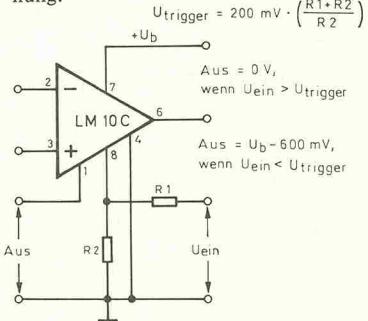


Bild 12. Hier wird der eingebaute Referenzverstärker als Spannungskomparator verwendet.

Hinweis: Fortsetzung in der Ausgabe 9/88

elrad-Einzelheft-Bestellung

Folgende elrad-Ausgaben können Sie direkt beim Verlag nachbestellen. Ab 6/87 (die Ausg. 9 + 10/87 sind vergriffen) (pro Ausgabe DM 6,-), elrad-Extra 5 und 6 (DM 16,80).

Gebühr für Porto und Verpackung: 1 Heft DM 1,50; 2 Hefte DM 2,-; 3 bis 6 Hefte DM 3,-; ab 7 Hefte DM 5,-.

Bestellungen sind nur gegen Vorauszahlung möglich.

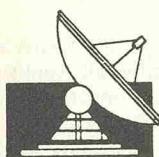
Bitte überweisen Sie den entsprechenden Betrag auf eines unserer Konten, oder fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei.

Kt.-Nr.: 9305-308, Postgiroamt Hannover

Kt.-Nr.: 000-019968, Kreissparkasse Hannover (BLZ 250 502 99)

elrad-Versand, Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG,
Postfach 61 04 07, 3000 Hannover 61

HEISE



Wir räumen unser Lager!

ELSAT-LNC

Bausatz ab 256,50

Auch Einzelteile lieferbar.

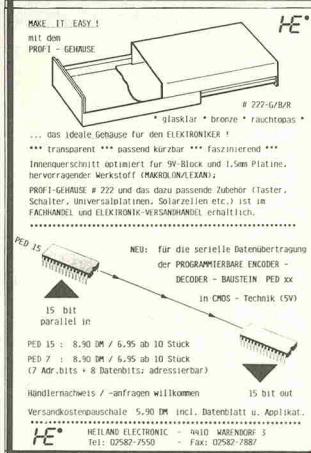
Thomas GmbH Elektronische Bauteile

Lindenstr. 110, 2160 Stade, Tel. 041 41/8 29 20

Qualitäts-Bauteile für den anspruchsvollen Elektroniker

Electronic am Wall

4600 Dortmund 1, Hoher Wall 22
Tel. (02 31) 168 63



IHR SPEZIALIST FÜR HI-END-BAUTEILE

Alles für Aktiv-Konzepte lieferbar!

Metallfilmwiderstände Reihe E 96 1 % Tol. 50 ppm Beyschlag, Draloric • 0,1 % Tol. auf Anfrage • Kondensatoren 1 %-5 % Tol. Styroflex, Polypropylen, Polyester von Siemens, Wima • Elkos 10.000 μ F von 40V-100V Roederstein Netzteile für Leistungsstufen mit RK-Trafos, Siebdrosseln • "Hi-End"-Relais von SDS • ALPS-Potis 10K log./100K log. in Stereo • **Superkleine Elkos in 385 V-47 μ F/100 μ F/220 μ F Roederstein Modulare Stufenschalter, 2-4 Ebenen, 24-polig, vergoldet** (siehe auch Elrad 2/88, Seite 10).

Bitte Sonderinfo anfordern. Lieferung nur per NN.

Klaus Scherm Elektronik
8510 Fürth • Waldstraße 10 • Telefon 09 11/705395

Ausbildung + Weiterbildung

durch staatl. geprüfte Fernlehrgänge:

■ **Elektronik-Labor**

Laborlehrgang mit über 400 Versuchen und Aufbau eines kompletten Meßplatzes.

■ **Computertechnik**

Praxisnahe Fachausbildung. Computer-Lernsystem wird mitgeliefert.

■ **Fernsehtechniker**

als Haupt- und Nebenberuf mit Service- und Reparaturpraxis. Service-Geräte werden mitgeliefert.

Information kostenlos.

Fernschule Bremen — Abt. 12
2800 Bremen 34 • Postfach 70 26

■ 0421/490019

Österr. Hobbyelektroniker!

Fordern Sie unsere neue kostenlose Sonderliste 1/88 mit vielen günstigen Angeboten an.

Drau Electronic 9503 Villach, Postfach 16
■ (0 42 42) 2 37 74, Wilhelm-Eich-Straße 2

ELEKTRONIK-VERSAND Benkler & Lückemeier **TEL. 0 63 21/3 20 80**

Rk. Trafo 2 ★ 47 V 500 VA 89,50 ★ Kühlkörper 8 ★ TO3 Lochung 29,90

Rk. Trafo 2 ★ 57 V 625 VA 115,00 ★ Kühlkörper 6 ★ TO3 Lochung 19,90

ELKO 12500 μ F/90 Volt 19,90 ★ Kupferspule Endstufenausgang 3,95

ELKO 10000 μ F/40 Volt 6,50 ★ 19" Gehäuse geschlossen 3HE 53,90

2SJ 49 12,50 ★ 2SK 134 12,50 ★ 220 Volt Lüfter 120 ★ 120 39,00

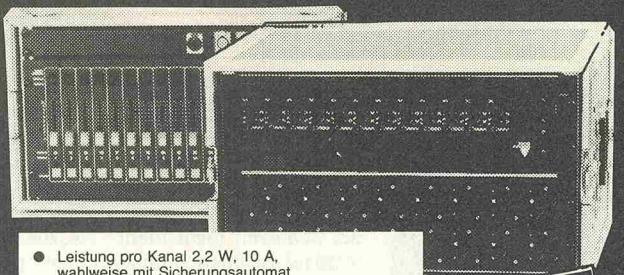
2SJ 50 12,50 ★ 2SK 135 12,50 ★ 220 Volt Lüfter 90 ★ 90 34,50

Gleichr. B125 C 25 A 6,95 ★ Gleichr. B 80 C 5000 2,95

BAUTEILE-PREISLISTE FÜR 1988 KOSTENLOS

Winzingerstr. 31-33 • 6730 NEUSTADT/WEINSTRASSE

Das Power Pack



- Leistung pro Kanal 2,2 W, 10 A, wahlweise mit Sicherungsautomat
- ohmisch und induktiv belastbar
- Preheatinstellung
- Halfpowerschalter
- eigene Stromversorgung mit Überspannungsschutz
- Lastausgänge: Harting 10-24 pol, Socapex, Schuko
- oder gemischt
- Steuereingänge: 7 pol XLR, Siemensleiste, Socapex

Beilfuss Scheidwaldstraße 30
6000 Frankfurt/M. 60 Telefon: 0 69-4 95 09 50

**Modulsystem
19'3 HE**

**BEILFUSS
ELEKTRONIK**

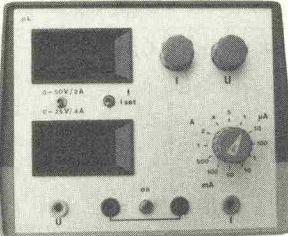
Information + Wissen



Verlag
Heinz Heise
GmbH & Co KG
Helstorfer Str. 7
3000 Hannover 61



Digitalisieren Sie



Ihre Netzgeräte

mit unseren Digital-Einbaumeßmodulen. Helle 13 mm LED-Anzeige, sehr kleine Abmessungen, 55 x 25 mm Ausschnitt, nur 17 mm Einbautiefe.

Versorgungsspannung 5 Volt, ca. 100 mA

Beispiel:

99,9 Volt Fertigmodul DM 34,95

9,99 A mit Shunt DM 39,50

30 A mit Shunt DM 41,65

als Bausatz mit Spannungsteilern von 999 mV bis 999 V (max. 500 V)

S O N D E R P R E I S DM 24,95

Zubehör:

Einbaurahmen mit Scheibe DM 3,95

Shunt bis 10 A DM 5,40

Shunt bis 30 A DM 6,85

Weiter im Programm:

3 1/2stellige LCD und LED-Module für

Spannung/Strom/Temperatur

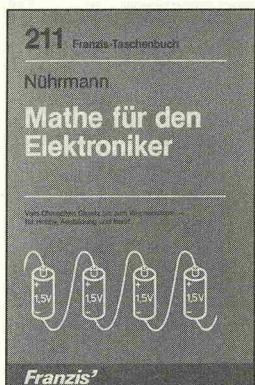
AC/DC Wandler für Mini-Meßmodule

Kleinnetzteile für 1 bis 6 Module 5/12

Schalttafel-Einbaumeßgeräte mit Netzteil

Alle Geräte aus eigener Produktion.

Peter Knechtges
Dipl.-Ing. Pf. 12 04
5222 Morsbach
Tel. 0 22 94/8788



Dieter Nührmann
Mathe für den Elektroniker

München 1987
Franzis-Verlag
150 Seiten
DM 16,80
ISBN 3-7723-2111-9

Der Untertitel dieses Taschenbuchs lautet „Vom Ohmschen Gesetz bis zum Wechselstrom — für Hobby, Ausbildung

und Beruf“. Anhand von Formeln und Begriffen aus dem Bereich der Elektronik wird die Mathematik von Grund auf erklärt. Wer also seit seiner Schulzeit nicht mehr intensiv rechnen mußte, jetzt aber beispielsweise eine gegebene Gleichung umstellen möchte, ist mit diesem Buch sehr gut bedient.

In zehn Kapiteln behandelt der Autor alles, was man beim Umgang mit praktischer Elektronik an Mathematik benötigt, angefangen von den positiven und negativen Zahlen über Bruchrechnung und Wurzelziehen bis hin zur Berechnung des Scheinwiderstands einer RC-Schaltung. Etwa mathematisches Vorwissen ist zwar vorteilhaft, aber nicht zwingend notwendig, da hier Schritt für Schritt vorgegangen und erklärt wird.

Fazit: Dieses gut lesbare, leicht verständliche Buch ist eine wertvolle Einstieghilfe, ebenso aber auch ein nützliches Nachschlagewerk für alle, die vielleicht doch das eine oder andere aus dem Mathe-Bereich noch einmal auffrischen wollen.

ds

Dieter Nührmann
Operationsverstärker-Praxis

München 1988
Franzis-Verlag
320 Seiten
DM 68,—
ISBN 3-7723-6343-1

Operationsverstärker sind aus der heutigen Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik nicht mehr wegzudenken — um nur einige Bereiche zu nennen, in denen sie

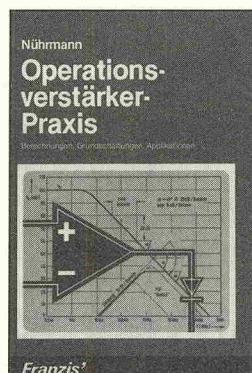
eingesetzt werden. Das vorliegende Buch beschäftigt sich sehr ausführlich mit diesen Bausteinen, wobei der Autor zunächst in den Aufbau und die Wirkungsweise

befassen sich mit den Betriebs- und Versorgungsdaten der Operationsverstärker; typische Kennwerte einer Auswahl gebräuchlicher OpAmps sind tabellarisch aufgelistet und teilweise auch grafisch dargestellt.

Mit knapp 100 Seiten ist das Kapitel mit Applikationsschaltungen für Operationsverstärker das umfangreichste. Vorgestellt werden Gleichrichterschaltungen, Generatoren, Hoch-, Tief- und Bandpässe sowie diverse Meß- und Nf-Schaltungen.

Das Buch wendet sich zwar in erster Linie an in der Berufspraxis stehende Entwicklungstechniker, kann aber auch Amateur-Elektronikern und Studenten empfohlen werden.

jkb



IC-Express

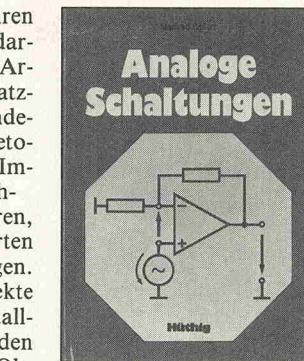
| IC | Funktion | Besondere Eigenschaften | Stromversorgung | Gehäuse |
|---------|---------------------------------|--|-------------------------|---|
| OP-471 | Op.-Amp. | Vierfach-Operationsverstärker Leerlaufverstärkung: 500.000 Gleichtaktunterdrückung: 105 dB Eingangsoffsetspannung: 250 μ V typ. Temperaturdrift: 4 μ V/ $^{\circ}$ C Rauschen bei 1 kHz: 11 nV/ \sqrt Hz Transitfrequenz: 6,5 MHz Anstiegsgeschwindigkeit: 8 V/ μ s | ± 18 V | 14pol. CERDIP 14pol. Plastik-DIL LCC MIL-STD-883C |
| OP-42 | Op.-Amp. | Leerlaufverstärkung: 500.000 Gleichtaktunterdrückung: 88 dB Eingangsoffsetspannung: 750 μ V Temperaturdrift: 10 μ V/ $^{\circ}$ C Eingangsstrom: 200 pA Transitfrequenz: min. 10 MHz Anstiegsgeschwindigkeit: min. 50 V/ μ s | ± 15 V | TO-99 Keramik- Mini-DIP LCC MIL-STD-883C |
| TDC1012 | 12Bit-D/A-Wandler | Auflösung: 12 Bit Nichtlinearität: $\pm 1/2$ LSB Umsetzrate: 20 MHz Einschwingzeit: 30 ns typ. | +5 V, -5,2 V | 24 pin Plastik-DIP |
| AMP-05 | JFET-Instrumentation-Verstärker | Verstärkung: max. 2000 Gleichtaktunterdrückung: 105 dB Temperaturdrift: max. 20 ppm/ $^{\circ}$ C Eingangsstrom: max. 20 nA Anstiegsgeschwindigkeit: 5 V/ μ s Eingegebaut 100 μ A-Präzisionsstromquelle | ± 18 V | 18pol. CERDIP |
| 1468 | Leistungs-Op.-Amp. | Leerlaufverstärkung: 108 dB typ. Gleichtaktunterdrückung: 100 dB Eingangsoffsetspannung: ± 6 mV max. Temperaturdrift: ± 65 μ V/ $^{\circ}$ C max. Eingangsstrom: ± 30 nA max. Transitfrequenz: 4 MHz Anstiegsgeschwindigkeit: 4 V/ μ s | $\pm 10 \dots \pm 50$ V | 8pol. TO-3 |



Wolfgang Schäfer
Metallortung
mit Detektoren

Kostenloses Info
 vom Autor erhältlich:
 Ministerstr. 3A
 4630 Bochum
 Tel. (02 34) 79 78 78

Das vorliegende Buch beschäftigt sich mit den Funktionen und Anwendungen von Metalldetektoren



Manfred Seifert
Analoge Schaltungen

Heidelberg 1987
 Dr. Hüthig Verlag
 597 Seiten
 DM 74,—
 ISBN 3-7785-1456-3

Mit dem vorliegenden Buch werden dem Leser Kenntnisse über Wirkungsweise, Eigenschaften, Dimensionierungsrichtlinien und Einsatz-

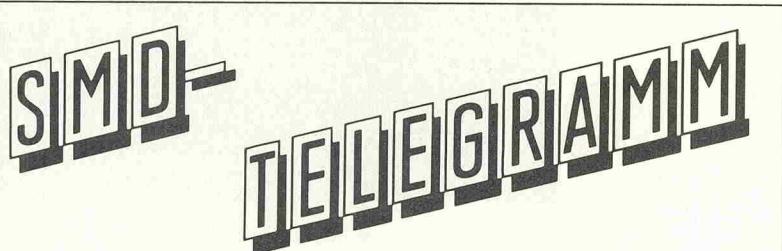
möglichkeiten analoger Schaltungen vermittelt. Der Autor beschäftigt sich zunächst mit Grundkenntnissen der wichtigsten analogen Schaltungen und Schaltkreise sowie ihrer Zusammenschaltung zu komplexen Funktionsseinheiten. Arbeitspunktprobleme einfacher Transistorstufen werden behandelt, ebenso Transistor-Grundschaltungen und diskrete Differenzverstärker. Nachdem die verschiedenen Stufen-Kopplungsarten besprochen wurden, widmet sich der Autor den Dioden und Transistoren in integrierten Analogschaltungen.

Bei der Schaltungsanalyse wurde versucht, langwierige und umfangreiche Rechnungen zu vermeiden. Stattdessen legt der Autor Wert auf ingenieurmäßiges Herangehen an Elektronik-Probleme, unter Anwendung rationeller Berechnungs- und Analysemethoden.

Das Buch wendet sich sowohl an Studenten als auch an Ingenieure und Entwickler, die in der Praxis tätig sind.

cb

| Bemerkungen | Hersteller/Distributor |
|-----------------------------|---|
| Temp.-Ber.: -55...+125°C | PMI |
| Temp.-Ber.: -25...+85°C | Distributor: Bourns GmbH Breite Str. 2, PF 1155 7000 Stuttgart 1 Tel. (07 11) 2 29 30 |
| | PMI |
| | Distributor: Bourns GmbH Breite Str. 2, PF 1155 7000 Stuttgart 1 Tel. (07 11) 2 29 30 |
| -55...+125°C -25...+85°C | TRW Elektronische Bauelemente Vertriebs-GmbH Konrad-Celtis-Str. 81 8000 München 70 Tel. (0 89) 71 03-0 |
| -55...+125°C -25...+85°C | PMI Distributor: Bourns GmbH Breite Str. 2, PF 1155 7000 Stuttgart 1 Tel. (07 11) 2 29 30 |
| -55...+125°C -55...+85°C | TELEDYNE PHILBRICK Abraham-Lincoln-Str. 38 6200 Wiesbaden Tel. (0 61 21) 76 80 |



++ Die SMD-Quarze von KOYO sind Grundwellenquarze für den Frequenzbereich 4...30 MHz. Toleranz und Stabilität sind mit 100 ppm angegeben. Brenner Elektronik, 8200 Rosenheim. Tel. (08031) 85518 * MAXIM hat neue CMOS-A/D-Wandler vorgestellt. Es sind die Typen MAX133 und MAX134 (3 3/4 Stellen - ± 4000, interne Auflösung ± 40000), lieferbar im 44poligen PLCC-Gehäuse. Spezial-Elektronik KG, 3062 Bückeburg 1. Tel. (05722) 2030 * Einen Zweiweg-MOSFET-Treiber für 3 A Spitzenstrom in High-Voltage-Schottky-Logik hat SILICON GENERAL im SO-Gehäuse herausgebracht. Typenbezeichnung: SG1626. KONTRON, 8057 Eching. Tel. (08165) 77540. Telex: 526719 * Ein neuer Katalog über SOT-23-Bauelemente ist von FERRANTI erhältlich. Ferranti GmbH, 8000 München. Tel. (089) 360906-0. * Widerstandsnetzwerke aus Nickel-Chrom-Dünnfilmwiderständen (1kΩ ... 200 kΩ) der Serie RMKM weisen Temperaturkoeffizienten von ± 15 ppm auf (-55...+125 °C). Verlustleistung: 250 mW. Die MELF-Serien MSA (1 Ω... 332 kΩ) und MSE (100 Ω... 100 kΩ) haben Toleranzen von ± 0,1... ± 1 % und Temperaturkoeffizienten von 10 ppm. Verlustleistung: 100mW. SFERNICE, 06021 Nice, Frankreich. Tel. 9344 6262, Telex: 470261. * Multilayer-Chip-Kondensatoren im LCC-Gehäuse für allgemeine, HF- und Mikrowellen-Anwendungen sowie für mittlere und hohe Spannungen und Trimmer bis 100 pF liefert THOMSON LCC, 92403 Courbevoie, Frankreich. Tel. (1) 4768 5300, Telex: 204780. * Annäherungsschalter für Oberflächenmontage mit Schaltgeschwindigkeiten bis 5000 Zyklen/s (Schaltspannungen: 30...250 V, Temperaturbereich: -30...+100 °C) und kompatibel mit allen gängigen PLCs gibt es mit M12-, M18- und M30-Gewinde. HUNBLEIGH TECHNOLOGY PLC, Cardiff, UK. Tel. (0222) 485885, Telex: 497986. * Die CMOS-PALs PALC16, PALC20 und PALC22 von MONOLITHIC MEMORIES sind kompatibel zu CMOS- und TTL-Systemen. Ruhestromaufnahme: 100 μA, Verzögerungszeit: 25 ns. ELECTRONIC 2000, 7016 Geringen. Tel. (07156) 356-107. ++

Squeezing light to its limits

Electronics Review

squeezing Zusammendrücken, Pressen
limit Grenze

Modern physics tells us that subatomic particles, the building blocks of matter, are blurry. This view of the universe arises from a theory, called Heisenberg's uncertainty principle, which states that you can never tell precisely where a particle is going to be at any given time.

physics ['fiziks] Physik (**physicist** Physiker, **physician** [fi'zijən] Arzt)
particle ['pɑ:ti:kəl] Teilchen, Partikel
building blocks of matter Bausteine der Materie
blurry verschwommen, undeutlich (**blur** Verschwommenheit, verwischter Fleck, Makel)
to arise from ... zurückgehen auf ... (sonst auch: entstehen durch ...)
uncertainty principle Unschärferelation (**uncertainty** sonst: Unbestimmtheit, Unsicherheit)
which states die besagt (**to state** auch: aussagen, feststellen)
precisely [pri'saisli] genau
is going to be at any given time zu irgendeiner bestimmten Zeit sein wird

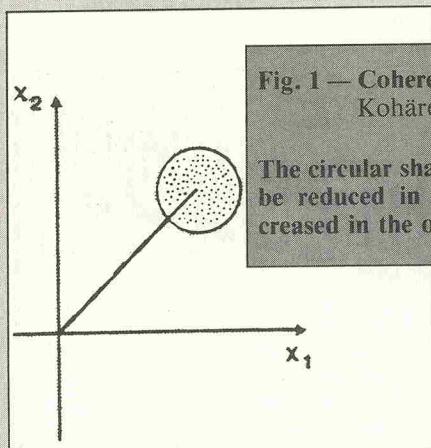


Fig. 1 — Coherent unsqueezed light
Kohärentes ungepreßtes Licht

The circular shape of light (Fig. 1) can be reduced in one direction and increased in the other.

Die runde Form des Lichts (Bild 1) kann in einer Richtung reduziert und in der anderen vergrößert werden.

This blurry matter creates a sort of background hiss throughout the universe. This hiss is called quantum noise, and Heisenberg's uncertainty principle tells us that we will never be able to get rid of it. Physicists have therefore believed there to be a limit, called the standard quantum limit, beyond which it will be impossible to reduce the noise in any signal carrier, such as a telephone line.

to create a sort of background hiss eine Art von Hintergrundpfeifen hervorrufen (hiss auch: Zischen)
throughout the universe durch das ganze Universum
quantum noise Quantenrauschen (**noise** sonst: Ton, Lärm)
never to be able to get rid of it niemals in der Lage sein, es los zu werden
beyond which über das hinaus
to reduce reduzieren
signal carrier Signalträger

However, scientists have found a way around Heisenberg's principle and developed a process which cleans up the hiss up to and beyond the standard quantum limit. The process involves 'squeezing light' and acts rather like a sub-atomic Dolby system.

scientist ['saiəntist] Wissenschaftler (**science** Wissenschaft)
to develop a process ein Verfahren entwickeln
to clean up ausmerzen, beseitigen (sonst auch: säubern, aufräumen)
to involve sich handeln um ..., einschließen
to act rather like ... ziemlich wie ... funktionieren (**to act** sonst: wirken)

Squeezed light can be used to transmit information faster than possible now, since there is virtually no noise or interference in the light carrying the information. The light can also be used to amplify optical signals without necessarily increasing the signal-to-noise ratio.

to transmit übertragen
 virtually praktisch (auch: eigentlich)
 interference [intə'fɪərəns] Störung (sonst auch: Einmischung)
 to amplify optical signals optische Signale verstärken
 without necessarily increasing the signal-to-noise ratio ['reɪfɪəu] ohne unbedingt den Rauschabstand zu erhöhen (ratio sonst: Verhältnis)

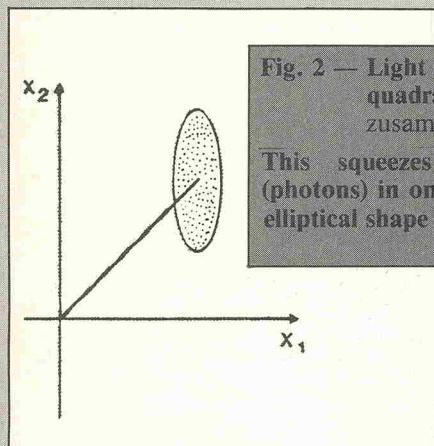


Fig. 2 — Light squeezed in the x_1 quadrature Im x_1 -Quadrat zusammengepreßtes Licht

This squeezes the light particles (photons) in one direction to form an elliptical shape (Fig. 2).

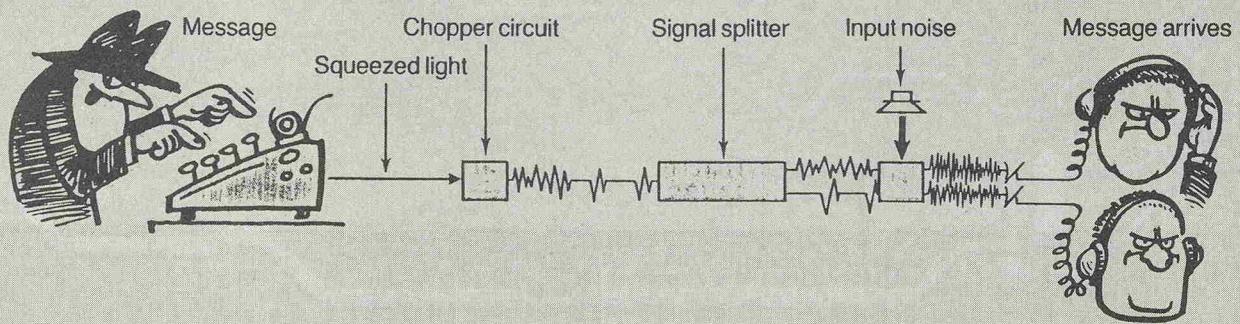
Dies drückt die Lichtpartikel (Photonen) in einer Ausdehnung zusammen, so daß eine elliptische Form entsteht (Bild 2).

The use of squeezed light in telecommunications is some way off, but the breakthroughs happening now are overcoming the bottlenecks of tomorrow's systems.

to be some way off noch nicht ganz so weit sein
 breakthrough happening now jetzt stattfindender Durchbruch
 to overcome the bottlenecks die Engpässe überwinden (bottleneck sonst: Flaschenhals)

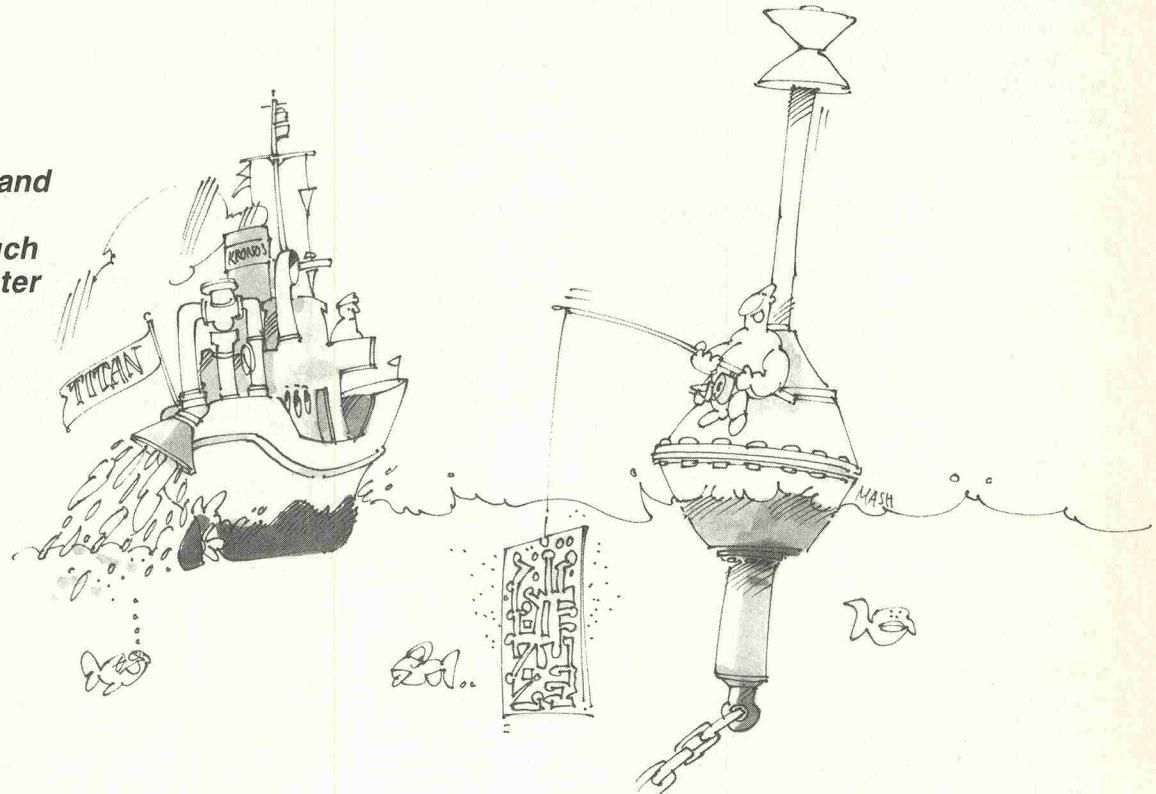
A new type of light has been created by US scientists which could pave the way for a new generation of telecommunications systems.

Eine neue Art von Licht wurde von amerikanischen Wissenschaftlern geschaffen, das den Grundstein für eine neue Generation von Telekommunikationssystemen legen könnte.

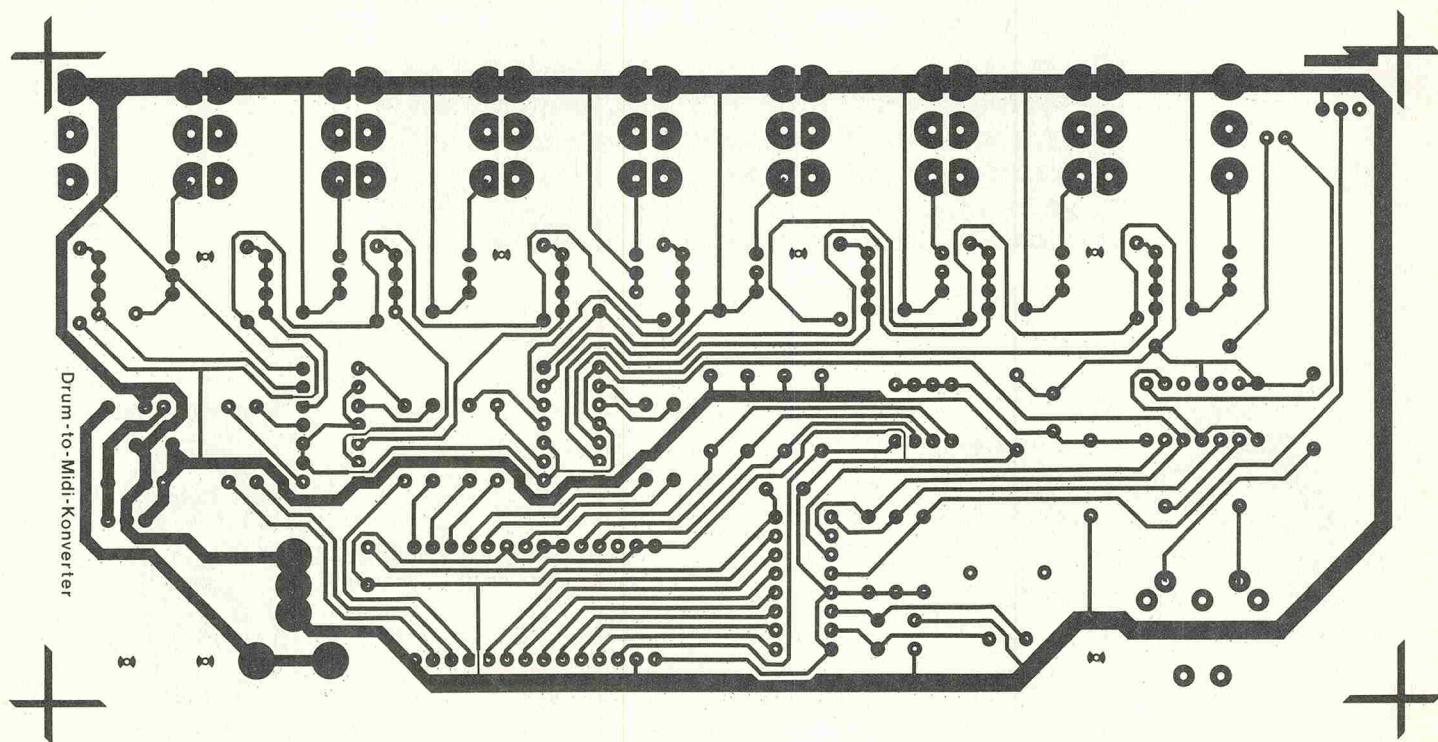


(SOURCE: "ELECTRONICS WEEKLY", LONDON)

Ächt ätzend ...
Rund um Helgoland
klappt das
Platinenätzen auch
gut mit verklappter
Dünnsäure.

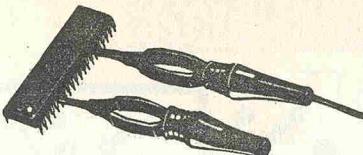


▼ DRUM-TO-MIDI



gf · gf

neu
speziell für SMD



Miniatu-
Meß- und Prüfzangen

gruber + fischer
- messen und prüfen -

Zangererstraße 8
D-7760 Radolfzell
Telefon (07732) 5 63 69

kostenlos!

mit umfangreichem Halbleiterprogramm (ca. 2000 Typen)
gleich anfordern bei:
Albert Meyer Elektronik GmbH, Abteilung Schnellversand
Postfach 110168, 7570 Baden-Baden 11, Telefon 0 72 23/5 20 55
oder in einem unserer unten aufgeführten Ladengeschäfte abholen.
Baden-Baden Stadtmitte, Lichtentaler Straße 55, Telefon (0 72 21) 2 61 23
Recklinghausen-Stadtmitte, Kaiserwall 15, Telefon (0 23 61) 2 63 26
Karlsruhe, Kaiserstraße 51 (gegenüber UNI Haupteingang),
Telefon (0 72 1) 37 71 71



Kostenlos

Coupon

erhalten Sie gegen
Einsendung dieses Coupons
unseren neuesten

Elektronik— Spezial—KATALOG

mit 260 Seiten.

SALHÖFER-Elektronik
Jean - Paul - Str. 19
8650 Kulmbach

C 0440

Ihr Partner für moderne TRANSFORMATOREN

Schnittband von SM 42 — SM 102, Ringkern von 24 VA — 360 VA
Anpassungsstrafe für 100 V System

Sonderausführungen, auch bei Einzelstücken, für Ihr Labor.

SCHULTE — CO
8510 Fürth · Marienring 24 · Tel. 09 11/76 26 85

ANGEBOT des MONATS

| RCA | MAXIM | SGS | EXAR |
|-------------------------|-------|-----------------------|------------------------|
| CA 3091 D | a. A. | MAX 232CPE 10,80 | TDA 2002V 1,78 |
| CA 3130 E | 2,70 | MAX 610CPE a. A. | TDA 2003V 1,90 |
| CA 3140 E | 1,50 | MAX 690CPE a. A. | TDA 2004V 3,95 |
| CA 3161 E | 2,99 | MAX 691CPE a. A. | TDA 2005M 4,55 |
| CA 3162 E | 10,80 | MAX 692CPE a. A. | TDA 2030V 2,75 |
| CA 3240 E | 3,25 | MAX 693CPE a. A. | TDA 7270S 4,99 |
| Siehe Heft 5/88 — S. 81 | | NN-Versand ab DM 15,— | Preisliste 6/88 Gratis |

Albert Mayer Electronic, D-8941 Heimertingen
Nelkenweg 1, Tel. Mo.—Fr. von 10—19 Uhr 0 83 35/12 14

PEERLESS PROFESSIONAL HIFI BAUSÄTZE

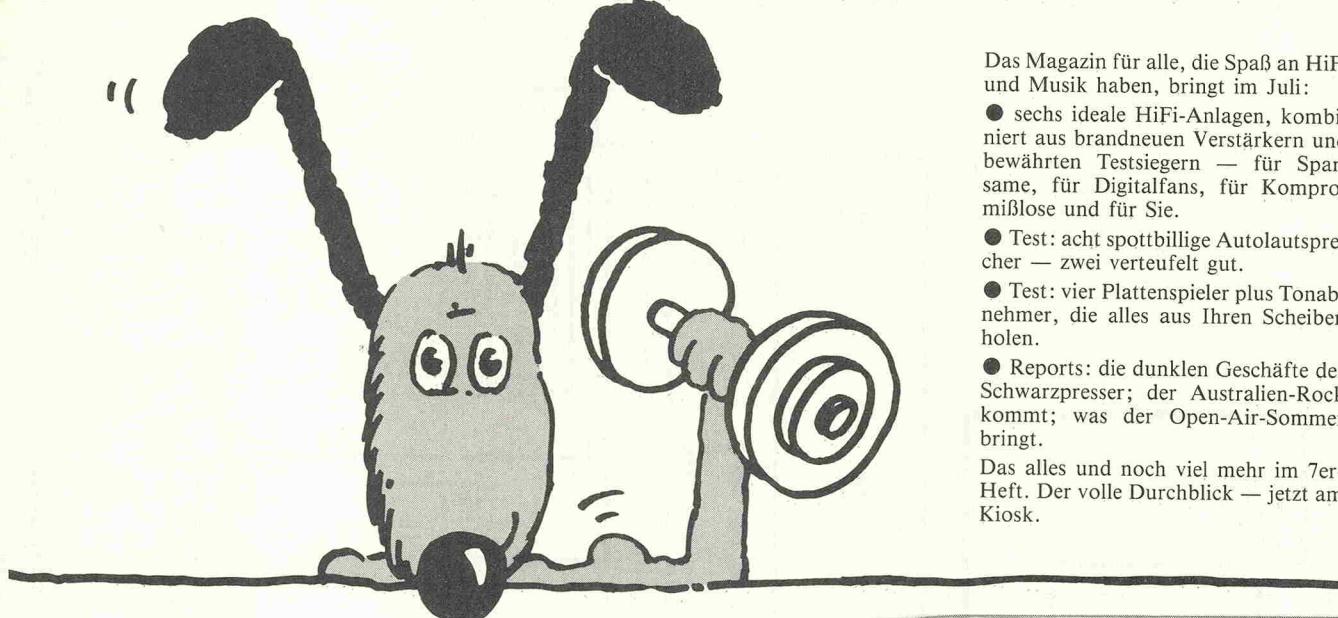
Das attraktive, leistungsstarke
Lautsprecher-Programm '88
für HiFi und Auto.

Dazu die informativen neuen
Prospekte mit Fotos, Skizzen, Daten
und Kurven. Eine neue Lautsprecher-
Generation für Anspruchsvolle.
Kostenlose Unterlagen und Depot-
Händler-Verzeichnis von:



PEERLESS Elektronik GmbH, Postf. 26 01 15,
4000 Düsseldorf 1, Telefon (0 211) 30 53 44

DER DURCHBLICK. OHNE KRAFTAKT.



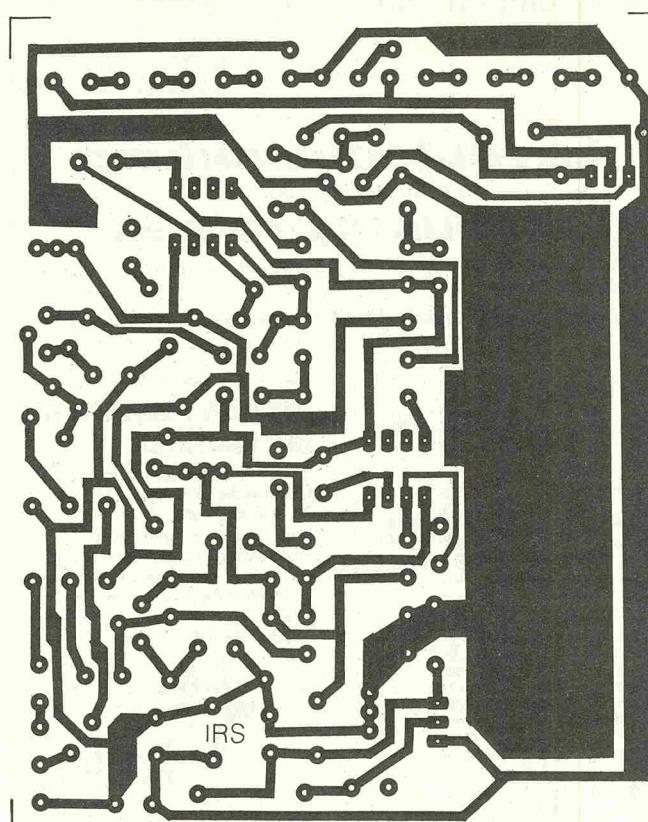
Das Magazin für alle, die Spaß an HiFi und Musik haben, bringt im Juli:

- sechs ideale HiFi-Anlagen, kombiniert aus brandneuen Verstärkern und bewährten Testsiern — für Spar- same, für Digitalfans, für Kompro- mißlose und für Sie.
- Test: acht spottbillige Autolautsprecher — zwei verteufelt gut.
- Test: vier Plattenspieler plus Tonab- nehmer, die alles aus Ihren Scheiben holten.
- Reports: die dunklen Geschäfte der Schwarzpresser; der Australien-Rock kommt; was der Open-Air-Sommer bringt.

Das alles und noch viel mehr im 7er- Heft. Der volle Durchblick — jetzt am Kiosk.

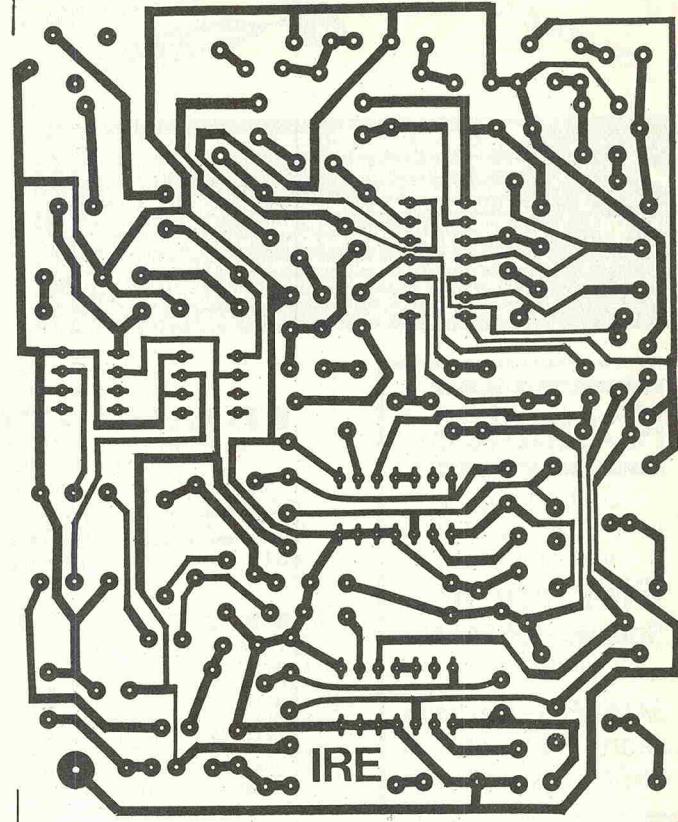
HIFI VISION
Wer Ohren hat, liest

Die Layouts

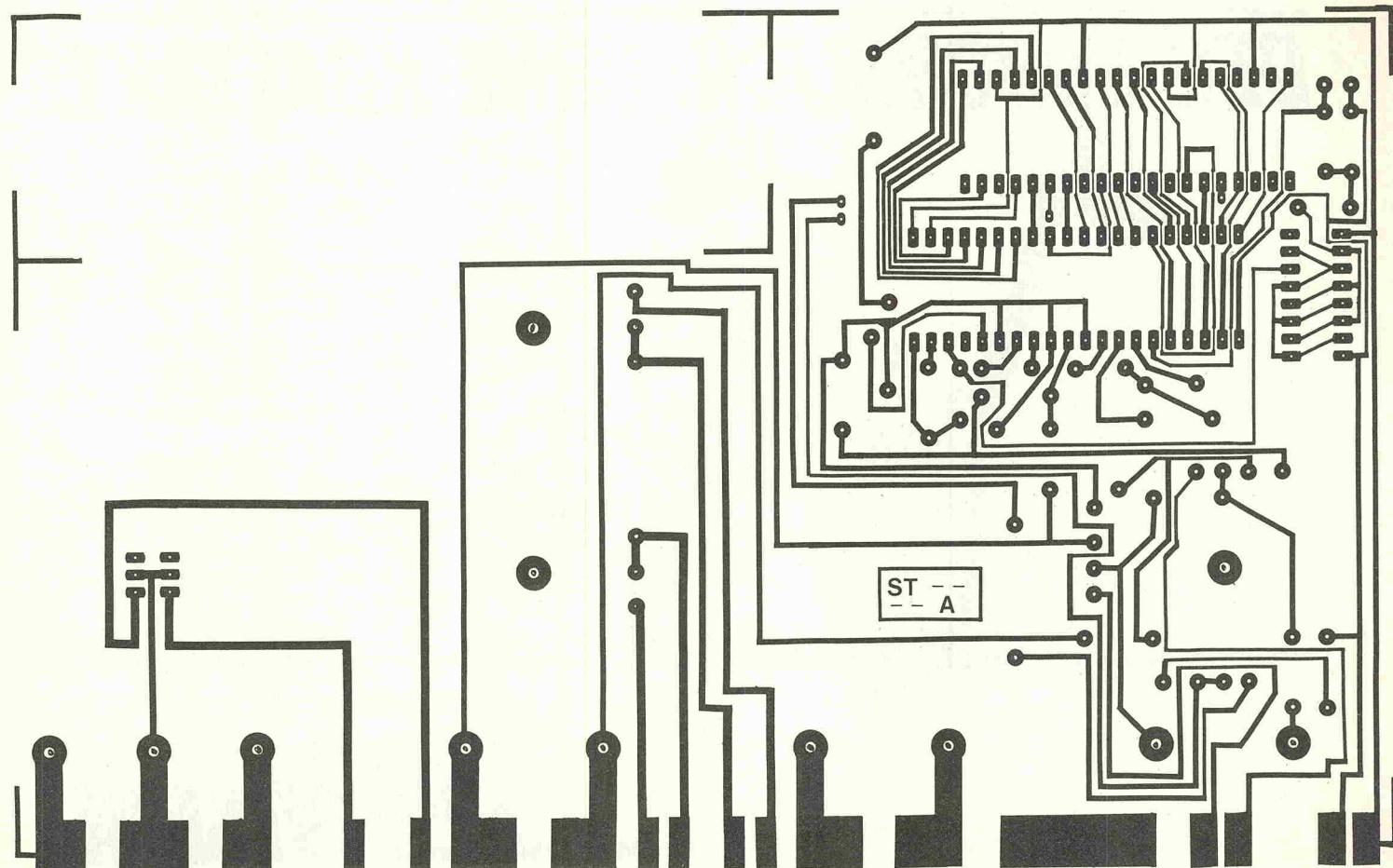


Stereo-IR-Kopfhörer

— Sender ▲ — Empfänger ▲



Universal-Netzgerät — DVM-Platine ▼



Software

elrad - Programme

Dieses Angebot bezieht sich auf 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. | Programm | Datenträger | Preis |
|-----------|-----------------------|--|----------|
| S018-616A | EPROMmer | 1/88 Diskette/Atari ST (Brennroutine, Kopierroutine, Vergleichen, Editieren, String suchen, Gemb Oberfläche) | 35,- DM |
| S018-616C | EPROMmer | 1/88 Diskette/C 64 (Brennroutine, Kopierroutine, Vergleichen [EPROM-Inhalt mit Datei]) | 29,- DM |
| S018-616M | EPROMmer | 1/88 Diskette/MS-DOS (Brennroutine, Kopierroutine, Vergleichen [EPROM-Inhalt mit Datei], Vergleichen zweier Dateien) | 29,- DM |
| S097-586S | „Pegelschreiber“ | 9/87 Diskette/Schneider + Dokumentation | 248,- DM |
| S117-599S | Schrittmotorsteuerung | 11/87 Diskette/Schneider + Dokumentation | 98,- DM |

elrad - Eproms

| EPROM | Preis |
|--------------------------|--|
| 5x7-Punkt-Matrix | 25,- DM |
| Atomuhr | 25,- DM |
| Digitaler Sinusgenerator | 25,- DM |
| Digitales Schlagzeug | |
| -TOM1 | 25,- DM |
| -TOM2 | 25,- DM |
| -TOM3 | 25,- DM |
| -TOM4 | 25,- DM |
| -SIMMONS HITOM | 25,- DM |
| -SIMMONS MIDTOM | 25,- DM |
| -BASSDRUM | 25,- DM |
| -BASSDRUM MID | 25,- DM |
| -BASSDRUM HIGH | 25,- DM |
| -BASSDRUM HEAVY | 25,- DM |
| -BASSDRUM GATED | 25,- DM |
| -CONGA | 25,- DM |
| -TIMBALE | 25,- DM |
| -SNARE HIGH1 | 25,- DM |
| -SNARE HIGH2 | 25,- DM |
| -SNARE HIGH3 | 25,- DM |
| -SNARE HIGH4 | 25,- DM |
| -SNARE HIGH5 | 25,- DM |
| -RIMSHOT | 25,- DM |
| -RIMSHOT VOL2 | 25,- DM |
| -SNARE REGGAE | 25,- DM |
| -SNARE GATED | 25,- DM |
| -SNARE HEAVY | 25,- DM |
| -SNARE LUTZ M. | 25,- DM |
| -SNARE MEDIUM | 25,- DM |
| -CLAP RX | 25,- DM |
| -CLAP | 25,- DM |
| -HIHAT OPEN VOL1 | 25,- DM |
| -HIHAT OPEN | 25,- DM |
| -HIHAT CLOSED | 25,- DM |
| -GLAS | 25,- DM |
| -COWBELL | 25,- DM |
| -CRASH | 25,- DM |
| -PAUKE | 25,- DM |
| -RIDE | 25,- DM |
| Hygrometer | 25,- DM |
| MIDI-TO-DRUM | 25,- DM |
| D.A.M.E. | 25,- DM |
| „Pegelschreiber“ | 9/87 25,- DM |
| E.M.M.A. | 3/88 -Betriebssystem, Mini-Editor, Bedienungsanleitung 25,- DM |
| E.M.M.A. | 4/88 -DCF-Uhr 25,- DM |
| MIDI-Monitor | 5/88 25,- DM |
| Frequenz-Shifter | 5/88 -Sin/Cos-Generator 25,- 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.

Bankverbindungen:

Postgiroamt Hannover, Kt.-Nr. 93 05-308

Kreissparkasse Hannover, Kt.-Nr. 000-019 968 (BLZ 250 502 99)

Ihre Bestellung richten Sie bitte an:

HEISE PLATINEN- & SOFTWARESERVICE
Postfach 6104 07 · 3000 Hannover 61

E.M.M.A.
Einplatinen-Mikrocomputer

SOUNDLIGHT Ing.-Büro Dipl.-Ing. Eckart Steffens
Am Lindenhohe 37 b · D-3000 Hannover 81
Tel.: 05 11/83 24 21

Anzeigenschluß

für

elrad

10/88

ist am

22. August 1988

RESTPOSTEN

Sub-D-Steckverbinder, 1a deutsche Markenqualität mit sehr stark vergoldetem Kontaktbereich für häufige Steckungen geeignet

15 pol. Stecker mit Lötkielch je Stück DM 1,70
25 pol. Stecker mit Lötkielch je Stück DM 2,00
25 pol. Buchse mit Lötkielch je Stück DM 2,30

COMPUTERKABEL, mit Gesamtschirmung
4 x 0,25 qmm DM 1,80/m ab 10 m DM 1,60/m
6 x 0,08 qmm DM 2,00/m ab 10 m DM 1,80/m
14 x 0,08 qmm DM 3,60/m ab 10 m DM 3,20/m

höchstflexible MESSLEITUNG, 0,5 mm, Prüfspannung 3 kV, Betriebsspannung 1 kV, Farben:

rot, blau, schwarz, grün, violett, gelb DM 0,40/m ab 10 m DM 0,35/m ab 100 m DM 0,32/m

Versand ab DM 35,- Warenwert zzgl. 7,- Versandkostenanteil, ab DM 200,- Warenwert frei per NN

TECHNIK-VERSAND

Armin Zimmermann
Heinrichstraße 68, 6100 Darmstadt
Tel. 06151/4 37 82 (autom. Anruftelefon)
!!! Ab 1. 8. 88 sind ELRAD-Bausätze auch bei uns lieferbar.
Liste kostenlos auf Anforderung!!!

Preiswert — Zuverlässig — Schnell

Elektronische Bauelemente

von Ad/Da-Wandler bis Zener-Dioden.

Kostenlose Liste mit Staffelpreisen von:

S.-E.-V. Horst Brendt

Sebastianusstraße 63, 5190 Stolberg-Atsch
Elrad-Platinen/Bausätze lieferbar!

TENROC
PRÄZISIONS VOLL —
HARTMETALLBOHRER



1/8" SCHAFT
= 3,175 mm
1/2" LÄNGE
= 38 mm

ELEKTRONIK vom BAUERNHOF

Eva Späth
Ostertalstr. 15, 8851 Holzheim
Telefon: 0 8276/1818, Telex: 53865

BLITZVERSAND: ab Scheune und per Nachnahme zzgl. DM 5,- f. Spez. Verp. + Porto

DURCHMESSER:
0,6 bis 2 mm $\frac{1}{10}$ mm Abstufung
2,2 bis 2,6 mm, 3,175 mm

PREIS: 4,40/St., ab 10 St. 3,80/St.

★★ Low-cost Laser ★★ Low-cost Laser ★★
GTU-Disco-Show-Laser in Modultechnik. Grundausstattung mit 5 mW HeNe Laser, 2 Motoren, 1 Chopper, Computer programmierbar. Optionen für grün und gelb. Module für epizyklische und lissajousche Figuren, sowie Galvanometerscanner.

Neu! Laserleistungsmessgerät in 4 Bereichen bis 100 mW.

HeNe Laser

0,5 mW 12 VDC DM 454,-

2,0 mW 12 VDC DM 557,-

5,0 mW 12 VDC DM 1024,-

Kompaktlaser DM 495,-

Laserzeiger

batteriebetrieben DM 598,-

Mini-HeNe-Laser

Durchm. 28 mm x Lg. 220 mm

12 V/0,5 mW DM 580,-

Disco-Laser komplett 5 mW,

Computersteuerung für epizyklische

Figuren mit integriertem Chopper und

2 Motoren DM 3498,-

Laserdiode 15 mW 870 nm DM 296,50

Diode 40 mW 830 nm DM 640,-

10 x Strahlaufweiter DM 512,-

Laser- 12x12/15x15 mm DM 9,50

Spiegel 75x75 mm DM 19,50

Lasermeßgerät mit separatem Sensor

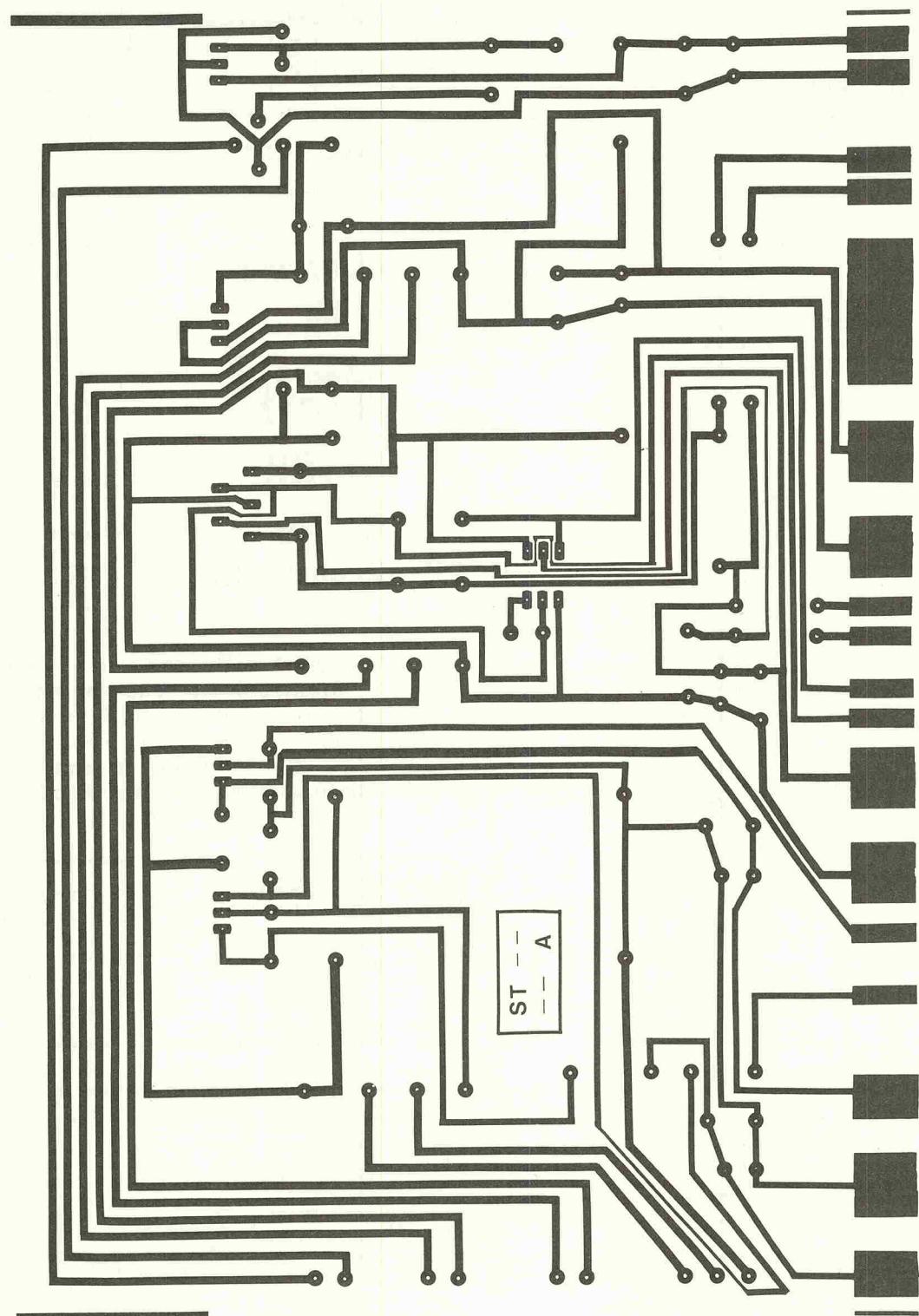
0-100 mW in 4 Bereichen DM 545,-

Foreign Reps. wanted



Ulf Silzner Int. Electronics
Kaiser-Wilhelm-Straße 9
7590 Achern
Tel. 0 78 41/276 37





Universal-Netzgerät — Netzteilplatine ▲

SPEAKER TEST LIVE

NEW KITS IN TOWN

- 13. 9. 88 bis 17. 9. 88 VISATON
- 20. 9. 88 bis 24. 9. 88 TDL
- 27. 9. 88 bis 1. 10. 88 FOCAL
- 4. 10. 88 bis 8. 10. 88 VIFA
- 11. 10. 88 bis 15. 10. 88 DYNAUDIO

NF-Laden

Elektro Vertriebs GmbH

8 München 2 Bergmannstr. 3

089/5 02 40 91

Ehrensache, . . .

daß wir Beiträge und Bauanleitungen aus inzwischen vergriffenen elrad-Ausgaben für Sie **fotokopieren**.

Wir müssen jedoch eine Gebühr von **DM 5,— je abgelichteten Beitrag** erheben — ganz gleich wie lang der Artikel ist. 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 6/87. elrad-Special 1, 2, 3, 4, 5 und 6. elrad-Extra 1, 2 und 4 und Remix I.

elrad - Magazin für Elektronik
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG
Postfach 610407
3000 Hannover 61

HEISE

BÜHLER

HiFi für Heim u. Auto/Büro u. Heimcomputer/Telefone u. Anrufbeantworter Alarmanlagen für Heim, Auto u. Boot Disco-, Studio- und Musiker-Anlagen Beleuchtungseffekte / Laser / Werkzeuge Meßgeräte und vieles mehr.

DER ELEKTRONIKSPEZIALIST
MIT DEN 5 AKTUELLEN UND
KOSTENLOSEN KATALOGEN!

ANFORDERN UNTER
BÜHLER-ELEKTRONIK · POSTFACH 32/A3
7570 BADEN-BADEN · Tel. (07221) 71004

ERFTKREIS ELECTRONIC
Inh. Ingeborg Tiede
Postfach 3106 · 5024 Pulheim
Tel. 0 2238/14229

| TEC LAUFWERKE | 0 6.400MHz | 1.20 | 1.15 | 3M-Textool | 1.4 | ab 5 |
|-------------------|------------|------------|------|------------|---------|-------|
| FD 55 BR | 224,00 | 0 8.000MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 16 | 12,50 |
| FD 55 GFR | 273,00 | 0 8.830MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 18 | 12,50 |
| FD 55 FR | 224,00 | 0 9.877MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 18 | 13,50 |
| FD 35 GFN | 295,00 | 010.000MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 20 | 13,50 |
| FD 35 FN | 222,00 | 010.425MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 22 | 14,90 |
| FD 13 FN | 218,00 | 010.700MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 24 | 15,90 |
| MOUSE GM 6 PC | 84,00 | 012.000MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 28 | 13,85 |
| IBM DRUCKERK. 2 m | 8,50 | 014.218MHz | 1.20 | 1.15 | TEXT 40 | 23,50 |

| | | | | | |
|-----------------------|------------------------|------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|
| 15,00MHz | 1.20 | 1.15 | Potentiometer 5mm Achse | 1.9 | ab 10 |
| RAM's, EPROM's | BITTE ERFRAGEN SIE DIE | 017.430MHz | 1.20 | 1.15 | Printausführung lin. log |
| AKTUELLEN TAGESPREISE | 18.00MHz | 2,00 | 1.75 | Mono | 1.55 |
| | 20.00MHz | 2,00 | 1.75 | Mono mit Schalter | 3,15 |
| | 25.00MHz | 2,00 | 1.75 | Stereo | 2,90 |

Mikroprozessoren

Z 80 A CPU 1.90 1.85

Z 80 A CPU 2.05 2.15

Z 80 H CPU 9.10 9.00

Z 80 A PIO 1.95 1.90

Z 80 B PIO 3.25 3.15

Z 80 B CTC 3.25 3.15

Z 80 A DMA 6,40 6,20

Z 80 A DART 6,40 6,20

Z 80 B DART 7,70 7,50

Z 80 ASIO-10 6,40 6,20

Z 80 ASIO-1 7,70 7,50

Z 80 ASIO-2 11.90 11.80

Z 80 A STI 24.25 23.95

Z 80 B STI 26.60 26.30

TLI-Quarzoszillatoren

Trimmer Ceramic 19mm

20 Gang

PT15 st. lg.

PT15 st. lg.

4.03 0.38

Sub-D-Schraubverbinder

10-248

Schalter

0.60 0.57

BLK109

0.95 0.93

BLK119

2.25 2.10

1x1JM

1.67 1.55

BLK129

2.05 2.00

2x1JM

1.98 1.85

BLK125

2.35 2.30

2x1JM/Mitte

2.33 2.15

BLK127

4.80 4.75

Lowline Drsh. Print/Dr.

0.55 0.52

1x12, 2x6

SLK109

0.90 0.87

3x4, 4x3

2.30 2.12

SLK115

2.30 2.25

SLK123

2.10 2.07

ITB S820

0.75 0.70

AD1 1x12

5.10 4.78

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

5.65 5.44

Z80 C-MOS Ausführung

SLK115

0.90 0.87

3x4, 4x3

2.30 2.12

C-Z80 ACPU 4MHz

6,25

SLK115

2.30 2.25

SLK123

2.10 2.07

ITB S820

0.75 0.70

AD1 1x12

5.10 4.78

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20

SLK127

2.20 2.15

AD2 2x6

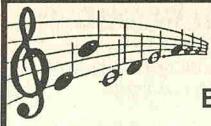
5.53 5.15

SLK125

4.25 4.20

AD3 3x4

5.59 5.20



Musik
Elektronik

Alesis Midiverb II
Effect-Prozessor

DM 670,-

Digitaler Effect-Prozessor mit 99 Haltprogrammen, 10 Bass, 10 Reverb, 10 Flanging, 10 Chorus, 20 Echo- und 10 Spezialprogrammen • 15 kHz Frequenzgang im Effektor • 85 dB Ausgangsabstand • 19 • Regler für EingangsEmpfindlichkeit, Mix (Original/Effekt) und Ausgangsausstärke • MIDI-In/Thru zur Programmumschaltung • 16-Bit Linear • Hall bis 20 sec. *

Keytek CTS-2000

Synthesizer (Unver. Preisempfehlung DM 3.000,-)

Unser Tiefpreis: DM 1.398,-



8-stimmiger Synthesizer mit 52 versch. gesamtpoligen Wellenformen • 5-Drehen-Tasten bis zu 4 Polen spalten. Pro Oscillator können 3 Wellenformen ausgewählt werden. • Der Klang beginnt mit einer Gitarre, geht dann in eine Orgel über und klingt mit einem Chor aus • Analog Nachbearbeitung der Wellenformen mit 24dB VCF und VCA • 3 versch. 8-stufige Harmoniumgeneratoren pro Stimme • 3 getrennte LFO, inc. Zufallsgenerator • Stereo-Ausgang mit Panorama Zuordnung für alle 8 Stimmen • Generatoren-MIDI-Kanäle für jede Split-Synthesizer. Sender und Empfänger • Anschlagsdynamik • Lieferung incl. ROM-Cartridge und Sustain-Pedal *

AKAI ME-100 MIDI-Delay

Unver. Preisempfehlung: DM 365,-

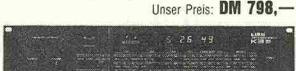
Unser Tiefpreis: DM 99,-

Verzögert MIDI-Signale von 0-1000 ms und gibt diese als Echo wieder • Das Besondere an diesem Delay: Das Echo-Signal kann auch eine Octave höher oder tiefer wiedergegeben werden, somit sind bei kurzer Zeitverzögerung auch Synchroverb-Effekte möglich, welche den Klang eines Synthesizers wesentlich fetter machen • 19 • Format • 220 Volt •

KAWAI K3m

Unver. Preisempfehlung: DM 2.090,-

Unser Preis: DM 798,-



8-stimmiger Synthesizer-Expander im 19" Format • 2-Drehstufen pro Stimme mit je 33 versch. digital abgespeicherten Wellenformen • Eine Wellenform ist über die Harmonia-Synthese mit 32 Oktaven selbst erstellbar • Nachbearbeitung mit 24 dB Filter und ADSR-Generator, sowie VCA mit ADSR-Generator • LFO-Generator lädt sich dem VCO, VCF und VCA zuschalten • Anschlagsdynamik • 32 verschiedene Rhythmus-Programme • 16 Stereo-Effekte • Tremolo und Doubtum • Key-Trans-Poss • Auto-Bend • Sendet System-Exclusive • MIDI In/Out/Thru • Durch mitgeführte RAM-Cartridge stehen 100 freie Soundprogramme zur Verfügung (Vorgespeichert mit 100 aktuellen Sounds) Begrenzte Stückzahl!!! *

Alesis HR-16

Unser Tiefpreis:

DM 899,-

Drum-Computer mit 49 digital abgespeicherten Rhythmus-Instrumenten in 16-Bit-Qualität. Speichert 100 Patterns • Das 100-Sounds-Instrument lädt sich einzeln stufenlos und einer der 4 Ausgänge zuordnen • 19 • Format • 220 Volt •

KORG SQ-8

unverbindliche Preisempfehlung:

DM 690,-

Unser Preis:

DM 440,-

MIDI-Sequenzierer mit 6500 Noten Speicherkapazität • Großes LCD Display für schnelle Programmierung • 8 Spuren mit getrennten MIDI-Kanälen • Einbautes Metronom • Jede Spur lädt sich einzeln ein- und ausschalten • Real-Time und Schnitt-für-Schnit-Aufnahme • Speichert Anschlagsdynamik, Programm-Change, Bender etc. • Sequenz kann durch Drücken einer Taste am Keyboard transponiert werden • Lieferung incl. Netzteil *

DM-100 Mikrofon

Unser Tiefpreis:

DM 115,-

Dynamisches Mikrofon • Schwere Zink-Druckgussgehäuse • Nachbau des Shure SM-58 • Frequenzgang 30-15000 Hz • Bestens für Gesang oder zur Abnahme von Instrumenten geeignet • Lieferung incl. 6m XLR-Klinke-Kabel, Mikrofon-Klammer sowie Kunststoff-Etui.

ST-1000 Stimmgerät

Unser Tiefpreis:

DM 49,-

Gitarren-Baß-Stimmgerät • Schalter zur Anwahl der 6 Saiten • Batterie-Check • Einbautes Mikrofon • Grundton von 430-450 Hz einstellbar.

KAWAI R-50

unverbindliche Preisempfehlung: DM 890,-

Unser Tiefpreis: DM 690,-

Digitaler Drum-Computer mit 24 digital abgespeicherten Instrumenten wie z. B. versch. Baß-Drums, 3x Snare-Drum, Becken, versch. Percussions-Sounds etc. • Jedes Instrument lädt sich einzeln stimmen und auch gestimmt abspeichern, so daß sich z. B. mit einem Tom ein ganzer Tom-Tom-Satz imitieren lädt • Stereo sowie progr. Einzelausgang • 5000 Patterns • 16-Bit-Qualität • 1000 Sounds • 1000 Sequenzen • 16 Note-Nummer über MIDI senden und somit auch als Sequenzer eingesetzt werden. Lieferung incl. Netzteil. Sound-Erweiterung über Zusatz-Chip mit 24 neuen Instrumenten DM 115,-

Begrenzte Stückzahlen • Schnele Versand per Post, Nachnahme • Alle Geräte originalverpackt mit Garantie • Ausführliches Informationsmaterial gegen DM 2,- in Briefmarken.

AUDIO ELECTRIC GmbH
Robert-Bosch-Straße 1
7778 Markdorf (Bodensee)
Tel. 07544/71608

80 Watt Class A MOS-FET Leistungsverstärker Das Klangerlebnis!



MOS A 80

Beispiel aus unserem Class A-Angebot:

| Typ | MOS A 80 |
|-----------------------|----------------|
| Leit. Sin./Mus. (4 Ω) | 80/120 W |
| Maße m. Kühl., LxWxH | 390 x 100 x 80 |
| Preis mit/ohne Kühlk. | 320,-/280,- |
| Trafo Mono TR 80 A | 105,- |
| Trafo Stereo TRS 80 A | 161,- |

Gesamtkatalog gratis unter
Abt. MK 2

M.KLEIN
ELEKTRONIK

M. Klein Elektronik · Schubertstraße 7
7531 Neuhausen/Hamburg bei Pforzheim
Telefon (0 72 34) 77 83 - Tx 7 83 478 klein

PLATINENSERVICE!

Schnell und preiswert nach Ihren Vorlagen.
Einzelplatten und Kleinserien, Foto- oder Siebdruckverfahren.

Material: Epoxyd (auf Wunsch Hartpapier).

Preis pro cm²: 8 Pfennig! Aufpreis für: Blau eingefärbt Epoxid-Platinen, chemisch verzinnte Platinen und doppelseitig geätzte Platinen je 20%.

Preis pro Bohrung: 1,8 Pfennig. Lieferung per Nachnahme oder Vorkasse!

J. Miethe Electronic, Constantinstr. 72, 3000 Hannover 1
Telefon 05 11/69 71 73 ACHTUNG Händler!
Interesse an Anlaufstelle? — Unterlagen anfordern!

Selbstbauboxen - Video-Möbel

® D-7520 BRUCHSAL · Tel. 0 72 51-723-0

Video-Kassetten-Lagerung in der Wohnung

Komplette Videotool-Einrichtungen • Compact-Disc Präsen-ta-tion + Lagerung



Bitte besuchen
Sie uns:
„AUDIO-VIDEO“
Düsseldorf vom 26. 08. - 01. 09. 88

Halle 9, Stand: 9 E 33

„VIDEO-KONGRESS“
Wiesbaden vom 08. 09. - 11. 09. 88
Halle 5, Stand: 5.01

FRAGEN SIE BEI HIFI-SPEZIALISTEN

NACH



LAUTSPRECHER FÜR DEN PROFI

- INDUSTRIE
- SELBSTBAU
- AUTO-HIFI
- MUSIKER

NEUER KATALOG DM 2,- BRIEFM.



WIRTH ELEKTRONIK GMBH
POSTFACH 100348 3004 ISERNHAGEN 1
TELEFON 0511/810074 TELEX 921148

AKTUELLE NEUHEITEN!

“Optischer Lötstoplack”

Grüner durchlötbare Leiterplatten-Schutzlack zur Versiegelung und optischen Verschönerung Ihrer Leiterplatten. Spraydose: 400 ml Inhalt . . . 13,10 DM

“Lötstellen-Reiniger”

Zur mühseligen Beseitigung von Flußmittelrückständen auf Leiterplatten, sowie zur Entfettung empfindlicher Bauelemente im Sprüh-Wasch-Verfahren. Spraydose: 400 ml Inhalt . . . 9,00 DM

Alle Sprays mit ozonfreundlichem Gas!

Versand per Nachnahme!

BAUER ELEKTRONIK
LEITERPLATTEN UND DESIGN

Hasenbruch 1

6690 ST. WENDEL 06851 - 7 03 66

Inh.: Rolf Bauer

Tennert-Elektronik

Ing. Rudolf K. Tennert

AB LAGER LIEFERBAR

- AD-/DA-WANDLER
 - CENTRONICS-TECKVERBINDER
 - C-MOS-40XX-16XX-74HCXX
 - DILIDEN-DRÖCKEN
 - DIP-KABELVERBINDER+KABEL
 - EINGABETASTEN DIGITAST++
 - FEINSICHERUNGSX204-HALTER
 - FERNSEH-THYRISTOREN
 - HYBRID-VERSSTÄRKER STK...
 - IC-SOCKEL+TEXTOOL-ZIP-DIP
 - KERAMIK-FILTER
 - KONDENSATOREN
 - KÜHLKÖPFER UND ZUBEHÖR
 - LABOR-EXP.-LEITERPLATTEN
 - LABOR-SORTIMENTE
 - LEITUNGS-TREIBER
 - LINEARE-ICS
 - LÖTKÖBLEN-LÖTSTATIONEN
 - LÖTSAUGER + ZINN
 - LÖTSEN, LÖTSTIFTE +
 - EINZELSTECKER DAZU
 - MIKROPROZESSOREN UND PERIPHERIEBAUTEILE
 - MINIATUR-ALTPSPRECHER
 - OPTISCHE TEILE LED + LCD
 - PRINT-RELAYS
 - PRINT-TRANSFORMATOREN
 - QUARZE + -OSZILLATOREN
 - SCHALT-+NETZTEILE
 - SPANNUNGS-REGLER FEST+VAR
 - SPEICHER-EPROM/PROM/RAM
 - STECKVERBINDER-DIVERSE
 - TEMPERATUR-SENSOREN
 - TAST-CODIER-SCHALTER
 - TRANSISTOREN
 - TRIAC-THYRISTOR-DIAC
 - TTL-74LS/74S/74ALS/74FXX
 - WIDERSTÄNDE + -NETZWERKE
 - Z-DIODEN + REF.-DIODEN
- KATALOG AUS 1988
MIT STAFFELPREISEN
ANFORDERN 176 SEITEN
KOSTENLOS

7056 Weinstadt-Endersbach
Postfach 22 22 · Ziegeleistr. 16
Tel.: (0 71 51) 66 02 33 u. 6 89 50



Das Optimal

- IEC-625, HP-IB, GP-IB
- für IBM-PC, XT, AT, IC, RT 6150, IBM-PS/2, PHILIPS PC: YES und alle Kompatiblen
- MS-DOS, OS/2, UNIX
- HP-Kommandos implementiert
- ASYST kompatibel
- National Instruments und Keithley kompatibel
- 64 kByte Speicherverwaltung
- DMA und INTERRUPT (SRQ)
- interaktives Bedienungsprogramm
- HELP-Bildschirm, Syntax-Überprüfung, Help- und Diagnosefunktionen in Deutschem Klartext
- BASIC, TURBO-BASIC, (TURBO-)PASCAL, MODULA-2, Fortran, C, ASSEMBLER

Deutsches Qualitätsprodukt

ines
Meisterwerk
Dataverarbeitung

Ines GmbH
Neuerhofer Allee 45
5000 Köln 41
West-Germany
Telefon: 0221/4237 0559
Telex: 2214237 gizkln
Telefax: 0221/491871
Telex: 172214237 gizkln

Für schnelle Anfragen: ELRAD-Kontaktkarten in der Heftmitte

Elektronik-Einkaufsverzeichnis

Augsburg

CITY-ELEKTRONIK B. Rothgänger
Scherlinstr. 12a, 8900 Augsburg
Tel. (08 21) 51 83 47
Bekannt durch ein breites Sortiment zu günstigen Preisen.
Jeden Samstag Fundgrube mit Bastlerraritäten.

Berlin

ApL RADIO ELEKTRONIK
1 BERLIN 44, Postfach 225, Karl-Marx-Straße 27
Telefon 0 30/6 23 40 53, Telex 1 83 439
1 BERLIN 10, Stadtverkauf, Kaiser-Friedrich-Str. 17a
Telefon 3 41 66 04

CONRAD
ELECTRONIC

Telefon: 0 30/2 61 70 59
Kurfürstenstraße 145, 1000 Berlin 30

Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

WAB nur hier
OTTO-SUHR-ALLEE 106 C
1000 BERLIN 10
(030) 341 55 85
...IN DER PASSAGE AM RICHARD-WAGNER-PLATZ
...GEÖFFNET MO-FR 10-18, SA 10-13
ELEKTRONISCHE BAUTEILE · FACHLITERATUR · ZUBEHÖR

Bielefeld

ELEKTRONIK · BAUELEMENTE · MESSGERÄTE

alpha electronic
A. Berger GmbH & Co. KG
Hoepfer Str. 184
4800 Bielefeld 1
Tel.: (05 21) 32 43 33
Telex: 9 38 056 alpha d

4800 Bielefeld
Völkner
electronic

Taubenstr./Ecke Brennerstr. · Telefon 05 21/2 89 59

Braunschweig

BAUELEMENTE DER ELEKTRONIK
Dipl.-Ing. Jörg Bassenberg
Nußbergstraße 9, 3300 Braunschweig, Tel.: 05 31/79 17 07

3300 Braunschweig
Völkner
electronic

Zentrale und Versand:
Marienberger Str. 10 · Telefon 05 31/87 62-0
Telex: 9 52 547

Ladengeschäft:
Sudetenstr. 4 · Telefon 05 31/5 89 66

Bremen

2800 Bremen
Völkner
electronic

Hastedter Heerstraße 282/285 · Tel. 04 21/4 98 57 52

Dietzenbach



- Japanische IC's
- Japanische Transistoren
- Japanische Quarze
- Quarz-Sonderanfertigungen
- Funkgeräte und Zubehör
- dnt-Satelliten-Systeme

F. Wicher Electronic

Inh.: Friedrich Wicher

Groß- und Einzelhandel

Gallische Str. 1 · 6057 Dietzenbach 2
Tel. 0 60 74/3 27 01

Dortmund

city-elektronik

Elektronik · Computer · Fachliteratur
Güntherstraße 75 · 4600 Dortmund 1
Telefon 02 31/57 22 84

KELM electronic
& HOMBURG

4300 Essen 1, Vereinstraße 21
Tel. 02 01/23 45 94

Frankfurt

ApL Elektronische Bauteile
6000 Frankfurt/M., Münchner Str. 4-6
Telefon 0 69/23 40 91, Telex 414061

Freiburg

S mega electronic

Fa. Algaier + Hauger
Bauteile — Bausätze — Lautsprecher — Funk
Platinen und Reparaturservice
Eschholzstraße 58 · 7800 Freiburg
Tel. 0 76 1/27 47 77

Gelsenkirchen

Elektronikbauteile, Bastelsätze



Inh. Ing. Karl-Gottfried Blindow
465 Gelsenkirchen, Ebertstraße 1-3

Giessen

Armin **elektronische
Bauteile
und Zubehör**

Frankfurter Str. 302 · 06 41/2 51 77
6300 Giessen

Hagen



**Electronic
Handels GmbH**

5800 Hagen 1, Elberfelder Straße 89
Telefon 023 31/2 14 08

Hamburg

**balü®
electronic**

Handelsgesellschaft mbH & Co. KG

2000 Hamburg 1
Burchardstraße 6 · Sprinkenhof ·
Telefon (0 40) 33 03 96
33 09 35
Telefax (0 40) 33 60 70

FUNK - SHOP

I. Kunitzki
Asterlager Str. 98, Telefon 02 135/6 33 33
4100 Duisburg-Rheinhausen

Bauteile, Bausätze, Funkgeräte

Preuß-Elektronik

Schelmenweg 4 (verlängerte Krefelder Str.)
4100 Duisburg-Rheinhausen
Ladenlokal + Versand · Tel. 02 135-22 064

Essen

CONRAD
ELECTRONIC

Telefon: 0 20 1/23 80 73
Viehofer Straße 38 - 52, 4300 Essen 1
Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

CONRAD
ELECTRONIC

Telefon: 0 40/29 17 21
Hamburger Str. 127, 2000 Hamburg 76
Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

Elektronik-Einkaufsverzeichnis



2000 Hamburg
Wandsbeker Zollstr. 5 · Telefon 0 40/6 52 34 56

Hamm



4700 Hamm 1, Werler Str. 61
Telefon 0 2381/1 2112

Hannover

RADIO MENZEL

Elektronik-Bauteile u. Geräte
3000 Hannover 91 · Limmerstr. 3—5
Tel. 05 11/44 26 07 · Fax 05 11/44 36 29



Ihme Fachmarktzentrum 8c · Telefon 05 11/44 95 42

Heilbronn

KRAUSS elektronik

Turmstr. 20, Tel. 0 71 31/6 8191
7100 Heilbronn

Hirschau

CONRAD ELECTRONIC

Hauptverwaltung und Versand
8452 Hirschau · Tel. 09622/30-111
Telex 63 12 05
Europas größter
Elektronik-Spezialversender
Filialen:
2000 Hamburg 76, Hamburger Str. 127, Tel.: 040/2917 21
4300 Essen 1, Vierhofer Str. 38—52, Tel.: 0201/23 8073
8000 München 2, Schillerstraße 23 a, Tel.: 089/592128
8500 Nürnberg 70, Leonhardstraße 3, Tel.: 0911/263280
Conrad Electronic Center GmbH & Co. in:
1000 Berlin 30, Kurfürstendamm 145, Tel.: 030/ 2617059

Kaiserslautern

HRK-Elektronik

Bausätze · elektronische Bauteile · Meßgeräte
Antennen · Rdf u. FS Ersatzteile
Logenstr. 10 · Tel.: (06 31) 6 02 11

Kaufbeuren



JANTSCH-Electronic
8950 Kaufbeuren (Industriegebiet)
Porschestr. 26, Tel.: 0 83 41/142 67
Electronic-Bauteile zu
günstigen Preisen

Kiel

BAUELEMENTE DER ELEKTRONIK

Dipl.-Ing.
Jörg Bassenberg
Weißenburgstraße 38, 2300 Kiel

Köln



Bonner Straße 180, Telefon 02 21/37 25 95



5000 Köln, Hohenstaufenring 43—45
Tel. 02 21/24 95 92

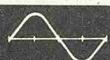


Kusel

ELEKTRONIK SCHNEIDER

Bausätze · elektronische Bauteile · Meßgeräte
Antennen · Rundfunk- u. FS-Ersatzteile
Tuchrahmstr. 2 · Tel. (0 63 81) 4 0166

Lebach



Elektronik-Shop

Trierer Str. 19 — Tel. 068 81/2662
6610 Lebach
Funkgeräte, Antennen, elektronische Bauteile, Bausätze,
Meßgeräte, Lichtorgeln, Unterhaltungselektronik

Lippstadt



Electronic
Handels GmbH

4780 Lippstadt, Erwitter Straße 4
Telefon 0 29 41/179 40

Lünen



4670 Lünen, Kurt-Schumacher-Straße 10
Tel. 0 23 06/6 1011

Mannheim



SCHAPPACH
ELECTRONIC
S6, 37
6800 MANNHEIM 1

Mönchengladbach

Brunnenberg Elektronik KG

Lürriper Str. 170 · 4050 Mönchengladbach 1
Telefon 0 2161/4 44 21
Limitenstr. 19 · 4050 Mönchengladbach 2
Telefon 0 2166/42 04 06

Moers



NÜRNBERG-
ELECTRONIC-
VERTRIEB
Uerdinger Straße 121
4130 Moers 1
Telefon 0 28 41/3 22 21

München

CONRAD ELECTRONIC

Telefon: 0 89/59 21 28
Schillerstraße 23 a, 8000 München 2
Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-
elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur



RADIO-RIM GmbH
Bayerstraße 25, 8000 München 2
Telefon 089/557221
Telex 529 166 rarim-d
Alles aus einem Haus

Münster

Elektronikladen
Giesler & Danne GmbH
HF-Spezialbauteile
Hammer Str. 157, 4400 Münster
Telefon (02 51) 7 95 - 125

Neumünster

Visaton, Lowther, Sinus
Frank von Thun
Johannisstr. 7, 2350 Neumünster
Telefon 0 43 21/4 48 27
Neue Straße 8—10, 2390 Flensburg
Telefon 0 46 1/38 91

Nürnberg

Rauch Elektronik
Elektronische Bauteile, Wire-Wrap-Center,
OPPERMANN-Bausätze, Trafos, Meßgeräte
Ehemannstr. 7 — Telefon 09 11/46 92 24
8500 Nürnberg

CONRAD ELECTRONIC

Telefon: 09 11 / 26 32 80
Leonhardstraße 3, 8500 Nürnberg 70
Elektron. Bauelemente · Meßtechnik · HiFi · Musik-elektronik · Computer · Funk · Modellbau · Fachliteratur

Seit 1928
Radio - TAUBMANN
Vordere Sternsgasse 11 · 8500 Nürnberg
Ruf (09 11) 22 41 87
Elektronik-Bauteile, Modellbau,
Transformatorenbau, Fachbücher

Oldenburg

e — b — c utz kohl gmbh
Elektronik-Fachgeschäft
Alexanderstr. 31 — 2900 Oldenburg
04 41/8 21 14

Elektronik-Fachgeschäft

REICHLE
ELEKTRONIK
Kaiserstraße 14
2900 OLDENBURG 1
Telefon (04 41) 1 30 68
Telefax (04 41) 1 36 88

Wilhelmshaven

Elektronik-Fachgeschäft

REICHELT
ELEKTRONIK

MARKTSTRASSE 101 — 103
2940 WILHELMSHAVEN 1
Telefon (0 44 21) 2 63 81
Telefax (0 44 21) 2 78 88

Witten

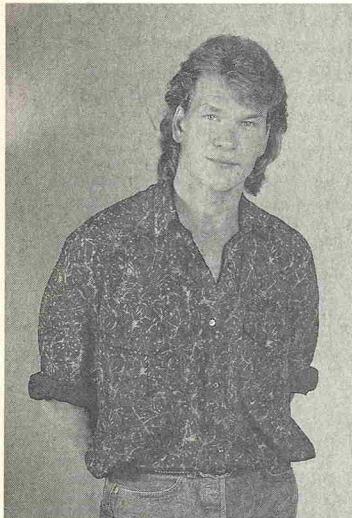
KELM electronic
& HOMBERG

5810 Witten, Steinstraße 17
Tel. 0 23 02/5 53 31

Wuppertal



**Electronic
Handels GmbH**
5600 Wuppertal-Barmen, Höhne 33 — Rolingswerth 11
Telefon 02 02/59 94 29



**Wir wissen nicht,
welche Zeitschrift Ihnen
Patrick Swayze empfehlen würde.
Wir empfehlen Ihnen VIDEO VISION.**

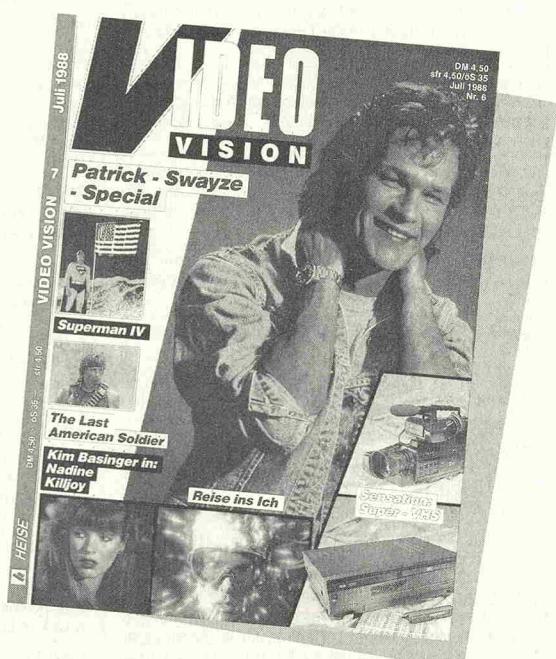
In der Juli - Ausgabe lesen Sie:

**Patrick - Swayze - Special
Reise - Tips
Nadine (mit Kim Basinger)
Die Reise ins Ich
und weitere Video - Knüller**

Die Technik - Sensation:

**Super VHS
Neue Geräte von Blaupunkt,
Seleco und Grundig**

Verlag Heinz Heise GmbH
Heisterstraße 7
3000 Hannover 61
Tel. (05 11) 53 52 - 0



*Jetzt
an Ihrem
Kiosk!*

MEHRERE KÜHLKÖRPER SOWIE Meßbrücken und Röhrenprüferäte u. Elektronik zu verkaufen. Tel. 0721/811141 Sa ab 9.00 Uhr.

Empfangsprobleme 2. Wir entwickeln und fertigen HF-Verstärker für (fast) jeden Zweck bis 1500 MHz. Rufen Sie an. Kurzinfo frei, C. Petermann, Kirchdornberger 69, 4800 Bielefeld. 0521/100617. [G]

Sie sollten Ihr Geld nicht verschenken!!!! Lautsprecher u. Zubehör kauft man bei: FUNDGRUBE, Hauptstr. 139, 7930 Ehingen. [G]

NETZTEILELKOS SUPERGÜNSTIG! FABRIKNEUE BECHERELKOS VON MEPCO/USA 61000 μF/755V, ABSOLUTE Spitzenqualität, ungebraucht, für Superendstufen, nur 58,—; neu! HiFi-Vision Testsieger BOXENBAUSATZ SEAS MS5 lieferbar! 498,— pro Stück. Div. Vorführboxen sehr günstig! AKUSTIKALDEN, 6000 FRANKFURT, Heidestr. 60, 069/444020. [G]

ZWEIK. OSZ. GOULD OS300 für DM 600 UND ZWEIK. OSZ. Hitachi V212/20 für DM 500 alles neuw. wegen Hobbyaufgabe. T. 02404/65001.

Elektrostaten Jansen u. Röhrenverstärker 600,— 50 Röhren ECC 81 u. Bastelteile 15 kg 200,—, Fotokopier. defekt 250,—, 100 Luftspulen 250,—, T. 06084/699. [G]

FÜR DEN AUFBAU VON FREQUENZWEICHEN: LUFTSPULEN UND GLOCKENKERNE NACH IHREN ANGABEN, SOWIE MKP- UND MKT-KONDENSATOREN, KERAMIK-WIDERSTÄNDE 5,9,20 WATT, L-REGLER 8 OHM 15 BIS 100 WATT, ANSCHLUSS-TERMINALS, KUPFERLACKDRÄTHE, AUCH SPULENKÖRPER. ICH BAUE AUCH IHRE WEICHE AUF. MICHEL NEUHOLD ELEKTR. BAUTEILE, TEL. 030/7215071, 1000 BERLIN 48, KLAUSENBURGER PFAD 15. [G]

HIFI-MUSIKER-Lautsprecher, Endstufen, Zubehör u. Lichteekte, Flightcasebauteile, Mixer billig bei Fa. ELOK, BRESLAUERSTR. 19, 8632 NEUSTADT. [G]

Peltier-Elemente ★ Solarzellen. Infos bei: O. Kessler, Im Händle 42, 7000 Stuttgart 60. [G]

38 cm BASSLAUTSPRECHER MULTICELL MB 38 NEU MIT DATENBLATT. 2 ST. 600 DM VB. 05182/4614.

ELEKTRONIK + COMPUTERBÖRSE: 25. + 26.6. DÜSSELDORF RHEINTERRASSENHALLE, 2. + 3.7. 5170 JÜLICH STADTHALLE, 9. + 10.7. 4040 NEUSS NORDSTADTHALLE, 16. + 17.7. 4220 DINSLAKEN SAAL AM ALTMARKT, 23. + 24.7. 4019 MONHEIM FESTHALLE, 30. + 31.7. 4130 MOERS MOTEL MOERS, 6. + 7.8. KÖLN HAUS WOLKENBURG. JEDER KANN ALS ANBIETER TEILNEHMEN. INFO: 02845/ 27260.

HOBBY-ELECTRONIC PARGEN VERSAND/ABHOLSERVICE ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE. LISTE ANFORDERN KOSTENLOS/KATALOG 17 DM. 5 KÖLN 90, TEL. 02203/34344. [G]

★★★★★★★ LCD-MODULE ★★★★★★★★ zahlreiche Typen zu Superpreisen im Versand. **Moll-Elektronikversand**, Blocksquerstr. 1—3, 2400 Lübeck 1, Tel. 0451/74559 ab 14 Uhr. [G]

ELV-Frequenz. FZ7000, 1 GHz, DM 350,—; Single-Board-Computer BLC-16/316 mit Handbuch, div. Tastaturen, Monitore u. Computernetzteile usw. Telefon 06198/9458 (nach 18 Uhr).

Versand von elektronischen Bauteilen kostenl. Katalog anfordern. Elektronikversand Behr, Allenbacher Str. 17, 5226 Reichshof-Allinghausen. [G]

Ständig gebrauchte generalüberholte Meßgeräte zu verk. Liste Tel. 09545/7523. [G]

Canton Resiver Super Optik Würfelform NP 3000,—, defekt 600,—, Fostex FS 80D Mitteltöner 3 kg, Neu 350,—, FP103 MT Einzelstück. T. 06084/699.

Verkaufe Computer: Sinclair GL (eng. V) + Druckerinterface + Zubehör DM 350 / f. Spectrum: Interface 1 + Microdrive DM 120 / 2x81-16k int. DM 40. G. Pfeifer Tel. 0941/95290.

FLEXIBLE PRODUKTIONSFIRMA HAT NOCH KAPAZITÄTEN FREI. LEITERPLATTENBESTÜCKUNG, PRÜFEN ELEKTRONISCHER BAUGRUPPEN, BAUTEILEBESCHAFFUNG, SOWIE AUFBAU VON MUSSTERGERÄTEN UND SERIENFERTIGUNG WERDEN VON UNS SCHNELL UND ZUVERLÄSSIG ERLEDIGT. KOOPERATIONSPARTNER IM GROSSRAUM KARLSRUHE WÜNSCHENSWERT. CHIFFRE-NR. E880701. [G]

elrad-Reparatur-Service! Abgleichprobleme? Keine Meßgeräte? Verstärker raucht? Wir helfen! „Die Werkstatt“ für Modellbau und Elektronik. Wilhelm-Bluhm-Str. 39, 3000 Hannover 91, Tel. 0511/2104918, Geschäftzeiten: Mo.—Fr. 9.00—12.00/15.00—18.00. **ACHTUNG:** Ab 1. 6. 88 neue Adresse: Elektronik-Service, J. Eitge, Zeystraße 14a, 2300 Kiel 1. [G]

PLATINEN => Ilko ★ Tel. 4343 ★ ab 3 Pf/cm² dpl. 9,5, Mühlenweg 20 ★ 6589 BRÜCKEN. [G]

Außergewöhnliches? Getaktete Netzteile 5V—75A, Infrarot-Zubehör, Hsp. Netzteile, Geber f. Seismographen, Schreiber, PH-Meßger., Drehstrom u. spez. Motore m. u. o. Getriebe, Leistungs-Tyristoren/Dioden, präz. Druckaufnehmer, Foto-Multipliplier. Optiken, Oszilloskope, HF/HF Meßger., XY-Monitore, med. Geräte, pneum. Vorrichtungen, pneum. Ventile, Zylinder etc. u.v.m., neu, gebr. u. preiswert aus Industrie, Wissenschaft u. Medizin. Teilen Sie uns Ihre Wünsche mit, wir helfen. TRANSOMEGA-ELECTRONICS, Haslerstr. 27, 8500 Nürnberg 70, Tel. 0911/421840, Telex 622173 mic — kein Katalogversand. [G]

Elektronische Bauteile zu Superpreisen! Restposten — Sonderangebote! Liste gratis: **DIGIT**, Postfach 370248, 1000 Berlin 37. [G]

KKSL Lautsprecher, Celestion, Dynaudio, EV, JBL, Audax, Visation. PA-Beschallungsanlagen-Verleih, Elektronische Bauteile, 6080 Groß-Gerau, Otto-Wels-Str. 1, Tel. 06152/39615. [G]

LAUTSPRECHER + LAUTSPRECHERREPARATUR, GROSS- und EINZELHANDEL. Peiter, 7530 Pforzheim, Weiherstr. 25, Telefon 07231/24665. Liste gratis. [G]

Traumhafte Oszi.-Preise. Electronic-Shop, Karl-Marx-Str. 83, 5500 Trier, T. 0651/48251.

Rundfunksammler Originalnachdrucke historischer Rundfunkliteratur erhalten Sie bei M.M. Freundlieb, Passeier Steig 6, 4352 Herten, Tel. 02366/52045.

EPROMs ● RAMs ● μPs ● 74HC/HCT ● QUARZE ● IC-SOCKEL ● COMPUTER-KARTEN ● PC-XT/AT ● UNIVERSALPROGRAMMER ● LSI-ELECTRONIC GmbH, St. Rochus-Str. 4, 8044 U'SCHLEISSHEIM/MÜNCHEN. Tel. 089/3101067 ● Fax 089/3109191 ● Tex 522627 Isi d. [G]

++ Restposten + Restposten + Restposten ++ Sämtl. elektron. Bauteile preisgünstig. R. Degen, Bruno-Werntgen-Straße 8 E, 5205 St. Augustin 2, Tel. 02241/204256. [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. + + 04298/4980. [G]

SMD-Bauteile, SMD-Lupenbrille, SMD-Werkzeuge, SMD-Magazine + Behälter, Akt. Liste anfordern, LAE-Normann, Tannenweg 9, 5206 Neuenkirchen 1. [G]

Autoradio/Lautsprecher, Frequenzweichen, Ferrieggehäuse, Bausätze. Umfangreicher Katalog gegen 10,— DM (Scheck o. Schein, Gutschrift liegt bei). Händleranfragen erwünscht. Tänne acoustic, Schusterstr. 26, 7808 Waldkirch, 07681/3310. [G]

Reparatur-Service für Drahtlose Telefone. Mattern-Elektronik, Hauptstr. 6, TG 8031 Eichenau, Tel. 08141/80762. [G]

Programmierbare EPROMs 2716 bis 27011, R. Edelhauser, Dietramsellerstr. 5, 8170 Bad Tölz, T. 08041/2609. [G]

Kroha-Verstärker bis 800 Watt, Lautsprecher Dynaudio, Multicel, Trafos, Elkos, Bauteile für Endstufen, Tel. 07145/7293 bzw. 07191/53582.

Platinenherstellung, auf Wunsch mit Bestückungsdruck u. Lötstopplack, R. Edelhauser, 08041/2609. [G]

SAT-TV AB 1550,— ULTRA-SAT, BERGKNAPPENSTR. 169, 4350 RECKLINGHAUSEN, TEL.: 02361/34622. [G]

HALLO MUSIKER! PA-HORNSYSTEME aus Fiberglas, auch Einzel- und Sonderanfertigungen. Händleranfragen erwünscht! Außerdem Lautsprecher und Fightcasematerial zu gnadenlosen Preisen!! **GRATISATALOG** anfordern. **SCHNEIDER electroacoustic developments** ★ Oskarstr. 11 ★ 4650 Gelsenkirchen ★ Tel. 0209/144393. [G]

Achtung! Neuer Werkzeug-Electronic Katalog. Sehr günstige Preise! Z. B. Weltempf. 9-Band DM 69,50, Videocass. VHS E-180 8 DM, Autoboxen ab 45 DM, Automotorant. ab 29,25 DM, Sharp-Stereo-Autoradio m. Diebstahlh. 246 DM, versch. Zangen ab 5,20 DM, Steckschl. S. ab 8 DM u.v.m. Katalog anford. Fa. Vogt Versand, Postf. 4347, 7520 Bruchsal 4. [G]

SATELLITENEMPFANGSANLAGE: 1,5m Alu Spiegel, LNC 1,8dB, Receiver manuell, 20m Kabel und Stecker. **Nur 1990** —. Bad Berleburg, Tel. 02750/291 o. 232. [G]

SUCHE ORIGINALRÖHREN EL84 u. EL34 a. **WESTDEUTSCHER PRODUKTION** (KEINE OSTBLOCK-TYPEN V. VALVO, SIEMENS ...) F. GASTINGER, VILSTR. 24, 8400 REGGB.

Spannungswandler von 12V auf 220V ab 250,— DM, Herstellung und Vertrieb, Köhne-Elektronik 4788 Warstein-Allagen, Tel. 02925/1827. [G]

VOLLHARTMETALL-LP-Bohrer — 1/8"-Schaft Ø 0,2 — 0,5 per Stück 7,00 DM, ab 10 St. 6,00 DM/St., Ø 0,6—3,175 per Stück 4,00 DM, ab 10 St. 3,50 DM/St. **US-Multilayerqualität.** Versand per Nachnahme, zzgl. Porto. Fa. TECHNOTROL, Petersbergstr. 15, 6509 Gau-Odernheim, Tel. 06733/554. [G]

Im Urlaub nicht vergessen: Das Ohr zur Welt — mit einem unserer preisgünstigen Weltempfänger; z. B. Selena 217 97,80 DM, Sajut 001 188,— DM, SR 16 D 379,— DM, Crusader 8000 648,— DM. Bestellen (Vers. per NN) und/oder Katalog E887 ggn. DM 1,40 in Briefm. anfordern bei **T.S. TRONIX**, Postf. 2244, 3550 Marburg. [G]

REINER KLANG MIT KLEINEM PORTOMONIAE. MC-FARLOW BAUHEFTCHEN U. INFOMAT. GEGEN 3,— DM! VON HOEDTKE-ELEKTRONIK, D-5608 RADEVORMWALD, POSTFACH 1302, TELEFON (V. 9.30—20.00 UHR)!!! [G]

Gebrauchte Meßgeräte z. verk. Tel. 09545/7523. [G]

Leiterplatten, Epoxid, ein/doppelseitig, verzint, vergold, durchkont., Lötstopplack, Bestückungsdr., Angebot anfordern, Fa. P. Fallis, Joachimstaler Str. 15, 1000 Berlin 15, Tel.: 030/8826756. [G]

SONDERLISTE KOSTENLOS! Wir liefern laufend ein interessantes **Bauteile-Angebot + Industrie-Restposten**. Karte genügt! **DJ-Electronic**, Abt. 5213, Oßwaldstr. 5, 8130 Starnberg. [G]

HIGH-END — der Maßstab für Hörgenuss. Sie kreieren, planen und bauen. Wir liefern High-End-Bauteile und Baugruppen, z. B. Alps-Potentiometer 10K, 100K log. Stereo Stck./DM 19,95; Ringkerntrafo 180VA, 2x30V, vakuumgetränkt Stck./DM 58,—; Kühlkörper SK47 vorb. für 4xTO3P (BD-Typen) Stck./DM 20,50; Kondensatoren Roederstein 4700μF, 50V, 35x30 mm Stck./DM 4,85. Transistoren: BD249c/250c Paar/DM 5,60; BDV64c/65c Paar/DM 5,60; BF469/470 Paar/DM 1,45; BF759/762 Paar/DM 1,85; MJE340/350 Paar/DM 1,85; SA1215/SC2921 Paar/DM 52,—; IC NE5534AN Stck./DM 2,50; NE5532 Stck./DM 2,50; OPA2737 (BB) Stck./18,75. Des weiteren liefern wir bestückte Originalbaugruppen und unbestückte Platinen mit Bestückungsplan der Edelgeräte Abacus Rieder 60-120, Wictor Amp + Wictor Pre, ACT HPP und ACT HPA. Ebenso günstig liefern wir Ihnen Lautsprecherbausätze und Lautsprecher der Fabrikate WHD, Isophon + Visaton, Audax, Seas, Technics. Bestellungen und Anfragen an: S.S.A. + INElektronik, Postfach 1872, 4690 Herne 1. [G]

ACHTUNG. ACHTUNG. MUSIC-ELECTRONIC WELTER, MEROWINGERSTR. 51, 4000 DÜSSELDORF, TEL.: 0211/31 32 05 ZIEHT UM: AB 1. 9. 88 **OBERBILKER ALLEE 295, 4000 DÜSSELDORF 1, TEL.: 02 11/72 77 78.** WIR LIEFERN AUCH WEITERHIN: NETZ-U. AUSGANGSSTRAFOS FÜR RÖHREN-VERSTÄRKER, RÖHREN, RÖHREN-VERST.-BAUSTEINE, ENDSTUFEN, ETC. U. SIND ELECTROVOICE-SERVICE-CENTER. [G]

NEU — Jetzt auch im Rhein-Siegkreis — **NEU** Bestücken und Löten von elektronik-Bauteilen nach Schaltplan-Bestückungsdruck oder Muster. **Bruno Schmidt**, 5210 Troisdorf, Hauptstr. 172, Telefon: 02241/401193. [G]

WSG Elektronik Tel.: 05509/304
Bestücken von Platinen
Klein- und Großserien
3403 Friedland 5 Hauptstr. 15

Anzeigenschluß für
elrad 10/88
ist am 22. August 1988

KATALOG '88 – kostenlos

SONDERPREISE:

| | | |
|--|-----------------|--|
| Metallwiderstandsortimente 1% W 1% Toleranz | IC-Fassungen | LED's 3mm oder 5mm rot, |
| je 10 St. von 100Ω-1MΩ E12 = 61 Werte = 610 Stück | 8pol. 50 Stück | grün oder gelb, 100 St. |
| je 10 St. von 100Ω-1MΩ E24 = 121 Werte = 1210 Stück | 14pol. 50 Stück | 13.49 2S150/25K 133 ab 8 St. je Typ |
| je 100 St. von 100Ω-1MΩ E12 = 61 Werte = 6100 Stück | 16pol. 50 Stück | 10.98 1N4148 1000 St. |
| je 100 St. von 100Ω-1MΩ E24 = 121 Werte = 12100 Stück | 4.29 | 34.90 BC5508 oder 5509 100 St. |
| Spindeltrimmer 100 St. Werte nach Wahl (bitte angeben) | 132.00 | 9.98 BC5604, B oder C 100 St. |
| Pots 5mm Achse 100 St. Werte nach Wahl in o. log. | 17.57 | 9.98 BF-659/470/471/472 50 St. nach Wahl |
| | 97.00 | 29.90 BF-659/470/471/472 50 St. nach Wahl |

elpro Vertrieb elektr. Bauelemente R. Kräh — H. Wirag
Am Kreuzer 13, 6105 Ober-Ramstadt 2, **06154/52336**

APPOLO STANDS
Die unverwechselbaren Massiv-Lautsprecherstände

Vertrieb: Hifisound · Jüdefelderstr. 35/52 · 4400 Münster

Die Inserenten

| | |
|--|-----------------|
| A/S Beschallungstechnik, Schwerte | 7 |
| albs-Alltronic, Ötisheim | 21 |
| Audax-Proraum, Bad Oeynhausen | 9 |
| AUDIO ELECTRIC, Markdorf | 128 |
| audioplay, Winnweiler | 127 |
| Bauer-Elektronik, St. Wendel | 128 |
| Beifuß Elektronik, Frankfurt | 117 |
| Bühl, Baden-Baden | 127 |
| Burmeister, Rödinghausen | Umschlagseite 2 |
| BTB, Nürnberg | 128 |
| Chasseur, Bad Pyrmont | 15 |
| Diesselhorst, Minden | 7 |
| Doepfer, Gräfelfing | 127 |
| DRAU Electronic, Villach | 117 |
| EBS, Wilhelmshaven | 9 |
| E & E Versand, Erding | 100 |
| Eggemann, Neuenkirchen | 15 |
| Electronic am Wall, Dortmund | 117 |
| Elektronik-Versand, Neustadt | 117 |
| elpro, Ober-Ramstadt | 133 |
| EMCO Maier, Siegsdorf | 94 |
| Erftekreis-Electronic, Stommeln | 127 |
| ERSA, Wertheim | 39 |
| EXPERIENCE electronics, Herbrechtingen | 7 |
| Fernschule Bremen, Bremen | 117 |
| Frank, Nürnberg | 39 |
| GDG, Münster | 21 |
| Geist, VS-Schwenningen | 100 |
| Gerth, Berlin | 39 |
| Gruber & Fischer, Radolfzell | 123 |

| | |
|---|-----------------|
| Hados, Bruchsal | 128 |
| Heck, Oberbietingen | 9 |
| Heiland, Warendorf | 117 |
| HEV, Hamburg | 21 |
| hifisound, Münster | 133 |
| HIGH-TECH, Dortmund | 7 |
| Hubert, Dr., Bochum | 71 |
| INES, Köln | 128 |
| Iser, Eiterfeld | Umschlagseite 3 |
| Joker-HiFi-Speakers, München | 127 |
| M. KLEIN ELEKTRONIK, Neuhausen | 128 |
| Knechtiges, Morsbach | 117 |
| Köster, Göppingen | 47 |
| Lautsprecher & Lichtanlagen, Niederkassel | 71 |
| LEHMANN-Elektronik, Mannheim | 100 |
| Leister, CH-Kägiswil | 71 |
| LSV, Hamburg | 23 |
| Mayer, Heimertingen | 123 |
| Meyer, Baden-Baden | 123 |
| Miethe Electronic, Hannover | 128 |
| mvoc, Solingen | 21 |
| MONARCH, Bremen | 19 |
| Müller, Stemwede | 15 |
| Müter, Oer-Erkenschwick | 71 |
| MWC, Alfter | 23 |
| Oberhage, Starnberg | 99 |
| Open Air, Hamburg | 99 |
| Peerless, Düsseldorf | 123 |
| POP, Erkrath | 23 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| QUICK-OHM, Wuppertal | 15 |
| Ratho, Hamburg | 80, 81 |
| Reichelt, Wilhelmshaven | 12, 13 |
| RIM, München | 15 |
| RUESCHE, Gummersbach | 51 |
| SALHÖFER, Kulmbach | 123 |
| Seidel, Minden | 100 |
| S.-E.-V. Brendt, Stolberg | 125 |
| Silzner, Achern | 125 |
| SOUND-EQUIPMENT, Bochum | 99 |
| Soundlight, Hannover | 125 |
| Späth, Holzheim | 125 |
| Süssen-Elektronik, Manching | 99 |
| Schaffer, Pfarrkirchen | Umschlagseite 4 |
| Scherm Elektronik, Fürth | 117 |
| Schubert, Münchberg | 21 |
| Schulte, Fürth | 123 |
| Schuro, Kassel | 71 |
| Stippler, Bissingen | 21 |
| Technik-Versand, Darmstadt | 125 |
| Tennert, Weinstadt-Endersbach | 128 |
| Thomas, Stadt | 117 |
| Trafo-Löwe, Issum | 99 |
| Vielstädter Elektronik, Hude | 19 |
| Vodisek, Leutesdorf | 123 |
| Weltronik, Borken | 99 |
| Wirth, Isernhagen | 128 |
| WSG Elektronik, Friedland | 133 |
| Zeck Music, Waldkirch | 19 |

Impressum:

elrad
Magazin für Elektronik
Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG
Helstorfer Straße 7
Postfach 610407
3000 Hannover 61
Telefon: 0511/53 52-0
Telex: 9 23 173 heise d
Telefax: 0511/53 52-129
Kernarbeitszeit 8.30–15.00 Uhr

Technische Anfragen nur mittwochs 9.00–12.30 und 13.00–15.00 Uhr unter der Tel.-Nr. (0511) 53 52-171

Postgiroamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968
(BBLZ 250 299)

Herausgeber: Christian Heise

Chefredakteur: Manfred H. Kalsbach (verantwortlich)

Redaktion: Johannes Knoff-Beyer, Thomas Latzke,
Michael Oberesch, Peter Robke-Doerr, Hartmut Rogge

Ständiger Mitarbeiter: Eckart Steffens

Redaktionsssekretariat: Lothar Segner

Technische Assistenz: Hans-Jürgen Berndt, Marga Kellner

Grafische Gestaltung: Wolfgang Ulber (verantwortl.)
Dirk Wollschläger, Ben Dietrich Berlin

Fotografie: Lutz Reinecke, Hannover

Verlag und Anzeigenverwaltung:

Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG
Helstorfer Straße 7
Postfach 610407
3000 Hannover 61
Telefon: 0511/53 52-0
Telex: 9 23 173 heise d
Telefax: 0511/53 52-129

Geschäftsführer: Christian Heise, Klaus Hausen

Objektleitung: Wolfgang Penseler

Anzeigenleitung: Irmgard Dörgens (verantwortlich)

Disposition: Gerlinde Donner-Zech, Christine Paulsen,
Pia Ludwig

Anzeigenpreise:

Es gilt Anzeigenpreisliste Nr. 10 vom 1. Januar 1988

Vertrieb: Anita Kreutzer

Bestellwesen: Christiane Gonnermann

Herstellung: Heiner Niens

Satz:

Hahn-Druckerei, Im Moore 17, 3000 Hannover 1
Ruf (0511) 7083 70

Druck:

C. W. Niemeyer GmbH & Co. KG,
Osterstr. 19, 3250 Hameln 1, Ruf (05151) 200-0

elrad erscheint monatlich.

Einzelpreis DM 6,—, OS 52,—, sfr 6,—

Das Jahresabonnement kostet DM 60,—

DM 73,— (Ausland, Normalpost)

DM 95,— (Ausland, Luftpost).

Vertrieb und Abonnementsverwaltung

(auch für Österreich und die Schweiz):

Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb

Postfach 57 07

D-6200 Wiesbaden

Ruf (06121) 266-0

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 Bildern an die Redaktion erträgt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht.

Sämtliche Veröffentlichungen in elrad erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes. Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany

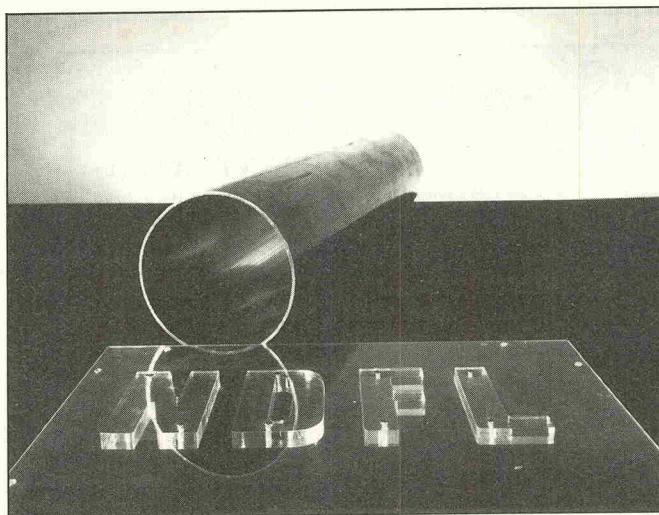
© Copyright 1988 by Verlag Heinz Heise GmbH & Co. KG

ISSN 0170-1827

Titelidee: elrad

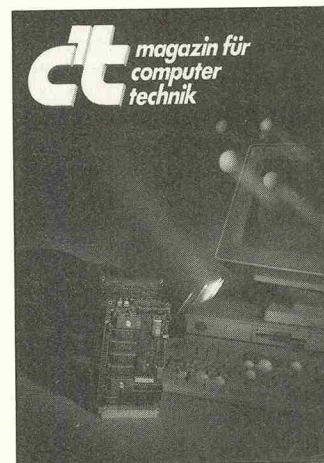
Titelfoto: Lutz Reinecke, Hannover

Heft 9/88 erscheint am 19. 8. 1988



NDFL — Update '88

Der 2 x 60-W-Verstärker mit 'Nested Differentiating Feedback Loops', vor einigen Jahren veröffentlicht, war und ist eines der erfolgreichsten elrad-Audio-Projekte.
Inzwischen steht fest: Mit einigen kleineren schaltungstechnischen Maßnahmen lässt sich die Qualität des NDFL noch steigern. Dazu gibt's einen zeitgeistigen Aufbau-Vorschlag: Der Transistor-Verstärker in der Röhre.



68000-CPU, 32polige Speichersockel, diverse Schnittstellen, Uhr, Watchdog und Erweiterbarkeit sind die Features des Einplatinen-Computers EPAC-68000.

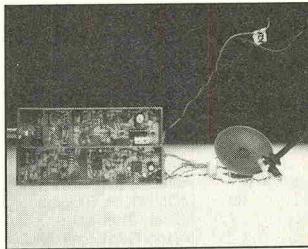
Eine bunte Palette der ungeliebten Spezies Computer-Viren geistert durch die Lande. Der geplagte Anwender kann aber seinen Rechner durch Know-how-Impfungen schützen.

Stromversorgung

Das wird oft benötigt: ein leistungsfähiger Spannungswandler von 12 V auf symmetrische 15 V. Ein elrad-Projekt mit 2 x 1 A.

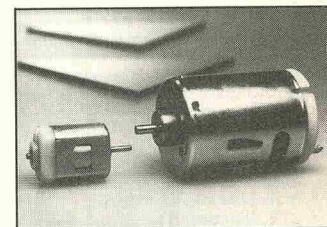
2-m-Empfänger

In diesem Projekt wird ein 2-m-Empfänger erstellt, der mit durchweg preiswerten Bauteilen auskommt. Selbst ein Hf-Anfänger dürfte keine Schwierigkeiten beim Nachbau dieses quarzgesteuerten Einkanal-Festfrequenzempfängers haben, der sich durch eine hohe Hf-Empfindlichkeit auszeichnet. Der Empfänger kann beispielsweise zum Abhören einer Relaisfunkstelle eingesetzt werden.



PAL-Grundlagen

Um möglichst viele Logikelemente auf einer Platine zusammenzufassen, kann man hochintegrierte ICs verwenden, die aber zumeist nicht die schaltungsabhängigen individuellen Anforderungen erfüllen. Eine Alternative ist der Einsatz von ICs, deren Funktion nach Belieben festgelegt werden kann — beispielsweise PALs. Mehr über diese Bausteine im nächsten Heft.



Gleichstrommotoren

motoren

Wichtige Motor-Typen und ihre Eigenschaften, Schaltungen zur Drehzahl-Stabilisierung von Gleichstrommotoren und als Projekt eine universelle getaktete Motorregelung mit 3...20 V/10 A.

Input 6/88 — jetzt am Kiosk

Test: XCAD für Amiga ★ Software-Know-how: Computerviren, Schrifterkennung mit Matrixgedächtnis ★ Report: Suprenum — das deutsche Supercomputer-Projekt ★ Programm: Differentialgleichungen lösen, Tastaturtreiber für PCs ★ Kartei: DTP-Sprache PostScript ★ u.v.a.m.

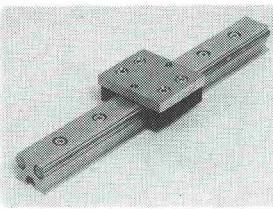
Input 7/88 — ab 15. Juli am Kiosk

Projekte: CEPAC-80-SMD — winziger Z80-CMOS-Einplatinen-Computer mit 32 KB EPROM, 32 KB RAM und vielen Ports ★ TEK 4/8 am Atari ST ★ 5 1/4" an IBMs PS/2-Rechnern ★ PC-Bausteine: Interrupt-Controller 8259 ★ Planung erleichtert die Software-Entwicklung ★ u.v.a.m.

Musik-Editor — Der C64 als Noten-Schreibmaschine ★ Kfz-Kosten — Der C64 verwaltet alle Kosten und Unkosten für Ihr Auto. ★ Geografie — Bestimmen Sie auf einer unbeschrifteten Landkarte alle Staaten Europas ★ Nico arbeitet diesmal als Fliesenleger ★ 64er Tips ★ IMC-Generator ★ u.v.a.m.

isel-Linear-Doppelpurvorschub

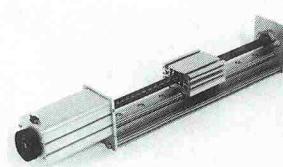
- 2 Stahlwellen, Ø 12 mm, h6, gehärtet und geschliffen
- 1 Doppelpur-Profil, B 96 x H 28 mm, aus Aluminium
- Zwei aus Polycarbonat bestehende, h6, im Abstand von 50 mm
- Führungsgenauigkeit auf 1 m Länge < 0,01 mm
- Verdrehsicherer u. spielfreier Linear-Doppelpurvorschub
- 2 Präzisions-Lineräder mit jeweils 2 Kugelläufen
- Geschliffene Aufspann- u. Befestigungsplatte, L65 x B 75 mm
- Dynamische Tragzahl 800 N, statische Tragzahl 1200 N



Linear-Doppelpurvorschub, 225 mm DM 74-
Linear-Doppelpurvorschub, 425 mm DM 108-
Linear-Doppelpurvorschub, 675 mm DM 138-
Linear-Doppelpurvorschub, 925 mm DM 172-
Linear-Doppelpurvorschub, 1175 mm DM 205-
Linear-Doppelpurvorschub, 1425 mm DM 250-

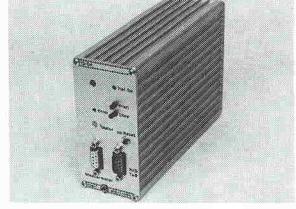
isel-Zollspindel-Vorschubeinheit

- Linear-Doppelpurvorschub 1 mit Montageprofil 1
- Linear-Doppelpurvorschub 2 mit Montageprofil 2
- Lineardurchmesser: Montage 100 x 75 mm, mit 2 T-Nutzen
- Gewindetrieb, Steigung 1 Zoll, mit 2 Flanschlagern
- Vorschub mit Schrittmotor 110 Ncm, Schrittw. 1,6 Grad
- 1 End- bzw. Referenzschalter, Genauigkeit < 1/100 mm



Zollspindel-Vorschubeinheit, Hub 75 mm DM 847-
Zollspindel-Vorschubeinheit, Hub 175 mm DM 670-
Zollspindel-Vorschubeinheit, Hub 275 mm DM 593-
Zollspindel-Vorschubeinheit, Hub 425 mm DM 627-
Zollspindel-Vorschubeinheit, Hub 525 mm DM 650-
Zollspindel-Vorschubeinheit, Hub 675 mm DM 684-

isel-Schrittmotorsteuerkarte mit Mikroprozessor DM 568-
■ Euro-Einschub mit 2-Zoll-Frontplatte und 80-VA-Netzteil
■ Digitale Schaltaussteuerung 400 V, max. 3,0 A
■ Ausgangsstufe kurzeschlußfest mit Überstromzange
■ Hockepack-Platine mit Ein-Chip-Mikrocontroller
■ Separate Spannungsführerleitungen, Inhibit-Eingang
■ Abschaltung der Endstufe bei Temperatur > 80 °C
■ 256 Byte Pufferbereich mit Software-Handshake
■ Max. programmierbare Geschwindigkeit 10 000 Schritte/s



Datenspeicherung in 32 K x 8 statt. RAM
■ Relative Positionierung mit großem Befehlssatz
■ Breitwinkel: 6 000 000 Schritte/Koordinate speicherbar
■ Geschachtete Schleifen im Koordinatenfeld möglich
■ Log. Entscl., im Datenfeld mit Prozeßrechner
■ Steuerungseing., rückw. über 16pol. Steckverb. DIN 41612
■ Schrittmotor-Ausg. fr.ents. über 9pol. Sub-D-Stecker

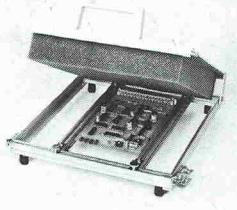
isel-Linear-Netzteil DM 168-
■ Längsregler inkl. Ringsentralflo auf Euro-Karte
■ Ausgangsspannung 3-30 V, Ausgangsstrom max. 2,5 A
■ Inhibit-Eingang, der Temperatur-Schutz-Spannung > 15 V
■ Fold-back-Charakteristik des Reglers im Kurzschlußfall
■ Separate Spannungsführerleitungen, Inhibit-Eingang
■ Abschaltung der Endstufe bei Temperatur > 80 °C
■ Separate massebezogene Festspannung 12 V/1 A
■ Netzanschluß-Kabel 220 V mit Stecker



isel-Sekundär-Netzteil DM 192-
■ Sek. getakteter Regler inkl. Ringkerntrafo auf Euro-Karte
■ Ausgangsspannung 3-30 V, Netzschlußfest
■ Ausgangsstrom max. 2,5 A, Wirkungsgrad max. 90 %
■ Separate Spannungsführerleitungen, Inhibit-Eingang
■ Interne Temperaturschutzschaltung und Crow-bar-Schutz
■ Zusätzl. massebezogene Festspannung 12 V/1 A
■ Netzanschluß-Kabel 220 V mit Stecker

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-Haltervorrichtung 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 99.80

- Alu-Rahmen 400 x 260 x 20 mm, mit Gummifüßen
- Schließbarer Deckel 400 x 260 mm, mit Schaumstoff
- Platinen-Haltervorrichtung mit 8 verstellb. Haltefedern
- Drei verstellbare Schienen mit 6 Rändelschrauben
- Gleichzeitiges Bestücken und Löten von Platinen
- Für Platinen bis max. 360 x 230 mm (4 Euro-Karten)



isel-Eprom-UV-Löschgerät 1 . . . DM 89.-

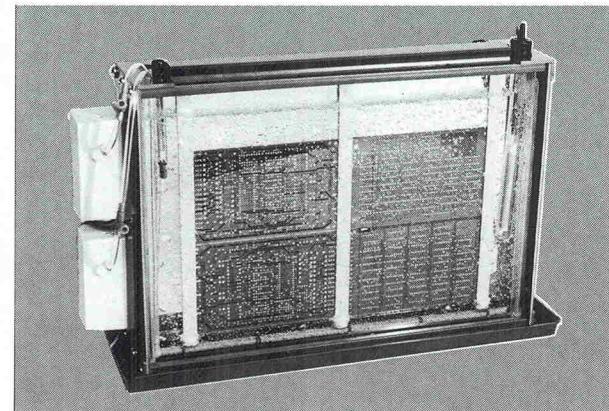
- Alu-Gehäuse, L 150 x B 75 x H 40 mm, mit Kontrolllampe
- Alu-Deckel, L 150 x B 55 mm, mit Schiebeverschluß
- Löschschlitz, L 85 x B 15 mm, mit Auflageblech für Eproms
- UV-Löscheinheiten, 4 W/220 V, Löschzeit ca. 20 Minuten
- Elektronischer Zeitschalter, max. 25 Min., mit Start-Taster
- Intensive u. gleichzeitige UV-Löschen von max. 5 Eproms

isel-Eprom-UV-Löschgerät 2 (o. Abb.) . . . DM 248.-

- Alu-Gehäuse, L 320 x B 220 x H 55 mm, mit Kontrolllampe
- Alu-Deckel, L 320 x B 200 mm, mit Schiebeverschluß
- Vier Löschschlitze, L 220 x B 15 mm, mit Auflageblech
- Vier UV-Löscheinheiten, 8 W/220 V, mit Abschaltautomatik
- Elektronischer Zeitschalter, max. 25 Min., mit Start-Taster
- Intensive u. gleichzeitige UV-Löschen von max. 48 Eproms

isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 1

■ Superschmale Glasküvette, H 290 x B 260 x T 30 mm
■ PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
■ Spezialpumpe, 220 V, mit Luftverteilrahmen



DM 148.-

■ Heizstab, 100 W/200 V, regelbar, Thermometer
■ Platinenhalter, verstellbar, max. 4 Eurokarten
■ Entwicklerschale, L 400 x B 150 x H 20 mm

isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 2

■ Superschmale Glasküvette, H 290 x B 490 x T 30 mm
■ PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
■ 2 Spezialpumpen mit Doppelluftverteilrahmen

isel-Entwicklungs- u. -Ätzgerät 3

■ Superschmale Glasküvette, H 290 x B 500 x T 30 mm
■ PVC-Küvettenrahmen mit Kunststoffwanne
■ 2 Spezialpumpen mit Doppelluftverteilrahmen

DM 225.-

■ Heizstab, 200 W/220 V, regelbar, Thermometer
■ Platinenhalter, verstellbar, max. 8 Eurokarten
■ Entwicklerschale, L 500 x B 150 x H 20 mm

DM 282.-

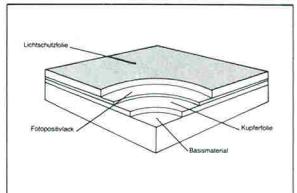
■ Heizstab, 200 W/220 V, regelbar, Thermometer
■ Platinenhalter, verstellbar, max. 10 Eurokarten
■ Entwicklerschale, L 600 x B 150 x H 20 mm



„Isert“-electronic, Hugo Isert
6419 Eiterfeld, (0 66 72) 70 31, Telex 493 150
Versand per NN, plus Verpackung + Porto, Katalog 3,- DM

isel-fotopositivbeschichtetes Basismaterial

■ Kupferschichtiges Basismaterial mit Positiv-Lack
■ Gleichmäßige u. saubere Fotosicht, Stärke ca. 6 µm
■ Hohe Auflösung der Fotosicht u. galv. Beständigkeit
■ Rückstandsfreie Lichtschutzfolie, stanzt. schneidbar



Pertinax FR 2, 1-seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie
Pertinax 100 x 160 DM 1.47 Pertinax 200 x 300 DM 5.54
Pertinax 160 x 233 DM 3.42 Pertinax 300 x 400 DM 11.08
Epoxid FR 4, 1-seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie
Epoxid 100 x 160 DM 2.79 Epoxid 200 x 300 DM 10.60
Epoxid 160 x 233 DM 6.58 Epoxid 300 x 400 DM 21.20
Epoxid FR 4, 2-seitig, 1,5 mm stark, mit Lichtschutzfolie
Epoxid 100 x 160 DM 3.36 Epoxid 200 x 300 DM 12.65
Epoxid 160 x 233 DM 7.84 Epoxid 300 x 400 DM 25.21
5 St. 10 %, 25 St. 20 %, 50 St. 30 %, 100 St. 35 % Rabatt

isel-Leucht- u. -Montagepult 1

DM 170.-
■ Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 320 x B 220 x H 60 mm
■ 2 T-Nuten für Montage- u. Meßschiene
■ Milchglascheibe, 4 mm, mit Streulichteffekt
■ 4 Leuchtstofflampen, 15 W/220 V, mit Reflektor
■ Leucht- u. Montagefläche 265 x 185 mm

isel-Leucht- u. -Montagepult 2 . . . DM 225.-

■ Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 480 x B 320 x H 60 mm
■ 2 T-Nuten für Montage- u. Meßschiene
■ Milchglascheibe, 4 mm, mit Streulichteffekt
■ 4 Leuchtstofflampen, 15 W/220 V, mit Reflektor
■ Leucht- u. Montagefläche 425 x 270 mm

isel-Leucht- u. -Montagepult 3 . . . DM 340.-

■ Eloxiertes Alu-Gehäuse, L 620 x B 430 x H 60 mm
■ 2 T-Nuten für Montage- u. Meßschiene
■ Milchglascheibe, 4 mm, mit Streulichteffekt
■ 4 Leuchtstofflampen, 20 W/220 V, mit Reflektor
■ Leucht- u. Montagefläche 550 x 390 mm

isel-UV-Belichtungsgerät 1

DM 198.-
■ Elox. Alu-Gehäuse, L 320 x B 220 x H 55 mm, mit Glasplatte
■ Deckel L 320 x B 220 x H 13 mm, mit Schaumstoffaufl. 20 mm

■ 4 UV-Leuchtstofflampen, 15 W/220 V, mit Reflektor

■ Belichtungsfläche 245 x 175 mm (max. vier Euro-Karten)

■ Kurze u. gleichmäßige Belichtung für Filme u. Platten

isel-UV-Belichtungsgerät 2 . . . DM 298.-

■ Elox. Alu-Gehäuse, L 480 x B 320 x H 60 mm, mit Glasplatte
■ Deckel L 480 x B 320 x H 13 mm, mit Schaumstoffaufl. 20 mm
■ 4 UV-Leuchtstofflampen, 20 W/220 V, mit Reflektor
■ Belichtungsfläche 365 x 235 mm (max. vier Euro-Karten)

■ Kurze u. gleichmäßige Belichtung für Filme u. Platten

isel-UV-Belichtungsgerät 3 . . . DM 454.-

■ Elox. Alu-Gehäuse, L 620 x B 430 x H 60 mm, mit Glasplatte

■ Deckel L 620 x B 430 x H 19 mm, mit Schaumstoffaufl. 20 mm

■ 4 UV-Leuchtstofflampen, 20 W/220 V, mit Reflektor

■ Belichtungsfläche 520 x 350 mm (max. 10 Euro-Karten)

■ Kurze u. gleichmäßige Belichtung für Filme u. Platten

isel-Bohr- und -Fräsergerät 1

DM 148.-
■ Leistungstarier Gleichstrommotor, 24 V, max. 2 A
■ Spindel flach kugellagert, mit 1/8-Zoll-Spannzange

■ Drehzahl 20 000 U/min., Drehmomentgenauigkeit <0,03 mm

■ Präzisionshubvorrichtung mit 2 Stahlwelen, 8 mm Ø

■ Verstellbarer Hub, max. 30 mm, mit Rückstellfeder

■ Alu-T-Nutstisch, 250 x 125 mm, Arbeitstiefe 200 mm

isel-Bohr- und -Fräsergerät 2 (o. Abb.) . . . DM 340.-

■ Leistungstarier Gleichstrommotor, 24 V, max. 2 A

■ Spindel flach kugellagert, mit 1/8-Zoll-Spannzange

■ Drehzahl 20 000 U/min., Drehmomentgenauigkeit <0,02 mm

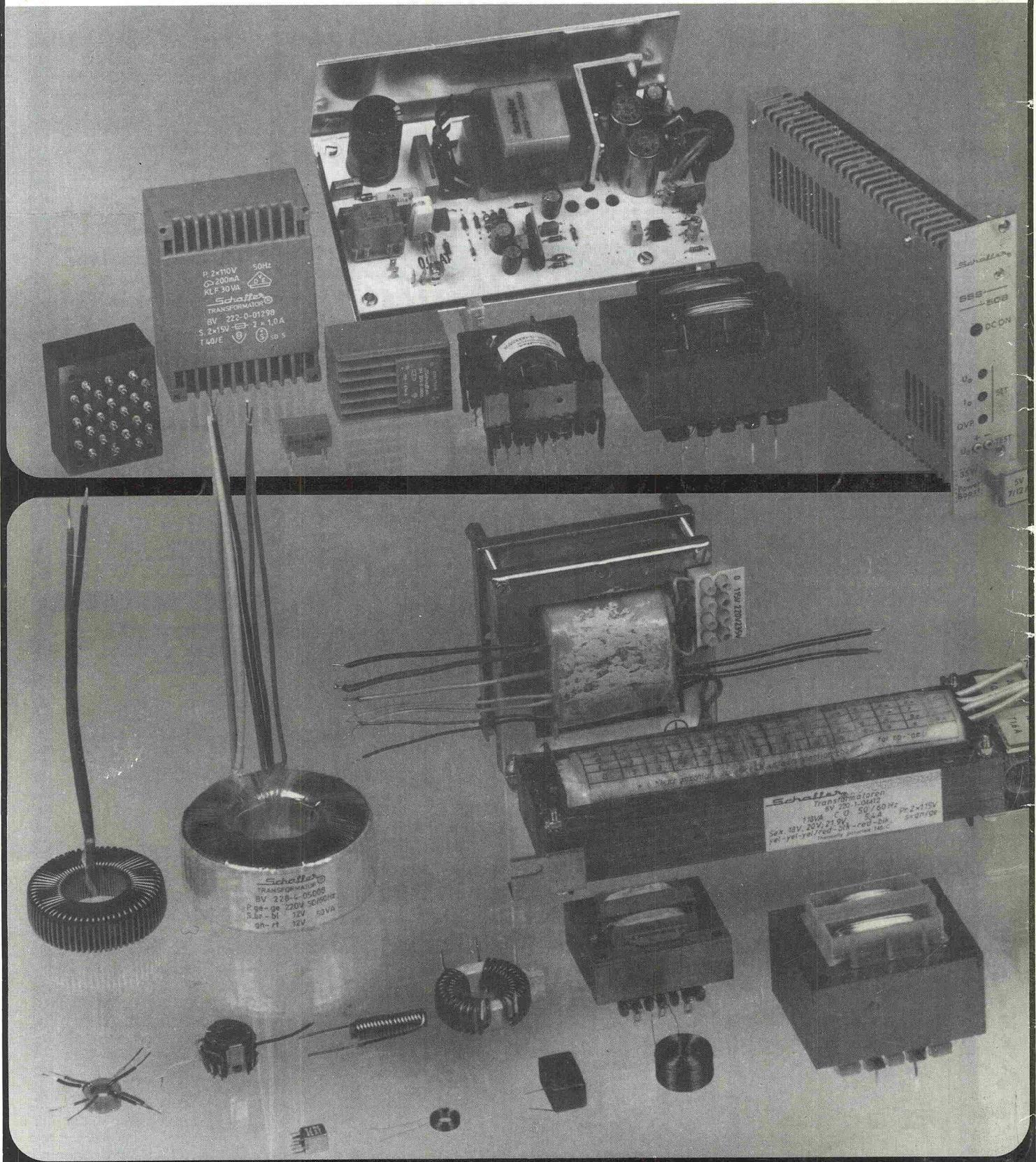
■ Linear-Vorschubseinheit L, 1200 x B 125 x T 60 mm

■ Präzisionshubvorrichtung mit isel-Linearführung

■ Verstellbarer Hub, max. 80 mm, mit Rückstellfeder

■ Alu-Gestell mit Alu-T-Nutstisch, 475 x 250 mm

Unsere Stärke ist die Sonderanfertigung.



Schaffer®

WERNER SCHAFFER-TRANSFORMATOREN GMBH & CO KG

D-8340 Pfarrkirchen/Ndb. · Postfach 120

Tel. 08561/3009-0 · Telex 57312 · Telefax 08561/300919

D-7504 Weingarten/Baden · Postfach 1264

Tel. 07244/2411 · Telex 7826685 wschd · Telefax 07244/3038