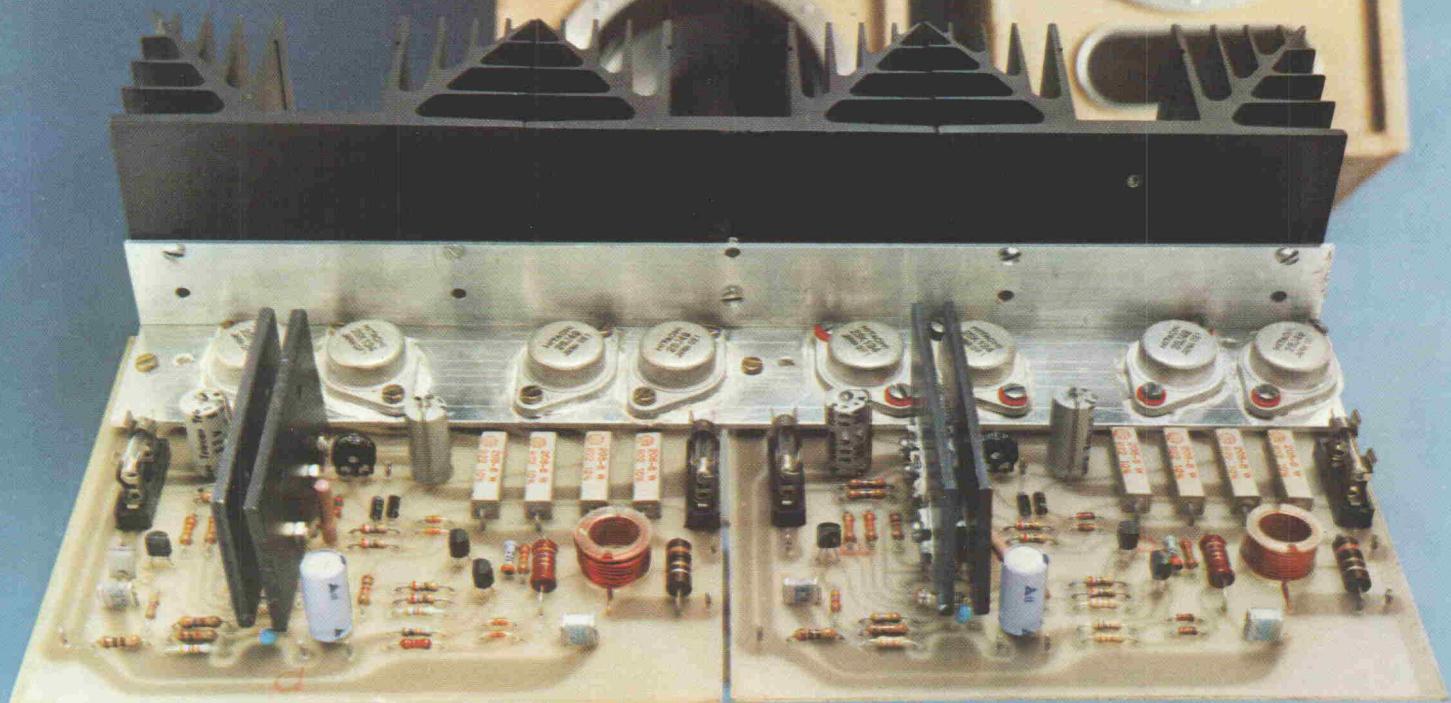


**Power-MOSFET-Verstärker**

**E 90-Lautsprecherbox**

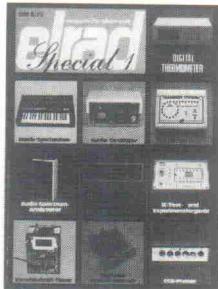
**Tongenerator**

**Das Oszilloskop**



# Die Specials:

## Special 1 Bauanleitungen

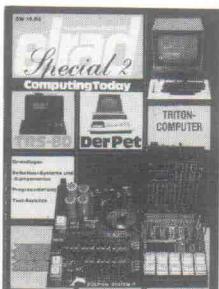


### Aus dem Inhalt:

Musik-Synthesizer, Graphic-Equaliser, Digital-Thermometer, Frequenz-Shifter, CCD-Phaser, IC-Test- und Experimentiergeräte, Audio-Spektrum-Analysator, Morse-Tutor, Rausch-Ihr Re却order? Inhalt eines PROMs, Transistor- und Dioden-Tester, Audio-Oszillator, Funktionsgenerator, Digital-trainer Digimax, Verschlußzeit-Timer, Digitaler Drehzahlmesser, Aquarium-Thermostat, Morse-Piepmatz. 128 S.

DM 9,80\*)

## Special 2 Computer-Heft



### Aus dem Inhalt:

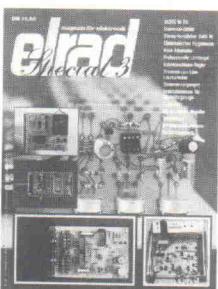
**Grundlagen:** Der Mikroprozessor – nahegebracht, Speicher-Systeme für Mikrocomputer, Adressierungsarten bei Mikroprozessoren, Höhere Programmiersprachen.  
**Selbstbau-Systeme und Komponenten:** Mikrocomputer-System Delphin EHC 80, Elrad-Triton-Computer, Cuts Cassetten-Interface, Inhalt eines PROMs.

**Programmierung:** Einführung in die BASIC-Programmierung.

**Testberichte:** Mikroprozessor-Trainer und Lehrkurs, Der Pet, Heathkit Mikrocomputer-System H8, Der TRS-80 auf dem Prüfstand. 144 S.

DM 16,80\*)

## Special 3 Bauanleitungen



### Aus dem Inhalt:

2x 200WPA, Universal-Zähler, Stereo Verstärker 2 x 60W, Elektronisches Hygrometer, Professionelle Lichtorgel, Transmission-Line-Lautsprecher, Drehzahlmesser für Modellflugzeuge, Folge-Blitz, DC-DC Power Wandler, Mini Phaser, NF-Mischpult-System. 144 S.

DM 12,80\*)

## Special 4 Amateurfunk



### Aus dem Inhalt:

SSB-Transceiver, Preselektor, VFO, Sprachkompressor, 2mPA, Morse-Piepmatz, 2m/10m Transverter, Quarz-Thermostat, Kurzwellen-Audion, Quarz-AFSK. 120 S.

DM 14,80\*)

## Digitaltechnik



In diesem Sammelband wird der Leser von Grund auf die Methoden der Digital-Technik kennenlernen. Zunächst werden einfache Techniken besprochen; aufbauend auf den logischen Verknüpfungen werden digitale Schaltungen, Register und Rechenwerke erklärt, und am Ende des Heftes weiß der Leser, wie ein Mikroprozessor funktioniert.

Der Inhalt beschränkt sich jedoch nicht auf die reine Rechentechnik; viele praktische Anwendungen der Digitaltechnik, wie z. B. Zählschaltungen, Zeitmesser oder die Steuerung einer Ampelanlage, werden besprochen.

DM 7,80\*)

## Unser Special-Heft 5

Das Sonderheft mit den beliebtesten Bauanleitungen aus dem Elrad-Jahrgang 1980.

### Aus dem Inhalt:

**Audio:** 300 W PA, Aussteuerungsmeßgerät mit LED-Anzeige, Choraliser, 4-Wege-Lautsprecherbox, Digitale Stimmgabel.

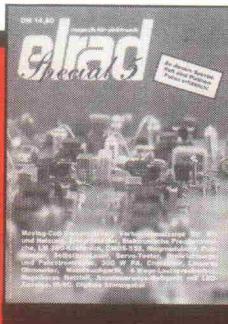
**Meßgeräte:** Signal-Verfolger, Ton-Burst-Schalter, Eichspannungs-Quelle.

**Grundlagen:** Laser, LM 380

Kochbuch, CMOS-555.

**Modellbau:** Drehrichtungs- und Fahrstromregler, Schienenreiniger, Servo-Tester.

**Sonstiges:** Verbrauchsanzeige für Kfz und Heizung, Metallsuchgerät, Selbstbau-Laser... und vieles andere mehr!



Verlag Heinz Heise Hannover KG  
Postfach 27 46 · 3000 Hannover 1

144 Seiten  
DM 14,80

Zu diesem Heft sind  
Platten-Folien erhältlich  
DM 8,-



Lieferung erfolgt per Nachnahme  
(+ DM 4,- Versandkosten) oder  
gegen Verrechnungsscheck  
(+ DM 1,50 Versandkosten)

Elrad-Versand, Postfach 27 46, 3000 Hannover 1



Absender

---

---

---

---

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

# elrad

## Versand

Postfach 27 46

3000 Hannover 1

Absender  
Bitte deutlich ausfüllen

Vorname / Name

Beruf

Straße / Nr.

PLZ Ort

Telefon-Vorwahl Rufnummer

PLZ Ort

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

Bitte buchen Sie die Abonnements-  
rechnungsbeträge von meinem Giro-  
oder Postscheckkonto ab.  
Die Ermächtigung, zum Einzug erteile  
ich hiermit.

Antwort

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

Absender

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Geldinstitut

Ort des Geldinstituts

Bankleitzahl

Datum Unterschrift (für Jugendl. unter  
18 Jahre der Erziehungsberechtigte)

# elrad

Magazin für Elektronik

Verlag Heinz Heise Hannover KG  
Postfach 27 46

3000 Hannover 1

# elrad

## Kontaktkarte

Firma

---

---

---

---

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

Geldinstitut

Ort des Geldinstituts

Bankleitzahl

Datum Unterschrift (für Jugendl. unter  
18 Jahre der Erziehungsberechtigte)

# elrad

Magazin für Elektronik

Verlag Heinz Heise Hannover KG  
Elrad-Anzeigenabteilung  
Postfach 27 46

3000 Hannover 1

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

# techno® electronic

## WERKZEUGE FÜR LABOR, WERKSTATT UND HOBBY



**SCHNEIDE- UND ABISOLIERWERKZEUGE  
z. B. ABISOLIERZANGE PTS 3 DM 36,-**

**BESTÜCKUNGSEINRICHTUNGEN UND -WERKZEUGE**

**LÖT- UND ENTLÖTWERKZEUGE**

**TRANSPORT- UND LÄGERBEHÄLTER FÜR LEITERPLATTEN**

**BITTE FORDERN SIE UNSEREN AUSFÜHRLICHEN KATALOG AN.**

Preis zuzüglich Porto + MWST.

Bitte fordern Sie kostenlos unseren  
neuen Werkzeugkatalog mit Preisliste an.  
Verkauf auch an Privat!

# techno® electronic

Freisinger Straße 25 · 8057 Eching  
Telefon 08165/5561 · Telex: 5-26 710 jowa d  
39 39

**KLEINANZEIGEN****KLEINANZEIGEN****KLEINANZEIGEN****KLEINANZEIGEN****KLEINANZEIGEN****KLEINANZEIGEN**

Unsere **Spitzenangebote** im Monat August: **Versuchsplatten** zum lötfreien Aufbau von Versuchsschaltungen ab 22,50 DM! **Ätzanlage** für Formate bis 120x175 mm mit allem Zubehör einschl. Pumpe. Geeignet für alle Ätzmittel, sehr sparsam im Verbrauch. Sie kostet nur 48,00 DM. Versand erfolgt nur per NN. **Neuschäfer Wolfspfad 3, 3558 Frankenberg (Eder) 1.**

Verk. komplett abgeglichen, Stereo-Companader mit Fpl. DM 69,- und UKW-Frequenzzähler mit Schaltuhr DM 150,-. Unterlagen kostenlos. Peter Grass, Ottobelstr. 7, 7067 Urbach.

**VW-Buggy (Robbe)** mit Fernsteuerung, elektron. Fahrtenregler, Akkus und Servo N.P. 380,- DM für DM 200,- abzugeben. Chiffre-Nr. 810801.

**Elektron. Bauteile zu Superpreisen!** Restposten – Sonderangebote! Liste anf. bei **DIGIT**, Kennwort E46, Postf. 370248, 1000 Berlin 37.

Wir machen Schluß mit verschwommenen Transistoren, IC's, Trafos! **Temperaturwächter** schaltet bei Erreichen von 100° C automatisch die Stromversorgung ab u. bei 40° wieder ein. Ein neues Bauteil ist meist teuer! Test 3 Tw 6,80, Profi-Paket 10 Tw 18,-. Vorkasse PSchK Köln 2540 27-505, Nachn. + 2,-, Rückgaberecht! Winkler-Elektronik, Pf. 12, 2725 Kirchwaldsede. Zu jedem Bausatz kostenlos einen Temperaturwächter! Über 200 Bausätze. Info 2,- Briefm. Winkler-Elektronik, Pf. 12, 2725 Kirchwaldsede.

**Achtung! Einmaliges Sonderangebot.** Oszilloskopbausatz für nur 107 DM; Verstärker 300 Watt sinus Bausatz 48,50 DM; Vorverstärker mit Klangregelung und 4 Filtern nur 28 DM. **Unser Schläger (Solange Vorrat)** Mischpult 16-Kanal mit Voreinstellern, Klangregelung je Kanal, Summenverstärker mit LED-Anzeige, Monitorausgang und Kopfhörerverstärker nur 117,50 DM. Versand nur gegen Vorkasse auf Pschko 3304 77-101 Berlin-West. Peter Reinsch, Entwicklung von Elektronikgeräten, Alt-Moabit 12a, 1000 Berlin 21.

**KOSTENLOS!** Zu jedem Keithly-Digital-Multimeter einen Beleuchtungsmeßzusatz. **SCOPE METALLSONDEN**, ein Hobby, welches für viele ertragreicher ist als ihr Beruf. Preisliste anfordern. technotronic Versand 8398 Pocking 2, Tel. 0 85 38/2 59.

**JUNIOR-COMPUTER** fertig aufgeb. gepr. mit Buch 2 Speicherw.-Karte 8K RAM 16K EPROM mit Fass. für 400 DM abzug. Tel. 05326/84 16.

Anrufbeantworter und amerikanische Telefone enorm preiswert! 02 21/38 19 36.

**TRANSISTORZÜNDUNG** Baus. kompl. DM 19,95. E. Rommel, Siedweg 118, 413 Moers 1.

**Verkaufe** Christiani µP-Labor+Drucker DM 800,-. OHIO-Superboard 1 8KROM m. 9' Monitor DM 1000,-. Schulte, Beck'scher Berg, 479 Paderborn.

**Baue und verkaufende TRANSCENDENT 2000** für 1250,-. Mit allem Zubehör. Anfragen an R. Langhammer, Randstr. 23, 89 Augsburg 21.

**Verkaufe** KEF B139, B110, SP1057, T27, 18dB-Weiche. B200 SP1014, T27, 18dB-W... Preis VHS. J. Benz, Bergstr. 4, 6924 Neckarbischofsheim.

**KKSL Lautsprecher und elektr. Bauteile**, 6080 Groß-Gerau, Frankfurter Str. 51, Tel. 0 6152/396 15. Katalog gegen 2,40 DM in Briefmarken anfordern.

**CHRISTIANI µP-Labor** zu verkaufen. Kompl. m. Cass.-Interf. Preis VS Tel. abends 0 6198/321 30.

**ITT-MP-Lehrgang** inkl. Tast. DM 750,-, Tel. 05 21/8 50 73.

**DMM METRAVO 464** neu! Bis 10 Amp. Npr. 870,- f. nur DM 425,- abzug. inkl. Ledert. u. Ladeaut. Mo-Fr. 13-17 Uhr. Sven Betz, Tel. 0 40/56 32 60.

**1000 Widerstände 5%**, E12 Sortiment 15,80 DM. dto. jedoch freie Werte-Wahl 27,- DM. Katalog 3,50 DM. Rheinbach, Matth.-Werner-Str. 19, 5014 Kerpen.

**Ätzanlagen:** 220 V Netz, Nutzfl.: 180x250 DM 90,40, Nutzfl.: 240x340 DM 124,-, + Verbandspl., 1/2 Jahr Garantie. Info anford. Industrie-Restp.-Liste gegen DM 1,50, Bauanleitungen gegen DM 10,- anfordern. Wolfgang Hübel, Kleiststr. 4, 8940 Memmingen, Tel. 0 83 31/6 45 89.

**ELEKTRONIK-, LEHR- UND EXPERIMENTIERKÄSTEN.** Bausätze und Teile, Kleinbohrmaschinen, Kleinteilemagazine, Kunststoffe, Katalog gegen 3,80 DM in Briefmarken (Gutschein). **HEINDL VERSAND**, Postfach 2/445, 4930 Detmold.

**Frei Haus!** Hameg+Iwatsu-Oscilloscope+Zubehör. Neue Preisliste anford. von: **Saak electronic**, Postf. 250461, 5000 Köln 1, Tel.: 0221/319130.

**Achtung Boxenbauer!** Vorher Lautsprecher-Spezial-Preisliste für 2,- in Briefmarken anfor. **ASV-Versand**, Postfach 613, 5100 Aachen.

**Elektronik-Teile ab 0,02**, Liste kostenl. **DSE** Rosenbg 4, 8710 Kitzingen, Tel. 0 93 21/55 45.

Fotokopien auf Normalpapier ab DM ,05. Herbert Stork KG, Welfengarten 1, 3000 Hannover 1, Tel.: 05 11/71 66 16.

**Anrufbeantworter** zum Selbstreparieren für 198,- DM! Dieter Bell, Tel. 02 21/38 19 36.

Aktuelle Bauelemente: MCE-2000 DM 9,00; BC 550 DM 0,30; BF 470 DM 1,80; BF 469 DM 1,80; 2 SK 134 DM 13,50; 2 SJ 49 DM 13,50; TCA 965 DM 4,75; ICL 8038 DM 9,95; Kompl. Tuner-Modul 7254 DM 125,00; LCD-Anzeige dazu Bausatz DM 179,00; Fertigerät DM 190,00; LM 3914N DM 9,00; LM 3916N DM 9,00; LF 353 DM 3,75, Katalog 81 kostenlos bei **MARIA SCHUMACHER**, Postfach 18 02 08, 4800 Bielefeld 18, Tel.: 0 52 02/807 20.

**Anrufbeantworter** und Telefone aus Amerika. Telefonhörnchen 6 m, 12 m, 20 m. **SPOTTBILIG**. Groß- und Einzelhandel, Tel. 0 22 07/67 69.

**NEU! Elektro-akustisches FERN-OHR!!!!!!** Bauen Sie ein Richtmikrofon, das den bekannten Parabolmikros weit überlegen ist! **Kilometerweit hören** durch ausgezeichnete Richtwirkung, akustische und elektron. Verstärkung!!! **Funktionsgarantie!** – Keinerlei Genehmigung erforderlich. Sofort ausführliche **Gratis-Info R 1** anfordern! Fa. Volker Gerndt, Abt. Technik, Postf. 1130, 3420 Herzberg. **Postkarte genügt!**

Telefonwahlautomaten DM 98,-, 0221/381936.

**Suche TRANSCENDENT 2000.** Auch defekt oder teilbestückt. Gunter Klauke, 2335 Damp 2000.

**Wunderkiste**, gef. mit 50 elektronischen Bauteilen wie Trans. ICs u.v.m. DM 30,- per NN. Horst Jüngst, Neue Str. 2, 6342 Haiger 12, Offdilln.

**SIEMENS Fernschreiber + Interface + Software** für TRS 80 L2 komplett DM 380,-. Tel. 0 28 41/50 40 27.

Sensationell leistungsfähig ist der **Compiler für RPNL**, die neue höhere Programmiersprache. In seiner Klasse konkurrenzlos. Sie haben einen Z-80 mit min. 4k. Den Rest liefert die Kassette (k.City Std.) mit viel Dokumentation für nur DM 120,- an Dipl.-Ing. G. Wostrack, Koblenz, PSchA Lshfn 163218-670.

**Lautsprecher-Reparatur, Alukalotten-Versand.** Info: C. Peiter, Marienburger Str. 3, 7530 Pforzheim.

**Strahlungsmeßgeräte** aus amerikanischen Überschüßbeständen. Hersteller: Victoreen, USA. Detectorelement: Ionenkammer, Meßbereiche: 0...0,5 Röntgen/h 0...5 R/h, 0...50 R/h, Stromversorgung: 2 x 1,5 V Monozelle + 22,5 V Blitzlichtbatterie (werden mitgeliefert). Ausführung: klein, handlich, tragbar. Preis: DM 128,- + Porto (Nachnahme). **Helmut Singer Elektronik**, Templergraben 24, 5100 Aachen, Tel. 0 241-3 60 25, Tlx. 832 504 sitro d.

**Musik-Synthesizer**  
(wie in elrad Special 1 ausführlich beschrieben)

etc., etc. Kurzum, alle Teile, die Sie für den spielbereiten Synthesizer benötigen – lediglich die Tonleitung zur PA sollten Sie schon besitzen.  
Sie können auch einzelne Bauteile-Päckchen bekommen. Fordern Sie unsere Liste gegen 1,- DM in Briefmarken an.

**Komplett-Bausatz 950,- DM**

**Professionelle Lichtorgel**  
(wie in elrad Special 3 ausführlich beschrieben)

Kompletter Bausatz mit allen mechanischen und elektrischen Teilen, Gehäuse, eloxierte Frontplatte (fertig gebohrt) usw. bis zur letzten Schraube. Epoxid-Platine, fertig gebohrt. Ferrit-Kerne FX 1089, FX 3008 MC 3340 P

**Choraliser (Black Hole)**  
(wie in elrad 10/80 ausführlich beschrieben)

Kompletter Bausatz mit allen mechanischen und elektrischen Teilen, Gehäuse (fertig gebohrt). De Luxe Version (mit zwei SAD 512 D)

335,- DM

**Neu! VOCODER Neu!**  
(wie in Elrad 5 u. 6/81 ausführlich beschrieben)

**komplett** Bausatz mit allen mechanischen und elektrischen Teilen, Gehäuse (fertig gebohrt).

Komplett-Bausatz 1350,- DM

Kompletter Bausatz mit allen mechanischen und elektrischen Teilen, Gehäuse (fertig gebohrt). Komplett-Bausatz 1350,- DM  
Liste einzelner Bauteile-Päckchen gegen 1,- DM in Briefmarken.

**He-Ne LASER von NEC**  
Fertigerät mit integriertem Netzteil  
(rechteckige Bauform)



Typ GLG 5002 0,5 mW, unpolarisiert 875,- DM  
Typ GLG 5012 1,0 mW, unpolarisiert 995,- DM  
Typ GLG 5022 2,0 mW, unpolarisiert 1295,- DM  
**He-Ne-Laser-Röhren von NEC**  
Typ GLT 189 0,5 mW, linear polarisiert 348,- DM  
Typ GLT 176 1,0 mW, unpolarisiert 389,- DM  
Typ GLT 177 2,0 mW, unpolarisiert 495,- DM  
Typ GLT 183 5,0 mW, linear polarisiert 1250,- DM

Nachnahmeversand  
alle Preise incl. MwSt. + Versandspesen



Der Bausatz enthält: fertiges Holzgehäuse mit beschrifteter und gelochter Bedienplatte, beschriftete und gelochte Rückwand, Bodenplatte (Metall), fertiges Manual, fertige Fußschweller für VCF, Nadelkontakte, sämtliche aktiven und passiven Bauelemente (inkl. Spezial-Widerstände 0,5%), IC-Socket, alle Platinen, Abstandsklötzchen für Schalter, Potiknöpfe, Blechschrauben, Holzschrauben, Gewindeschrauben

45,- DM  
je 2,- DM  
10,- DM

Postfach 2044  
3165 Häningse

**Electronic-Versand**

# Tandy - INFO.

NEU - Modell III TRS-80 - der meistverkauft! Funkentstört für RTTY.  
14k BASIC ROM + Druckerinterface + 16k RAM: **DM 3.295,-**

Erweiterbar bis 48k RAM.  
2 Disketten à 178k einbaubar.  
Computer-Liste DM 5,-



7336 UHINGEN  
Holzhäuser Straße 3



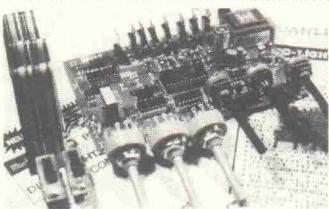
ab Lager

Laden  
und  
Versand.

Ab Lager  
lieferbar

(i) 2951

07161-  
32265



NEU! DISCO-LIGHT-COMPUTER  
Prozeßgesteuertes Profillichtsteuergerät f. d. Discodauereinsatz. 8 Kanäle m. e. Ge-  
samtbetriebk. von ca. 34A/220V m. eingeb. 10A Dimmer jetzt m. üb. 3400 Pro-  
gramm-Möglichkeiten (Festprogramm) z. B. Lauflicht/Lichtwelle/Lichtpfel/  
Lichtrad/Broadway-Licht/Sound-Lichtsäule/Digitallichtorgel/Progr. Inverter/usw.  
Sowie unzählige Sound-Programme freilaufend u. programmierbar/Pausenlicht/  
Pseudo-Programme/usw. Taktfreq. regelb. v. ca. 0-15 Hz/sec/Power/u. Normal  
Nf. Eing. n. VDE entkopp./autom. Links-Rechtslaufumschalt./Einfacher Pro-  
grammabruf üb. 5 Mehrstufenschalter. Ein Supergerät zum Minipreis. Kompl. Bau-  
satz o. Geh. Best. Nr. 838. Preis 99,50 DM  
Gehäuse 18,50 DM. Katalog 1,50 DM i. Briefm. P. NN. (Vers. Kosten 4,50 DM).

HAPE SCHMIDT, electronic, Postf. 1552, 7888 Rheinfelden 1

**Kleiner Preis —**  
große Klasse

**JEN**  
SX 1000  
Synthesizer  
**DM 790,-**

Import, Groß- und Einzelhandel:  
Fritz Krug GmbH · Pferdetränke 16  
3587 Borken · Tel. 05682/2067-68

**elektronik**  
katalog  
81-S Jetzt  
kostenlos  
anfordern!  
**heho** elektrotechnik  
kirchenweg 10-4 7957 schemmerhofen

KOSTENLOS erhalten Sie bei einem Bestellwert  
BU 208 3,30 ab DM 40,- 5 LED's 3/5 mm, Farbe  
LM 317K 5,80 nach Wahl Preisliste gratis!  
LM 317T 3,70 Elektronikvertrieb N. H. UY  
LM 320N 1,30 Kelterstr. 17, 6550 Bad. Kreuznach 11  
Widerstände 1/4W Preise zzgl. NN + 3,00 Versandkosten  
Reihe E12, 5012 1,75 ZN 3055P 1-017200 4,9 18212 4,80  
10 Stk./Werl. 1,75 YN 41428 0,67 7201 4,40 8216 4,10  
LF 356N 1,56 BY 255 -45 8255 14,80  
LF 356N 2,50 C4000 -60 1000 11,29 6502 19,30  
LF 356N 1,56 C4016 -85 4.000 MHz bis 6522 12,10  
LF 357N 1,65 C4048 -90 10.000 JE 3,80 16520A 12,15

Auszug aus unserem Lieferprogramm:  
Transistor-Tester der Spitzenklasse

Der Tester für Industrie und Hobby, Schule und Beruf.

Dieser Transistor-Tester lässt Sie alle Probleme und umständlichen Messungen beim Herausfinden von unbekannten Transistoren oder Transistoranschlüssen vergessen!

Das zeitraubende Suchen in Tabellen nach Anschlußbelegungen von Transistoren ist vorbei!

Ob PNP- oder NPN-Typ, ob Kleinsignal-, Leistungs-, Darlington- oder HF-Transistor, ob noch brauchbar oder defekt, unser Transistor-Tester sucht die Anschlüsse und zeigt Ihnen digital EBC richtig an! Die Anzeigen PNP, NPN und defekt erfolgen über LED's. Sie können sogar jedes Vielfach-Meßgerät mit Digital- oder Analoganzeige am Transistor-Tester zur Feststellung der Stromverstärkung des zu prüfenden Transistors anschließen!

Transistor-Tester Fertigbaustein DM 254,-

Schaumätzanlage

für Platinen bis Größe 180x250 mm Ätzmittel:  
ca. 2-3 l Eisen-III-Chlorid DM 109,-

Digitales Kapazitätsmeßgerät  
m. LED-Anzeige

Meßbereiche: 1 pF-9999 pF, 1 nF-9999 nF,  
1 uF-9999 uF.

Dieser Bausatz wird mit Netzteil geliefert. Alle Bauteile einschließlich Netzteil befinden sich auf der Grundplatine.

Maße: 10x135 mm  
Grundgenauigkeit: 0,3%  
Bausatz komplett DM 154,50  
Passendes Gehäuse DM 39,50  
Fertigerät in Gehäuse DM 257,40

Listen anfordern gegen DM 1,50 in Briefmarken.  
Händler bitte gesonderte Liste anfordern!

Karl Schötta ELEKTRONIK

Spitalmühlweg 28 · 8940 Memmingen

Tel.: 0 83 31/6 16 98

Ladenverkauf: Kempter Str. 16

8940 Memmingen · Tel. 0 83 31/8 26 08

**BLACKSMITH**  
DER HIFI SPEZIALIST

Bausatz

**WHARFEDALE E 90**

Bausatz ohne Weiche DM 698,-

Original-Weiche DM 146,-

Weiche aus Bausatz DM 89,-

Profi-Weiche als Bausatz DM 227,-

GLEICH BESTELLEN ODER GESAMTKATALOG  
GEGEN 4,80 DM IN BRIEFMARKEN ANFORDERN:

«BLACKSMITH» 675 Kaisers-  
lautern Rich. Wagnerstrasse 78  
Tel. 0631-16007

# TOPP

## Buchreihe Elektronik

Aus mehr als 100 Bänden

Best.-Nr. 143  
64 Seiten  
48 Abb.  
kart.



DM 8,-

finden Sie immer das

Best.-Nr. 169  
80 Seiten  
74 Abb.  
kart.



DM 8,-

Richtige für Ihr Hobby,

Best.-Nr. 166  
208 Seiten  
412 Abb.  
kart.



DM 21,80

zum Nachschlagen und zur  
Best.-Nr. 174  
128 Seiten  
131 Abb.  
kart.



DM 17,-

beruflichen Weiterbildung.

Informieren Sie sich über weitere Bände.  
Wir senden Ihnen gern kostenlos Titel-  
übersicht und das Heft „Elektronik  
Probleme?“, ein Sachregister mit über  
1000 TOPP-Schaltungen.  
Fachgeschäfte und Buchhandel führen  
TOPP-Bücher.

**frech-verlag**

7000 Stuttgart 31, Turbinenstraße 7

Elrad  
Magazin für Elektronik

Verlag Heinz Heise Hannover

Kommanditgesellschaft

Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61  
Postanschrift: Postfach 27 46,  
3000 Hannover 1  
Ruf (05 11) 57 50 01

Postscheckamt Hannover,  
Konto-Nr. 93 05-308  
Kreissparkasse Hannover,  
Konto-Nr. 000-019968 (BLZ 250 502 99)

**Herausgeber:**  
Christian Heise

**Chefredakteur:**  
Udo Wittig

**Redaktion:**  
P. Röbke (Analogtechnik, Audio, Modell-  
elektronik),  
Ing. (grad.) W. Wendland (Digitaltechnik,  
Meßtechnik, Amateurfunk, HiFi)

**Redaktionsassistent:** L. Segner

**Computing Today:**  
Freier Mitarbeiter: Prof. Dr. S. Wittig

**Abonnementsverwaltung, Bestellwesen:**  
D. Imken

**Anzeigen:**  
Anzeigenleiter: W. Probst  
Disposition: G. Donner

Es gilt Anzeigenpreisliste Nr. 4  
vom 1. Januar 1981

**Redaktion, Anzeigenverwaltung,  
Abonnementsverwaltung:**  
Verlag Heinz Heise Hannover KG  
Postfach 27 46  
3000 Hannover 1  
Ruf (05 11) 57 50 01

**Layout und Herstellung:**  
Wolfgang Ulber

**Satz und Druck:**  
Hahn-Druckerei, Im Moore 17  
3000 Hannover 1  
Ruf (05 11) 71 70 01

Elrad erscheint monatlich.  
Einzelpreis DM 4,-, öS 35,-, sfr 4,50

Jahresabonnement Inland 40,- DM inkl.  
MwSt. und Versandkosten. Schweiz 46,- sfr  
inkl. Versandkosten. Sonstige Länder  
46,- DM inkl. Versandkosten.

**Vertrieb:**  
Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 57 07  
D-6200 Wiesbaden  
Ruf (0 61 21) \*27 72

**Schweiz:**  
Vertretung für Redaktion, Anzeigen  
und Vertrieb:  
Electronic Service  
Tivoli  
Postfach  
CH-8958 Spreitenbach  
Tel. 0 56/71 18 33

**Österreich:**  
Vertrieb:  
Pressegroßvertrieb Salzburg Ges.m.b.H. &  
Co. KG.  
A-5081 Salzburg-Anif  
Niederalm 300, Telefon (0 62 46) 37 21  
Telex 06-2759

**Verantwortlich:**  
Textteil: Udo Wittig, Chefredakteur  
Anzeigenteil: W. Probst  
beide Hannover

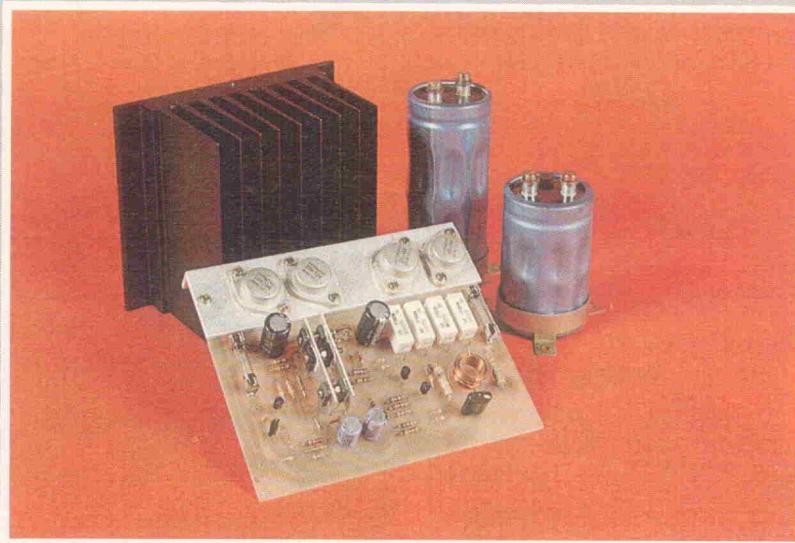
Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichen kann trotz sorgfältiger Prüfung  
durch die Redaktion vom Herausgeber nicht  
übernommen werden. Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen bei  
Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme von  
Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu  
beachten.  
Sämtliche Veröffentlichungen in Elrad erfolgen  
ohne Berücksichtigung eines eventuellen  
Patentschutzes. Warennamen werden ohne  
Gewährleistung einer freien Verwendung be-  
nutzt.

Printed in Germany  
© Copyright 1981 by Verlag Heinz Heise  
Hannover KG

ISSN 0170-1827

# Inhalt

## Power-MOSFET-Verstärker



Durch die Verwendung von kürzlich erst von Hitachi auf den Markt gebrachten MOSFETs stellt dieser Leistungsverstärker eine kompromißlose Konstruktion dar. Er liefert maximal 150 W eff und weist extrem niedrige Werte für Klirrfaktor, Intermodulations- und transiente Verzerrungen auf.

Seite 11

## Test: FRG 7700



Der FRG 7700 von YAESU ist ein völlig neu konstruierter Allbandempfänger für den anspruchsvollen Kurzwellenhörer. Er überstreicht lückenlos den Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz in dreißig 1 MHz breiten Abstimmbereichen.

Die Betriebsarten sind: AM (mit drei verschiedenen Filterbandbreiten), SSB (USB und LSB), CW und FM.

Seite 27

## E 90-Lautsprecherbox



Wieder einmal bringt Elrad eine Bauanleitung für eine Lautsprecher-Box der Superlative. Eine Box, die sicher in die Spitzenklasse eingeordnet werden kann. Fünf Wharfedale-Lautsprecher sorgen für hohen Schalldruck und hohe Belastbarkeit.

Seite 42

<b>Elrad intern</b> .....	10
100 Watt aus dem <b>Power-MOSFET-Verstärker, Teil 1</b> .....	11
Vorsichtsmaßnahmen bei der <b>Handhabung von CMOS-Schaltkreisen</b> .....	21
Nützlich oder überflüssig?	
Unser Wochenend-Projekt	
<b>Tongenerator</b> .....	24
Von 20 Hz bis 16 kHz in einem Bereich!	
<b>Produktneuheiten</b> .....	26, 53
Für den anspruchsvollen Kurzwellenhörer	
<b>Test: FRG 7700</b> .....	27
<b>Computing Today</b>	
Numerische Mathematik, Teil 11 .....	32
Sinclair ZX80, (Schluß) .....	38
PET-Bit # 12 .....	39
Buchbesprechung, Leserbrief .....	40
Computer News .....	41
HiFi selbstgebaut	
<b>E 90-Lautsprecherbox</b> .....	42
Wie funktioniert ...	
<b>Das Oszilloskop</b> .....	46
Eine theoretische Einführung	
<b>Englisch für Elektroniker</b> .....	51
<b>HiFi</b>	
Den Bienen abgeschaut:	
<b>Wabenlautsprecher</b> .....	55
<b>HiFi-Neuheiten</b> .....	60
<b>Elektronik-Einkaufsverzeichnis</b> .....	64
<b>Abkürzungen</b> .....	68

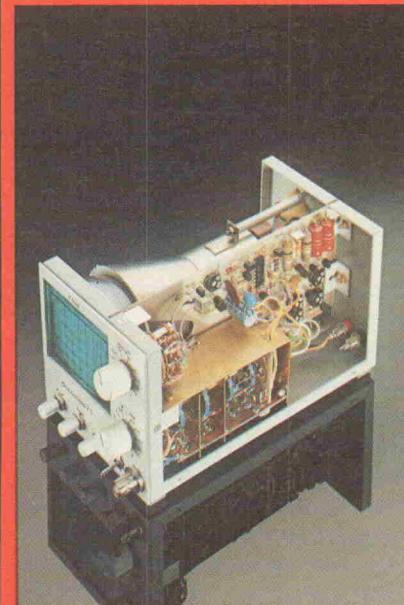
# Und was bringt das

## September-Heft?

Berühmte Namen:  
**Michael Faraday**

... und wieder Schaltungen  
**555** einmal anders

Die Krönung des Meßgeräteparks:  
**7,5 MHz Oszilloskop**  
... klein und handlich



Speicherplatz für tausend Töne  
**Elrad-Composer**

Der Sequencer für den Synthesizer

**Power-MOSFET-Verstärker, Teil 2**  
... mit allen Berechnungsunterlagen

im HiFi-Teil lesen Sie:  
**Neue Meßmethoden**  
für Lautsprecher

**Tonabnehmer-Systeme**  
... und wie sie funktionieren

**Computing Today** bringt:  
Numerische Mathematik, Teil 12:  
Wenn Zwischenwerte gefragt sind

Änderungen vorbehalten.

**Titelfoto:** Fotocentrum Hannover,  
Manfred Zimmermann.

Der Gesamtausgabe liegt eine Beilage des  
Verlags Heinz Heise Hannover KG bei.

## Das Elrad-Oszilloskop kommt!

Aufmerksame Leser werden sicherlich in der Vorschau für den September schon die Bauanleitung für das Oszilloskop entdeckt haben.

Für die, die es kaum noch erwarten können, möchten wir schon einmal einige Details preisgeben.

Das Gerätchen ist nur 175x105x100 klein (etwa wie eine Zigarrenkiste). Klein sind aber keinesfalls die Möglichkeiten dieses 7 cm-Oszilloskops.

**Bandbreite:** 0...7,5 MHz (-3 dB)

**Empfindlichkeit:** 5 mV/Skt...20 V/Skt in 12 geeichten 1/2/5 Stufen

**Gewicht:** ≈1000 g

**Versorgung:** 12 V AC o. DC ca. 800 mA

**Röhre:** DG 7-32

Aus einer 12 V Gleich- oder Wechselspannung werden in einem eigenen Spannungsversorgungsteil sämtliche benötigte Spannungen erzeugt.

Ganz billig lässt sich ein solches hochwertiges Gerät natürlich nicht erstellen, so darf mit ca. 350,- DM gerechnet werden. Das ist aber immer noch weniger als vergleichbare Industrieprodukte kosten.

Wer also mit Lötkolben und Schraubstock geübt ist, kann sein Hobby-Labor mit einem äußerst nützlichen Oszilloskop ergänzen.

## Karrierespel (4/81)

Leider ist uns im Bestückungsplan zum 'Karrierespel' ein Fehler unterlaufen. Der Taster PB1 'Sprung' muß mit dem einen Anschluß **nicht an Masse**, sondern an R8/D2 gelegt werden, dagegen war C2 mit dem negativen Anschluß auf Masse gelegt. Im Schaltbild ist dies korrekt dargestellt.

## Ölthermometer (7/81)

Der Fehlerteufel hat leider im Bestückungsplan vom Ölthermometer (S. 15) zugeschlagen. IC1 (LM 3914) muß um 180° gedreht werden. (Pin 1 zeigt dann zum Trimmer RV1). Außerdem ist ZD1 im Bestückungsplan falsch gepolt, im Schaltbild jedoch richtig dargestellt.

Red.

# elrad SOFTWARE

Sind Sie des Computer-Spiele-Allerleis müde? Dann gehen Sie mit elrad-Software auf Safari:

### RHINO (für PET 2001/CBM 3001 und TRS-80)

Das spannende Spiel für intelligente Leute

Wütende Rhinocerosen warten im afrikanischen Dschungel auf Sie! Suchen Sie eine Strategie, Ihnen zu entgehen, ehe Sie zertrampelt werden.

#### Und das ist einmalig:

Sie erhalten die Programmkkassette und eine ausführliche Programmdokumentation, bestehend aus Beschreibung, Spielanleitung, Programmlisten, Liste und Beschreibung der Variablen, Vorschläge für Programmänderungen. Alles in deutscher Sprache! So können Sie durch Studium des Programms Ihre eigenen Programmierkenntnisse vertiefen oder das Programm für einen anderen Computer anpassen.

#### Komplett-Preis

Programmkassette allein  
Dokumentation allein

DM 19,80

DM 16,80  
DM 5,80

### Analog-Uhr, Digital-Uhr (für PET 2001/CBM 3001)

Analog-Uhr: Ein Spitzenspiel. Ein rundes Zifferblatt mit Minuten- und Stundenzeiger und einer Sekundenanzeige füllt den Bildschirm. Zusätzlich wird die Zeit noch in digitaler Anzeige eingeblendet. Digital-Uhr: Eine 6-ziffrige Digitaluhr mit 40 mm hohen Ziffern gibt die sekundengenaue Zeit an.

#### Komplett-Preis

Programmkassette allein  
Dokumentation (58 Seiten) allein

DM 19,80

DM 15,80  
DM 7,80

### Morse-Tutor (für PET 2001/CBM 3001)

Übungsprogramm für das Erlernen des Morse-Codes. Das Programm gestattet u. a. folgende Möglichkeiten: Akustische Ausgabe von Morsezeichen. Eingabe von Schriftzeichen auf der Tastatur und Umwandlung in den Morsecode (auch Texte). Eingabe von Morsezeichen auf der Tastatur, der Computer gibt das Schriftzeichen aus. Wahl der Geschwindigkeiten.

#### Komplett-Preis

Programmkassette allein  
Dokumentation allein

DM 24,80

DM 19,80  
DM 7,80

### elrad Programmkkassette Nr. 1 (für PET/CBM und TRS-80)

Eine Sammlung von 10 lehrreichen und unterhaltsamen BASIC-Programmen. Sie enthält:

Schnell-Lese-Training — Drill für das Präzisionsschreiben — Kopfrechen-Drill — Kalender — Umwandlung einer römischen in eine Dezimalzahl — Umwandlung einer Dezimalzahl in eine römische Zahl — Zinseszinsen — Erzeugung von eindrucksvollen Formulierungen — Computer als Heilsheil.

#### Komplett-Preis

Programmkassette allein  
Dokumentation allein

DM 19,80

DM 14,80  
DM 8,80

Die ausführliche Dokumentation enthält neben den Programmbeschreibungen auch die Auflistung der Programme.

### elrad Programmkkassette Nr. 2 (für PET/CBM/TRS-80)

Eine Sammlung von 10 BASIC-Programmen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen. Sie enthält:

Drillprogramm für Bruchrechnen — Übung für das Geschwindigkeitsschreiben — Tilgungsplan für ein Darlehen — Reaktionszeittest — Ratscharen — Pig-Latin — Anzahl der Tage zwischen zwei Daten — Gedächtnis-Training — Trainingsprogramm für die Beobachtungsgabe — Der Computer als Poet.

#### Komplett-Preis

Programmkassette allein  
Dokumentation allein

DM 19,80

DM 14,80  
DM 8,80

### PACK/UNPACK (für PET 2001 (ab 8 KB) und CBM)

Ein nützliches Dienstprogramm zum Anlegen, Ändern/ Ergänzen und Löschen von numerischen Dateien, die in gepackter Form im oberen Teil des Arbeitsspeichers stehen. Die Daten werden gepackt auf eine Magnetbandkassette gespeichert. Ideal für Programme, die wegen umfangreicher numerischer Daten bisher keinen Platz im Speicher hatten.

#### Komplett-Preis

Programmkassette allein  
Handbuch allein

DM 19,80

DM 15,80  
DM 7,80

(Bei Bestellung bitte angeben, ob für PET oder CBM)

### INTERAKTIVE GRAPHIK I und II (für PET/CBM)

Eine Sammlung von graphischen Programmen, die im Rahmen der Elrad/ Computing Today-Serie (Hefte 1, 2, 4, 5, 6 und 7, 1981) beschrieben werden.

Enthält u. a.: Zählender Roboter, Lok, Breakthrough (Reaktionsspiel), Rangierbahnhof (Intelligenzspiel).

Programmkassette DM 8,80

(Ein besonderer Service für unsere Leser.)

Leerkassetten C-10 nur DM 2,50, ohne Vorspannband DM 2,80

Alle Preise inkl. Mehrwertsteuer  
Versand erfolgt nur per  
Nachnahme

Elrad-Versand  
Postfach 27 46  
3000 Hannover 1

# Power-MOSFET-Verstärker

Teil 1

David Tilbrook

Durch die Verwendung von kürzlich erst von Hitachi auf den Markt gebrachten MOSFETs stellt dieser Leistungsverstärker eine kompromißlose Konstruktion dar. Er liefert maximal 150 W eff und weist extrem niedrige Werte für Klirrfaktor, Intermodulations- und transiente Verzerrungen auf. Da wir annehmen, daß viele unserer Leser mit der Schaltungsart sowie den Konstruktionsproblemen nicht vertraut sind, haben wir auf eine gründliche Darstellung der Theorie nicht verzichtet.

Durch die Resonanz unserer Leser auf verschiedene Bauanleitungen (300 W PA, 60 W PA, Transmission-Line-Box u. a.) haben wir erfahren, daß das Interesse an qualitativ hochwertigen Audio-Projekten ziemlich hoch ist. Das bewog uns, mit der Entwicklung eines neuen Leistungsverstärkers zu beginnen. Unser Bestreben war es, einen Selbstbau-Verstärker mit bestmöglichen Daten zu entwerfen, wobei wir die Preisfrage als zweitrangig behandelten, da die Kosten, die durch das 'Do it yourself' eingespart werden, doch beträchtlich sind.

## Definition der Probleme

Von allen in einem Verstärker vorkommenden Stufen arbeitet die Endstufe unter den schwierigsten Bedingungen: Schwankender Belastungswiderstand, Hitze, die durch die großen Leistungen entsteht, mit denen die Lautsprecher betrieben werden, und gelegentliche Kurzschlüsse, verursacht durch unsachgemäßen Anschluß des Lautsprecherkabels oder defekter Lautsprecher.

Weiterhin findet man in der Endstufe drei verschiedene Quellen ungeheurer Nichtlinearität: Übersteuerungen (Clipping), Übernahme- und transiente Verzerrungen. Alle drei bewirken zusammen sehr starke Verzerrungen und werden daher noch im einzelnen erwähnt.

Die im Bild dargestellte Schaltung soll eine Hilfe sein, diese Arten der Verzerrung besser zu verstehen. Sie stellt eine sehr einfache aus zwei Transistoren bestehende Endstufe dar. Der Lautsprecherausgang liegt normalerweise auf einem Potential von OV, genau der Hälfte zwischen positiver (+V) und negativer (-V) Betriebsspannung. Sobald Q1 eine positive Halbwelle des Steuersignals erhält, verringert sich der Widerstand zwischen dem Ausgang und dem Positivpol der Betriebsspannung, das Ausgangspotential nähert sich +V. Ähnlich verhält sich Q2 bei Ansteuerung mit einer negativen Halbwelle. Der Widerstand zwischen Ausgang und dem negativen Pol der Betriebsspannung verringert sich, und das Ausgangspotential nähert sich -V. Ist einer der Endtransistoren voll aufgesteuert, liegt am Ausgang eine Spannung, die um den

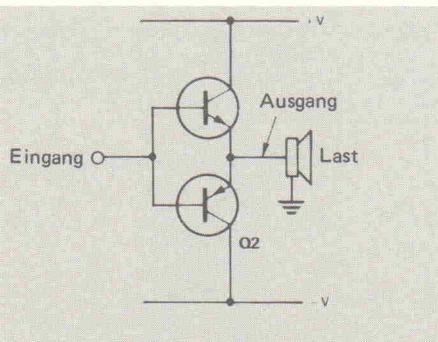


Abb. 1: Vereinfachter Schaltkreis einer bipolaren Endstufe.

Spannungsabfall über den Transistoren kleiner ist als die Betriebsspannung. Jede Spannungsspitze, die diese maximale Ausgangsspannung überschreiten will, wird abgeschnitten (siehe Bild). Es ist möglich, Spannungsspitzen, die normalerweise abgeschnitten würden, zu komprimieren, jedoch ist die Nichtlinearität damit nicht beseitigt.

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu verkleinern, ist die Verwendung einer hohen Betriebsspannung, wie sie bei großen Leistungsverstärkern üblich ist. Damit ist gleichzeitig ein Grund genannt, weshalb solch große Verstärker auch bei kleiner Betriebsleistung besser klingen als kleinere.

In mancherlei Hinsicht ist es nicht optimal, wenn die Ausgangsleistung bei Ansteuerung mit einem Sinussignal gemessen wird, denn dadurch wird die Kombination von Leistungsverstärker und Spannungsversorgung nur bei gleichbleibenden Bedingungen getestet, während man über das Verhalten bei Leistungsspitzen nichts erfährt. Signale auf modernen Schallplatten guter Qualität erreichen Spitzen, die mindestens 20 dB über dem durchschnittlichen Musikpegel liegen. Das bedeutet,

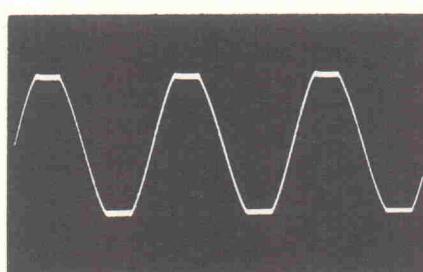


Abb. 2: Ein übersteuertes Sinussignal (clipping).

dass z. B. ein 50 W-Leistungsverstärker, dessen unbelastete Betriebsspannung +/- 30 V beträgt, schon bei Aussteuerung mit mittlerem Ausgangspegel von 3 V eff durch die auftretenden Spannungsspitzen übersteuert würde. Würde hingegen die unbelastete Betriebsspannung einen Wert von +/- 50 V aufweisen, die jedoch bei Belastung auf denselben Wert wie oben (ca. 28 V) absinkt, wäre die Sinusausgangsleistung ebenfalls 50 W. Eine Übersteuerung durch Spitzen von 20 dB würde jedoch erst bei einem mittleren Signalpegel von 5 V eff auftreten.

Die Differenz zwischen der Dauerleistung eines Verstärkers und seiner möglichen Spitzenleistung wird als dynamischer Überlastungsbereich bezeichnet und nach folgender Gleichung berechnet:

dyn. Überlastungsbereich (in dB)

$$= 10 \log \frac{P_T}{P_c} \quad (1)$$

wobei  $P_T$  die mögliche Spitzenleistung (eff) und  $P_c$  die Dauerleistung (eff) darstellt.

Ein Verstärker mit gut stabilisierter Betriebsspannung, wie der erste im o. a. Beispiel wird einen nur geringen dynamischen Überlastungsbereich (ca. 0,6 dB) aufweisen, während der zweite, dessen Spannungsquelle nur schwach stabilisiert ist, bedeutend besser dasteht. Bei einem Wert von etwa 4,4 dB würde sein Sound den des zuerst genannten wohl übertreffen. Natürlich muß eine solch unstabile

## Technische Daten

Ausgangsleistung	100 W Sinus an 8 Ohm (± 55 V Betriebsspannung)
Frequenzgang	8Hz...20kHz...+0, -0,4 dB 2,8Hz...65kHz: +0, -3 dB
Eingangsempfindlichkeit	1V für 100 W
Brummen	- 100 dB (bezogen auf Vollaussteuerung)
Rauschen	- 116 dB (bezogen auf Vollaussteuerung)
Klirrfaktoren (bei 100 W)	0,001% (1kHz) 0,003% (10kHz)
Intermodulationsverzerrungen (50Hz und 7 kHz im Verhältnis 4 : 1)	0,003% (100 W)
Stabilität:	unbeschränkt bei kapazitiver oder induktiver Last.

Spannungsversorgung bei der Konstruktion des Verstärkers berücksichtigt werden. Die Endtransistoren müssen die höhere Betriebsspannung vertragen können, und die Schaltung muß entsprechend ausgelegt sein, um ebenso gute Daten wie beim ersten Verstärker zu erreichen.

## Übernahmeverzerrungen

Wenn ein bipolarer Transistor als Emitterfolger geschaltet ist, ist das Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangsspannung vom Lastwiderstand und dem Vorwärtsscheinleitwert des Endtransistors abhängig. Genauer ausgedrückt:

$$\frac{e_o}{e_i} = \frac{R_L}{(R_L + 1/Y_{fs})} \quad (2)$$

wobei  $e_i$  die Eingangswechselspannung,  $e_o$  die Ausgangswechselspannung,  $Y_{fs}$  den Vorwärtsscheinleitwert und  $R_L$  den Lastwiderstand darstellt.

Für die in der Endstufe entstehenden Übernahmeverzerrungen ist der nichtlineare Faktor  $Y_{fs}$  verantwortlich. Aus Gleichung (2) folgt, daß bei großem  $Y_{fs}$  der Wert von  $(R_L + 1/Y_{fs})$  nahe dem von  $R_L$  ist, was wiederum bedeutet, daß bei großem  $Y_{fs}$  die Spannungen  $e_i$  und  $e_o$  nahezu gleich sind. Dieses stellt den idealen Zustand dar.

Das Problem bei den bipolaren Transistoren besteht nun darin, daß zwar der Vorwärtsscheinleitwert ziemlich hoch ist (etwa 40 Siemens bei einem typischen Endtransistor und einem Strom von 2A), er jedoch dramatisch abfällt, sobald die Basis-Emitter-Spannung unter 0,6 V absinkt. Bei einer Endstufe wie der in Abb. 1 enthält das Ausgangssignal sowohl positive als auch negative Spannungen, bezogen auf das Massepotential, wobei Q1 für die positiven und Q2 für die negativen Halbwellen verantwortlich ist. Sobald die Basisspannung von Q1 unter 0,6 V sinkt oder die von Q2 positiver wird als -0,6 V (nähert sich 0 V), nimmt der Vorwärtsscheinleitwert rapide ab und verursacht die starke Nichtlinearität der Übertragungskennlinie. Diese Nichtlinearität ist die Ursache der Übernahmeverzerrung (siehe Abb. 3).

Es gibt einige Methoden, um das Problem der Übernahmeverzerrungen zu umgehen, z. B. durch eine Vorspannung oder einen Ruhestrom. Hierbei wird an die Basis der Endtransistoren eine feste Spannung von 0,6V angelegt, was in Abb. 4 durch die Verwendung von zwei Dioden (D1 und D2) realisiert wurde. Bei richtiger Wahl der Dioden und des Widerstandes  $R_3$  werden beide Transistoren etwas aufgesteuert. Da im nichtangesteuerten Zustand die Ausgangsspannung 0V beträgt,

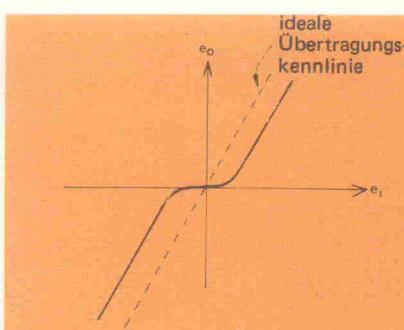


Abb. 3: Die Beziehung zwischen  $e_i$  und  $e_o$  bei einer bipolaren Endstufe wie die in Abb. 1 gezeigte. Das Resultat ist das Auftreten von Übernahmeverzerrungen.

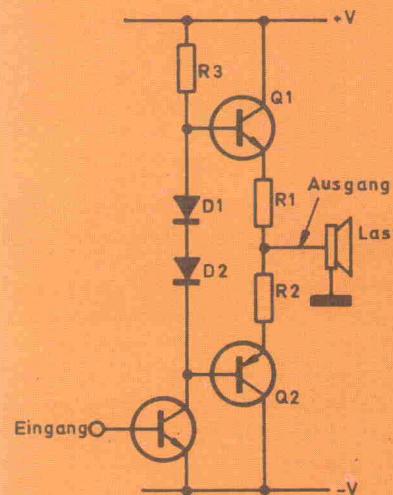


Abb. 4: Eine übliche Methode, eine Linearisierung der Übertragungskennlinie zu erreichen, ist der Einbau von zwei Dioden (D1 und D2), die den Transistoren eine Vorspannung liefern.

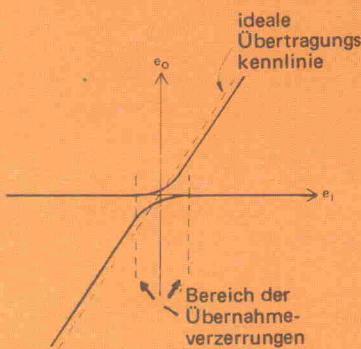


Abb. 5: Diese Übertragungskennlinie zeigt die positiven Auswirkungen, die durch das Anlegen einer Vorspannung an die Transistoren erreicht wurden.

wird auch kein Gleichstrom durch den Lastwiderstand fließen. Der Strom durch die Dioden fließt von +V direkt nach -V, die Wechselspannung ist der Gleichspannung überlagert. Das Steuersignal muß nun -0,6 V erreichen, um Q1 ganz zu sperren. Liegt nun eine negative Halbwelle an, steuert Q2 auf und bewirkt mit hohem  $Y_{fs}$  einen weiteren fast linearen Verlauf der Übertragungskennlinie.

Sobald die Steuerspannung einen Wert zwischen 0 und +0,6 V aufweist, verringert sich der Vorwärtsscheinleitwert von Q2, und der Transistor wird hochohmiger. Gleichzeitig steuert Q1 jedoch auf und sorgt mit seiner Übertragungskennlinie für die Linearität der Endstufe.

Durch die Kennlinien in Abb. 5 wird die Auswirkung des Ruhestroms besonders deutlich. Man erkennt, daß sich, im Vergleich zu Abb. 3, beide Kennlinien der idealen Kennlinie *genähert* haben. Die Ausgangssignale eines Verstärkers mit korrekter und falscher Einstellung des Ruhestroms zeigen die Photographien in Abb. 6. Das unter dem Sinussignal dargestellte Meßergebnis zeigt die Verzerrungen auf. Dieses Signal wird dadurch gewonnen, daß aus der Ausgangsspannung die Frequenz des ursprünglichen Eingangs-Signals herausgefiltert wird. Man beachte das Auftreten der größten Verzerrungen bei den Nulldurchgängen des Sinussignals.

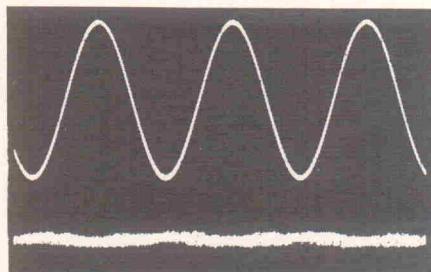
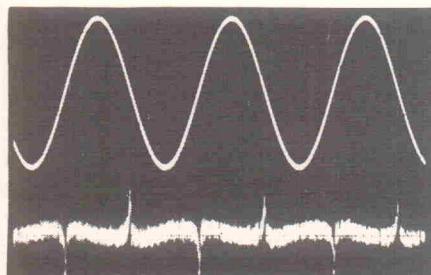


Abb. 6: Fotografien der auf einem Oszilloskop sichtbar gemachten Ausgangsspannung des Moduls. Die jeweils obere Kurve zeigt ein 5 kHz -10 Veff-Sinussignal, die untere das Meßergebnis des Verzerrungsmessers. Oben: Übernahmeverzerrungen durch reduzierten Ruhestrom. Unten: Bei korrektem Ruhestrom bleibt die Verzerrung unter der Empfindlichkeit des Verzerrungsmessers (0,003%).

Es soll aber nicht verschwiegen werden, daß bei diesem Verfahren zur Beseitigung der Übergangsverzerrung auch Nachteile auftreten, denn die Verlustleistung, die in der Endstufe entsteht, nimmt zu und dadurch bedingt auch die entstehende Wärme. Ein mit einer Gleichspannung von 50 V betriebener Leistungsverstärker, durch dessen Endstufe ein Ruhestrom von 50 mA fließt, wird sich auch im Ruhezustand, d.h. ohne Eingangssignal, durch die entstehende Verlustleistung von 2,5 W erwärmen. Aufgrund des bei bipolaren Transistoren vorhandenen negativen Tem-

peraturkoeffizienten sinkt bei zunehmender Temperatur und konstanter Basis-Emitter-Spannung der Emitter-Kollektor-Widerstand. Das verursacht eine Zunahme des Kollektorstroms, die entstehende Wärme wird noch größer, der Kollektorstrom steigt weiter an. Wird dieser thermischen Instabilität freien Lauf gelassen, ist eine Zerstörung der Endstufe ziemlich sicher. Diesem Phänomen kann durch den Einbau eines temperaturempfindlichen Bauteils, wie Diode oder Transistor, vorgebeugt werden, indem dieses Bauteil mit den Endstufen thermisch gekoppelt und der Ruhestrom so stabilisiert wird.

Ein weiterer Nachteil bipolarer Transistoren ist die durch ihre Temperaturabhängigkeit begrenzte maximale Verlustleistung. Solange es unmöglich ist, eine gleichmäßige Erwärmung des Transistorchips zu gewährleisten, werden einige Teile des Chips heißer werden als andere, und der oben beschriebene Vorgang thermischer Mitkopplung setzt ein. Dieser Effekt wird 'Durchbruch zweiter Art' (secondary breakdown) oder 'Teildurchschuß' genannt. Die so zustandekommenen heißen Zonen auf dem Chip können die Zerstörung der Endstufe verursachen.

## Slew rate limit und transiente Verzerrungen

Die dritte Quelle nichtlinearer Verzerrungen ist die bauteilbedingte begrenzte Anstiegeschwindigkeit der Ausgangsspannung (slew rate limiting). Genauso, wie die maximale Ausgangsspannung einer Endstufe begrenzt ist, benötigt der Endtransistor eine bestimmte Zeit, um von einem Potential zu einem anderen zu gelangen. Er besitzt eine gewisse Trägheit, die als maximale Ausgangsspannung-Anstiegeschwindigkeit oder Slew-rate bezeichnet wird, und es ist einsichtig, daß die Endtransistoren mit ihren großen Chips zu den langsamsten Bauteilen eines Verstärkers gehören. Sobald die Signalsteilheit sich der Slew-rate der Endstufen oder anderer Bauelemente des Verstärkers nähert, treten Verzerrungen auf, die denen, die durch die schon beschriebene Übersteuerung entstehen, ähneln. Diese Verzerrung wird auch als transiente Verzerrung, TIM oder TID (transient intermodulation distortion) bezeichnet.

Es gibt zwei Wege, diese Art der Verzerrung zu beseitigen: man verringert die Steilheit der Eingangswechselspannung oder erhöht die Slew-rate der Endstufe.

Der erste Vorschlag bringt es zwangsläufig mit sich, daß die maximale Eingangsfrequenz verringert und somit der Frequenzbereich des Verstärkers einge-

schränkt wird. Um also ein breites Frequenzspektrum ohne große Verzerrungen zu verstärken, bleibt nur die Möglichkeit, schnellere Transistoren zu verwenden.

## Der MOSFET-Endtransistor

Beim LeistungsMOSFET treten viele der oben genannten Probleme nicht auf. Die ersten MOSFETs mit einer für NF-Verstärker brauchbaren Leistung und einem annehmbaren Preis wurden von der Firma Hitachi hergestellt. Für dieses Projekt wählten wir den 2SK134 und den 2SJ49, die für eine maximale Verlustleistung von 100W, eine maximale Drainspannung von 140V sowie einen maximalen Strom von 7A ausgelegt sind, was für einen MOSFET schon ungeheuerlich klingt.

Der erste riesige Vorteil von MOSFETs gegenüber bipolaren Transistoren ist ihr sehr hoher Eingangswiderstand. Abb. 7 zeigt das Ersatzschaltbild eines typischen MOSFETs.

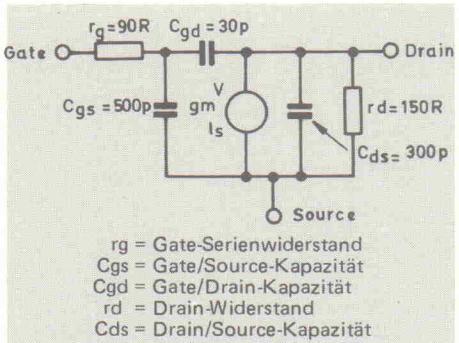


Abb. 7: Typisches Ersatzschaltbild eines LeistungsMOSFETs (2SK135).

Das Gate ist als 90 Ohm-Reihenwiderstand mit einem Kondensator von 30pF zum Drain und einem von 500pF nach Source dargestellt. Bei Anlegen einer Gleichspannung wird der Eingangswiderstand durch den sehr hohen Widerstand der beiden Kondensatoren bestimmt und wirkt wie ein offener Schaltkreis. Das Ersatzschaltbild läßt einen weiteren großen

Vorteil des MOSFETs erkennen: durch eine günstige Kombination von Gate-Reihenwiderstand und Gate-Kapazität wird eine Grenzfrequenz von etwa 3MHz erreicht. Bei richtiger Beschaltung weist der MOSFET einen exzellenten linearen Frequenzbereich auf, und seine Slew-rate wird von keinem bipolaren Transistor gleicher Leistung erreicht. Seine Schnelligkeit beruht auf der Tatsache, daß er keine Ladungsspeicherung vornimmt und so in der Lage ist, einen Strom von 2A in nur 30ns zu schalten, was etwa 100mal schneller ist als die Schaltzeit vieler bipolarer Transistoren.

Diese Schnelligkeit, verbunden mit hohem Eingangswiderstand und den Gate-Kapazitäten, verleiht dem Bauteil Schwankungen, die jedoch durch sorgfältiges Platinenlayout und die Beachtung einiger grundsätzlicher Vorsichtsmaßnahmen geähmt werden können. Alle Gate-Zuleitungen sollten so kurz wie möglich gehalten und der Gate-Serienwiderstand in seinem Wert vergrößert werden. Die dadurch größer werdende Zeitkonstante  $r_g \times C_{gs}$  grenzt den Frequenzbereich ein und verbessert die Stabilität des Bauteils.

Abb. 8 zeigt den typischen Frequenzbereich eines Leistungs-MOSFETs in Abhängigkeit vom Gate-Serienwiderstand, der durch einen externen Widerstand vergrößert wurde. Es ist wichtig, daß beim Zusammenfügen beider Bauteile die Verbindung zwischen dem Widerstand und dem Gate-Anschluß besonders kurz gehalten wird.

Die extrem hohe Slew-rate des MOSFETs ermöglicht es, eine Begrenzung der Steilheit des Eingangssignals außerhalb des NF-Spektrums vorzunehmen, wodurch der wichtige Frequenzbereich des Verstärkers nicht beeinträchtigt wird. Auf diese Weise ist es unmöglich, daß im Signal eine Steilheit auftritt, die der Slew-rate des MOSFETs nahekommt. Wenn man also voraussetzt, daß die Slew-rate anderer Ver-

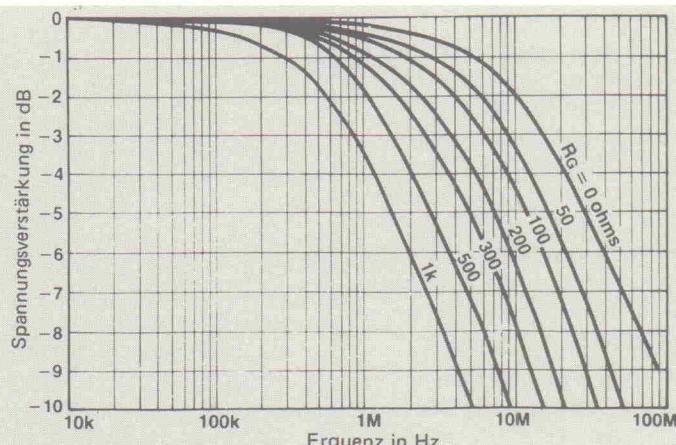
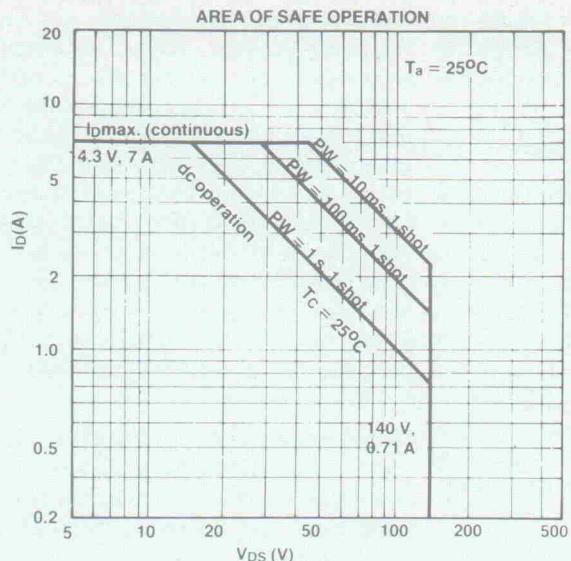


Abb. 8: Einwirkung eines Seriengatewiderstandes auf den Frequenzbereich eines MOSFETs.

(a)2SK134



(b)MJ15003/MJ15004

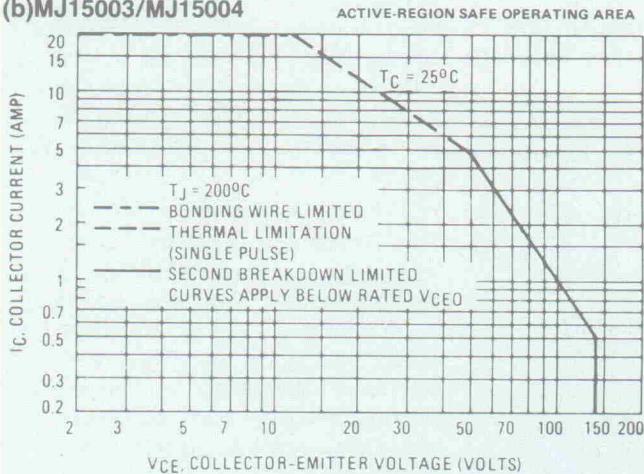


Abb. 9: Zulässiger Arbeitsbereich (SOAR) des 2SK134-Leistungsmosfets (a) im Vergleich zu dem eines bipolaren Leistungstransistors (b) (MJ15003/MJ15004).

stärkerstufen ebenfalls ausreichend hoch ist, dürfte das Problem der transienten Verzerrungen gelöst sein — aber darüber reden wir später noch...

Ein weiterer Vorteil der MOSFETs gegenüber bipolaren Transistoren ist ihr Temperaturverhalten, denn ihr Temperaturkoeffizient ist positiv und somit dem bipolaren Transistoren entgegengesetzt. Im Transistor entstehende Wärme erhöht den Drain-Source-Widerstand, was eine Verminderung des Drainstroms bedeutet. Durch diese thermische Gegenkopplung wird ebenfalls der 'Durchbruch zweiter Art' vermieden, denn bei Erhitzung einer bestimmten Stelle des Chips nimmt der Widerstand an dieser Stelle zu und der Strom (und somit die Wärme) verteilt sich auf dem gesamten Chip gleichmäßig.

Ein Blick auf die in Abb. 9 dargestellten Kennlinien verdeutlicht den Unterschied der zulässigen Arbeitsbereiche (SOAR = Safe Operating Area) eines MOSFETs und eines guten bipolaren Transistors.

Man beachte, daß beim bipolaren Transistor vier verschiedene Grenzlinien auftreten, während beim MOSFET nur drei vorhanden sind.

### MOSFETs und Übernahmeverzerrungen

In vielen Publikationen wurde als ein Vorteil der MOSFETs das Fehlen der Übergangsverzerrung gepriesen. Als Grund dafür wurde aufgeführt, daß die Übertragungskennlinie eines MOSFETs eher linear verläuft, während bipolare Transistoren einen exponentiellen Verlauf aufweisen. Der Haken an dieser Behauptung liegt aber darin, daß die größte Nichtlinearität der Kennlinie bei MOSFETs im Bereich des niedrigen Drainstroms liegt (Abb. 10) und daß diese Bauteile sicherlich niemals einen solch hohen Vorwärtsscheinleitwert erreichen können wie bipolare Transistoren. Zum Beispiel beträgt der Vorwärtsscheinleitwert des 2SK134 lediglich 1 Siemens und stellt somit nur einen Bruchteil

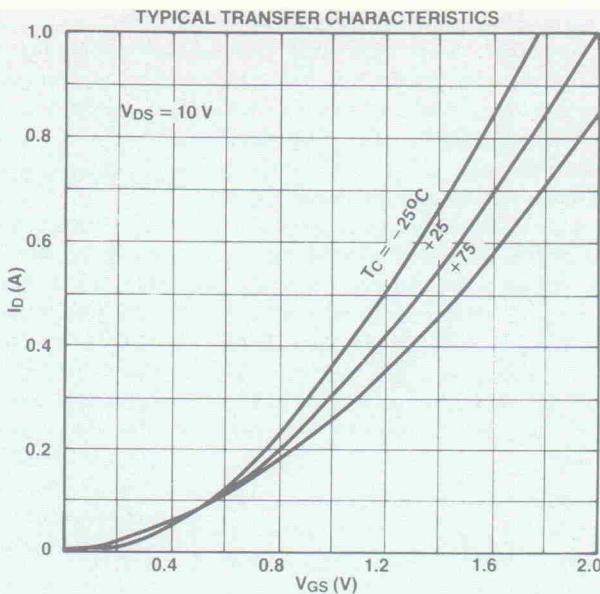


Abb. 10: Verstärkungseigenschaften eines Leistungsmosfets. Es fällt auf, daß die größten Nichtlinearitäten im Bereich des niedrigen Drainstroms auftreten.

der vorher für bipolare Bauteile genannten 40 Siemens dar. Wie schon gesagt, ist die nichtlineare Komponente von  $Y_{fs}$  für die Übernahmeverzerrung verantwortlich. Daraus läßt sich schließen, daß man bei MOSFET-Endstufen mit obengenanntem Merkmal etwa zehnmal so große Verzerrungen vermuten kann, wie bei bipolaren Konstruktionen.

Obwohl die Schalteigenschaften bipolärer Transistoren für Endstufenbetrieb ungünstig sind, muß man berücksichtigen, daß die Nichtlinearität in einem nur kleinen Bereich auftritt und daß trotz dieses Nachteils wegen des hohen Vorwärtsscheinleitwertes und durch die Anwendung eines Ruhestroms die Konstruktion verzerrungsarmer Endstufen möglich ist.

Die Fotografien in Abb. 6, die beim Betrieb von MOSFET-Endstufen aufgenommen wurden, verdeutlichen ganz klar, daß es auch hier zu Verzerrungen kommen kann. Um diese Verzerrungen auf ein befriedigendes Maß zu reduzieren, ist es notwendig, durch die MOSFETs einen Ruhestrom von mindestens 100 mA fließen zu lassen, wobei für gute Resultate ein Ruhestrom von 200...300 mA benötigt wird. Bei einer Betriebsspannung von ca.  $+/- 50$  V bedeutet dieses eine Verlustleistung von 5 bis 10W (ohne Ansteuerung), was wesentlich mehr ist als bei bipolar aufgebauten Endstufen. Aufgrund des bei MOSFETs positiven Temperaturkoeffizienten tauchen durch die größere Wärmeentwicklung keine Probleme auf, jedoch sollte man wissen, daß die Temperatur solcher MOSFET-Endstufen höher als die herkömmlicher ist.

Ein weiteres Problem entsteht durch den relativ niedrigen Vorwärtsscheinleitwert.

Es ist die bei hoher Leistung auf mehrere Volt ansteigende Spannung über der Gate-Source-Strecke des Transistors (siehe Abb. 10). Bei den Hitachi-Typen ist als maximal zulässige Gate-Source-Spannung ein Wert von 14 V angegeben, der auch beim Verstärkerbetrieb nie überschritten werden darf.

Der minimale Drain-Source-Widerstand der Hitachi-MOSFETs liegt bei etwa 1,7 Ohm. Daraus läßt sich ableiten, daß der Spannungsabfall über dem Transistor beim maximal zulässigen Drainstrom von 7 A circa 12 V beträgt. Um hier also eine gleiche Ausgangsleistung wie bei bipolaren Endstufen zu erzielen, muß der hohe Spannungsabfall durch Erhöhen der Betriebsspannung ausgeglichen werden. Um an 8 Ohm die Leistung von 100 W zu erzeugen, muß der Last eine Spannung von 28 V<sub>eff</sub> zugeführt werden, was einer Spitzenspannung von etwa 39 V entspricht. Addiert man den Spannungsabfall über dem Transistor (12 V) erhält man 51 V. Berücksichtigt man weiterhin, daß die Betriebsspannung um etwa 5% schwanken könnte und sich die Spannung bei Vollast um etwa 20% verringert, erhält man für die Betriebsspannung einen Wert von etwa +/−65 V, der im Bereich der zulässigen maximalen Drain-Source-Spannung der Transistoren 2SK134 und 2SJ49 liegt. Bei genauerer Betrachtung des zulässigen Arbeitsbereichs (SOAR) stellen wir fest, daß wir für unser Projekt zwei parallelgeschaltete MOSFETs benötigen, um die maximale Verlustleistung nicht zu überschreiten. Könnte man einen rein ohmschen Widerstand als Last garantieren, bestände die Gefahr der Überlastung eines einzelnen Endtransistors nicht. Bei einer Betriebsspannung von etwa +/−50 V würde die am Lastwiderstand anstehende Wechselspannung Werte von ungefähr +/−40 V erreichen können, die bei einer Belastung mit 8 Ohm einen Strom von circa +/−5 A verursachen würden. Die maximale Verlustleistung würde bei etwa halbem Spitzstrom, also +/−2,4 A und einer Drain-Source-Spannung von ungefähr 0 V auftreten. Sie würde in diesem Fall also weniger als 30 V × 2,5 A = 75 W betragen, für die ein einzelner Endtransistor ausreichen würde.

Doch leider sind Lautsprecher keine reinen ohmschen Widerstände. Bei einigen elektrostatischen Lautsprechern z. B. besteht die Verstärkerlast aus der Primärwicklung eines – die für das elektrostatische Element notwendige hohe Spannung erzeugenden – Transformators. Bei solch einer induktiven Last muß die Endstufe in der Lage sein, die auftretenden Blindkomponenten zu verkraften. Ähnlich ist es bei Lasten mit kapazitiver Kom-

ponente, die speziell bei Lautsprechern mit Frequenzweichen auftritt. Unter diesen Bedingungen liefert der induktive oder kapazitive Blindwiderstand Leistung in die Endstufe zurück. Wenn z. B. in einem Verstärker mit einer Betriebsspannung von +/−50 V eine kapazitive Last von einem starken negativen Signal auf −40 V aufgeladen wird, ist diese Ladung auch noch vorhanden, wenn die Ausgangsspannung schon den Wert der positiven Halbwelle (+40 V) angenommen hat. Dieses hat zur Folge, daß bei einem ohmschen Widerstand von mindestens 8 Ohm ein maximaler Strom von 10 A durch die Last fließt. Die maximal mögliche Verlustleistung pro Transistor würde bei einem Drainstrom von 5 A und einer Drain-Source-Spannung von 40 V auftreten und 200 W betragen. Es sind also jeweils zwei parallelgeschaltete Endtransistoren notwendig, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

Da dieses Problem durch die imaginäre (Blind-) Komponente der Last verursacht wird, treten solche großen Ströme nur augenblicklich beim Umladen der Last auf. Deshalb ist es möglich, für diese kurzen Zeiten außerhalb des für Betrieb mit Gleichspannung zulässigen Arbeitsbereichs zu arbeiten. Jedoch auch unter Berücksichtigung dieses Umstandes würde ein einzelnes Endtransistorpaar nicht ausreichen.

Während der Entwicklungsarbeiten dieses Leistungsverstärkers (mit zwei Paar MOSFETs) wurde die Endstufe stark überlastet, kurzgeschlossen und mit voller Leistung auf Frequenzen über 10 MHz zum Schwingen gebracht. Die Temperatur der Bauteile stieg dabei auf max. 130° C an. Da die MOSFETs anschließend immer noch perfekt arbeiteten, muß man wohl annehmen, daß es sich um extrem robuste Bauteile handelt.

Abschließend läßt sich sagen, daß MOSFETs sowohl Vor- als auch Nachteile haben, wenn sie in Endstufen eingesetzt werden. Sie sind in Schnelligkeit und Eingangswiderstand überlegen und sehr robust. Andererseits erfordern die durch den kleineren Vorwärtsscheinleitwert bedingten Verzerrungen eine größere Gegenkoppelung, so daß die Phasenlage des Signals für die Stabilität des Verstärkers wichtig ist.

Da jedoch die Vorteile der MOSFETs überwiegen, entschlossen wir uns, die neue Endstufe mit diesen Bauteilen auszustatten.

## Der Aufbau

Der Aufbau des Leistungsverstärkers ist nicht schwierig, da alle Bauteile auf einer

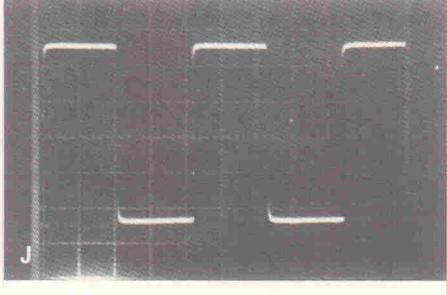
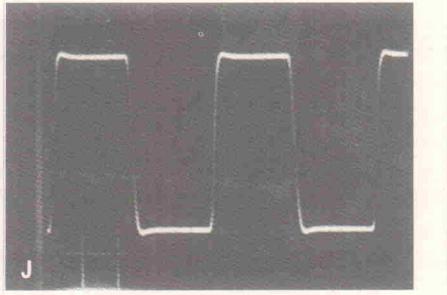
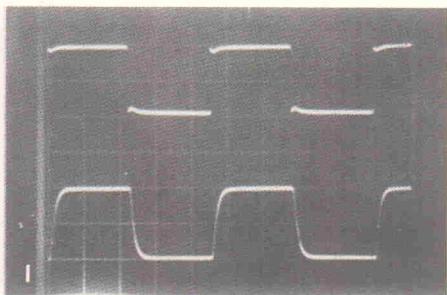
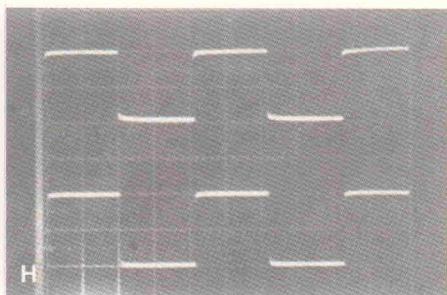
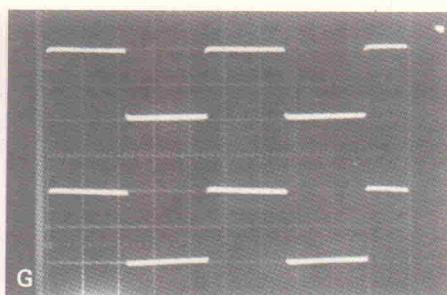
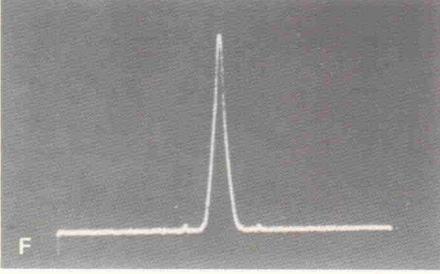
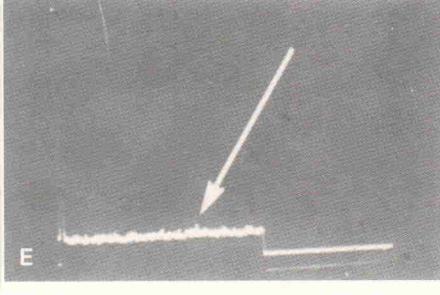
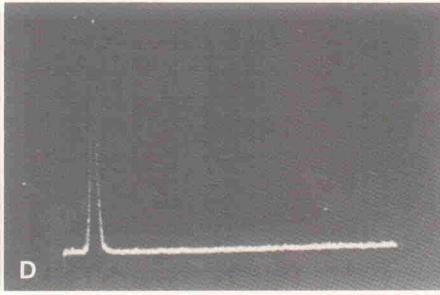
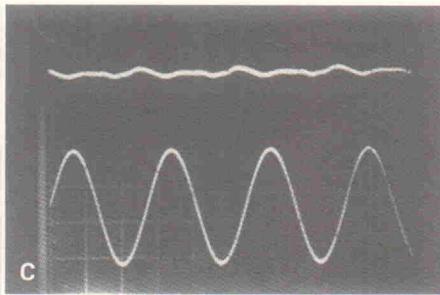
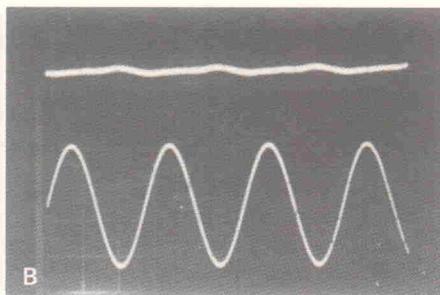
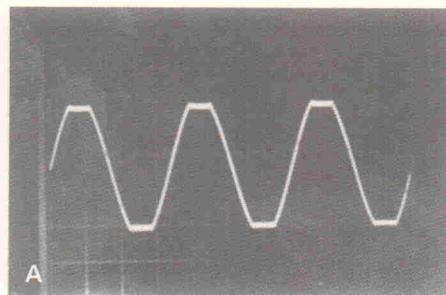
einzelnen Platine untergebracht sind. Weil die Konstruktion jedoch eine Reihe von verschiedenen Gegenkopplungen verwendet, ist das Platinenlayout ein kritischer Faktor bei dem Versuch, die theoretisch maximale Güte zu erreichen. Es ist praktisch unmöglich, bei verändertem Layout eine gleich hohe Güte zu erreichen, ohne auf ein Verzerrungsmeßgerät mit einer Empfindlichkeit von mindestens 0,005% und einen guten Spektrumanalysator zurückgreifen zu können. Das dargestellte Layout ist optimiert und sollte nicht verändert werden.

Der Aufbau der Schaltung beginnt mit dem Einlöten der Widerstände. Die OR22, 5-W-Source-Widerstände werden warm, wenn der Verstärker über eine längere Zeitdauer mit hoher Leistung arbeitet. Obwohl sie niemals so heiß werden, daß die Platine schmoren könnte, (beim Auftreten eines soviel Verlustleistung freisetzenden Fehlers müßten die Sicherungen ansprechen), ist es übliche Praxis, sie einige Millimeter über der Platinenoberfläche anzubringen. Gleicher gilt unbedingt für den 4,7 Ohm-Widerstand R29, denn sobald der Verstärker – evtl. durch einen Fehler mit hoher Frequenz zu schwingen beginnt, erhitzt sich dieser Widerstand sehr stark. Die Widerstände R21...24 dürfen zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingelötet werden. Sie werden auf der Rückseite der Platine angebracht und sollten erst nach Montieren der MOSFETs eingebaut werden.

Löten Sie als nächstes die vier Sicherungshalter ein. Es folgt der Einbau der Kondensatoren, mit Ausnahme von C7, 8, 10, 11, deren Platz sich wiederum auf der Rückseite befindet. Versichern Sie sich, daß Sie die Elkos C1, 5, 12, 13 richtig polarisiert einlöten. Ähnliches gilt für Dioden und Zenerdioden, deren Einbau nun folgt. Plazieren Sie das Trimpotentiometer RV1 sowie die Kleinsignaltransistoren Q1, 2 und Q13 an den dafür vorgesehenen Stellen.

Als nächstes bauen Sie die spannungsverstärkenden Transistoren Q3...8 ein, die auf der Platte in zwei parallelen Reihen mit jeweils drei Transistoren gruppiert sind.

Wie aus den Fotografien hervorgeht, sind die Kühlkörper des Prototyps aus zwei Aluminiumstücken gefertigt. Die Transistoren werden mittels 3 Schrauben so befestigt, daß eine stabile Einheit entsteht. Transistoren und Kühlkörper müssen durch mit Wärmeleitpaste bestrichene Glimmerscheiben voneinander isoliert werden. Vergewissern Sie sich vor dem Einbau dieses Transistor-Blocks, daß kein Anschluß der Transistoren Verbindung



(A) Übersteuerungstest: Durch ein 1 kHz-Sinusignal wird der Verstärker übersteuert.

(B) Messung des Gesamtklirrfaktors (mit AWA Modell F242A N+D-Meter). Unten ist das 1 kHz-10 Weff-Ausgangssignal dargestellt, darüber das Meßergebnis des F242A, bei dem in diesem Fall die Auflösungsgrenze eingestellt ist (etwa 0,002% Gesamtklirrfaktor).

(C) Gesamtklirrfaktor bei 20 kHz und einer Ausgangsleistung von 10 Weff. Die Verzerrungen sind so gering, daß die Empfindlichkeit des F242A gerade ausreicht, sie sichtbar zu machen. Vergleichen Sie dieses Meßergebnis, wo der Klirrfaktor etwa 0,004% beträgt, mit dem in (B) aufgezeigten.

(D) Um die Verzerrungsprodukte des Moduls zu messen, verwendeten wir den Spektrumanalysator 3580A von Hewlett Packard. Mit diesem Gerät läßt sich ein Dynamikbereich von 90 dB auf dem Bildschirm darstellen. Das Rauschen auf der Grundlinie beträgt etwa 0,002% des 1 kHz-10Veff-Grundsignals, das man auf der linken Seite des Fotos erkennt. Die Verzerrungsprodukte lassen sich nicht vom Rauschen unterscheiden. Dieses Meßergebnis wurde nur dadurch erreicht, daß Notchfilter zur Erhöhung der Empfindlichkeit an den Eingang des 3580A angepaßt wurden. Die mit dieser Technik erzielte Auflösung liegt mit 0,0003% im Bereich der Verzerrungen, die unser Sinusgenerator (AWA 6233) liefert.

(E) Spektrum-Analyse: Die Spitze links zeigt die Grundwelle (20 kHz 10 Weff-Sinusausgangssignal). Die Verzerrungen durch die 2. Harmonische sind nur eben über dem Rauschen erkennbar (Pfeil).

(F) Das Messen der Intermodulationsverzerrung erwies sich als ebenso schwierig wie das des Gesamtklirrfaktors, da der Wert kleiner ist als die Auflösung der meisten Meßgeräte. Wir mischten ein 50 Hz-Signal im Verhältnis 4:1 mit einer Grundfrequenz, die über den gesamten NF-Bereich variiert wurde. Unter 7 kHz wurden keine Intermodulationsverzerrungen sichtbar (<0,002%). Das Foto zeigt eine Verzerrung, die durch eine Grundfrequenz von etwa 7 kHz erzeugt wird. Sie hebt sich nur etwas aus dem Rauschen hervor und beträgt circa 0,004%.

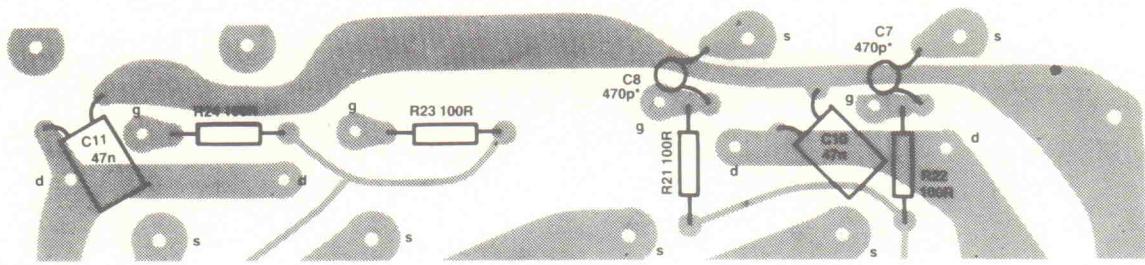
(G) Rechteckverhalten bei einer Eingangs frequenz von 100 Hz (oben). Das 20Vss-Ausgangssignal an einer ohmschen Last von 8 Ohm weist eine leichte Neigung auf, was jedoch durch den Hochpaß im Eingang des Moduls bedingt ist.

(H) Rechteckverhalten bei 1 kHz-Eingangssignal.

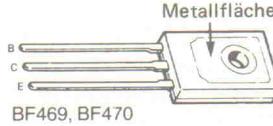
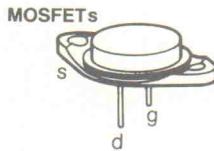
(I) Rechteckverhalten bei 10 kHz. Das obere Signal stellt das vom Generator gelieferte Rechtecksignal dar. Die Einkerbungen sind auf einen Fehler im Generator zurückzuführen, jedoch liegen die dadurch erzeugten Harmonischen oberhalb der Grenzfrequenz des im Modul eingebauten Tiefpasses. Als Ergebnis erhielten wir ein einwandfreies nur etwas gerundetes Ausgangsrechtecksignal (unten).

(J) Diese Fotos zeigen das Verhalten des Verstärkers bei Blindlast. Das obere Bild zeigt ein 10 kHz-Ausgangsrechtecksignal bei einem 8 Ohm Widerstand parallel zu einer Kapazität von  $2\mu\text{F}$ . Es treten weder Schwingungen noch Instabilitäten auf. Da bei natürlichen Blindwiderständen normalerweise ein Serienwiderstand vorgeschaltet ist, der Lade- und Entladzeit des Kondensators begrenzt, ist dieser Test als besonders hart anzusehen. Auf dem unteren Bild ist das Ausgangssignal bei einer induktiven Last von 3mH dargestellt (gleiche Ansteuerung wie oben, und wieder verhält sich der Verstärker stabil).

(K) Das Oszilloskopbild zeigt das Fehlersignal (oben) der Gegenkopplungsschleife in bezug auf ein 10 kHz Rechtecksignal, dessen Spannung bei einer ohmschen Last von 8 Ohm etwa 20Vss beträgt. Beachten Sie, daß das Fehlersignal nicht übersteuert ist. Dieses kann man als gutes Zeichen dafür werten, daß der Verstärker frei von transienten Verzerrungen ist. Der Meßbereich des Fehlersignals ist 200mV pro Kästchen.



So werden die im Text erwähnten Bauteile auf der Lötseite der Platine verdrahtet.

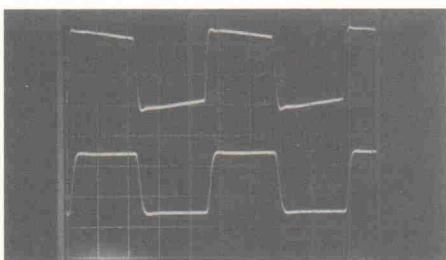


mit dem Kühlkörper hat. Die Schrauben werden durch die Transistorplastikgehäuse automatisch isoliert, so daß sich weitere Maßnahmen erübrigen.

Bevor die Endtransistoren montiert werden können, muß ein entsprechender Aluminiumwinkel passend angefertigt werden. Dabei muß eine Seitenlänge mindestens 40 mm betragen. Die Bohrungen sind so angebracht, daß der Kühlkörper mit dem der 300W PA kompatibel ist, obwohl dann einige Bohrungen unbenutzt bleiben.

Falls Sie Ihren Kühlkörper selbst anfertigen, wird Ihnen die Bohrschablone (in Form einer unbestückten Platine) eine Hilfe sein. Achten Sie darauf, daß Sie den Grat vollständig entfernen! Durch einige Umdrehungen mit einem großen Bohrer (z. B. 13 mm) wird jede scharfe Kante beseitigt.

Achten Sie bei der Auswahl eines fertigen Kühlkörpers besonders darauf, daß er für diese Anwendung auch geeignet ist. Im nächsten Monat gehen wir näher auf die Daten des Kühlkörpers ein und schildern die Verwendung der Module als Basis



(L) Ein weiterer harter Test zeigt die Größe des Fehlersignals bei einer 10kHz-Ausgangsspannung von 20Vss an einer kapazitiven Last von  $2\mu\text{F}$ . Während unten das Ausgangssignal dargestellt ist, zeigt das obere Meßergebnis das Fehlersignal, das bedeutend größer ist als bei ohmscher Last, jedoch immer noch nicht übersteuert. Diese Beschaltung stellt den ungünstigsten realistischen Zustand größerer TIM-Verzerrungen dar. Der Meßbereich des Fehlersignals ist hier wieder 200mV / Kästchen.

eines hochwertigen Stereo-Leistungsverstärkers. Ebenfalls werden wir die Spannungsversorgung sowie die Besonderheiten, die die Masseleitung des Verstärkers betreffen, ausführlich behandeln.

Nach dem Bohren des Kühlkörpers können die MOSFETs auf der Platine montiert werden, wobei der Kühlkörper durch die Endtransistoren und eine Masse schraube befestigt wird. Die Schrauben bilden gleichzeitig die Zuleitung zum Source-Anschluß der Transistoren, da dieser mit dem Transistorgehäuse verbunden ist. Durch Isoliereinsätze, die von unten in den Aluwinkel eingedrückt werden, müssen die Schrauben vom Winkel isoliert werden. Um die Wärmeleitfähigkeit zu verbessern, schlagen wir vor, die Glimmerscheiben beidseitig und die MOSFETs von der Unterseite mit Wärmeleitungspaste zu bestreichen. Die Transistoranschlußbeinchen werden durch die Isolierscheiben gesteckt, nachdem diese auf dem Kühlkörper richtig platziert wurden.

Nach festem Verschrauben von MOSFETs und Kühlkörper überprüfen Sie alle Transistoren auf Kurzschlüsse. Sollten Sie feststellen, daß irgendein Transistoranschluß oder -gehäuse Kontakt mit dem Kühlkörper hat, ist es notwendig, den Kurzschluß zu suchen und zu beseitigen. Für Kurzschlüsse dieser Art ist oft der nicht richtig entfernte Grat der Bohrungen die Ursache.

Zum Schluß können die letzten passiven Bauteile (R21...24 und C7, 8, 10, 11) auf der Rückseite der Platine angelötet werden. Halten Sie die Anschlüsse der Bauteile so kurz wie möglich – aber auch lang genug, um eine gute Befestigung zu gewährleisten.

### Test und Abgleich

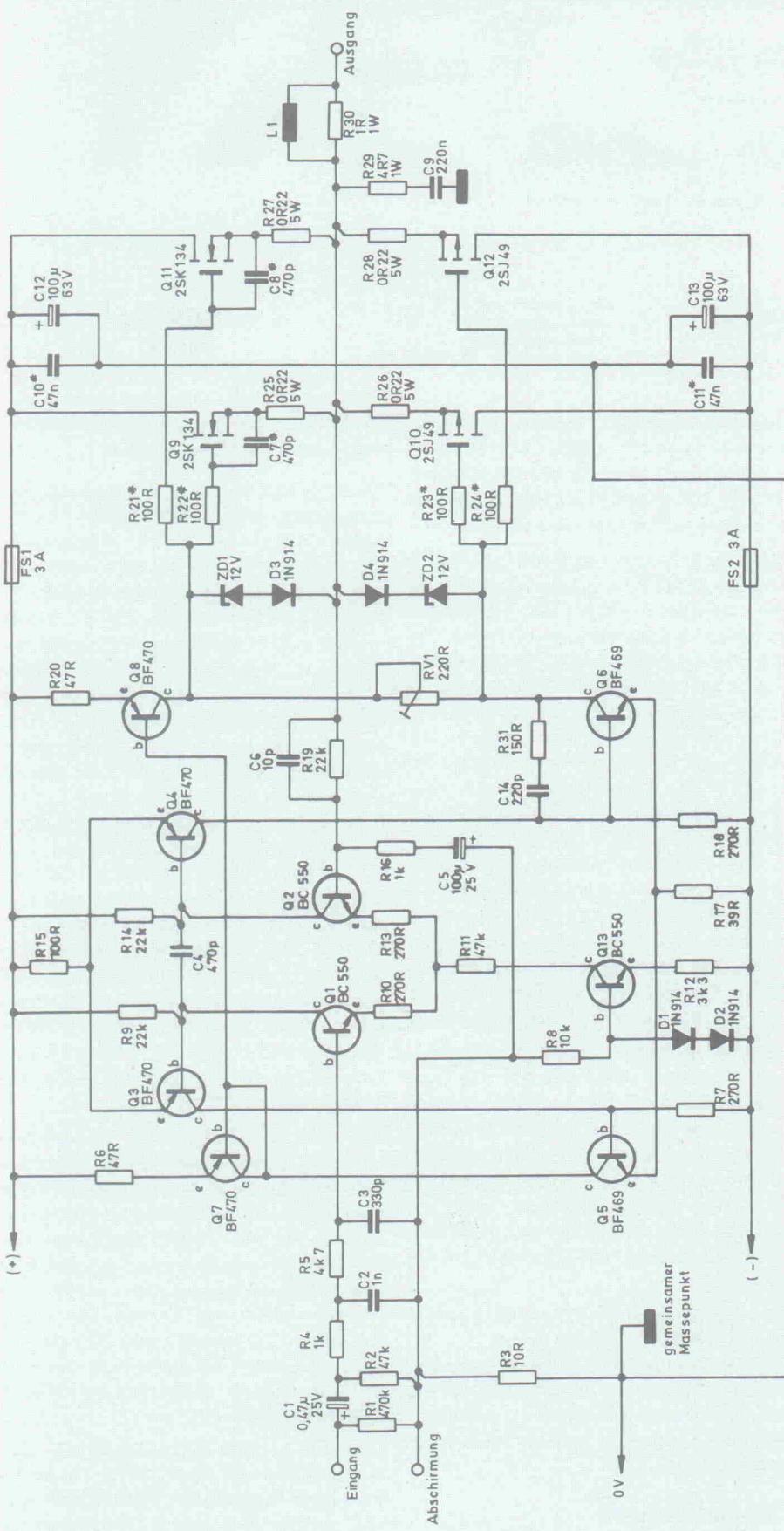
Die für das Modul empfohlene Betriebsspannung beträgt  $+/-55\text{ V}$ . Bei dieser normal stabilisierten Spannung wird das

Modul bei einer Last von 8 Ohm eine Leistung von etwa 100 W abgeben.

Bevor Sie das Modul jedoch an eine Spannungsquelle anschließen, sollten Sie folgende Tests durchführen: Vergewissern Sie sich, daß keine Bauteile durch den Kühlkörper kurzgeschlossen werden. Zu diesem Zweck entfernen Sie die Masse schraube des Kühlkörpers, führen die notwendigen Messungen mittels Multimeter durch und setzen die Schraube wieder ein. Überprüfen Sie auch die Kollektoren und Kühlkörper der sechs spannungsverstärkenden Transistoren auf Kurzschlüsse. Vergewissern Sie sich noch einmal, ob alle polarisierten Bauteile richtig eingebaut sind. Treten bei Ihnen Zweifel auf, z. B. bei schon etwas unkenntlichen Dioden codierungen, greifen Sie lieber zum Multimeter! Drehen Sie den Schleifer des Potis RV1 auf den kleinsten Widerstandswert (entgegen dem Uhrzeigersinn), wodurch sichergestellt ist, daß kein Ruhestrom durch die Endtransistoren fließt. Um ganz sicher zu gehen, ersetzen Sie die Sicherungen der Endstufe durch 10-Ohm-1/2 W-Widerstände.

Nun kann das Modul an die Versorgungsspannung angeschlossen werden (um eine Fehlerquelle mehr auszuschließen, überprüfen Sie bitte den Zustand der Lötstützpunkte für die Versorgungsspannung). Eine mit Strombegrenzung ausgestattete Spannungsquelle wäre beim ersten Einschalten schon von Vorteil. Sie müßte auf einen Maximalwert von 200 mA eingestellt werden. Schalten Sie die Endstufe zu diesem Zeitpunkt mit keinem Lastwiderstand!

Nach Anlegen der Betriebsspannung darf nur ein kleiner Strom durch die Sicherungen ersetzen Widerstände fließen. Sollten diese jedoch zu qualmen beginnen, schalten Sie die Betriebsspannung sofort ab, denn Rauchzeichen bedeuten Fehler!



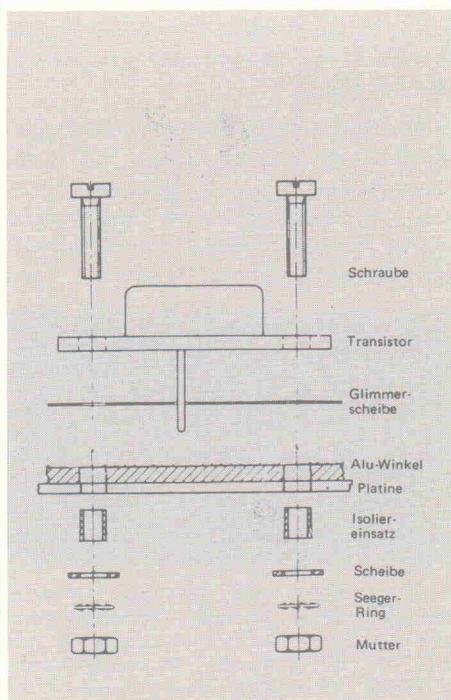
Schaltbild des MOSFET-Leistungsverstärkers. Die komplette Funktionsbeschreibung folgt im nächsten Monat.

Wenn alles gut verlaufen ist, messen Sie mittels Multimeter die Spannung über einem der 10-Ohm-Widerstände und stellen diese mit RV1 auf 1 V ein. Der Ruhestrom der Endtransistoren beträgt nun 100 mA. Messen Sie nun die Spannung zwischen dem Lautsprecherausgang und Masse. Sie müßte  $+/-25$  mV betragen. Bei analogen Multimetern ist es auch möglich, daß das Meßinstrument gar nicht ausschlägt und eine Spannung von 0 V anzeigt.

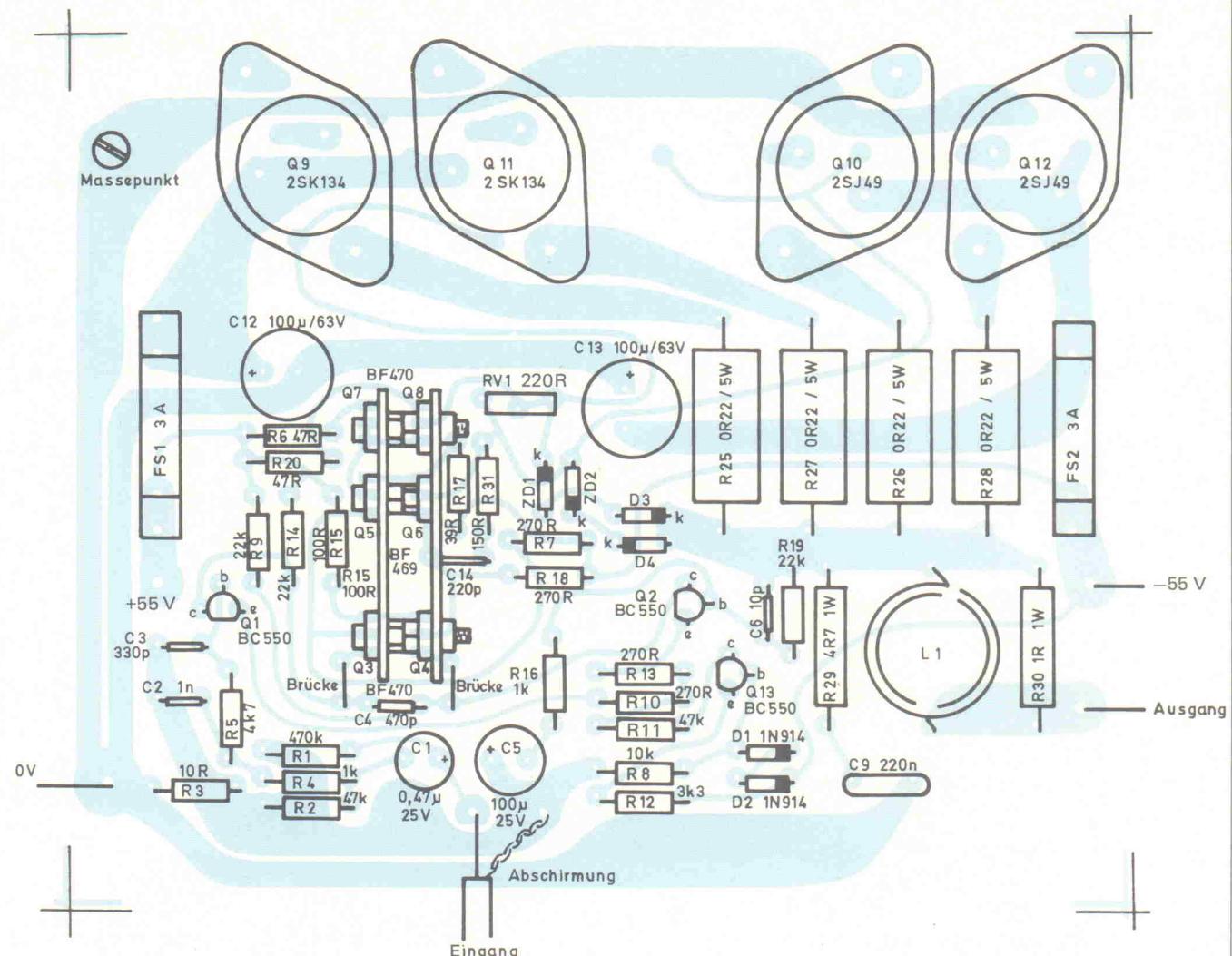
Falls im direktgekoppelten Verstärker ein Fehler vorhanden ist, wird die Ausgangsspannung normalerweise einen Wert der Betriebsspannung einnehmen. Dieses ist auch der Grund, weshalb noch keine Last angeschlossen werden sollte, denn eine Gleichspannung von 50 V setzt an einem 8-Ohm-Widerstand eine Leistung von bis zu 300 W frei, wodurch jeder Lautsprecher zerstört werden würde.

Nachdem Ihr Modul all diese Tests bestanden hat, können Sie die 10-Ohm-Widerstände getrost wieder durch Sicherungen ersetzen. Jedoch sollten Sie vorher die Betriebsspannung abschalten und die Entladung der Ladeelkos Ihres Netzteils abwarten.

Beachten Sie immer, daß zwischen den Sicherungen eine Spannung von 100 V anliegt und daß diese Spannung für einen Tod durch Stromschlag ausreicht. Seien Sie also bei Arbeiten an Hochleistungsverstärkern vorsichtig!



Diese Explosionszeichnung zeigt, wie die MOSFETs mit Kühlkörper und Platine zusammengebaut werden.



Bestückungsplan der Platine.

## Stückliste

### Widerstände 1/2W, 5%

R1	470k
R2, R11	47k
R3	10R
R4, R16	1k
R5	4k7
R6, R20	47R
R7, 10, 13, 18	270R
R8	10k
R9, 14, 19	22k
R12	3k3
R15, 21 - 24	100R
R17	39R
R25 - 28	OR22, 5 W
R29	4R7, 1 W
R30	1R, 1W
R31	150R
RV1	220R Trimmer

### Kondensatoren

C1	0,47 $\mu$ , 25V Tantal
C2	1n Folie
C3	330p ker
C4, 7, 8,	470p ker
C5	100 $\mu$ , 25 V Elko
C6	10p ker
C9	220n Folie
C10, 11	47n Folie
C12, 13	100 $\mu$ , 63 V Elko
C14	220p ker

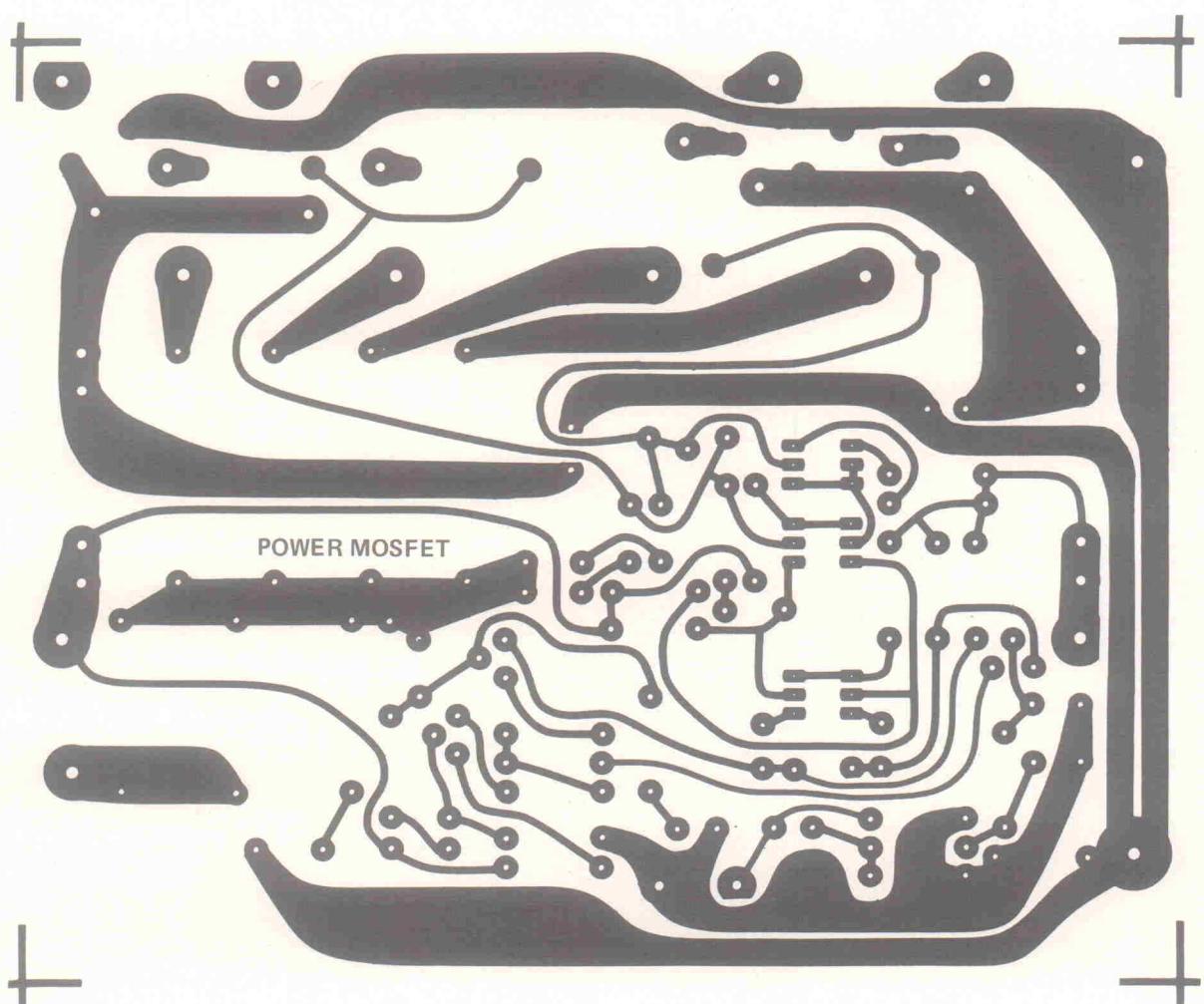
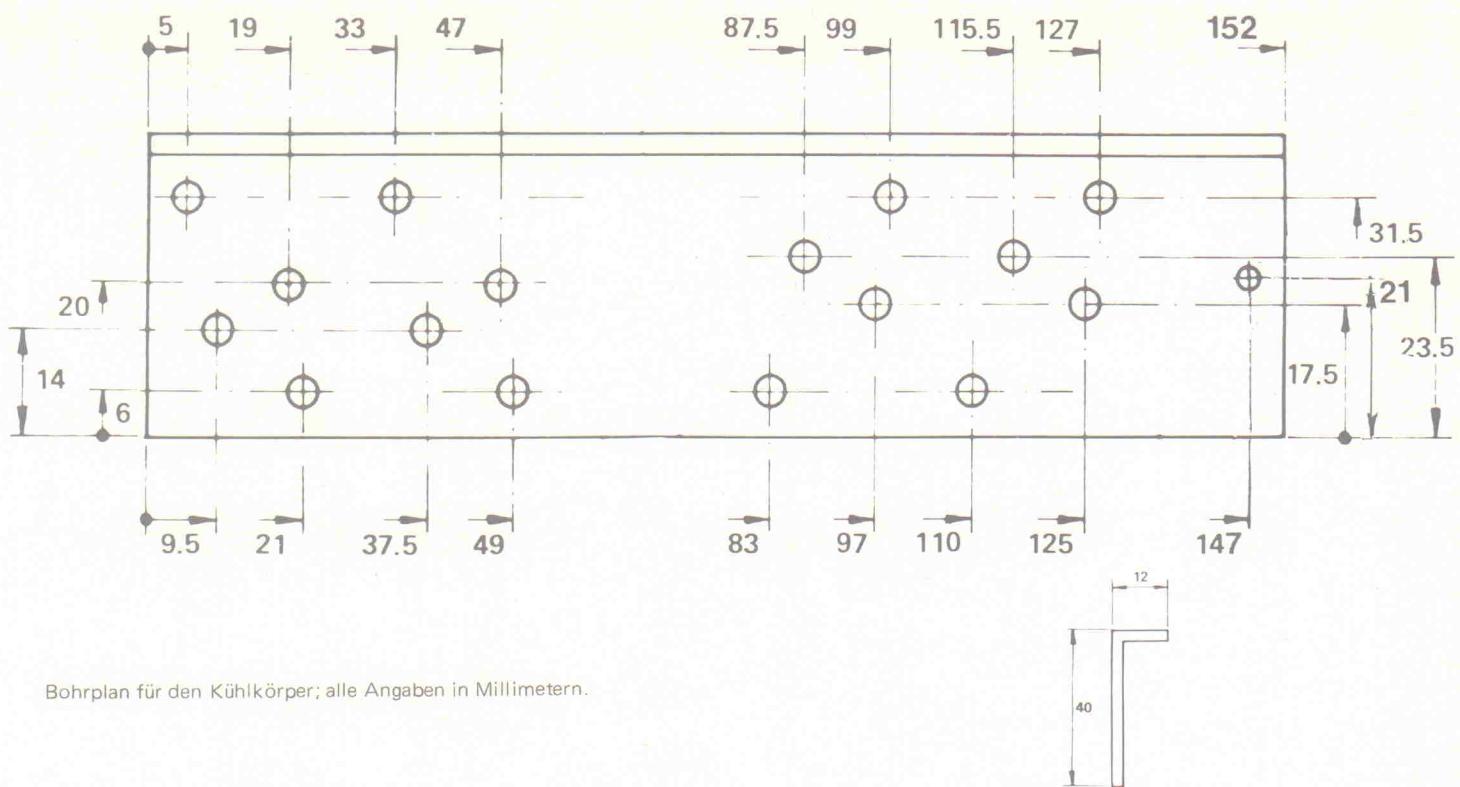
### Halbleiter

D1, 2, 3, 4	1N914
ZD1, ZD2	12V, 400mW Zenerdiode
Q1, 2, 13	BC550

Q3, 4, 7, 8	BF470
Q5, 6	BF469
Q9, 11	2SK134
Q10, 12	2SJ49

### Verschiedenes

Platine, Sicherungshalter, Sicherungen, Wickelkörper für L1 (von einem Schalenkern 26 x 16), 1 m Draht CuL 0,8 mm Ø, 2 Kühlkörper für Treiber (70 x 40 mm) Aluwinkel 40 x 40 mm, 150 mm lang, Glimmerscheiben, Wärmeleitpaste, Schrauben, Muttern, Kühlkörper für Endtransistoren (thermischer Widerstand 1K/W z. B. Typ KI 143/100 Fa. Seifert)



Das Platinen-Layout für den Power-MOSFET-Verstärker.

# Handhabung von CMOS-Schaltkreisen

CMOS-Schaltkreisen wird häufig Überempfindlichkeit zugeschrieben, so daß viele Hobby-Elektroniker Vorbehalte gegen diese Technik besitzen. Doch wer diesen Artikel gelesen hat und sich an die beschriebenen Maßnahmen hält, wird wohl kaum noch ein CMOS-IC in den Himmel von 'Silicon Valley' schicken.

Die Vorbehalte gegen die CMOS-Technik mögen in der Anfangsphase sicherlich berechtigt gewesen sein. Oftmals nahm man einen unbenutzten IC aus der Schublade und wunderte sich über dessen Nichtfunktionieren. Über diese Phase sind CMOS-Hersteller aber inzwischen weit hinaus und haben durch geeignete Schutzmaßnahmen der Ein- und Ausgangskreise eine hohe Betriebssicherheit erreicht.

## CMOS-Schutzschaltungen

CMOS-ICs sind nach Definition Metalloxid-Halbleiterelemente mit sehr hoher Eingangsimpedanz (ca.  $10^{12} \Omega$ ). Die Durchschlagspannung eines solchen Oxid-Gatters wird typisch mit ca. 80V angegeben, bricht dieses Gatter zusammen, wird das Bauelement unwiderruflich zerstört. Um die CMOS-Bausteine gegen Spannungsspitzen, wie sie z. B. durch statische Ladungen auftreten können, zu schützen, werden moderne CMOS-Schaltkreise mit umfangreichen Schutzvorkehrungen an allen Ein- und Ausgängen ausgestattet.

Fig. 1 zeigt eine Schutzschaltung, die für die überwiegende Mehrheit der CMOS-B-Serie bereits Standard ist. Alle mit D1 bezeichneten Dioden verhindern, daß negative Eingangs- und Ausgangssignale, die größer als 600mV sind, an den eigentlichen Schaltkreis gelangen. Die Dioden mit der Bezeichnung D2 sollen dagegen positive Signale auf 600mV begrenzen. D3 schützt den Schaltkreis vor Schwingungen, die elektrostatisch durch Berührung auftreten können, sie werden durch die Diode auf harmlose 600mV begrenzt.

Eine der wenigen Ausnahmen dieser Grundschaltung bilden die sogenannten Buffer/Converter ICs 4049B und 4050B.

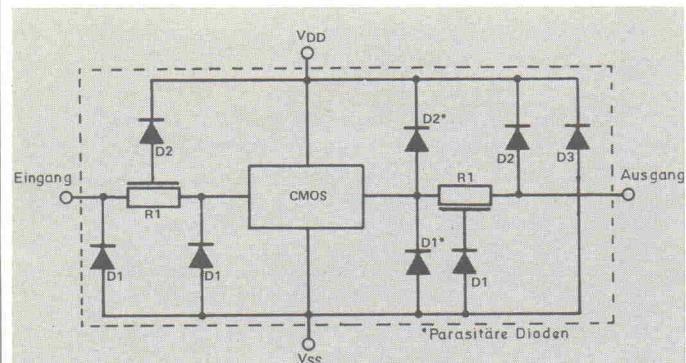


Fig. 1. So sieht die Standardschutzschaltung in den meisten CMOS-B-Typen aus.

Wie Fig. 2 zeigt, fehlen hier die Diode D2 am Eingang und eine Diode D1 am Ausgang. Da dieser Schaltkreis außer als Treiber auch zur Pegelanpassung benutzt werden kann (z. B. 12V CMOS-Pegel auf 5V-TTL-Pegel), müssen Eingang und Ausgang unabhängig von VDD sein.

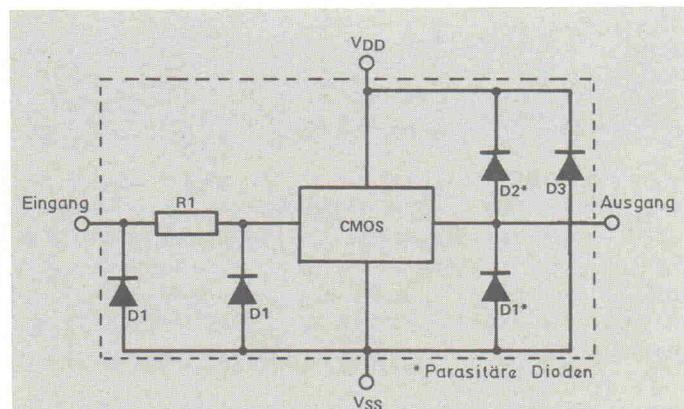


Fig. 2. Diese Beschaltung findet man in den Buffern 4049B und 4050B.

Eine weitere Ausnahme stellt der Typ 4066B dar. Dieser IC enthält sogenannte bilaterale Schalter. Angesteuert werden diese Schaltkanäle mit einem 'H'-Signal am Kontrolleingang. Die Kontrolleingänge werden mit einer Beschaltung nach Fig. 1 geschützt, dagegen werden die Schaltkanäle mit einer einfachen Diodenbeschaltung nach Fig. 3 vor Schaden bewahrt.

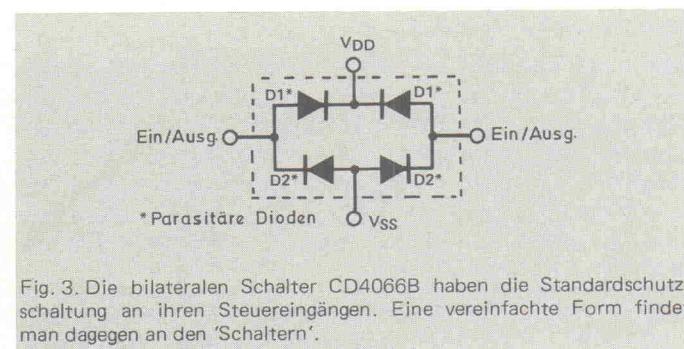


Fig. 3. Die bilateralen Schalter CD4066B haben die Standardschutzschaltung an ihren Steuereingängen. Eine vereinfachte Form findet man dagegen an den 'Schaltern'.

Zu beachten wäre noch, daß alle in den Schaltungen 1 – 3 mit Stern gekennzeichneten Dioden parasitären Charakter haben, sie ergeben sich zufällig aus dem CMOS-Herstellungsprozeß. Dagegen sind alle anderen Dioden mit 'Absicht' in den Schaltkreis integriert.

Weiterhin sollte beachtet werden, daß die Zusatzschaltungen nur bei statischen Entladungen ausreichend Schutz gewähren. Niedriger Spannungen, die größer als erlaubt sind, führen zur Zerstörung der Dioden und des IC-Trägermaterials.

Einer der wohl bedeutendsten CMOS-Hersteller, die Firma RCA, bildete einen elektrostatisch aufgeladenen menschlichen Körper mit einem in Fig. 4 gezeigten Ersatzschaltbild nach. Den Körper stellen hier eine effektive Kapazität von  $100\text{pF}$  und ein Quellenwiderstand von  $560\Omega$  dar. Mit diesem Modell wurden ausführliche Tests durchgeführt, indem der 'Körper' mit verschiedenen Spannungen aufgeladen und wieder (über einen  $560\Omega$  Serienwiderstand) über CMOS-Elemente entladen wurde. Damit konnten die schlimmsten auftretenden statischen Entladungen simuliert und geeignete Schutzschaltungen konzipiert werden.

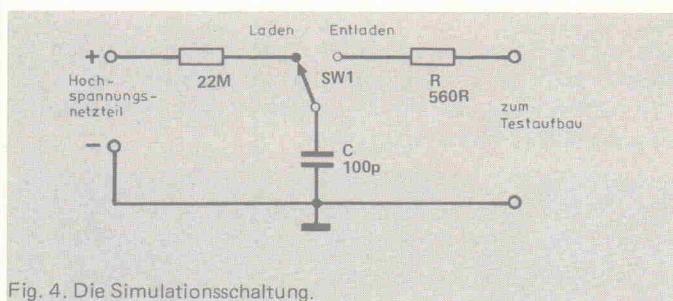


Fig. 4. Die Simulationsschaltung.

Die Ergebnisse der Herstellertests in puncto Sicherheitsmöglichkeiten sind in Fig. 5 dargestellt. Wie man sehen kann, hält die Standard-Schutzschaltung einer elektrostatischen Entladung von 4kV stand, und ein schneller Überschlag beweist, daß dies ein Maximum von einigen Ampere bedeutet, das durch die Dioden der Schutzschaltung fließt, obwohl diese Dioden einem Gleichstrom von nur  $10\text{mA}$  standhalten können. Verwirrt?

Schutzschaltung	max. Spannung
Standard B-Serie 4049B u. 4050B 4066B Bilateraler Schalter	4kV 1kV–2kV <800 V

Fig. 5. Die Werte aus den Herstellertests.

## Einiges zu den Dioden

Der einzige Weg, eine Diode zu zerstören, ist, ihre Verbindungsstelle buchstäblich zu verdampfen, und dies kann nur dadurch geschehen, daß zuviel Strom zu lange angelegt wird, um den Schmelzprozeß stattfinden zu lassen. Da eine Lötstelle ausschließlich auf einer Trägerplatte angelegt werden kann, die eine begrenzte Masse hat, muß natürlich erst einmal ein bestimmter Betrag thermischer Trägheit überwunden werden, bevor eine Zerstörung eintritt.

Deshalb ist es ganz normal, daß eine Diode mit einem Dauermaximalwert von z. B.  $1\text{A}$  in Wirklichkeit kurzen Stromstößen bis zu einigen hundert Ampere standhalten kann. Ganz ähnlich können CMOS-Schutzdiode, die sehr niedrige Gleichstrombelastungen ( $10\text{mA}$ ) haben, relativ hohen Stromstößen (einigen A) standhalten, vorausgesetzt, die Dauer der Stromstöße ist sehr kurz. Fig. 6 zeigt die Kennlinie ( $I/t$ ) dieser Schutzdiode. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß der  $100\text{pF}$

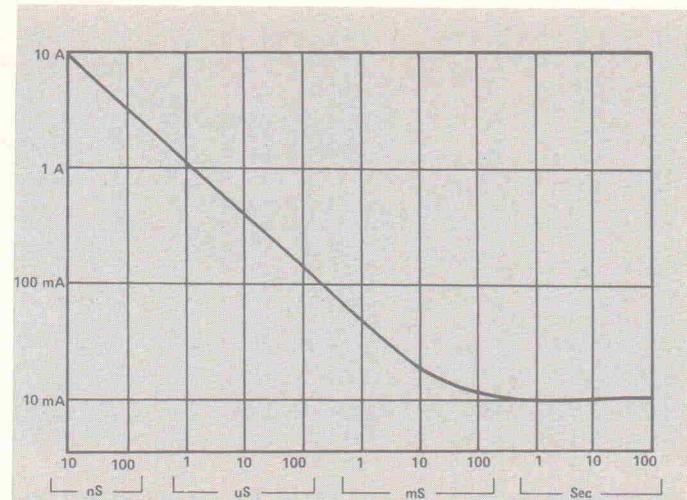


Fig. 6. Typische Stromkennlinie von CMOS-Schutzdioden.

–  $560\Omega$  Modellkreis eine Zeitkonstante von nur  $56\text{nS}$  hat, so ist es nicht verwunderlich, daß diese Dioden einem Strommaximum von einigen A bei einer 4kV-Entladung standhalten können!

## Die Konstruktion von CMOS-Schaltkreisen

Inzwischen ist klargeworden, daß man ein CMOS-Bauteil ganz einfach zerstören kann, indem man eine oder mehrere seiner Schutzdiode mit einem einfachen Gleichstrom von mehr als  $10\text{mA}$  durchbrennen läßt. Also muß schon bei der Herstellung und Konstruktion von CMOS-Schaltkreisen sicher gestellt werden, daß übermäßige Diodenströme nicht in die CMOS-Bauteile fließen können.

CMOS-ICs können durch übermäßige Signale, die entweder an die Eingangs- oder Ausgangsklemme angelegt werden, durchbrennen. Sind mehrere CMOS-Bausteine in Reihe geschaltet, so zeigt die Erfahrung, daß meist nur ein einzelner Baustein durch das Durchbrennen des Eingangskreises zerstört wird (da nur niedrige Energien im Spiel sind), während das Durchbrennen des Ausgangsanschlusses oft die Zerstörung aller ICs in dieser Kette verursacht.

Der häufigste Grund für die Zerstörung des Eingangskreises wird in Fig. 7 verdeutlicht, ebenso die Umgehung dieses Fehlers. Hier ist ein Kondensator direkt zwischen IC-Eingang und OV-Leitung geschaltet: Wird SW1 geschlossen, so lädt sich der Kondensator über  $R1$  auf und erreicht das volle positive Leistungspotential, während bei Öffnung von SW1  $C1$  versucht, über  $D2$  die obere Eingangsschutzdiode zu entladen.

In dem in Fig. 7a gezeigten Schaltkreis besteht für  $C1$  als einzige Entladungsmöglichkeit der Weg über  $D2$  und die

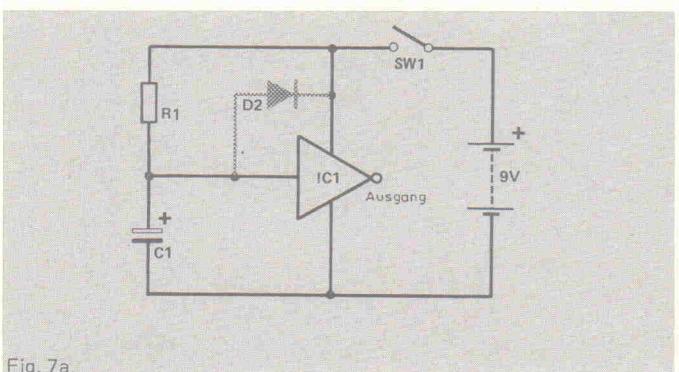


Fig. 7a.

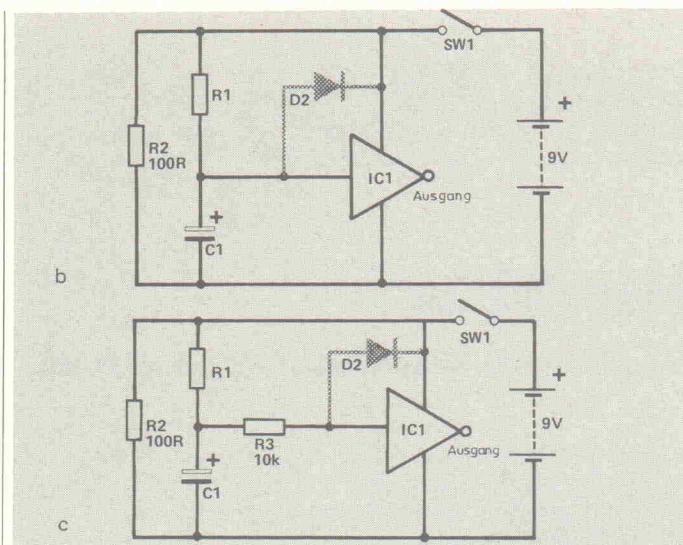


Fig. 7. (a) und (c) sind betriebssicher, dagegen wird Schaltung (b) den Baustein zerstören.

IC-Anschlüsse, folglich werden die Entladungsströme ziemlich niedrig sein, und der IC dürfte wohl kaum beschädigt werden. In Fig. 7b ist ein 100R Widerstand über die Anschlußklemmen geschaltet, so daß C1 versuchen wird, sich über D2 und R2 zu entladen. Das dabei entstehende Strommaximum von 90mA wird wohl sicher die Vernichtung des Bauteils nach sich ziehen. In der Praxis kann R2 sich aus verschiedenen Widerständen und Halbleiterelementen zusammensetzen.

Fig. 7c zeigt die Lösung des Konstruktionsproblems von Fig. 7b, einen  $10\text{k}\Omega$  Widerstand, der, in Serie geschaltet mit dem Eingang, die Entladungsströme von C1 zu einem sicheren Wert vermindern soll. Wird eine CMOS-Schaltung konstruiert, in dem ein Kondensator zwischen Eingang und OV-Leitung geschaltet liegt, so muß beachtet werden, daß die Kondensator-Entladungsströme auf einen sicheren Wert limitiert werden, entweder durch eine Reihe von Eingangswiderständen oder durch andere Maßnahmen.

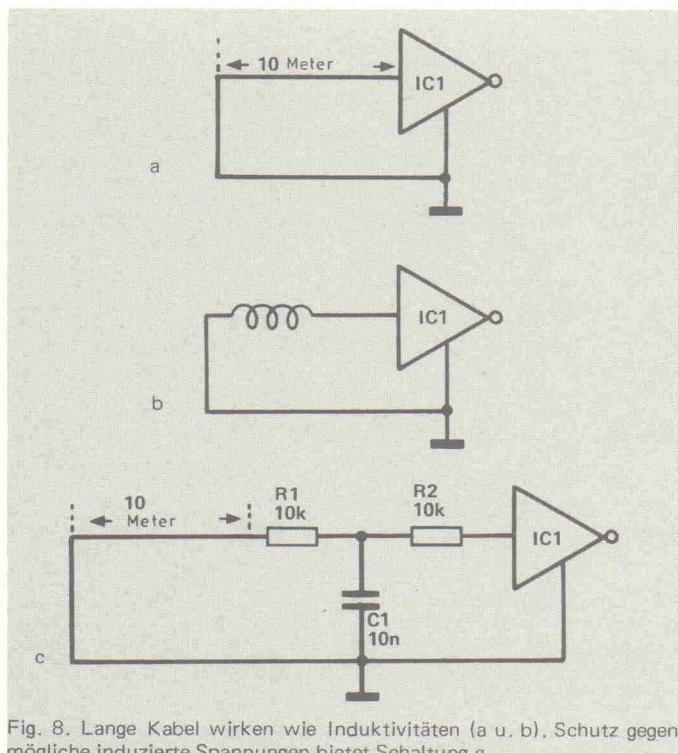


Fig. 8. Lange Kabel wirken wie Induktivitäten (a u. b). Schutz gegen mögliche induzierte Spannungen bietet Schaltung c.

Zu Fig. 8 ist eine andere Ursache dargestellt, die die Zerstörung des Eingangskreises verursachen kann. In Fig. 8a scheint es, als ob der IC-Eingang durch das 10 m Eingangskabel sicher geerdet ist, aber in der Realität wirkt das Kabel unvermeidlich als Induktivität und wird möglicherweise störende Impulse dem IC-Eingang zuführen. Fig. 8c zeigt, daß der Stromkreis durch ein einfaches Filter ( $R_1 - C_1$ ) und einen Eingangswiderstand ( $R_2$ ) gesichert werden kann.

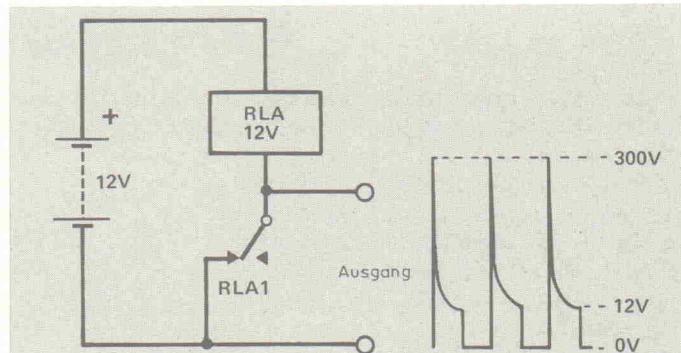


Fig. 9. Entstehung von Induktionsspitzen.

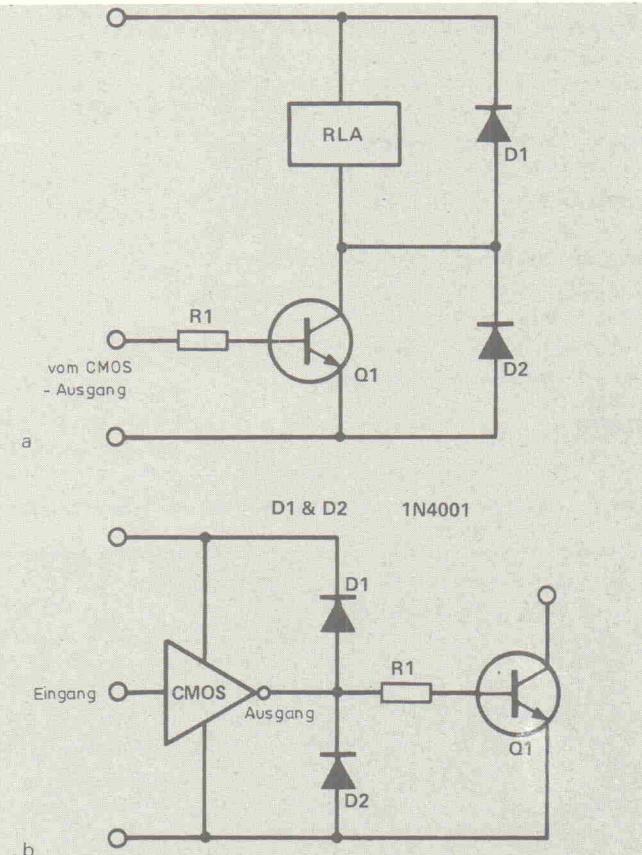


Fig. 10. Schutz gegen Abschaltspannungsspitzen bei induktiven Lasten bieten die Schaltungen a u. b

## Zerstörung der Ausgangsschaltung

Der häufigste Grund für die Zerstörung des Ausgangskreises sind induzierte Ladungen, die die CMOS-Ausgänge z. B. beim Abschalten von Relais (Induktionsspannungen) oder anderen induktiven Verbrauchern erreichen. Dabei können, wie Fig. 9 verdeutlicht, Spannungen von 300V auftreten. Zur Unterdrückung dieser unerwünschten und für die Bauteile gefährlichen Spannungen werden Dioden an das Relais und den Transistor (Fig. 10a) oder, wie in Fig. 10b gezeigt, direkt am Ausgang der CMOS-Stufe geschaltet.

R. M. I.

# Wochenend-Projekt

## Tongenerator

Unser Wochenend-Projekt von diesem Monat ist ein einfach zu bauender Signalgenerator mit vielen Besonderheiten, die man sonst nur bei teuren Geräten antrifft.

Kein Zweifel, wer sich viel mit Elektronik beschäftigt und nicht nur gelegentlich ein Gerät baut, benötigt einiges an Meßgeräten. Stammt das Gerät weiterhin aus dem Tonfrequenzbereich, so benötigt man irgendwann eine Tonquelle. Ein scharfsinniger Elrad-Leser wird vielleicht den Aux-Ausgang seiner Stereo-Anlage als Signalquelle benutzen, doch diese Methode bringt Nachteile; Amplitude und Frequenz des Signals können nicht definiert eingestellt werden. Was man wirklich benötigt, ist ein Signalgenerator wie dieser, der eine Anzahl verschiedener Schwingungsformen (Sinus, Dreieck oder Rechteck) mit beliebiger Amplitude erzeugt und der die Möglichkeit bietet, eine regelbare DC-Vorspannung zu der Ausgangsspannung zu addieren. Dies alles läßt sich mit zwei ICs ausführen, die von zwei 9 Volt Batterien gespeist werden.

### Aufbau

Es kann keine Komplikationen geben, wenn Sie unsere gedruckte Schaltungs-



Das fertige Gerät.

vorlage benutzen. Löten Sie zuerst die Widerstände ein, anschließend die Kondensatoren und die IC-Fassungen und setzen Sie zum Schluß die beiden ICs ein. Nach dem Verdrahtungsplan schließt man jetzt die Schalter, Potentiometer, Batterie-Clips und die Ausgangsbuchse an und prüft dann die Schaltung, bevor man sie in ein Gehäuse einbaut. Bringen Sie alle Regler und Potentiometer in Mittelstellung und schalten Sie das Gerät ein. Verbinden Sie den Ausgang mit einem

(passenden) Verstärker und regeln Sie die Lautstärke mit dem Amplitudenregler RV6 auf einen passenden Pegel.

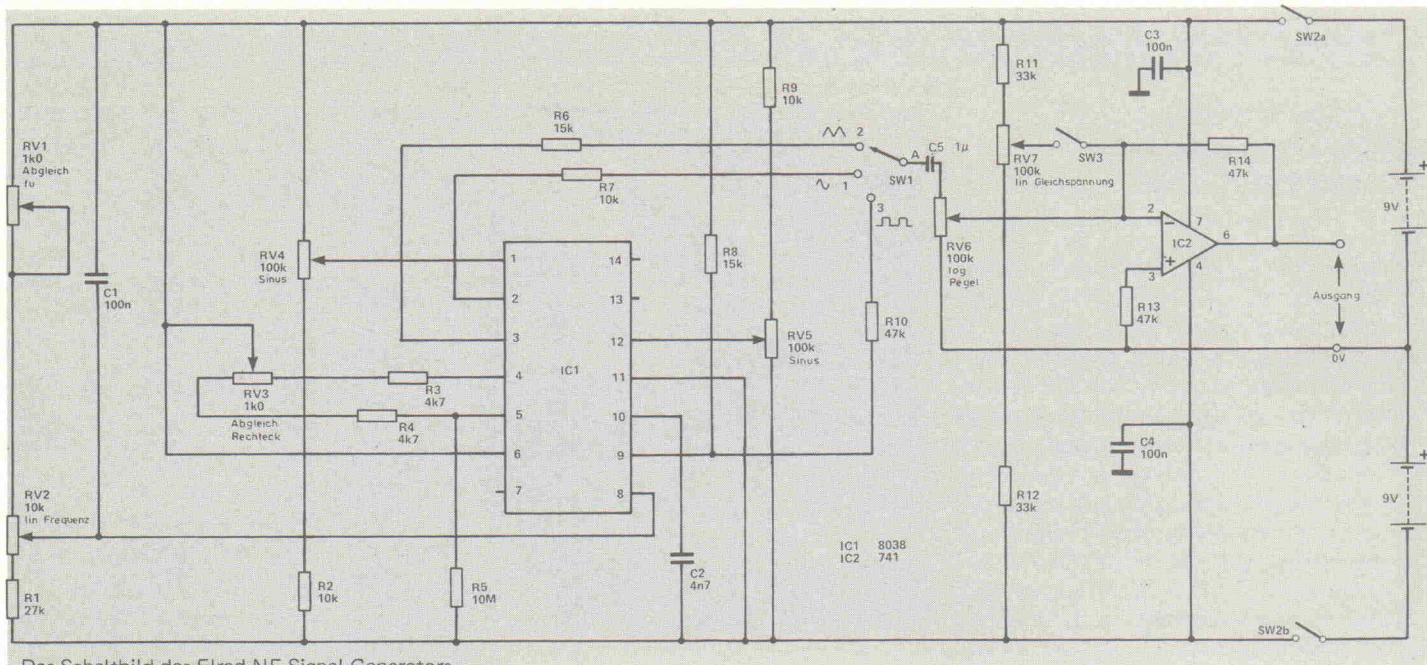
Nun schalten Sie SW1 auf 'Sinus' und öffnen SW3 (d. h. Abschalten der DC-Vorspannung). Durch Justieren von RV4 und RV5 läßt sich jede Verzerrung beseitigen und ein sauberer Sinuston müßte zu hören sein. Drehen Sie den Frequenzregler RV2 im Gegenuhrzeigersinn bis zur niedrigsten Frequenzeinstellung und korrigieren Sie mit RV1, bis der tiefste Ton des Generators zu hören ist. Wenn ein Oszilloskop zur Verfügung steht, kann eine weitere Korrektur mit RV3 erfolgen. Mit diesem Regler sollte das Rechteckverhältnis auf 50% eingestellt werden, d. h. eine halbe Wellenlänge positiv und eine halbe Wellenlänge negativ. Wenn kein Oszillograf zur Verfügung steht, lassen Sie den Regler in Mittelstellung; die Abweichung kann dann vernachlässigt werden. Nun kann das Gerät in ein passendes Gehäuse eingebaut werden.

### Wie funktioniert's?

Der integrierte Schaltkreis IC1 erzeugt Sinus-, Dreieck- oder Rechteckschwingungen mit hoher Genauigkeit. Die Frequenz der Schwingung hängt in erster Linie von der Lade- und Entladezeit des Kondensators C2 ab. Dieser Kondensator sollte im Idealfall ein sehr temperaturunabhängiger Typ sein; möglichst ein Styroflexkondensator, obwohl auch andere Arten mit einer geringeren Genauigkeit gebräuchlich sind. Die Ladezeit des Kondensators hängt vom Wert des Widerstands R3 ab. R3 und R4 sollten gleiche Werte haben, um eine symmetrische Schwingungsform zu erhalten. Mit

dem Regler RV3 lassen sich diese Widerstände korrigieren, um sicherzustellen, daß die Ladezeit des Kondensators gleich der Entladezeit ist, und um so eine symmetrische Schwingungsform zu erhalten. Die Spannung am Pin 8 des ICs bestimmt die Frequenz der erzeugten Schwingung. Indem man die Spannung an diesem Anschluß zwischen 5 und 9 V ändert, läßt sich eine Frequenz von 20 Hz bis 16 kHz erzeugen. Die Regelspannung wird dem Potentialteiler RV1, RV2 und R1 entnommen. Mit den Reglern RV4 und 5 läßt sich die Sinusverzerrung bis auf 0,5% verringern; dies läßt sich am einfachsten ausführen, indem man den Sinus abhört und so lange an beiden Reglern korrigiert, bis keine

Verzerrung mehr zu hören ist. Die Ausgangsspannungen des ICs liegen an Pin 2 (Sinus), 3 (Dreieck) und 9 (Rechteck) an. Der Schalter SW1 wählt eine der Wellenformen aus und verbindet sie über den Lautstärkeregler RV6 mit dem Verstärkerkreis IC2. Der Verstärker ist als Mixer geschaltet, obwohl er in seiner einfachsten Form (d. h. SW3 geöffnet) nur ein invertierender Verstärker ist, dessen Ausgangsspannung symmetrisch zu 0 Volt liegt. Wird der Schalter SW3 geschlossen, so wird eine DC-Vorspannung mit der Signalspannung gemischt, und die Ausgangsspannung kann bei konstanter Wechselspannungs-Amplitude auf und ab geregelt werden.



Das Schaltbild des Eiрад-NF-Signal-Generators.

### Stückliste

#### Widerstände 1/4 W, 5%

R1	27k
R2,7,9	10k
R3,4	4k7
R5	10M
R6,8	15k
R10,13,14	47k
R11,12	33k

#### Potentiometer

RV1,3	1k0 Trimmer
RV2	10k lin
RV4,5	100k Trimmer
RV6	100k log
RV7	100k lin

#### Kondensatoren

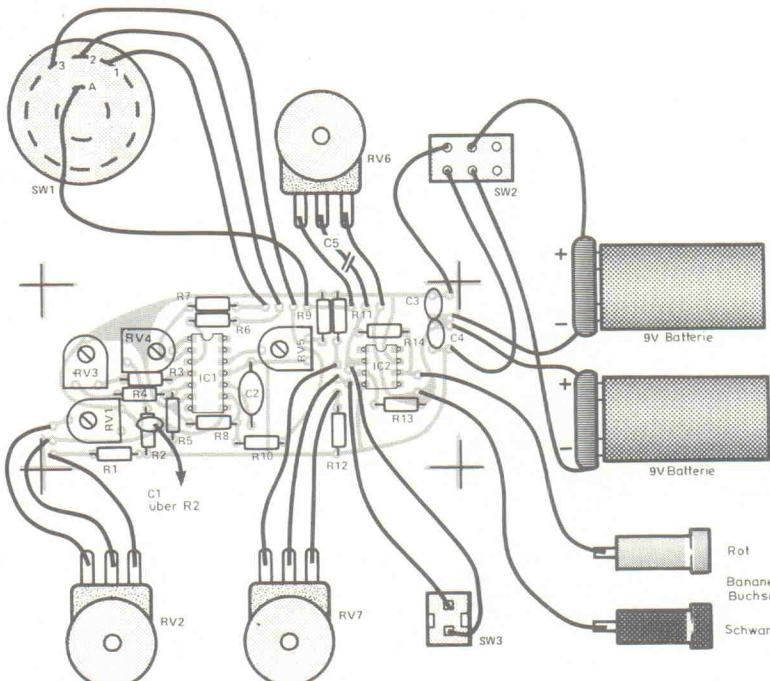
C1,3,4	100n ker
C2	4n7 Styroflex
C5	1μ MKH

#### Halbleiter

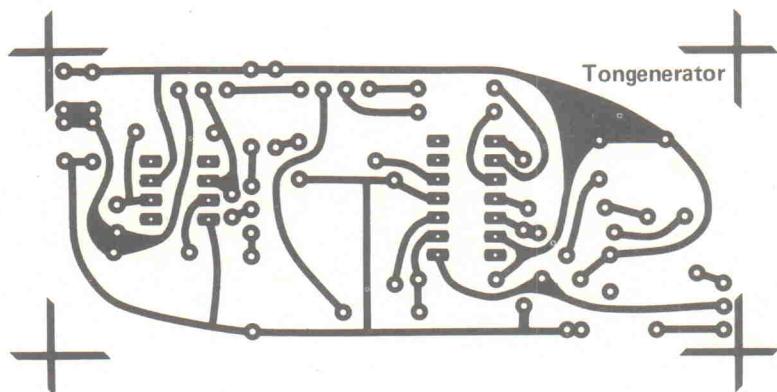
IC1	8038
IC2	741

#### Verschiedenes

SW1	1-polig, 3 Schaltstellungen
SW2	2-polig Ein
SW3	1-polig Ein
Gehäuse	2 9 V-Batterien, Knöpfe, 2 Bananenbuchsen, IC-Sockel



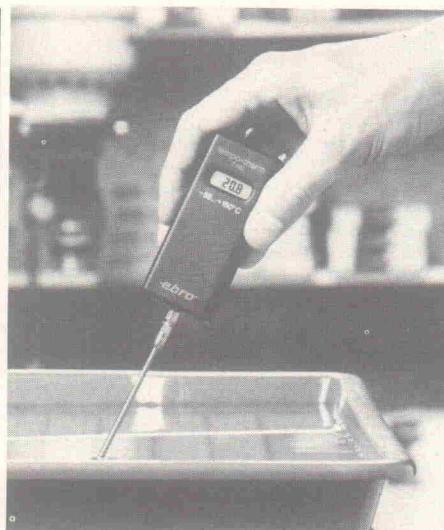
Bestückungs- und Verdrahtungsplan des Tongenerators.



Das Platinen-Layout für den Tongenerator.

### Digitales Präzisions-Miniaturthermometer 'tempo-therm T 181'

Die Firma Ebro Electronic stellt mit dem 'tempo-therm T 181' ein neues Miniaturthermometer mit LCD-Anzeige vor. Als Temperaturoaufnehmer dient ein Edelstahl-Fühler V4A in neuer Siliziumtechnik. Durch die kleinen Gehäuseabmessungen und das geringe Gewicht bietet es eine Alternative zum herkömmlichen Glasthermometer. Der Fühler ist abschraubar, Goldkontakte sorgen für eine sichere und verlustfreie Verbindung. Durch Zwischenschaltung eines Verbindungskabels wird der Einsatzbereich noch erweitert. Eine handelsübliche 9 V Batterie erlaubt eine Betriebsdauer von über 2500 Stunden. Das Gerät kann auch stationär mit einem mitgelieferten Netzteil betrieben werden.



Weitere Informationen:  
ebro Electronic GmbH, Peringerstr. 10,  
8070 Ingolstadt/Donau.

#### Technische Daten:

Meßbereich:

-55 – +150 °C

Meßgenauigkeit:

0,1 °C

Auflösung:

-15 – +125 °C ± 0,2 °C

±1 Digit

bei - 50 °C +1,5% vom Meßbereich  
bei + 150 °C -1 % vom Meßbereich

Einstellzeit in Wasser:

<15 Sekunden



### Neu! Hados-Video Racks

Nachdem die Firma Hados mit dem HiFi-Rack-Programm der Serie 2000 so manches Problem bei der Aufstellung der Stereoanlage gelöst hat, gibt es jetzt ähnliches für den Video-Freund. Die Anschlußkabel werden durch das Rohr geführt (siehe Foto Rack 2002), so daß der optische Eindruck nicht durch herunterhängende Kabel gestört wird. In jedem der Schubkästen können 24 Video-Kassetten untergebracht werden.

Neben dem abgebildeten Rack 2002 gibt es auch noch die Typen 4004 und 880, so daß jeder etwas nach Geschmack und Größe findet. Als Zubehör zu diesen Racks sind noch spezielle Kassetten-Schränke erhältlich. Weitere Informationen: Hados HiFi-Boxenwerk Möbelfabrik Doll, Postfach 4140, 7520 Bruchsal 4.

#### 'Ein leises Lüftchen'

erzeugt ein neuartiger, solarbetriebener Miniventilator, der seine Antriebsenergie kostenlos aus Sonnenlicht bezieht.

Das handliche Gerät (ca. 9 cm Durchmesser, Gewicht 50 Gramm) wird einfach mittels Saugnapf von innen an eine Scheibe gedrückt. Der Ventilator dreht sich, sobald Sonnenlicht auf die Solarzelle fällt. Vorhandene Lichtenergie wird durch diese Silizium-Solarzelle direkt in Strom umgewandelt. Der Solar-Miniventilator eignet sich z. B. zum Einsatz auf Yachten (jeder Bootsbesitzer freut sich nicht nur über Wind in den Segeln, sondern auch über den kleinsten Luftzug in der Kajüte zur Belüftung), in Camping- und Wohnwagen, im Pkw etc. Falls die Sonne in unseren Breiten wider Erwarten einmal 'heiß brennen' sollte, läßt sich der Solar-Ventilator ebenso leicht in der Hand halten, um wichtige Körperpartien gezielt zu kühlen.

Die Leistung des Gerätes ist aufgrund seiner minimalen Abmessungen nicht mit der herkömmlicher Ventilatoren zu vergleichen. Sie reicht bei Sonnenlicht jedoch aus, Luft permanent umzuwälzen.

Das System kostet ca. DM 80,- ab Hamburg. Weitere Informationen über die praktische Nutzung der Sonnenenergie erhalten interessierte Leser direkt von: SUNTRONIC SOLAR-ELECTRONIC, Postfach 60 53 44, D-2000 Hamburg 60.



#### MOSFET-POWER-VERSTÄRKER

Bausatz nach Elrad-Bauanleitung  
in diesem Heft . . . . . DM 106,80  
dazu passende Kühlkörper . . . . . DM 23,20  
dazu passende Netztrafo . . . . . DM 10,00  
für Mono-Ausführung 220 VA . . . DM 59,-  
für Stereo-Ausführung 470 VA . . . DM 85,-  
Elko 4700µF/63 V . . . . . DM 6,90  
Elko 10000 µF/63 V . . . . . DM 12,80

Preise incl. MwSt.

Versand nur per Nachnahme

J. P. Güls-Elektronik, Postfach 1801,  
5100 Aachen, Tel. 02 41/231 03

#### Koaxial-Kabel abisolieren

COREX Abisolierwerkzeug für alle  
Koaxialkabel von 3,5 – 7,6 mm Ø.  
Einfachste Handhabung. Fordern Sie Prospekte über  
Hobbywerkzeuge an.



Werner Bauer GmbH & Co KG  
71 Heilbronn, Postfach 1428  
Tel.: 07131/71330 Tx 728333

**Test:**  
**FRG 7700**  
**Allbandempfänger für alle Betriebsarten**  
**A. Thiel, DL 8 TA**

### 1.1 Beschreibung

Der FRG 7700 ist ein völlig neu konstruierter Allbandempfänger für den anspruchsvollen Kurzwellenhörer. Er übersteicht lückenlos den Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz in dreißig 1 MHz breiten Abstimmbereichen.

Die Betriebsarten sind: AM (mit drei verschiedenen Filterbandbreiten), SSB (USB und LSB), CW und FM.

Die Regelzeitkonstante ist umschaltbar (schnell, langsam).

Für FM-Betrieb ist eine einstellbare Rauschsperrre vorgesehen.

Der Empfänger arbeitet nach dem Up-Conversion-Prinzip. Dabei liegt die 1. ZF (hier 48,055 MHz) über der höchsten Empfangsfrequenz (hier 30 MHz). Die 2. ZF beträgt 455 kHz. Die Vorselektion besorgen ein Tiefpaßfilter und sechs für den jeweiligen Teilstreckenzug fest abgestimmte Bandpaßfilter, die bei der Bereichsumschaltung entsprechend angewählt werden.

Die eingestellte Empfangsfrequenz wird indirekt von einem Frequenzzähler mit 1 kHz Auflösung gemessen und über eine Siebensegment-Anzeige dargestellt.

Die Skalenscheibe der Analoganzeige übersteicht 0–1 MHz mit einer Auflösung von 10 kHz.

Als Zubehör ist für den Empfänger eine Speichereinheit erhältlich, mit der 12 verschiedene Empfangsfrequenzen per Knopfdruck gespeichert und durch Betätigen eines Drehschalters jederzeit wieder abgerufen werden können. In die Speichereinheit sind Batterien eingebaut, die verhindern, daß die Speicherinhalte beim Abschalten des Gerätes verlorengehen.

Es können nur volle Kilohertz gespeichert werden. Mit einem Potentiometer läßt sich jedoch die eingespeicherte Frequenz um  $\pm 1$  kHz verstetzen, so daß hiermit ein Feinabgleich möglich ist.

Weiterhin besitzt das Gerät einen per Drucktaste schaltbaren Störaustaster.

Hervorzuheben sind die komplexe Oszillatorfrequenzaufbereitung mit einem Frequenz-Synthesizer-System und die eingebaute Quarzuhr mit programmierbarem Zeitschalter.

Weiterhin sind vorhanden: ein einstellbares und ein schaltbares Dämpfungsglied im Antenneneingang, Anschlußmöglichkeiten für Langdrahtantennen und Koaxialstecker (SO 239), Ausgänge für Tonband, Lautsprecher und Kopfhörer. Außerdem sind einige Steuerein- und -ausgänge vorgesehen, mit deren Hilfe sich z. B. der Empfänger oder ein Tonbandgerät steuern lassen.

Die elrad-Redaktion dankt der Fa. Richter & Co., Hannover, die ein Gerät für die Messungen zur Verfügung stellte.

### 1.2 Technische Daten nach Herstellerangaben

Die Daten zeigt Tabelle 1.

Frequenzbereich			
150 kHz–30 MHz (in 30 Abschnitten)			
Betriebsarten			
AM, SSB (USB = oberes Seitenband, LSB = unteres Seitenband), CW, FM			
Empfindlichkeit			
0.15 MHz–0.3 MHz	30 $\mu$ V/500 $\Omega$	3 $\mu$ V/500 $\Omega$	FM
0.3 MHz–2 MHz	25 $\mu$ V/500 $\Omega$	2 $\mu$ V/500 $\Omega$	—
2 MHz–30 MHz	5 $\mu$ V/50 $\Omega$	0.5 $\mu$ V/50 $\Omega$	1 $\mu$ V/50 $\Omega$
Trennschärfe			
AM W (Breit)			
12 kHz (–6 dB)	25 kHz (–50 dB)		
AM M (Mittel)			
6 kHz (–6 dB)	15 kHz (–50 dB)		
AM N (Schmal)			
2,7 kHz (–6 dB)	8 kHz (–50 dB)		
SSB/CW			
2,7 kHz (–6 dB)	8 kHz (–50 dB)		
FM			
15 kHz (–6 dB)	30 kHz (–40 dB)		
Stabilität			
besser als $\pm 1$ kHz von 1–30 Min. nach dem Einschalten			
weniger als $\pm 300$ Hz nach 30 Min. Anwärmzeit			
Antennenimpedanz			
0.15 MHz–2 MHz (Rundfunk), 500 $\Omega$ (unsymmetrisch)			
2 MHz–30 MHz (Kurzwelle/Rundfunk), 50 $\Omega$ (unsymmetrisch)			
NF-Ausgangsleistung			
1,5 Watt an 8 $\Omega$ bei 10% Klirrfaktor			
Lautsprecherimpedanz			
8 $\Omega$ , 4–16 $\Omega$ für externen Lautsprecher bzw. Kopfhörer			
Stromversorgung			
Wechselspannung 100/120/220/240 V, 50/60 Hz, max. 39 VA			
Gleichspannung extern 13,8 V, max. 1,5 A			
Abmessungen			
B 334 x H 129 x T 225 mm			
Gewicht			
ca. 6 kg, 6,5 kg mit Speichereinheit			

### 2. Meßtechnik

#### 2.1 Meßtechnische Grundlagen

Die Messungen am FRG 7700 wurden nach Vorschlägen und Anleitungen durchgeführt, die in der Amateurfunkzeitschrift CQ-DL 7/76 veröffentlicht sind. Der Verfasser ist Günter Schwarzbeck, DL1BU, Technik-Referent des Deutschen Amateur Radio Clubs (DARC).

#### 2.2 Meßergebnisse

Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf das Testgerät und sind in Tabelle 2 dargestellt.

#### Tabelle 2

##### 1. Empfänger allgemein:

###### 1.1 Frequenzableitung:

1.1.1 VFO-Antrieb: ca. 60 kHz je Umdrehung des Abstimmknopfes, leichtgängig, spielfrei.

1.1.2 Frequenzskala: a) Digitale Frequenzanzeige an 5stelliger Siebensegment-Anzeige, Auflösung: 1 kHz.

b) Mechanische Skala mit 10 kHz-Strichmarken, alle 100 kHz Ziffernangabe.

- c) Bereichsschalter mit Bezifferung 0–29. Außerdem sind 10 weitere Bereiche für die derzeitigen und zukünftigen Amateurbänder vorgesehen.

### 1.1.3 Linearität der Analogskala/Abweichung vom angezeigten Wert:

- a) über den 1 MHz-Bereich besser  $\pm 5$  kHz.
- b) über den Gesamtbereich: besser  $\pm 5$  kHz.
- c) Treffsicherheit einer Frequenz:  $\pm 1$  kHz durch digitale Frequenzanzeige.

### 1.1.4 Treffsicherheit der Bereiche: $\pm 0$ Hz in Bereich 1 bis + 152 Hz in Bereich 29. Referenz: Bereichsanfang Bereich 1.

### 1.1.5 Frequenzdrift (total): Gerät vor Meßbeginn 24 Std. aklimatisiert, Netzspannung stabilisiert (220 V $\pm 1$ %).

- a) 3 ... 30 min nach Einschalten ( $f_e = 10$  MHz):  
– 1,5 kHz.
- b) Frequenzdrift pro Stunde, 30 min. nach dem Einschalten:  $\pm 400$  Hz pro Stunde.

### 1.1.6 Netzspannungsabhängigkeit der Frequenz bei $\pm 10\%$ Netzspannungsschwankung: $\leq 10$ Hz.

### 1.1.7 Frequenzkalibrierung: nicht erforderlich, da PLL-Synthesizer. Mechanische Skala: Strich mit Rändelrad, justierbar.

### 1.1.8 R.I.T. oder Clarifier: nur für Feinabgleich gespeicherter Frequenzen.

### 1.1.9 Treffsicherheit der Bereiche: gemessen am Bereichsanfang, Abweichungen bezogen auf Bereich 1.

Bereich	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta f$ in Hz	+0	+6	+11	+13	+17	+28	+34	+39	+44	+50
Bereich	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\Delta f$ in Hz	+55	+61	+67	+73	+78	+83	+89	+94	+99	+105
Bereich	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
$\Delta f$ in Hz	+110	+115	+121	+126	+131	+136	+141	+146	+152	

## 2. Empfindlichkeit, S-Meter, Regelung, NF-Wiedergabe

### 2.1 Empfindlichkeit (LOCAL-DX-Schalter auf DX, ATT-Poti auf Linksanschlag, TONE-Poti auf Rechtsanschlag). Angaben in SINAD, 10 dB-Werte, $m = 30\%$ , $f_m = 400$ Hz.

#### 2.1.1 Empfindlichkeit: AM 'W'

$f_e$	U <sub>e</sub>									
600 kHz	10 $\mu$ V an BC-Eingang									
1,8 MHz	300 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC-Eing.									
3,6 MHz	4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.									
7,05 MHz	6 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.									
10,0 MHz	5 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.									

$f_e$ in MHz	Anzeige	S1	S3	S5	S7	S9	S9 +20 dB	S9 +40 dB	S9 +60 dB	Eingang
U <sub>e</sub> in $\mu$ V										
0,6	..	5	14	27	57	96	690	3400	22000	BC
1,8	..	7	16	36	69	120	780	4300	27800	BC
3,6	..	3	7	14	30	52	330	1540	10000	Koax
7,05	..	2,5	6	12	21	42	265	1480	10460	Koax
10,0	..	2	6	12	26	47	300	1490	9900	Koax
14,1	..	2,5	7,5	15	30	53	330	1870	11000	Koax
18,0	..	2,5	7,5	15	30	53	375	1800	12500	Koax
21,2	..	4,3	12	21	47	84	530	2650	18700	Koax
24,0	..	4,7	13	24	53	94	600	3740	23000	Koax
28,0	..	4,2	15	27	59	105	750	3740	23600	Koax

14,1 MHz	3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.
18,0 MHz	2,7 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.
21,2 MHz	3,3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.
24,0 MHz	3,3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.
28,0 MHz	2,0 $\mu$ V an Koax-Buchse; 11 $\mu$ V an BC Eing.

### 2.1.2 Empfindlichkeit: AM 'M'

$f_e$	U <sub>e</sub>
600 kHz	9 $\mu$ V an BC Eing.
1,8 MHz	190 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
3,6 MHz	3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
7,05 MHz	4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
10,0 MHz	3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
14,1 MHz	2 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
18,0 MHz	2 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
21,2 MHz	2,7 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
24,0 MHz	3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.
28,0 MHz	1,5 $\mu$ V an Koax-Buchse; 8 $\mu$ V an BC-Eing.

### 2.1.3 Empfindlichkeit: AM 'N'

$f_e$	U <sub>e</sub>
600 kHz	6 $\mu$ V an BC-Eingang
1,8 MHz	120 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC-Eing.
3,6 MHz	2 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
7,05 MHz	2,5 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
10,0 MHz	2 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
14,1 MHz	1,3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
18,0 MHz	1,3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
21,2 MHz	2 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
24,0 MHz	2 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.
28,0 MHz	1,3 $\mu$ V an Koax-Buchse; 6,5 $\mu$ V an BC Eing.

### 2.1.4 Empfindlichkeit: USB/LSB, CW, f<sub>NF</sub> = 400 Hz

$f_e$	U <sub>e</sub>
1,8 MHz	10,6 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
3,6 MHz	0,4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
7,05 MHz	0,4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
10,0 MHz	0,4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
14,1 MHz	0,33 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
18,0 MHz	0,4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
21,2 MHz	0,4 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
24,0 MHz	0,35 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.
28,0 MHz	0,15 $\mu$ V an Koax-Buchse; 1,4 $\mu$ V an BC-Eing.

### 2.1.5 Empfindlichkeit: FM, f<sub>m</sub> = 1 kHz, Hub = $\pm 3$ kHz f<sub>e</sub> = 28,0 MHz, U<sub>e</sub> = 1 $\mu$ V an Koax-Buchse

### 2.2 S-Meter: gemessen in Stellung AM 'M'

### 2.3 Regelung (Alle Messungen in Stellung 'USB')

2.3.1 Dynamikbereich:  $f_e = 7,05 \text{ MHz}$ , 10 dB Rauschabstand nach SINAD  
bei  $U_e = 0,4 \mu\text{V}$  am Koax-Eingang.  
Begrenzungseinsatz bei  $U_e = 5 \text{ V}$ !  
Dynamikbereich  $\triangleq 142 \text{ dB}!!$

2.3.2 Handregelung: Bereich der Handregelung (ATT): 80 dB.

2.3.3 S-Meter-Verhalten bei Handregelung (ohne Eingangssignal):

S-Meter-Anzeige wird durch Einstellung des ATT-Stellers nicht beeinflusst, also kein Hochschieben der Ansprechwelle durch den Handsteller.

2.3.4 Regelzeitkonstanten, Aufladezeitkonstante: kleiner als 10 ms  
Entladezeitkonstante: schnell und langsam, per Drucktaste schaltbar.

2.4. NF-Ausgangsleistung bei 10% Klirrfaktor: 1 W an  $4\Omega$

2.3.6 Frequenzänderung des NF-Signals: Bei Änderung der HF-Eingangsspannung von  $0,4 \mu\text{V}$  auf 4 V bleibt die Frequenzänderung des NF-Signals kleiner als 50 Hz.

## 3. Störsignale, Störfestigkeit, Intermodulation

3.1 Eigenpfeifstellen, die einer HF-Eingangsspannung  $\geq 1 \mu\text{V}$  entsprechen. Gemessen in Stellung 'USB' bei kurzgeschlossenem Koax-Eingang:

Störfrequenzen:

1713 kHz	9110 kHz	15563 kHz
2773 kHz	9409 kHz	15997 kHz
3273 kHz	10021 kHz	17290 kHz
4452 kHz	10159 kHz	18767 kHz
4859 kHz	10173 kHz	19188 kHz
4884 kHz	11330 kHz	20009 kHz
5922 kHz	11501 kHz	23116 kHz
5557 kHz	11558 kHz	23230 kHz
6279 kHz	12800 kHz	23287 kHz
6377 kHz	13014 kHz	23420 kHz
6400 kHz	13079 kHz	23522 kHz
6410 kHz	13210 kHz	26679 kHz
6903 kHz	13339 kHz	26809 kHz
7554 kHz	13771 kHz	27890 kHz
8240 kHz	15259 kHz	28013 kHz
8973 kHz	15487 kHz	28195 kHz

3.2 Nebenempfangsstellen:

Die möglichen Nebenempfangsstellen für die Eingangsfrequenz  $f_e = 7000 \text{ kHz}$  wurden mit einem Computer berechnet.

Nebenempfangsstellen, die ein Signal äquivalent  $1 \mu\text{V}$  Eingangsspannung erzeugen: 7910 kHz ( $320 \mu\text{V}$ ).

Andere Signale konnten nicht eindeutig dem Empfänger zugeschrieben werden, da die spektrale Reinheit des Testsignals nicht ausreichte.

3.3 Kreuzmodulation:  $f_e = 7000 \text{ kHz}$ ,  $f_{stör} = 7020 \text{ kHz}$ , Stellung 'USB'

Nutzsignal 1 mV an Koax-Eingang, unmoduliert.

Störsignal mit 400 Hz und  $m = 30\%$  amplitudenmoduliert.

Überlagerungsfrequenz  $f_{NF} = 1 \text{ kHz}$ . Abstand der Seitenbandamplituden ( $1 \text{ kHz} \pm 400 \text{ Hz}$ ) von der 1 kHz-Amplitude beträgt  $-30 \text{ dB}$  bei einer HF-Eingangsspannung des Störsignals von  $U_{stör} = 100 \text{ mV}$ .

3.4 Zustopfen:  $f_e = 7000 \text{ kHz}$ ,  $f_{stör} = 7020 \text{ kHz}$ .

Störsignal unmoduliert. Rückgang des SINAD von 20 dB auf 14 dB.

Nutzsignal  $U_e = 1 \text{ mV}$ ,  $f_m = 400 \text{ Hz}$ .

a) AM 'W':  $U_s = 30 \mu\text{V}$

AM 'M':  $U_s = 40 \mu\text{V}$

AM 'N':  $U_s = 55 \mu\text{V}$

b) SSB, Stellung 'USB',  $f_{NF} = 1 \text{ kHz}$ .

Nutzsignal für 20 dB SINAD =  $1 \mu\text{V}$ ,

Rückgang auf 14 dB bei  $U_{stör} = 820 \mu\text{V}$ .

3.5 Spiegelselektion:  $f_e + 2 \cdot 455 \text{ kHz} \geq 52 \text{ dB}$   
 $f_e + 2 \cdot 48,055 \text{ MHz} \geq 77 \text{ dB}$

3.6 ZF-Durchschlagfestigkeit: auf 455 kHz: nicht feststellbar  
auf 48,055 MHz:  $> 90 \text{ dB}$

3.7 Intermodulation: Gemessen in Stellung 'USB',  $f_e = 7000 \text{ kHz}$

Störfrequenzen  $f_1 = 7040 \text{ kHz}$   
 $f_2 = 7020 \text{ kHz}$

Störsignal äquivalent  $U_e = 0,1 \mu\text{V}$  wird verursacht durch  $U_{stör} = 2 \times 1,0 \text{ mV}$ .  
Störsignal äquivalent  $U_e = 1 \mu\text{V}$  wird verursacht durch  $U_{stör} = 2 \times 2,1 \text{ mV}$ .  
Störsignal äquivalent  $U_e = 10 \mu\text{V}$  wird verursacht durch  $U_{stör} = 2 \times 7,5 \text{ mV}$ .

## 4. Filter

4.1 AM-Filter 'W'

ZF-Bandbreiten bei  $-6 \text{ dB}$ : 14 kHz  
 $-60 \text{ dB}$ : 23,5 kHz  
Formfaktor: 1,7  
Welligkeit:  $\leq 2 \text{ dB}$   
Weitabselektion:  $> 80 \text{ dB}$

4.2 AM-Filter 'M'

ZF-Bandbreiten bei  $-6 \text{ dB}$ : 8,4 kHz  
 $-60 \text{ dB}$ : 13,1 kHz  
Formfaktor: 1,6  
Welligkeit:  $\leq 2 \text{ dB}$   
Weitabselektion: ca. 100 dB

4.3 AM-Filter 'N'

ZF-Bandbreiten bei  $-6 \text{ dB}$ : 3,6 kHz  
 $-50 \text{ dB}$ : 5,6 kHz  
 $-60 \text{ dB}$ : 17 kHz } durch  
 $-70 \text{ dB}$ : 32 kHz } Nebenmaxima  
Formfaktor ( $-6 \text{ dB}$ :  $-50 \text{ dB}$ ): 1,6  
Welligkeit:  $\leq 2 \text{ dB}$   
Weitabselektion: Im Bereich  $f_e \pm (36 \text{ kHz}$   
bis  $50 \text{ kHz}$ )  
ca. 80 dB.  
Im Bereich  $> (f_e \pm 50 \text{ kHz})$   
ca. 100 dB.

4.4 SSB-Filter 'USB'

ZF-Bandbreiten bei  $-6 \text{ dB}$ : 3,6 kHz  
 $-50 \text{ dB}$ : 5,2 kHz  
 $-60 \text{ dB}$ : 21 kHz } durch  
 $-70 \text{ dB}$ : 40 kHz } Nebenmaxima  
Formfaktor ( $-6 \text{ dB}$ :  $-50 \text{ dB}$ ): ca. 1,5  
Welligkeit:  $\leq 3 \text{ dB}$   
Weitabselektion: Im Bereich  $> (f_e \pm 35 \text{ kHz})$   
 $> 80 \text{ dB}$ .

4.5 FM-Filter

nicht gemessen

## 5. Oszillatorstörstrahlung:

max.  $9 \mu\text{V}$  an  $50\Omega \triangleq 1,65 \cdot 10^{-12} \text{ W}$ .

## 6. Störaustaster:

Filter-Stellung auf AM 'W', Nutzsignal auf  $f_e = 28000 \text{ kHz}$ ,  $U_e$  für SINAD = 10 dB eingespeist.

Überlagertes Störspektrum: Nadelimpulse von etwa 3 ns Dauer, Folgefrequenz 100 Hz (vergleichbar mit Zündfunkensicherungen). Pulsamplitude für 0 dB SINAD eingestellt. Bei eingeschaltetem Störaustaster beträgt SINAD 6 dB.

Störaustaster ist nur bei geringen Eingangsspannungen (ca. S1) wirksam. Bei höheren Eingangsspannungen bringt der Störaustaster keine hörbare Verbesserung.

### *3. Innenleben des FRG 7700*

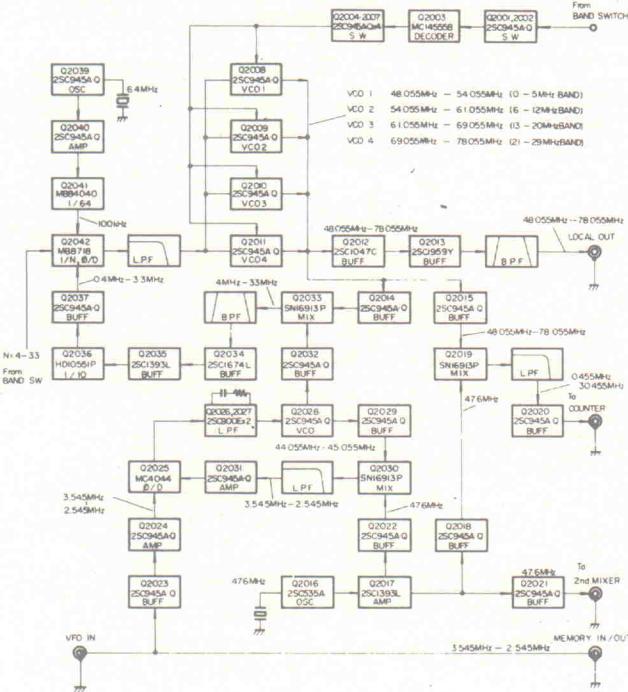


Bild 1: Blockschaltbild der Oszillatorkreisfrequenzaufbereitung.

#### 4. Zusammenfassung und Bemerkungen

Man bekommt 'viel Empfänger' fürs Geld! Der Aufbau ist solide und macht nicht den Eindruck eines Labormusters. Der FRG 7700 ist meines Wissens der einzige Allbandempfänger mit FM-Demodulator für den gesamten Empfangsbereich.

Die Frequenzdrift nach dem Einschalten ist höher als in den Herstellerangaben propagiert und selbst 1 kHz Drift in den ersten 30 Min. sind für einen Empfänger dieser Preisklasse zuviel.

Für SSB-Empfang benötigt man sehr viel Gefühl. Die Untersetzung des VFO-Antriebes sollte z. B. auf das Doppelte geändert werden. 25 kHz je Antriebsknopfumdrehung wären angemessen.

Der Antriebsknopf sollte durch einen *echten* Kurbelknopf ersetzt werden, sonst sind bei vieler Kurbelerei die Fingernägel bald ab!

Die Spiegelselektion für  $f_e + 2 \cdot 2.\text{ZF}$  ist mit 52 dB sehr niedrig und müßte verbessert werden.

Die Anzahl der Eigenpfeifstellen ist auf die komplexe Frequenzaufbereitung zurückzuführen.

Als besonders positiv sind hervorzuheben:

Hohe Empfindlichkeit, gute Empfangsleistung an kurzen Antennen und Zimmerantennen, hoher Dynamikbereich, extreme Übersteuerungsfestigkeit, gute Regelung, drei Filterbandbreiten bei AM, FM-Demodulator, sehr geringe Störstrahlung. Alles Eigenschaften, die dem Kurzwellen-Profi bei der 'Wellenjagd' sehr zugute kommen.

## Literatur:

1. Handbuch FRG 7700. 2. CQ-DL 7/76 S. 230–234: Testbericht FT221 (2m-Universal-Transceiver); von Günter Schwarzbach, DL1BTS. 3. CQ-DL 3/77 S. 93–98: Der dynamische Bereich eines Empfängers; von Wess Hayward, W7Z0I (Übersetzung von Otto Krüger, DJ2EU). 4. CQ-DL 4/77 S. 130–135: Testbericht: Transceiver TS820; von Thomas Moilière, DL7AV. 5. CQ-DL 7/77 S. 253–255: Testbericht-Datenermittlung von SONY, CPE 320.

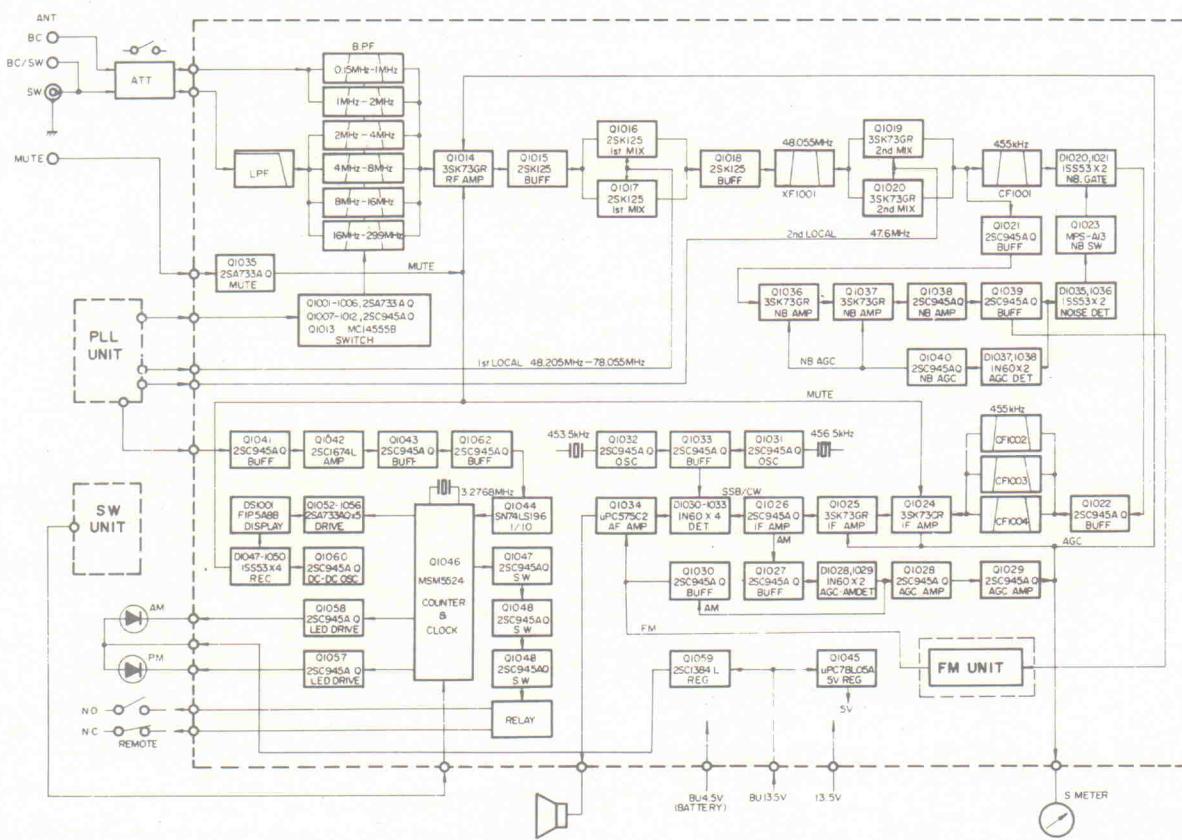


Bild 2: Blockschaltbild des Empfängers

# Elektronik ist Fortschritt

Ihr verdanken wir das Musikinstrument, das mehr kann als andere – den Synthesizer.

Während jedes anderen Instrument fest an seinen Klangcharakter gebunden ist, setzt sich der Synthesizer über alle Grenzen hinweg.

Mit ihm können Sie alle bekannten Klänge erzeugen, denn er fügt sie von Grund auf zusammen.

Darüberhinaus erzeugt er neue und unbekannte Klänge, je nachdem, wie Sie ihn einstellen.

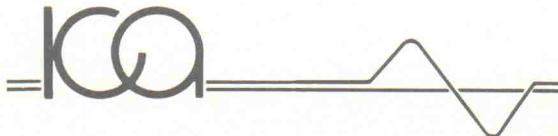
Daß er Ihnen jede Menge Platz für eigene Ideen läßt, werden Sie bald feststellen.

Der Synthesizer.

Sie können ihn selbst bauen.

Katalog R2 noch heute anfordern bei

ICA-Electronic GmbH, Engesserstr. 5a, D-7800 Freiburg i. Br.  
Telefon (0761) 507024 (Tag und Nacht)



DER  
SUPERSTAR

3D

Digital Design and Development

(Zulieferer von Marconi u. Plessey)

• 16-Kanal 8-Bit A-D Wandler DM 1.593,-

• 8-Kanal 8-Bit D-A Wandler DM 1.859,-

• 16-Kanal Relay Unit DM 1.859,-

User Port Wandler (A-D & D-A)

Einzelkanal IN & OUT. DM 1.063,-

X-Y Analog Plotter Interface

DM 1.063,-

• 8-Kanal 12-Bit Wandler DM 3.187,-

• 8-Kanal Digital Data Unit

64 bits IN DM 2.125,-

• 8-Kanal Digital Data Output

Unit, 64 bits OUT DM 1.859,-

Schnelle Datengriffseinheit 40.000

Messungen je Sekunde 4 analog Eingänge, 4 Ausgänge DM 6.306,-

Alle Geräte komplett mit einstellbaren Bus-Adressen intern wählbar, mit eigener Stromversorgung, Kabeln, Schaltern Sicherungen, LED-Anzeige und erläuterten der BASIC-Software.

• TV-SW-Interface DM 148,-

• Farb-TV-Interface DM 398,-

• Spracherkennungssystem

(Ihr Computer hört aufs Wort) DM 398,-

## CP / M 2.2.

Endlich ist auch Sharp-MZ-80K ein Mitglied der CP/M Familie: Sie können alle CP/M Userprogramme fahren, darüber hinaus höhere Programmiersprachen verwenden. (Fortran, Cobol, Pascal, Basic-Compiler).

CP/MTM ist ein Warenzeichen der Firma Digital-Resarch und wurde für Sharp von Crystal Electronics, England angepaßt.

**PREIS: DM 1.120,-**  
incl. MwSt.

## X-TAL-BASIC

Als Alternative zum bisherigen Sharp-Basic bietet wir von Crystal-Elektronics das X-TAL-BASIC an, das mit dem normalen Sharp-Betriebssystem arbeitet, aber bei gleichem Befehlsumfang nur 9 KB RAM-Speicherplatz benötigt. Sie können dieses Basic selber um neue Befehle erweitern. Die dazu nötigen Unterlagen erhalten Sie mitgeliefert. Bisher liegt die Kassettenversion vor, aber eine bootable Diskettenversion wird in Kürze geliefert.

**PREIS: DM 198,-**  
incl. MwSt.

## SONDERANGEBOT 10 Stück Daten-Kassetten C8 DM 15,-

Fa. B. Braun, COMPUTER-BRAUN, Bahnhofstraße 4, D-7470 Albstadt-1, Tel. 0 74 31-5 75 95, Tx 763 393 elbra d.

krogloth electronic

Hillerstraße 6b – 8500 Nürnberg 80

Telefon (09 11) 32 83 06

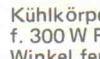
300 Watt-PA (Elrad 10/80) incl. Platine  
kpl. Bausatz o. Kühlkörper u. Trafo DM 114,90  
Trafo: prim 220 V, sec. 47-0-47 V/5A DM 89,-



MJ 15003 13,40

MJ 15004 14,70

Vorverstärker für 300 W-PA  
Bausatz (Elrad 1/81)  
ohne Trafo, incl. Potis u. Platine  
Trafo 2 x 12V/1A DM 54,90  
DM 13,60



Kühlkörper  
f. 300 W PA incl. Befest.  
Winkel fertig gebohrt

38,90

HAMEG Oszilloskop

HM 307-3

LPS-Triggerung

Bandbreite DC 10 MHz

DM 619,-

HM 312-8

Zweikanalgerät

Bandbreite 20 MHz

DM 929,-

HM 412-4

verzögerte Zeitbasis

Bandbreite 20 MHz

DM 1399,-

Bausatz 100 W MOSFET PA

Modul 100 W MOSFET PA

incl. Kühlwinkel u. Kühlkörper

Kühlkörper für MONO PA

Kupferkühlwinkel für MONO PA

Elko 4700µF/63V

Trafo 220 V/2x36 V 2,2 A (mono PA)

Trafo 220 V/2x36 V 4,5 A (stereo PA)

83,-

109,50

185,-

23,80

9,90

7,35

57,50

83,-

## Aktuelle Bauteile:

B 250 C 25000

6,20 BC 550

-25

2 SK 134

16,80 BF 469

1,-

2 SK 49

16,80 BF 470

1,-

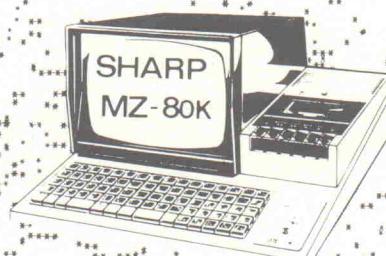
2102-350ns	4,70	6843	84,90	8228	8,90	ICM 7216B	67,-
2102-490ns	3,50	6844	91,-	8251	15,50	ICM 7216C	67,-
21L02-450ns	4,-	6845	63,-	8253	24,50	ICM 7217A	33,-
2114-150ns	11,90	6850	20,60	8255	13,20	ICL 7226A	29,-
2114-450ns	8,50	6875	24,50	8257	36,60	ICL 7226B	89,-
4116-250ns	8,70	6502	13,80	8273	31,50	ICL 7106	19,90
5101-450ns	11,90	6522	24,90	Z 80A CPU	36,50	ICL 7038	10,50
1702A-450ns	11,-	6532	32,50	Z 80A CTC	23,90	XR 1310P	3,60
2708-450ns	3,50	6551	41,40	Z 80A DMA	83,-	XR 2206CP	11,50
2716-450ns-5V	15,50	8080A	12,90	Z 80A PIO	23,90	XR 2207CP	10,70
8800	20,50	8085	19,90	Z 80 CPU	28,50	11 C 90	42,50
6802	23,90	8202	89,-	Z 80 CTC	19,90	95 H 90	21,90
6809	73,50	8212	5,50	Z 80 DMA	73,20	9582	8,90
6810	9,50	8214	10,50	Z 80 PIO	19,90	MK 50250	25,50
6821	9,30	8216	4,50	Schaltzusche		MK 50398	26,90
6840	21,-	8224	8,50	Autorennen		MM 5314	10,50
		8226	6,20				

Versand per Nachnahme (Porto 3,80) oder Vorkasse (Porto 2,60)

(5A Trafo, Kühlkörper, Oszilloskop Porto je Stück 8,90)

Postscheckkonto Nürnberg 2 758 94-857 (BLZ 760 100 85)

Katalog gegen 2,- incl. Porto



AM  
COMPUTER-  
HIMMEL

Software

## Spiele je DM 19,80

Ausbruch

Eselrennen

Affenjagd

Ritterkampf

Superhirn

Memory

Sackhüpfen

Händlerbruch

Schattenzeichen

Elektronengel

4-in- einer-Reihe

Business-Spiel

Mondlandung

Weltraumjägd

Spielautomat

Börsenspiel

Supersimon

Ufo

Straßenjagd

Mensch-ärgere-Dich-nicht

Leiter + Rutschen

Hangmann

Todesjagd

Geheimerode

Irrgarten

Panzerstachl

Rechentrainer

Feuerball

(3d-dimensionale Grafik)

Blockade

Lebensspiel

Morsetrainer

Bomberpilot

Schatzsuche

One-Arm-Bandit

Wortratte

Florett

Autorennen

Bilderlotto

## Geschäftsprogramme

Floppy

Statistiken

980,-

Einführung in Basic

1. Einkauf

(Universitätsprogramm)

(2 Tage)

395,-

2. Verkauf

Versicherungs- programm

980,-

Datenorgan. auf Floppy

3. Finanzbuch- haltung

980,-

(1 Tag)

295,-

1.-3.

TTL-Kenner

49,-

Assemblerprogramm

Einkauf/Verkauf

(Kassette)

(2 Tage)

395,-

980,-

CMOS-Kenner

49,-

Maschinenprogramm

Lohn (Floppy)

198,-

(2 Tage)

395,-

Werbeflyer/Adressen- stamm (Kassette/ Floppy)

480,-

198,-

Steuern + Regeln mit MC (2 Tage)

1.980,-

CMOS-Prüf- programm

49,-

Meßwert erfassung + Ausw. mit MC

2. Einkauf

198,-

(2 Tage)

495,-

Händleranfragen erwünscht!

## Kondition:

Lieferung unter 30,- DM Bestellwert:

5,- DM Zuschlag/Verpackung und Porto: 4,- DM

Alle Preise verstehen sich incl. 13% MwSt.

# computing

# today

Numerische Mathematik	32
Sinclair ZX80	38
PET-Bit # 12	39
Software Review	40
Buchbesprechung	40
Computer News	41

29

## Numerische Mathematik, Teil 11

### Der Anblick der Kehrseite

R. Grabowski

Die Kehrseite vermittelt auch bei Signalen umfassendere Ein- sicht. Nur – was ist die 'Kehrseite' eines Signals? Die lässt sich ganz präzise definieren: Es ist die **Fouriertransformierte** des Signals, auch **Spektrum** genannt. Ein Signal ist eine Funktion der Zeit, jedem Zeitpunkt ist eine Signalamplitude zugeordnet. Zum Spektrum gelangt man durch folgenden Gedanken- gang: Einfach zu erzeugende Signale sind die harmonischen Signale, d. h. diejenigen Signale, deren Amplitude sich mit der Zeit  $t$  gemäß

$$A \cdot \cos(2\pi f t) + B \cdot \sin(2\pi f t)$$

oder – in anderer Darstellung – gemäß

$$a \cdot \cos(2\pi f t + \varphi)$$

ändert. Kann man sich ein beliebig anderes Signal  $S(t)$ , z. B. ein Sprachsignal, als additive Überlagerung von harmonischen Signale zusammengesetzt denken? Die Antwort lautet: Ja. Im allgemeinen müssen unbeschränkt viele solcher Signale überlagert werden, um ein bestimmtes vorgegebenes Signal zu erhalten. Dabei müssen die Amplitude  $a$  und die Phase  $\varphi$  für verschiedene Frequenzen  $f$  verschiedene Werte haben. Wir können auch sagen: Die Amplitude und die Phase müssen eine Funktion der Frequenz sein:  $a(f)$ ,  $\varphi(f)$ .

Das zugehörige Signal erhält man aus diesen Funktionen, indem man mit ihnen die komplexwertige Funktion

$$\begin{aligned} S(f) &= a(f) \cdot \exp(i \cdot \varphi(f)) \\ &= a(f) \cdot \cos(\varphi(f)) + i \cdot \sin(\varphi(f)) \end{aligned}$$

abgekürzt

$$S(f) = A(f) + i \cdot B(f)$$

bildet und auf diese die inverse, d. h. umgekehrte Fourier- transformation

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cdot \exp(i \cdot 2\pi f t) dt$$

anwendet. Die nicht inverse Fouriertransformation liefert aus dem Signal  $S(t)$  die Funktion  $S(f)$ :

$$S(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) \cdot \exp(-i \cdot 2\pi f t) df$$

Man nennt  $S(f)$  die **Fouriertransformierte** oder das **Spektrum** des Signals  $S(t)$ . Der Betrag des Spektrums,  $|S(f)| = a(f)$ , ist das Amplitudenspektrum, der Arcus,  $\text{arc } S(f) = \varphi(f)$ , ist das Phasenspektrum. (Betrag und Arcus komplexer Funktionswerte lassen sich bequem mit dem fröhervorgestellten Programm KOMPLEX2 berechnen.)

Die als Fouriertransformation und inverse Fouriertransformation bezeichneten Rechenvorschriften scheinen für den Praktiker wenig nützlich zu sein, zumal in ihnen auch negative Frequenzwerte  $f$  auftreten. Es gibt aber numerische Methoden, mit denen selbst mit einem Kleinrechner die Berechnung des Spektrums aus dem Signal und umgekehrt geradezu wie ein Kinderspiel anmutet. Nur sollte man sich vor Anwenden der numerischen Methoden einige Dinge zum besseren Verständnis zurechtlegen.

Zunächst die Sache mit den negativen Frequenzen. Daß einem in der Praxis nirgendwo negative Frequenzen begegnen, hat folgenden Grund: Signale  $S(t)$  sind immer reellwertige Funktionen. Das Spektrum reellwertiger Funktionen weist eine ganz bestimmte Symmetrie auf: Das zugehörige Amplitudenspektrum ist eine gerade Funktion, d. h. es gilt  $a(-f) = a(f)$ . Damit ist gemeint, daß der zu der Frequenz  $f$ , beispielsweise zur Frequenz 1 kHz gehörige Amplitudenwert gleich ist dem Amplitudenwert, der zu  $-f$  bzw. zu  $-1$  kHz gehört. Das Phasenspektrum reellwertiger Funktionen ist eine ungerade Funktion, d. h. es gilt  $\varphi(-f) = -\varphi(f)$ . Damit ist gemeint, daß der zur Frequenz  $f$  gehörige Phasenwert gleich ist dem negativ genommenen Phasenwert zur Frequenz  $-f$ . Die gleiche Art von Symmetrie gilt für das Paar Realteil  $A(f)$  und Imaginärteil  $B(f)$  des Spektrums. Wenn man also das Spektrum für positive Frequenzen kennt, dann ist über die Symmetrie-Beziehungen auch das Spektrum für negative Frequenzen bekannt, deshalb muß man sich nicht weiter mit dem Bereich negativer Frequenzen beschäftigen.

Das Spektrum aller technisch realisierbaren Signale hat eine beschränkte Frequenz-Bandbreite. Jenseits eines um die Frequenz Null zentrierten Frequenzbandes ist das Spektrum auf Null abgesunken (Bild 1). Wenn in der Technik von der Frequenz-Bandbreite die Rede ist, meint man aber immer nur die Breite des Spektrums über dem positiven Frequenzbereich. Die technische Bandbreite ist also genau halb so breit wie die mathematische, die den Spektralteil über negative Frequenzen mit einschließt.

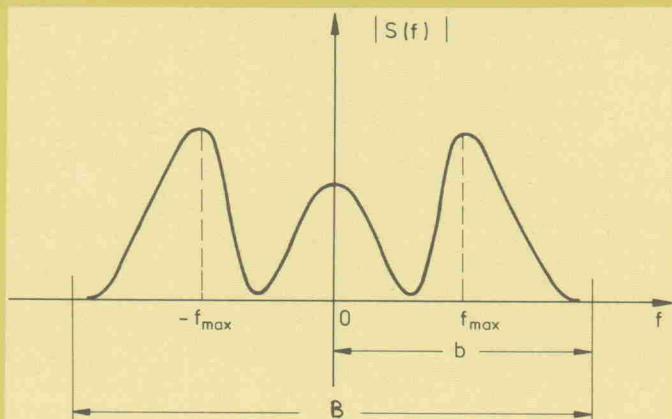


Bild 1. Spektrum eines Signals mit der mathematischen Bandbreite B und der technischen Bandbreite  $b = B/2$ .

Zurechtlegen muß man sich weiter folgenden Umstand. Da man von einem Signal für numerische Rechnungen immer nur endlich viele, nämlich die (in der Regel gleichabständig) abgetasteten diskreten Werte anwenden kann, wird prinzipiell nicht das gesamte Signal erfaßt. Die numerischen Methoden unterstellen, daß der mit endlich vielen Werten, z. B. mit 256 Werten gegebene Signalausschnitt eine Periode eines sich periodisch wiederholenden Signals ist. Ein periodisches diskretes Signal besitzt ein periodisches diskretes Spektrum und umgekehrt. Es genügt deshalb die Berechnung nur einer Periode des Spektrums. Hat die Signalperiode N Werte, dann berechnet man mit dem numerischen Verfahren N (komplexe) Werte einer Spektralperiode. Hat der als Signalperiode angesehene Signalausschnitt die Länge  $N \cdot \Delta t$ , mit  $\Delta t$  als Abtast-Schrittweite, dann ist die Länge der Spektralperiode durch  $1/\Delta t$  festgelegt. Die Werte des Spektrums werden für die Frequenzpunkte 0,  $\Delta f$ ,  $2 \cdot \Delta f$ , ...,  $(N-1) \cdot \Delta f$  berechnet. Die Frequenzschrittweite ist durch  $\Delta f = 1/(N \cdot \Delta t)$  bestimmt.

Dazu ein Beispiel. Ein Signalausschnitt von einer Sekunde Dauer ist mit einer Abtastrate von 10 kHz abgetastet worden, also mit einer Abtastschrittweite von  $\Delta t = 1E-4$  Sekunden. Das hat  $N = 10000$  Abtastwerte ergeben. Daraus berechnet man als Länge der Spektralperiode den Wert  $1/\Delta t = 1E4$  Hz und als Frequenzschrittweite  $\Delta f = 1$  Hz. Analog zur Länge des Signalausschnitts bzw. der Signalperiode ist die Länge der Spektralperiode durch  $N \cdot \Delta f$  gegeben. Es ist recht nützlich, sich diesen Zusammenhang durch die Formel

$$\Delta t \cdot \Delta f = 1/N$$

zu merken.

Die – für ein diskretes periodisches Signal erklärte – numerische Fouriertransformation ist die Rechenvorschrift

$$S(m \cdot \Delta f) = \Delta t \cdot \sum_{n=0}^{N-1} S(n \cdot \Delta t) \cdot \exp(-i \cdot 2 \cdot \pi \cdot N \cdot m \cdot n)$$

die mit den Signalwerten an den Stellen  $n \cdot \Delta t$  die Spektral-

werte an den Stellen  $m \cdot \Delta f$  liefert. Die inverse Transformation lautet

$$S(n \cdot \Delta t) = \Delta f \cdot \sum_{m=0}^{N-1} S(m \cdot \Delta f) \cdot \exp(i \cdot 2 \cdot \pi \cdot N \cdot n \cdot m)$$

In der Rechenpraxis ist es üblich geworden, die Multiplikation mit der Schrittweite  $\Delta t$  fortzulassen, also an Stelle des eigentlichen numerischen Spektrums das 'nicht normierte' Spektrum  $S(m \cdot \Delta f)/\Delta t$  zu betrachten. Wird vom nicht normierten Spektrum rücktransformiert, muß statt mit der Frequenzschrittweite  $\Delta f$  mit dem Faktor  $\Delta t \cdot \Delta f = 1/N$  multipliziert werden.

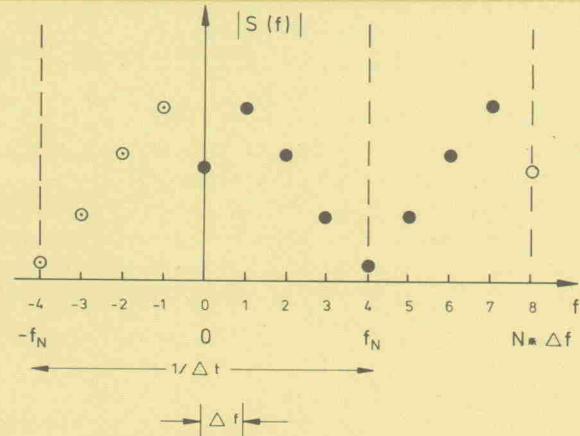


Bild 2. Grundperiode eines diskreten periodischen Spektrums und halbe Nachbarperiode.

Tragen wir die ersten  $N/2$  Werte eines numerischen Amplitudenspektrums in ein Diagramm ein, dann wissen wir bereits, wie das Spektrum nach den negativen Frequenzen zu ergänzen ist, nämlich symmetrisch (Bild 2). Da das Gesamte sich periodisch wiederholen soll, können wir ohne zu rechnen auch die Werte für die nächsten  $N/2$  Frequenzpunkte einzeichnen. Wir finden: Das numerisch berechnete Amplitudenspektrum ist auch symmetrisch zum Frequenzpunkt  $N/2 \cdot \Delta f$ . Die zwischen diesem Frequenzpunkt und dem negativen Frequenzpunkt  $-N/2 \cdot \Delta f$  gelegene Spektralperiode wollen wir die Grundperiode nennen. Wir behalten für später in Erinnerung, daß bei der numerischen Transformation nicht die Grundperiode berechnet wird, sondern ein Spektralausschnitt, der aus der rechten Hälfte der Grundperiode besteht und der daran anschließenden Hälfte der ersten Nachbarperiode (Bild 2).

Auf weitere Einzelheiten der numerischen Spektralanalyse können wir hier nicht eingehen, der verfügbare Rahmen würde sonst gesprengt. Für die Praxis genügt es – nachdem das Grundsätzliche geklärt ist –, folgendes zu beachten:

1. Wird das Signal in Schritten der Länge  $\Delta t$  abgetastet, so muß die mathematische Frequenz-Bandbreite B des Spektrums kleiner sein als die Länge der Spektralperiode, gegeben durch  $1/\Delta t$ . Andernfalls werden die Spektralanteile bei den höheren Frequenzen auf die Frequenzen innerhalb der Spektralperiode umgelegt und somit die Werte innerhalb der Spektralperiode verfälscht. Für diesen verfälschenden Effekt hat sich der Name **Aliasing** eingebürgert. Will man sichergehen, daß kein Aliasing bei der Abtastung auftritt, wird man das Signal vorher durch ein analoges Tiefpaß-Filter leiten, das eine technische Bandbreite besitzt, die kleiner ist als die halbe Spektralperiode. Die Länge der halben Spektralperiode ist mit dem bereits besprochenen Frequenzpunkt

$$f_N = N/2 \cdot \Delta f = 1/(2 \cdot \Delta t)$$

identisch. Man nennt diesen Frequenzwert auch **Nyquist-Frequenz**, nach einem schwedischen Wissenschaftler. Zuweilen

findet man auch die Formulierung, daß ein Aliasing-Filter eine Bandbreite besitzen soll, die kleiner ist als die Nyquist-Frequenz.

2. Wird statt der gesamten Signallänge nur ein Ausschnitt, ein Zeitband, genommen, so ist das Spektrum des Ausschnitts gegenüber dem Spektrum des gesamten Signals geglättet und verbreitert.

Doch nun endlich zum numerischen Rechnen. Nachstehend finden Sie ein Unterprogramm KOMPLEXFOUR, mit dem Sie das nicht normierte Spektrum eines Signals bzw. eines Signalausschnittes der Länge  $N \cdot \Delta t$  berechnen können. Das Programm berechnet aus den  $N$  Signalwerten  $N$  komplexe Spektralwerte  $A(f) + i B(f)$ , also Real- und Imaginärteil. Das Amplituden- und das Phasenspektrum können Sie daraus mittels des früher vorgestellten Programmes KOMPLEX2 berechnen. KOMPLEXFOUR stützt sich auf den Algorithmus 'Schnelle Fourier-Transformation' (englisch: Fast Fourier Transformation, FFT), mit dem die numerische Fouriertransformation weitaus schneller als mit allen zuvor bekannten Verfahren durchführbar ist. Dieser Algorithmus ist inzwischen Kern vieler digital arbeitender Filter und Spektralanalysatoren.

0 erfolgt die Transformation zum Spektrum, anderenfalls vom Spektrum zum Signal. Nach Rücksprung von KOMPLEXFOUR ins aufrufende Programm liegt der Realteil des Spektrums in  $Z1(I)$ , der Imaginärteil in  $Z2(I)$ . Bei der inversen Transformation, also vom Spektrum zum Signal, müssen in  $Z1(I)$  der Realteil, in  $Z2(I)$  der Imaginärteil des Spektrums vorliegen. (Achtung: Nur wenn die zuvor erläuterten Symmetrie-Beziehungen erfüllt sind, liefert die inverse Transformation ein reellwertiges Signal!!)

Besitzer älterer Versionen des Rechners PET bzw. CBM 2001 sollten nicht vergessen, daß ihr Rechner nur Felder mit höchstens 256 Werten verarbeitet, und zwar mit Indexwerten von 0 bis 255. Füllt man größere Felder, reagiert der Rechner *nicht* mit einer Fehlermeldung.

Die Anwendung des Unterprogramms KOMPLEXFOUR wird im nachfolgenden Hauptprogramm vorgeführt (siehe Seite 35).

Es hat zum Gegenstand die Spektralanalyse und Filterung einer periodischen Folge von Rechteckpulsen mit einstellbarer Pulsbreite. Anschließend an die Berechnung des Spektrums erfolgt eine Tiefpaß-Filterung mit Rechteck-Charakteristik,

### 6300 REM KOMPLEXFOUR

```

6301 REM EINGABE: ZM,Z0,Z1(I),Z2(I) AUSGABE: Z1(I),Z2(I) [I=0,2^ZM-1] INTERNE
6302 REM VARIABLE: ZA,ZB,Z1,Z2,ZK,ZL,ZH,ZP,ZQ,ZR,ZS,ZU,ZW,Z1,Z2,Z3
6303 REM UNTERPROGRAMM FUER DIE FOURIERTRANSFORMATION EINER KOMPLEXWERTIGEN
6304 REM FUNKTION GEMAESS SUMME VON 0 BIS N-1 F(X)*EXP(-I2πFX). DIE FUNKTION
6305 REM MUSS MIT 2^ZM AEQUIDISTANTEN WERTEN GEgeben SEIN; DER REALTEIL MUSS
6306 REM IN Z1(I) VORLIEGEN, DER IMAGINAERTEIL IN Z2(I). DER REALTEIL DER
6307 REM TRANSFORMIERTEN WIRD IN Z1(I) ABBELEGT, DER IMAGINAERTEIL IN Z2(I).
6308 REM FUER Z0<>0 WIRD DIE INVERSE TRANSFORMATION AUSGEFUEHRT!
6310 ZH=2^ZM:ZJ=0:ZB=-1:IFZ0THENZS=1
6311 FORZI=0TOZN-2:IFZI>ZJGOTO6313
6312 Z1=Z1(ZJ):Z2=Z2(ZJ):Z1(ZJ)=Z1(ZI):Z2(ZJ)=Z2(ZI):Z1(ZI)=Z1:Z2(ZI)=Z2
6313 ZK=ZH/2
6314 IFZK>ZJGOTO6316
6315 ZJ=ZJ-ZK:ZK=ZK/2:GOTO6314
6316 ZJ=ZJ+ZK:NEXT
6317 ZP=π:FORZK=1TOZM:ZQ=2^ZK:ZR=Z0/2:ZA=1:ZB=0:ZU=COS(ZP/ZR):ZW=ZB*SIN(ZP/ZR)
6318 FORZJ=0TOZR-1:FORZI=ZJTOZN-1STEPZQ:ZL=ZI+ZR:Z1=Z1(ZL):Z2=Z2(ZL):GOSUB6330
6319 Z1(ZL)=Z1(ZI)-Z1(ZZ(ZL))=Z2(ZI)-Z2(ZZ(ZI))=Z1(ZI)+Z1(ZZ(ZI))=Z2(ZI)+Z2(ZZ(ZI))+Z2(NEXT
6320 Z1=ZU:Z2=ZW:GOSUB6330:ZA=Z1:ZB=Z2:NEXTZJ,ZK
6321 IFZ0THENFORZI=0TOZN-1:Z1(ZI)=Z1(ZI)/ZN:Z2(ZI)=Z2(ZI)/ZN:NEXT
6322 RETURN
6330 Z3=Z1*ZA-Z2*ZB:Z2=Z1*ZB+Z2*ZA:Z1=Z3:RETURN

```

Die Anzahl  $N$  der Werte des abgetasteten Signals bzw. Signalausschnittes ist leider nicht beliebig wählbar: Die Anzahl muß eine Potenz zur Basis 2 sein, d. h.  $N = 2^M$ . Um dies zu gewährleisten, muß im aufrufenden Programm der Exponent  $M$  in der (Rechner-)Variablen  $ZM$  gespeichert sein. Zwischen dem in  $ZM$  gespeicherten Exponenten und der Anzahl der Signalwerte besteht also folgende Zuordnung:

M	1	2	3	4	5	6	7	8	...
N	2	4	8	16	32	64	128	256	...

Die  $N$  Signalwerte selbst müssen vor Aufruf in der Feldvariablen  $Z1(I)$ ,  $I = 0, 1, 2, \dots, 2^M-1$ , vorliegen. In der Feldvariablen  $Z2(I)$  mit gleicher Dimension **müssen** die Werte Null vorliegen. Die Variable  $Z0$  dient zur Kennzeichnung, ob vom Signal zum Spektrum transformiert werden soll oder umgekehrt. Für  $Z0=$

für welche die mathematische Bandbreite in Bruchteilen der Spektralperiode einzugeben ist. Durch die inverse Transformation erfolgt die Berechnung des gefilterten Signals. Die Filterung wird im allgemeinen erreicht durch die Multiplikation des Spektrums mit der Filter-Charakteristik. Die Rechteck-Charakteristik hat innerhalb der Filterflanke den Wert 1, außerhalb den Wert 0. Bei dieser Charakteristik muß man nicht eigentlich multiplizieren. Das Ergebnis der Multiplikation erreicht man einfach dadurch, daß man alle Werte des Spektrums außerhalb der Flanke gleich Null setzt. Beachten Sie aber dabei folgendes: Das Filter muß sowohl auf die linke als auch auf die rechte Hälfte der Grundperiode angewendet werden. Da bei der numerischen Rechnung zuerst die rechte Hälfte der Grundperiode und dann die Wiederholung der linken Hälfte berechnet und gespeichert wird (Bild 2), muß man das Filter zu beiden Seiten des berechneten Spektralausschnittes ansetzen.

Am Test-Ergebnis sind die Symmetrie-Beziehungen im Spektrum deutlich erkennbar. Wird das Signal nicht gefiltert – die Breite

```

10 PRINT:PRINT:PRINT"DATEN"
12 PRINT"EXPONENT ANZAHL SIGNALWERTE: ":";:INPUTZM:PRINTZM
14 PRINT"ANZAHL SIGNALWERTE: ":";:N=2^ZM:PRINTN
15 DIMZ1(N-1),Z2(N-1)
16 PRINT"PULSBREITE ZU SIGNALPERIODE: ":";:INPUTTR:PRINTR
17 PRINT"TIEFPASSBREITE ZU SPEKTRALPERIODE: ":";:INPUTB:PRINTB
18 PRINT"AUSGABE SIGNAL: ":";:INPUTSA:PRINTSA
19 PRINT"AUSGABE SPEKTRUM: ":";:INPUTSB:PRINTSB
20 NR=INT((N-1)*R):FORI=0TONR:Z1(I)=1:Z2(I)=0:NEXT:IFNR>=N-1THEN29
22 FORI=NR+1TON-1:Z1(I)=0:Z2(I)=0:NEXT
29 PRINT:PRINT:PRINT"ERGEBNIS"
30 IFSATHENPRINT"EINGANGSSIGNAL:";:GOSUB70
32 Z0=0:GOSUB6300
34 IFSBTHENPRINT"SPEKTRUM:";:GOSUB80
40 NB=INT(B*N/2):IFNB>=N/2THEN50
41 NC=N-NB:IFNB=0THENNC=N-1
42 FORI=NBTONC:Z1(I)=0:Z2(I)=0:NEXT
50 Z0=1:GOSUB6300
62 PRINT"AUSGANGSSIGNAL:";:GOSUB70:END
70 PRINT"INDEX SIGNAL"
72 FORI=0TON-1:Z2=Z1(I):ZN=2:GOSUB9900:PRINTICHR$(000)TAB(6)Z2:NEXT:RETURN
80 PRINT"INDEX AMPLITUDE      PHASE(GRAD)"
82 BG=180/π:ZP$="ABS":FORI=0TON-1:Z1=Z1(I):Z2=Z2(I):GOSUB1100:ZN=5:Z2=Z1/N
84 GOSUB9900:Z1=Z2:ZN=0:Z2=Z2*BG:GOSUB9900:Z2=Z2
86 PRINTICHR$(000)TAB(6)Z1CHR$(000)TAB(20)Z2:NEXT:RETURN

```

#### DATEN

EXPONENT ANZAHL SIGNALWERTE:	4	8	0	0
ANZAHL SIGNALWERTE:	16	9	.06372	11
PULSBREITE ZU SIGNALPERIODE:	.5	10	0	0
TIEFPASSBREITE ZU SPEKTRALPERIODE:	1	11	.07517	34
AUSGABE SIGNAL:	1	12	0	0
AUSGABE SPEKTRUM:	1	13	.1125	56
		14	0	0
		15	.32036	79

#### ERGEBNIS

EINGANGSSIGNAL:	AUSGANGSSIGNAL:		
INDEX SIGNAL	INDEX SIGNAL		
0 1	0	1	
1 1	1	1	
2 1	2	1	
3 1	3	1	
4 1	4	1	
5 1	5	1	
6 1	6	1	
7 1	7	1	
8 0	8	0	
9 0	9	0	
10 0	10	0	
11 0	11	0	
12 0	12	0	
13 0	13	0	
14 0	14	0	
15 0	15	0	

#### SPEKTRUM:

INDEX AMPLITUDE	PHASE(GRAD)	
0 .5	0	
1 .32036	-79	
2 0	0	
3 .1125	-56	
4 0	0	
5 .07517	-34	
6 0	0	
7 .06372	-11	

des Filters muß dazu gleich der Breite der Spektralperiode gewählt werden —, liefert die inverse Transformation wieder das Eingangs-Signal, allerdings mit Fehlern von der Größenordnung 1E-10, bedingt durch die beschränkte Rechengenauigkeit der numerischen Rechnung. Da im Test-Ergebnis die Werte vor Ausgabe mit dem Programm RUNDUNG auf zwei Stellen nach dem Dezimalpunkt gerundet wurden, sind diese geringfügigen Fehler nicht mehr erkennbar.

# Sinclair

# Der Personalcompu

## Der ZX 80 von Sinclair. Vielseitig. Und leistungsstark.

Ein Mikrocomputer, der von anderen nur im Preis um ein Vielfaches übertroffen wird. Kein Wunder also, daß „Personal Computer World“ dem ZX 80 5 Sterne für exzellente Preis-/Qualitätsrelation verlieh. Oder daß „Benchmark-Texts“ die höchste bisher ermittelte Arbeitsgeschwindigkeit feststellte.



Der ZX 80 spricht „Basic“, die verbreitetste Computersprache. Und damit versteht er Sie als Anfänger genauso gut wie als Fortgeschrittener.

## Computertechnik buchstabiert der ZX 80 so: SINCLAIR!

Der 4k-Basic-ROM - der Basic-Künstler

mit den umfangreichen Programmervorteilen:

- Einzigartige Eingabe der Schlüsselwörter (RUN, LIST, PRINT) durch einen einzigen Tastendruck.
- Einmaliger „Syntax-Check“; Fehleranzeige per Cursor.
- Verarbeitung von bis zu 26 Strings jeder Länge, die sich alle in Beziehung zueinander setzen lassen.
- Bis zu 26 eindimensionale Felder.
- Variablen-Namen jeder Länge.
- Volle Bool'sche Algebra, konditionale Ausdrücke etc.
- Zufallsgenerator für Spiele und andere Anwendungen.
- Programmgesteuerter Timer.
- Unbegrenzte Zeilenlängen.

## Das RAM - Köpfchen, Köpfchen!

Mit 1k-Byte im ZX 80 entspricht dieses Modul einer normalen Kapazität von 4k-Byte. So werden bis zu 100 Programmzeilen Basic gespeichert. Konkurrenzlos auch auf diesem Gebiet.

## Und wie funktioniert das alles?

Keine Sorge - auch wenn Ihnen die technischen Daten nicht allzu viel sagen. Denn das

Basic-Handbuch von Sinclair (auf deutsch) hat für Sie mehr Antworten als Fragen. Der komplette Programmierkurs. Von der Einführung bis zu komplexen Programmen.



## Der ZX 80 macht sich stark.

**Mit dem 8k-Byte ROM.** Zur internen Erweiterung der Basic-Kapazität. Steigert den Befehlsvorrat und bietet zusätzliche Funktionen, wie z. B.:

- Drucker-Betrieb
- volle arithmetische und vergleichende Rechenoperationen
- Fließkomma-Darstellung
- wissenschaftliche Funktionen.

Komplett mit neuem Tableau und Handbuch.

## Und mit dem 16k-Byte RAM.

Zur externen Erweiterung der Speicherkapazität auf 960 Zeilen!

Für umfangreiche Programme oder als persönliches Daten-Terminal.

Zum halben Preis vergleichbarer

Elemente. Entwerfen

Sie z. B. ein Demonstrationsprogramm - und der ZX 80 führt einen Dialog über seine Fähigkeiten. Kombinieren Sie eine Reihe kleiner Programme zu einem Superprogramm. Oder lassen Sie sich ganz einfach von Kassetten-Software bedienen: Ein Weltraum-Abenteuer gefällig?

Und wann machen Sie sich für den ZX 80 stark? Am besten noch heute. Indem Sie ihn einfach bestellen!

## Coupon Sinclair ZX80

elrad 8/81

Sinclair Research Ltd., Deutschland,  
Erlenweg 2, Postfach 1710, 8028 Taufkirchen b. München, Telefon (089) 6121793  
Bitte senden Sie mir \_\_\_\_\_ Exemplar(e) ZX 80 Microcomputer (à DM 498,-) inkl. Zubehör  
und \_\_\_\_\_ Exemplar(e) 16k-Byte RAM-Erweiterungsmodul Speicher (à DM 249,-)  
und \_\_\_\_\_ Exemplar(e) 8k-Byte ROM-Erweiterungsmodul (à DM 98,-)

Preise inkl. MwSt., Porto und Verpackung (6 Monate Garantie)  
Summe insgesamt DM \_\_\_\_\_ Versand per Nachnahme oder Scheck im voraus.



Name

Straße

PLZ, Ort

Unterschrift

Datum

# sinclair ZX80 ter für jedermann.



Das 16k-Byte RAM-Erweiterungsmodul ist rückseitig an der Steckerleiste des ZX 80 leicht anzubringen.

**NEU!  
FÜR NUR  
498.- DM**



Sinclair Research Ltd. Deutschland  
Erlenweg 2, Postfach 1710  
8028 Taufkirchen b. München, Telefon (089) 6121793

# Sinclair ZX80

## Schluß

### ZX80-BASIC

#### Standard-BASIC-Anweisungen

LET: Zuordnung. IF . . . THEN: Erlaubt logische Vergleiche. FOR . . . TO . . . NEXT: Ermöglicht Schleifen. GOTO: Sprungbefehl. PRINT: Ausgabe von Daten auf dem Bildschirm. DIM: Dimensionierung von Bereichen.

#### Erweiterte BASIC-Anweisungen

REM: Erlaubt Kommentare im Programm. GOSUB . . . RETURN: Ermöglicht Unterprogrammtechnik. INPUT: Eingabe von Werten über die Tastatur. STOP: Unterbricht ein laufendes Programm.

#### Ein/Ausgabe-Anweisungen

SAVE: Erlaubt Schreiben eines Programms auf Kassette. LOAD: Erlaubt Laden eines Programms von Kassette.

#### Funktionen

ABS: Liefert den Absolutwert einer Zahl. RND: Zufallszahlengenerator. RANDOMISE: Initialisiert den Zufallsgenerator.

#### Zeichenkettenfunktionen

STR\$: Wandelt Zahlen in Ziffernketten um. CHR\$: Wandelt Codes in Zeichen um. TL\$: Entfernt das linke Zeichen einer Zeichenkette. CODE: Gibt den Code des ersten Zeichens eines Strings.

#### Maschinensprache- und ähnliche Anweisungen

PEEK: Liest den Inhalt einzelner Bytes aus dem Speicher. POKE: Speichert einen Wert in eine angegebene Adresse. USR: Ruft ein Maschinensprache-Unterprogramm auf.

#### Systemkommandos

RUN: Startet ein Programm. CONTINUE: Setzt Programmausführung fort. NEW: Löscht ein BASIC-Programm. CLEAR: Löscht alle Variablen. LIST: Erstellt eine Liste des Programms. CLS: Löscht den Bildschirm.

#### Logische Operatoren

AND, OR, NOT

#### Vergleichsoperatoren

=, <, >.

#### Editieren

Mehrere spezielle Cursorsteuerungs-Tasten gestatten ein sehr komfortables Editieren von Programmen.

#### Variablen

Typen: Integer, Zeichenkette (\$)

Namen: Integer-Variablen: Muß mit einem Buchstaben beginnen. Beliebige Länge. Zeichenkette: Ein Buchstabe, Dollarzeichen (\$).

#### Wie geht's weiter?

Der ZX80 verfügt, wie Bild 4 zeigt, über eine Steckerleiste, die von außen zugänglich ist und dem Anschluß von Erweiterungen dienen soll. Hierfür wird bereits das eben erwähnte 16-KByte-RAM-Erweiterungsmodul angeboten, das den Programmierer von akuter RAM-Not befreit.

Verfügbar ist auch bereits das 8-KByte-BASIC-ROM, das die bisher nicht mögliche Gleitpunkt-Arithmetik gestattet und über eine Reihe von mathematischen Standardfunktionen verfügt. Auch ein Drucker ist bereits angekündigt.

	1	2	3	4	5	6	7	8
ZX80	1,4	4,5	9,0	8,3	11,7	24,2	37,4	—
DAI(6)	0,7	4,8	16,3	16,5	17,5	25,3	39,6	16,9
DAI mit AMD 9511	0,7	4,0	9,8	10,1	10,8	17,6	27,6	2,2
Heath WH-891) Microsoft-BASIC	2,6	9,5	26,0	26,0	27,7	46,5	73,5	12,8
Heath WH-891) Benton-Harbour-BASIC	4,2	16,3	35,4	38,1	44,3	75,5	114,2	11,3
PET 2001/cbm30012)	1,4	9,6	18,0	20,0	21,7	32,2	50,6	11,6
Heath H-83)	4,5	18,5	37,0	40,5	48,5	79,0	114,0	11,5
TRS-80, Level II <sup>4)</sup>	2,8	11,2	27,0	27,8	31,0	50,6	78,0	11,8
Elrad-Triton Tiny BASIC	2,5	31,0	52,0	63,0	78,0	—	—	—
Delphin EHC-80 <sup>5)</sup> Microbasic	0,7	9,0	15,0	17,7	22,3	30,5	53,0	—
Apple II Plus	1,4	8,4	15,8	17,6	19,0	28,4	45,0	10,4

1) elrad, Heft 4, 1980, Seite 29  
4) elrad, Heft 4, 1979, Seite 29

2) elrad, Heft 7, 1978, Seite 7  
5) elrad, Heft 8, 1979, Seite 41

3) elrad, Heft 12, 1978, Seite 35  
6) elrad, Heft 12, 1980, Seite 41

**Rechenzeittest des ZX80 mit 7 BASIC-Programmen. Zum Vergleich die Ergebnisse aller bisher von Elrad getesteten Rechner. Ausführungszeiten in Sekunden.**

## PET als Logikanalysator

H. Velder

Die hier vorgestellte Schaltung kann natürlich nicht mit professionellen Meßgeräten verglichen werden. Sie zeigt jedoch, daß man mit dem USER-Port mehr machen kann als Töne oder Lauflichter.

### Grundlagen

Beachten Sie bitte, daß Sie nach Möglichkeit Verbindungen zum PET nur im ausgeschalteten Zustand vornehmen. Die zum Arbeiten mit dem USER-Port wichtigen Adressen sind:

Das Datenrichtungsregister. Mit  
POKE 59459,255

schalten Sie die Datenleitungen PA0–PA7 auf Ausgang, mit  
POKE 59459,0  
auf Eingang. Bei anderen Zahlenwerten ergeben sich folglich entsprechende Kombinationen aus Ein- und Ausgängen. (Vergl. Sie auch die Zeile 400 im BASIC-Programm.)

Mit der Speicherzelle 59471 werden direkt die Datenleitungen angesprochen. So werden mit  
POKE 59471,3

die Anschlüsse PA0, PA1 gesetzt und die anderen Leitungen zurückgesetzt, sofern der USER-Port nicht auf Eingang geschaltet ist.

Die Datentauschleitung CB2 wird durch den Befehl  
POKE 59468,PEEK(594568) AND 31 OR 192  
gesetzt und mit  
POKE 59468,PEEK(59468) OR 244  
zurückgesetzt (Zeile 760, 780).

### Programm

Die Taktimpulse für die Testschaltung liefert der PET über den CB2-Ausgang. Nach jedem Taktimpuls werden dann die 16 Eingänge über den Multiplexer abgefragt. Je nachdem, welche Kombination an den Selecteingängen von IC1 vorliegt, wird einer der 16 Eingänge auf den Ausgang und somit an PA7 gelegt. In den Zeilen 660 und 680 wird dann der Pegel an PA7 abgefragt und das entsprechende Zeichen auf den Bildschirm gesetzt. Wenn der rechte Bildschirmrand erreicht ist, wird – durch ein kleines Maschinenprogramm – der gesamte Bildschirminhalt um ein Zeichen nach links verschoben. Mit der Eingabe von W.N.D wird ab Zeile 840 nach dem weiteren Fortgang gefragt, wobei 'D' einen Ausdruck der letzten 80 Messungen bewirkt. Wenn Sie während der Messung längere Zeit die SPACE-Taste drücken, kehrt das Programm zum Anfang zurück, damit man die Messung an einer definierten Stelle beginnen kann.

### BASIC-Programm für den Logik-Analysator

```

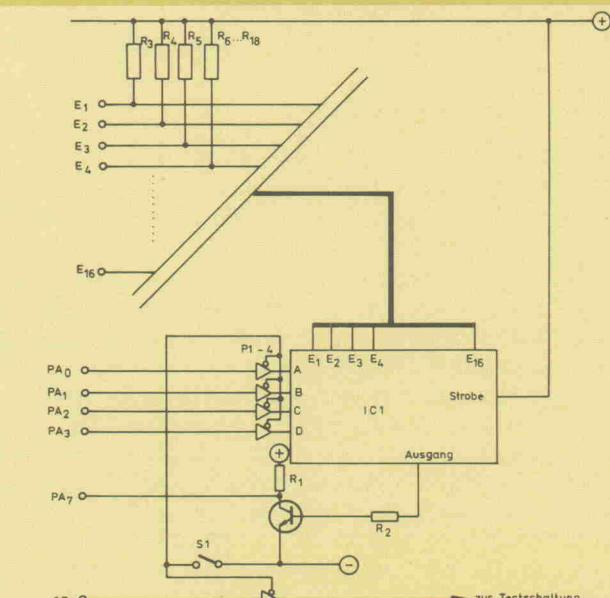
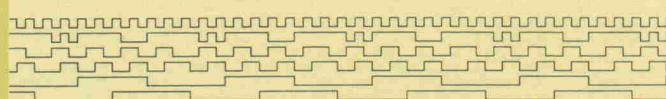
    C = CLEAR HOME
    H = HOME
    D = CURSOR DOWN
    L = CURSOR LEFT
    R = REVERSE
    O = REVERSE OFF

200 OPEN1,4
220 DIM P(17): DIM P$(17)
240 FOR A=826 TO 878 READ T: POKER,T:NEXT
260 FOR A=0 TO 16: P(A)=1:NEXT
280 WT=0
290 REM*****EINGABE *****
300 PRINT"WAHLEN I. ANNEKE (MAX. 10) SOLLEN DAR-N"
320 INPUT"GESTELLT WERDEN (VOM - BIS)":K1..K2
340 IF K2-K1 > 10 THEN 300
360 PRINT"WAHNAH WIEVIEL TAKTIMPULSE SOLL EINEN"
380 INPUT"MESSUNG ERFOLGEN":Z
390 REM *****KERN-PROGRAMM***** 
400 POK 59458,31:REM USER-P.=> AAAAAA
420 PRINT"Z"
440 IF Z=1:THENPRINT"SEINE MESSUNG FRO TAKTIMPULS" GOTO480
460 PRINT"SEINE MESSUNG NACH":Z;" TAKTIMPULSEN"
480 FOR A=1 TO 38
500 PRINT"8"
520 W=38
540 IF PEAK(S1)=6 THEN 280
560 IFWT=0:THEN PRINT"80":W=R:GOTO600
580 W=38:SYS 826
600 FOR P=K1 TO K2
620 POK 59471,P
660 D=INT((PEEK(59471)-P)/90)
680 ON D GOSUB 1020..1040
700 P(P)=D
720 NEXT P
740 FOR T=1 TO 2
750 IF C=0 THEN C=0: POK 59468,PEEK(59468)AND 31 OR 192: GOTO600
780 C=1:POKE 59468,PEEK(59468) OR 244
800 NEXT T
820 NEXT A
830 REM *****BEFEHLE *****
840 PRINT"S AUSWERTER, WURFPING, ODER DRUCKEN"
860 POK 525,0:WAIT525,1 GET E#
880 IF E#="W":THEN W=38:WT=1:GOTO 960
900 IF E#="D":THEN 1160
920 IF E#="H":THEN 260
940 GOTO 860
960 FOR A=0 TO 15: P$(A)=RIGHT$(P$(A),38): NEXT
980 GOTO 440
1000 REM
1020 ON P(P) GOTO 1080,1100
1040 ON P(P) GOTO 1120,1140
1060 REM
1080 PRINT:PRINT TAB(0);".":P$(P)=P$(P)+"":RETURN
1100 PRINT:PRINT TAB(0);"-":P$(P)=P$(P)+"-":RETURN
1120 PRINT:PRINT TAB(0);":":P$(P)=P$(P)+"":RETURN
1140 PRINT:PRINT TAB(0);":":P$(P)=P$(P)+"":RETURN
1160 REM *****DRUCKEN***** DRUCKEN *****
1180 FOR A=1 TO K2
1200 PRINT#1,P$(A)
1220 NEXT P:GOTO 840
1230 :
1231:
1240 DTR4 234,169,52,141,17,232,162,23,169,120,133
1260 DTR4 88,169,127,133,89,160,217,177,88,136,145
1280 DTR4 88,200,208,208,247,169,32,136,145,88,169
1300 DTR4 40,24,181,88,133,88,144,2,230,89,202,208
1320 DTR4 226,169,60,141,17,232,96,234

```

### Beispiel

(mit einem programmierbaren Impulsgenerator aufgenommen)



### Stückliste

IC1	SN 74150
P1-5	SN 74125
R1-18	ca. 10k

## Serie Numerische Mathematik

Liebe CT-Leser,

um einem vielfach geäußerten Wunsch zu entsprechen, bietet Elrad/Computing Today alle Programme der Serie **Numerische Mathematik** auf Kassetten oder Diskette an. Diese hochkarätige Programmsammlung umfaßt 17 Programme, nämlich die bisher erschienenen, aber auch die Programme der noch nicht veröffentlichten Teile der Serie. Insgesamt also über 21 KByte numerische Mathematik! Folgende Versionen stehen zur Verfügung:

Version 1: 17 Programme auf drei Kassetten für PET 2001 (8 KB)

Version 2: 17 Programme auf drei Kassetten für cbm 3001

Version 3: 17 Programme auf Diskette für Floppy Disk 3040 von CBM

Jede Version kostet DM 38,80, inkl. MwSt. Lieferung erfolgt per Nachnahme (+ DM 4,- Versandkosten) oder gegen Verrechnungsscheck (+ DM 2,50 Versandkosten).

Elrad-Versand  
Postfach 2746  
3000 Hannover 1

**Bitte geben Sie bei Bestellung unbedingt an, welche Version Sie wünschen!**

## Berichtigung Num. Mathematik, T. 9, 4/81

Unser Leser Herr (oder Frau) Sauermann hat recht: Es ist uns ein Fehler unterlaufen, der Vorfaktor in der Normalverteilung muß lauten

$$\frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \quad (\text{statt } \frac{s}{\sqrt{2\pi}})$$

Gleiches gilt auch für den Ausdruck für  $F(a)$ . Da das für  $s = 1$  geschriebene Anwendungsprogramm die Streuung  $s$  nicht explizit als Rechnervariable enthält, ist das Programm korrekt.

## PACK/UNPACK Für PET 2001 und CBM 3001

Elrad-Software. Elrad-Versand, Hannover.



Handbuch (34 Seiten, in deutscher Sprache, mit Programmlisting) DM 7,80.

Programmkassette allein DM 15,80.

Handbuch und Kassette zusammen DM 19,80.

PACK/UNPACK ist ein Dienstprogramm zur Bearbeitung von gepackten numerischen Dateien im oberen Bereich des Arbeitsspeichers des PET/CBM. Die Dateien werden im BCD-Code abgespeichert, damit wird gegenüber der Speicherung mit DATA-Anweisungen weniger als die Hälfte des Speicherplatzes benötigt. Das Programm kann deshalb für alle Anwendungen von Wert sein, die große Mengen numerische Daten speichern und verarbeiten müssen, ohne auf eine Floppy-Disk zugreifen zu können. PACK/UNPACK verfügt über mehrere Prozeduren: Anlegen einer gepackten Datei, Datei ändern, dumpen, lesen (entpackt), gepackte Datei auf Kassette schreiben, gepackte Datei von Kassette in den RAM laden. Das ausführliche Handbuch beschreibt den Umgang mit PACK/UNPACK, enthält das Listing und gibt dem Leser darüber hinaus einen umfassenden Überblick über die Speicher-Organisation und -Verwaltung des PET/CBM-BASIC-Systems. Ein nützliches Programm, ein lebenswertes Handbuch, das viele allgemein interessierende Tips gibt.

## Leserbrief

Zu unserer Serie **'Interaktive Graphik'** schickt uns Herr Heiri Habermacher aus Sachseln in der Schweiz folgende wertvolle Hinweise, die sich auf die PET 2001-Version des Programms BREAKTHROUGH beziehen:

..... Beim Durcharbeiten des Programmes stellte ich fest, daß die Zeile 2770 überflüssig ist. Dafür, glaube ich, hat sich in Zeile 2780 ein kleiner Verzähler eingeschlichen. Da insgesamt für den PET 2001 67 Werte für das Maschinenprogramm eingelesen werden müssen, muß die Anweisung lauten: 2780 FOR IT=0 TO 66, und nicht ... 0 TO 65 ...

Sie schlagen vor, für versierte Spieler das Programm durch Auslassen der Zeilen 2350 bis 2380 beim Sprungbefehl in 2390 zu beschleunigen. Mein Vorschlag ist nun der, daß der Spieler am Anfang des Programms wählen kann, ob er schnell oder langsam spielen will. Die Änderung des Programms sieht dann so aus:

```
2190 PRINT:PRINT:INPUT'DRUECKEN SIE '1' FUER  
LANGSAM, '2' FUER SCHNELL'; SP  
2195 IF SP<1 OR SP>2 THEN 2190
```

Zeile 2390 muß dann folgendermaßen lauten:

```
2390 IF PEEK .....:SYS 826:ON SP GOTO 2350,2380
```

Leser, die die PET-Version von uns auf Kassette bezogen haben, können beruhigt sein: Auf allen unseren Kassetten ist das Programm BREAKTHROUGH fehlerfrei.

## Buchbesprechung

*Gerhard Schnell, Konrad Hoyer  
unter Mitarbeit von Burkhard Kours*



### Mikrocomputerfibel

*Vom 8-Bit-Chip zum Grundsystem*

Braunschweig: Vieweg 1981. 231 Seiten. Brosch. 29,80 DM

Das Buch wendet sich an alle, die von Berufs wegen oder als Amateure Zugang suchen zum Bereich der Mikrocomputer. Ihnen bietet das Buch infolge seiner Konzeption eine große Hilfe: Hard- und Software werden sehr ausgewogen dargestellt entsprechend der Erkenntnis, daß für einen Computer beides gleich wichtig ist. Besonders vorteilhaft ist, daß in dem Buch fast alle gängigen 8-Bit-Mikroprozessor-Typen ausführlich behandelt werden. Alle Programmbeispiele werden für alle besprochenen Mikroprozessoren angegeben, angefangen von einfachen Addierprogrammen bis zu einem nützlichen Uhrenprogramm, mit dem das Mikrocomputer-System als Synchronuhr mit Wecker betrieben werden kann. Die eingestreuten Aufgaben berücksichtigen die spezifischen Lernschwierigkeiten des Anfängers.

Hier ein Blick auf den Inhalt: Einführung. Ein Modell-Mikroprozessor. Die Sprachen der Computer. Das Arbeiten mit dem Mikroprozessor alleine. Der Umgang mit dem Speicher. Grundsystem. Komplettsystem. Monitor. Unterprogrammtechnik. Interaktives Echtzeit-Programm.

Der Anhang enthält u. a. Übersetzungstabellen für die behandelten Mikroprozessoren und die Lösungen der zahlreichen Übungsaufgaben.

Ein Buch, das wegen seines guten didaktischen Konzepts (die Autoren sind Fachhochschul-Professoren) dem Anfänger empfohlen werden kann, das aber auch dem  $\mu$ P-Crack wegen der parallelen Behandlung aller gängigen Prozessoren vieles zu bieten hat.

**Peter Stuhlmüller**

### **16 Bit Generation**

#### **Z8000. Aufbau und Anwendung**

München: te-wi Verlag GmbH. 1980.

464 Seiten, mit zahlreichen Abbildungen.

Hardcover. DM 73,-.

16-Bit-Einchip-Prozessoren werden bereits von mehreren Herstellern angeboten. Ein markantes Beispiel ist die MPU Z8000, der dieses Buch gewidmet ist. Das umfangreiche und bis ins Detail gehende Werk beschreibt den grundlegenden Aufbau und die Funktion (hard- und softwaremäßig) der MPU. Die sehr umfangreiche Hardwaredarstellung gipfelt in der Beschreibung eines vollständigen Parallelrechnersystems. Wer eine Information im 16-Bit-Bereich generell sucht und einen hervorragenden Vertreter der 16-Bit-Prozessoren kennenlernen will, sollte dieses Buch konsultieren.

Dies sind die wichtigsten Abschnitte: Die Einchip-16-Bit-Zentraleinheit Z8000. Adressierungsarten und Befehlssatz. Hardwarekonfiguration für beide Z8000-Versionen. Der Speicher-organisations-Baustein Z8010 MMU. Assembler-Programmier-technik. Ein Multiprozessor-Konzept mit Z8000-Bausteinen. Z8000 – und wer noch? Bestehende Z8000-Systeme.

**Hans Peter Blomeyer-Bartenstein**

### **Personal Computer**

#### **Kompaktrechner im Einsatz**

München: Verlag Markt & Technik 1980.

200 Seiten, über 50 Abbildungen. Hardcover. DM 53,-.

Das Buch hat sich zum Ziel gesetzt, praktische Hilfestellung bei Konzeption, Auswahl und Realisierung eines maßgeschneiderten Mikrocomputersystems zu geben. Ob es um die richtige Wortlänge (8 oder 16 Bit), den geeigneten Externspeicher (Magnetband, Floppy-Disk, Festplatte, Magnetblasenspeicher), die Themen Ein/Ausgabe oder Datenübertragung (V24, RS 232, SDLC, BISYNC), das Problem Textbearbeitung, die Auswahl der geeigneten Programmiersprache (BASIC, ASSEMBLER, FORTRAN, COBOL, PASCAL, ELAN, PLZ) oder Hilfen zur Programmerstellung geht, der Leser bekommt fundierte Unterstützung beim Lösen seiner individuellen Probleme.

Der starke Praxisbezug des Buches wird durch ein separates Kapitel 'Anwender berichten' unterstrichen. Hier kommen Anwender von Personal Computern, unabhängig von der Meinung des Autors, zu Wort.

Ein weiteres Kapitel liefert eine detaillierte tabellarische Übersicht von 35 Personal-Computer-Systemen, einen Bezugsquellen-nachweis sowie eine Checkliste mit Auswahlkriterien. Die wichtigsten Daten von über 100 Systemhäusern werden in einem eigenen Kapitel zusammengestellt.

Ein Buch, das nicht nur für Techniker, sondern auch für das Management ein wertvoller Leitfaden sein kann.

# **COMPUTERS**



### **Commodore VolksComputer VC 20**

Auf der Hannover-Messe 1981 führte Commodore seinen neuesten Tischcomputer vor. Nach dem Commodore 2001 hofft das US-amerikanische Unternehmen, mit dem VC 20 einen weiteren großen Wurf zu landen. Das Tischgerät für weit weniger als tausend Mark kann zu einem kompletten Mikrocomputer-System ausgebaut werden. Es hat die Größe einer Reiseschreibmaschine und enthält einen BASIC-Interpreter, Betriebssystem, Arbeitsspeicher und Videoanschluß. An den VC 20 kann jedes handelsübliche PAL-Farbfernseh- oder Schwarz/Weiß-Gerät angeschlossen werden, das über einen Video-Anschluß verfügt. Insgesamt stehen 24 Farben zur Verfügung, davon acht für Zeichen und Bildschirmrand und 16 für den Bildschirmhintergrund. Weiter gibt es drei Tongeneratoren für Musik und einen Generator für Geräuscheffekte. Jeder Generator hat einen Tonumfang von drei Oktaven. Die akustische Wiedergabe erfolgt über den Lautsprecher des Fernsehgeräts. Der VC 20 hat eine DIN-Schreibmaschinen-Tastatur und acht Tasten für Sonderfunktionen, vier programmierbare Tasten und Farbtasten über Umschaltung. Über Steckmodule kann die Speicherkapazität auf 32 KB RAM und 24 KB ROM erweitert werden. Die Speicherung der Daten auf Kassette oder Diskette ist möglich.

Informationen: Commodore Pressebüro Hannover, Heiligengeiststr. 15, 3000 Hannover 1.

### **Neuer ELZET-80-Katalog**

Viel Lesestoff bietet der neue ELZET-80-Katalog des ELEKTRONIKLADENs in Detmold. Erschienen zum zweijährigen Jubiläum dieses deutschen Europakartensystems, präsentiert der Katalog ausführliche Beschreibungen zu jeder der inzwischen schon fast 30 Europakarten, geht ins Detail bei ASCII-, BASIC- und Floppy-2B-Systemen und erörtert die Einsatzmöglichkeiten der umfangreichen Software.

Zwischen den Beschreibungen verstreute Mini-Programme von Z80-Assembler bis PL/I geben Einblicke in die jeweiligen Sprachen. In der Rubrik 'Zubehör' findet der Leser 19"-Gehäuse, Steckverbinder, Teilfrontplatten, Disketten und das sonstige Drumherum eines Mikrocomputers.

Das ELZET-80-System bietet die ganze Spannweite eines Mikrocomputers von Maschinen- und Anlagensteuerungen mit A/D-Wandlern und Stromschleifentreibern über eine Personal-Computer-Konfiguration mit einem 13K-BASIC bis hin zum großen Floppy-System mit zwei 8"-Laufwerken und CP/M. Alle Systeme sind aufgrund der Europakarten-Struktur untereinander hardwarekompatibel, so daß auch das Floppy-System die Relais-Ausgabe oder den 16-Kanal-A/D-Wandler in seine Aktionen einbeziehen kann.

Information: Giesler & Danne GmbH & Co, ELEKTRONIKLADEN, W. Mellies-Str. 88, 4930 Detmold 18.

# E 90- Lautsprecherbox

Wieder einmal bringt Elrad eine Bauanleitung für eine Lautsprecher-Box der Superlative. Eine Box, die sicher in die Spitzenklasse eingeordnet werden kann. Fünf Wharfedale-Lautsprecher sorgen für hohen Schalldruck und hohe Belastbarkeit.

Der Lautsprecherhersteller Wharfedale bietet den Hi-Fi-Fans mit der sogenannten 'E' Serie ausgesprochen schalldruckstarke Hi-Fi Boxen an, so wird ein Abstand von 1 m 95 dB bei 1 W erreicht (max. 120 dB). Die größte Box dieser Serie mit der Typenbezeichnung E 90 wollen wir in diesem Artikel als Selbstbau-Lautsprecher vorstellen. Ein großer Vorteil der 'Do it yourself'-Methode ist die beträchtliche Geldersparnis. Trotzdem kommen bei dieser Box auch im Selbstbau noch ca. 1000,- DM pro Box zusammen. Dafür erhält man allerdings Lautsprecher der 2000,- DM Klasse, die bei sorgfältigem Nachbau den Wharfedale Fertig-Boxen nicht nachstehen.

Wer sich also nicht vom Preis und den Abmessungen abschrecken lässt, wird nach der Fertigstellung von dem 'kernigen' Klang der Lautsprecher begeistert sein.

Vorsichtige Leute können sich in einem Hi-Fi-Studio die entsprechenden Fertigboxen anhören und sich einen Eindruck vom Klangbild der Lautsprecher verschaffen.

## Die technischen Daten

4-Wege Baßreflexbox

Frequenzgang: 30 – 18000 Hz

Übergangs-  
frequenzen: 150/800/7000 Hz

Belastbarkeit: 140 (200 W)

Impedanz: 8 Ω

Volumen: 110 l

Abmessungen: 1072 x 342 x 350

## Die Lautsprecherbestückung

### Hochtonhorn ET/02/01

Frequenzbereich 5 kHz – 18 kHz

Schalldruck 98 dB

Belastbarkeit 140/200 W

### Mitteltöner EM/10/1

Frequenzbereich 800 Hz – 5 kHz

Schalldruck 94 dB

Belastbarkeit 70/110 W

### Tieftöner EB/25/1

Frequenzbereich 42 Hz – 1,5 kHz

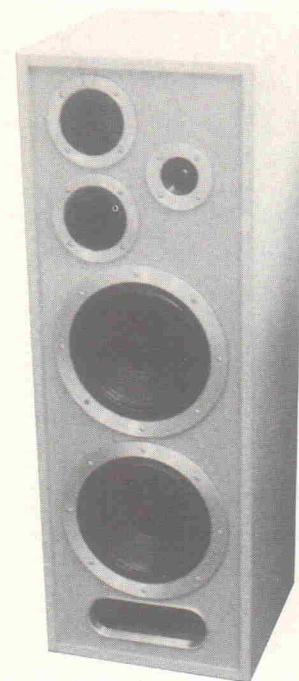
Schalldruck 95 dB

Belastbarkeit 100/150 W

Die Lautsprecher zeichnen sich durch stabile Druckgusschassis aus.

## Die Tischlerarbeit

Als Material für die Außenwände eignet sich eine einfache Spanplatte, die ca. 19 mm stark sein sollte. In einer Tischlerei oder einem Baumarkt lässt man sich die einzelnen Elemente maßgenau zusägen. Eventuell kann man sich hier auch gleich die Ausschnitte für die Lautsprecher und Baßreflexöffnung sägen lassen. Es geht allerdings auch recht einfach mit einer Stichsäge. Für die Hochtonlautsprecheröffnung benutzt man am sinnvollsten einen im Handel erhältlichen Vorsatz für Bohrmaschinen mit entsprechendem Durchmesser. Die Mittelpunkte der einzelnen Lautsprecher werden mit Lineal und Bleistift nach Plan fixiert. Als sehr hilfreich erweisen sich die auf der Rückseite der Wharfedale-Lautsprecherverpackung befindlichen Schablonen. Sie werden auf die entspre-



chenden Stellen der Schallwand geklebt, das erspart das etwas mühselige Anzeichnen mit dem Zirkel. Für die Baßreflexöffnung kann man direkt die Alu-Verkleidung als Schablone benutzen. Sind diese Arbeiten verrichtet, kann mit dem Verleimen der Spanplatten begonnen werden. Dabei sollte allerdings eine Seitenwand nur verschraubt werden, es erleichtert die weiteren Arbeiten ganz erheblich.

Das Verleimen muß sehr sorgfältig vorgenommen werden, auf keinen Fall darf mit Leim gespart werden. Wichtig ist auch, daß die zu verleimenden Flächen so stark wie möglich gegeneinander gepreßt werden.

Dazu eignen sich entsprechende Spannzangen. Natürlich kann man auch sämtliche Wände kräftig verschrauben und vor dem Anziehen der Schrauben die Flächen satt mit Holzleim bestreichen.

Die Mitteltonlautsprecher besitzen eigene Gehäuse, damit wird eine Beeinflussung der Baßlautsprecher vermieden. Gut geeignet sind hierfür Pappröhren mit mindestens 3 mm Wandstärke oder auch Plastikröhren, wie sie in der Hauskanalisation benutzt werden. Der Durchmesser sollte ca. 12 cm betragen.

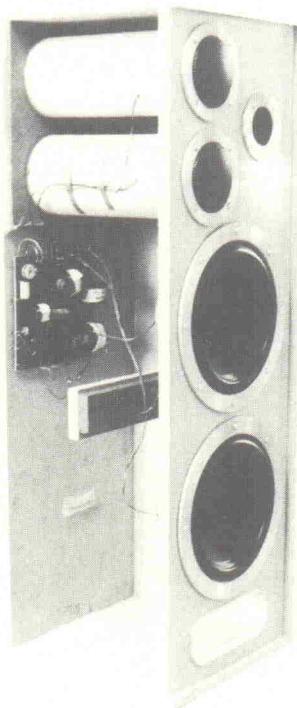
Die Länge sollte so gewählt werden, daß die Röhre stramm im Gehäuse sitzt. Besonders günstig ist es, zwischen Rohrende und Gehäuserückwand noch eine Weichfaserplatte anzuleimen (siehe auch Zeichnung). Die ganze Konstruktion muß natürlich sorgfältig und dicht miteinander verleimt werden.

Um Biegeschwingungen des Gehäuses zu verringern, wird im Bereich des Tieftöners noch eine Verstärkung aus Spanplatte

zwischen den Seitenwänden angebracht, die Maße sind in der Zeichnung vermerkt.

## Einbau der Lautsprecher

Als nächster Arbeitsgang werden die Lautsprecher in die Schallwand montiert. Sämtliche Systeme besitzen einen stabilen Metallring mit entsprechenden Löchern für die Befestigung. Vor dem endgültigen Einbau der Lautsprecher wird an der Innenseite der Befestigungsringe noch eine Bahn Dichtband (Fensterdichtband o. ä.) geklebt. Diese Maßnahme gewährleistet, daß auch hier keine Luft entweichen kann, denn wie im Teil 'Wie funktioniert's später noch beschrieben wird, darf nur durch die Baßreflexöffnung Luft befördert werden. Danach können die Lautsprecher mit kräftigen Holzschauben an der Schallwand festgeschraubt werden,



Ein Blick in die noch ungedämpfte Box.

## Frequenzweiche und Verdrahtung

Die Frequenzbereiche gibt es als fertige Einheit unter der Bezeichnung EDN 3 von Wharfedale mit den Übergangsfrequenzen 150 Hz, 800 Hz und 7000 Hz. Wer Lust hat, kann sich natürlich die Weiche auch selbst bauen. Die benutzten Bauteile sollten allerdings hohe Qualität und geringe Toleranzen aufweisen. Wer nicht selbst wickeln will oder über kein Induktivitätsgerät verfügt, kann auf die im Handel erhältlichen fertigen Drosselspulen zurückgreifen.

Dabei ist darauf zu achten, daß besonders die Spulen für die beiden Baßzweige möglichst große Drahtdurchmesser aufweisen

(1 mm oder mehr). Die Kapazitäten sollten mit Ausnahme des 150  $\mu$ F Kondensators (Bipolarer Elko) aus verlustarmen Folienkondensatoren bestehen. Der gesamte Aufbau der Weiche findet auf einer stabilen Pertinaxplatte Platz, als Lötstützpunkte eignen sich z. B. Nietlötsen, die im Fachhandel erhältlich sind. Die fertige Frequenzweiche wird dann mit der Rückwand des Gehäuses verschraubt.

Hier wird auch der Lautsprecheranschluß plaziert. Sehr gut sind spezielle Klemmkontakte, die auch größere Drahtdurchmesser aufnehmen können. Natürlich kann man auch ein festes Kabel zum Verstärkerausgang installieren. Nun können die Lautsprecher mit den entsprechenden Punkten auf der Weiche verbunden werden. Wichtig ist die richtige Polung aller Systeme. Normalerweise ist der +Pol auf dem Lautsprecherchassis vermerkt.

Nach der Verdrahtung sollte mit kleiner Leistung ein Probelauf vorgenommen werden, um alle Systeme gehörmäßig zu überprüfen.

## Dämpfungsmaßnahmen

Einen relativ großen Einfluß auf das Klangverhalten einer Lautsprecherbox haben die getroffenen Dämpfungsmaßnahmen im Gehäusehohlraum, d. h. mit wieviel Dämpfungsmaterial die Box ausgekleidet wird. Der Sinn der Dämpfung liegt in der Unterdrückung der Eigenschwingungen des Gehäuses. Diese sogenannten Gehäuseresonanzen können bei mangelhafter Unterdrückung zur Anhebung oder Absenkung bestimmter Frequenzen führen, das Übertragungsverhalten der Box wird unregelmäßig.

Die von uns beschriebene Baßreflexbox wird nicht, wie häufig bei geschlossenen Boxen, vollständig mit Dämpfungsmaterial gestopft, sondern hier werden nur die Gehäuseinnenflächen mit Dämpfungsmaterial bedeckt und mit einer Heftpistole befestigt. Für unsere Musterboxen haben wir sogenanntes, in Matten erhältliches 'BAF Wadding' benutzt. Prinzipiell kann jedes im Handel erhältliche Kunststofffasermaterial benutzt werden. Mit Einschränkungen eignet sich auch die im Baustoffhandel erhältliche Glas- oder Steinwolle. Auf keinen Fall darf die Baßreflexöffnung durch Dämpfungsmaterial verdeckt werden. Die Dicke des Dämpfungsmaterials sollte allerdings 25 mm nicht überschreiten. Die Röhren der Mitteltöner werden locker mit Dämpfungsmaterial gefüllt.

## Inbetriebnahme und Fertigstellung

Vor dem endgültigen Testlauf muß nun auch die letzte Seitenwand verschraubt

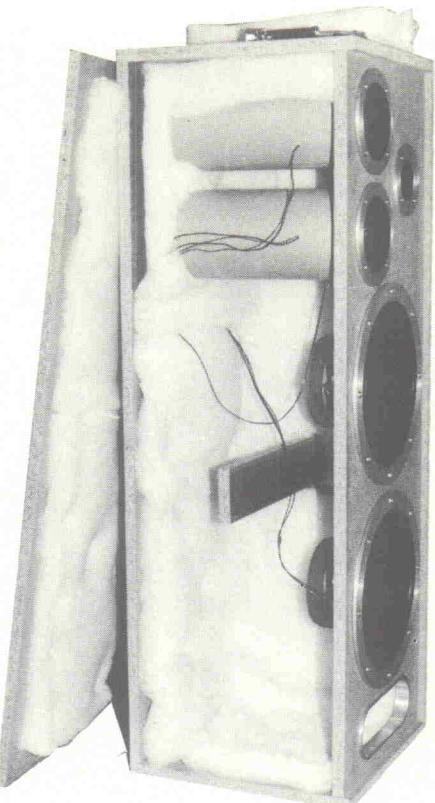
und verleimt werden. Wer allerdings noch mit dem Dämpfungsmaterial und der Weiche experimentieren will, sollte die Seitenwand erst einmal nur verschrauben. Um trotzdem Dichtigkeit zu gewährleisten, sollte dann auch hier Schaumstoffband benutzt werden.

Die Boxen sind als Standlautsprecher konzipiert, d. h., der optimale Aufstellungsort ist der Fußboden. Um eine Überbetonung der Bässe zu vermeiden, müssen die Boxen noch auf einen Sockel von ca. 6 cm Höhe gesetzt werden, wie es auch bei den Fertigboxen von Wharfedale der Fall ist.

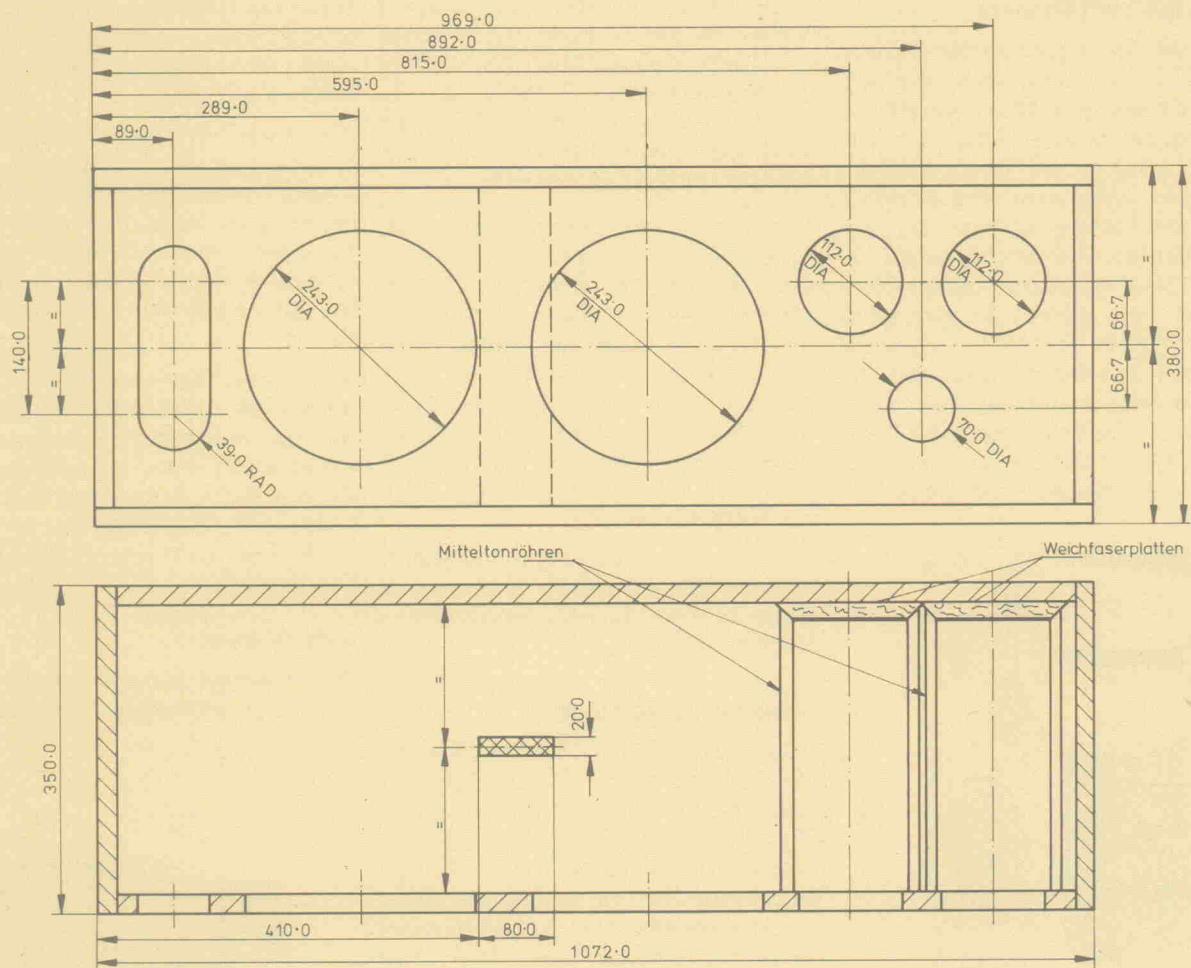
Nun kann es losgehen, ausgiebige Hörtests werden die Besitzer für die Mühen des Nachbaus entschädigen. Als abschließende Arbeit bleibt noch, die optischen Reize der Box durch Furnier oder Farbe zu erhöhen und die Lautsprecher vor spitzen Kinderfingern mit einer Stoffbespannung zu schützen.

## Liefernachweis:

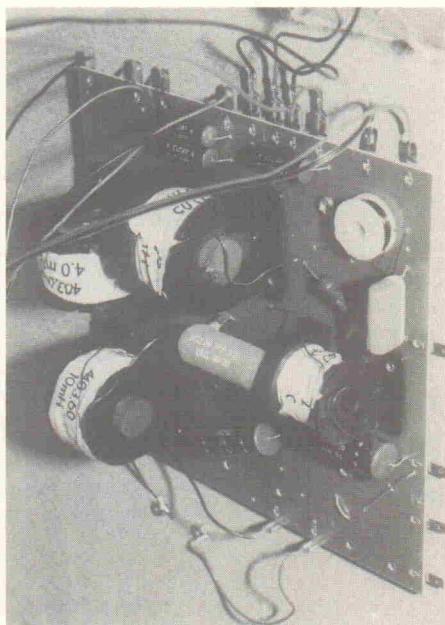
Bitte beachten Sie die Anzeige auf der hinteren Umschlagseite des Heftes.



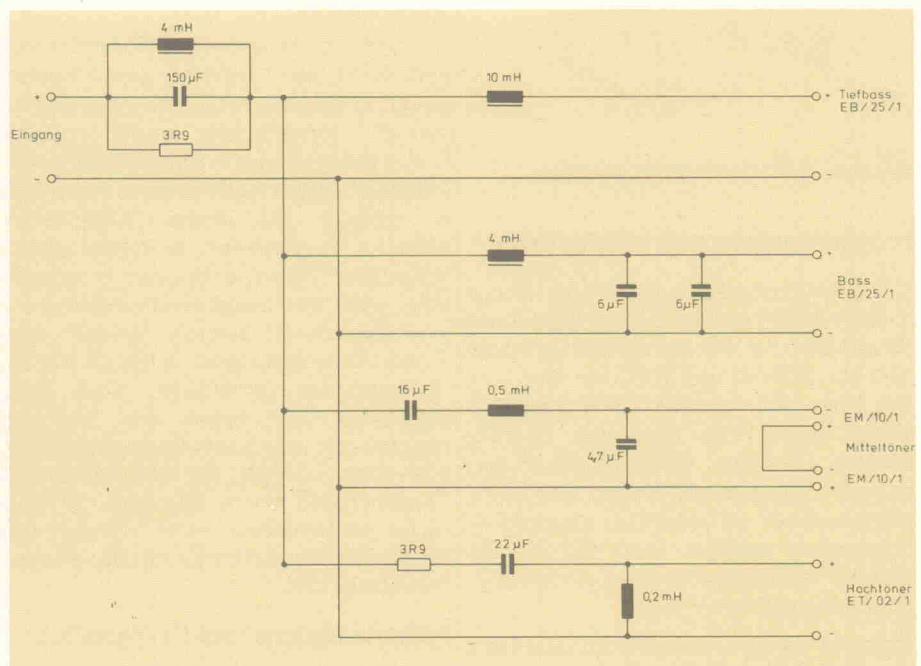
Die Box vor der Vollendung. Lediglich die Außenwand muß noch verleimt werden.



Die Bauzeichnungen für die E 90-Box (alle Maße in Millimetern).



Die Originalfrequenzweiche EDN3 fertig verdrahtet.



Das Schaltbild der Frequenzweiche.

## Wie funktioniert's?

Um den sogenannten 'akustischen Kurzschluß' bei tiefen Frequenzen zu verhindern, muß ein Tieftonlautsprecher in ein entsprechendes Gehäuse eingebaut werden. Bei freier Abstrahlung würden die von der vorderen Lautsprecherfläche abgestrahlten Schallwellen kugelförmig um die Membran herumlaufen und an die Rückseite des Lautsprechers gelangen.

Die Wirkung wäre eine Auslöschung des Tonsignals, da sich Luftverdichtungen und Luftverdunstungen auf beiden Seiten der Membran ausgleichen. Um diese unliebsame Erscheinung zu verhindern, muß das Tieftonchassis in eine Box oder an eine Schallwand entsprechender Größe gebaut werden.

Auf dem Hi-Fi-Markt haben sich in der Hauptsache geschlossene und sogenannte Baßreflexboxen sowie einige Sonderformen wie z. B. die Transmission-Line-Box (siehe auch Elrad 2/79) durchgesetzt.

### Die Baßreflexbox

Da es sich bei der E 90 um eine Baßreflexbox handelt, wollen wir hier auch das Funktionsprinzip dieser Box beschreiben. In einer geschlossenen Box stehen ja bekanntlich die von der Rückseite der Membran abgestrahlten Schallanteile nicht zur Wiedergabe zur Verfügung, sie werden im Gehäuse absorbiert. Anders ist dieses bei der Baßreflexbox, hier gelangt über eine zweite Öffnung (Baßreflexöffnung) der Schall an die Außenwelt. Diese Öffnung kann natürlich nicht in willkürlicher Form und Größe gewählt werden. Im Fall der E 90 Baßreflexöffnung handelt es sich um eine vom Computer vorgenommene Berechnung. Was will man nun mit der Zusatzöffnung erreichen? Die Baßabstrahlung von Lautsprechern ist ja bekanntlich stark vom Volumen der Box abhängig. Mit der Baßreflexöffnung wird die Abstrahlung des unteren

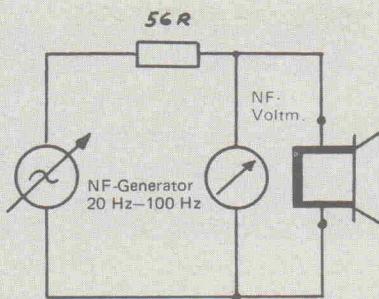


Bild 1. Mit dieser Schaltung wird das Diagramm (Bild 2) aufgenommen.

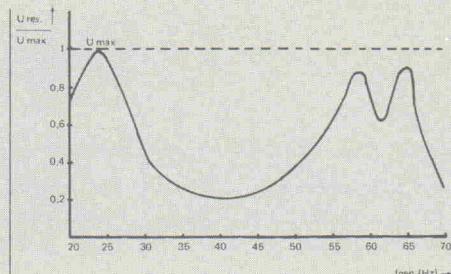


Bild 2. Das erste Maximum liegt bei der Gehäuseresonanz, die anderen zwei Maxima ergeben sich aus der Resonanz der beiden Tiefotoner.

### Der Klangindruck

Als Referenz diente eine ebenfalls selbstgebaute KEF-Baßreflexbox mit der Lautsprecherbestückung B 130, B 110 und T27. Das Bruttovolumen dieser Box (Gehäuse Hados L 100) beträgt  $\approx 100$  l.

Auffällig war sofort, daß die E 90 im Vergleich zur KEF bei identischer Betriebsleistung erheblich mehr Lautstärke produzierte.

Der Hörtest wurde dann mit einem gemischten Plattenprogramm (Plattenspieler Thorens TD 160 mit AKG-System P8ES, Verstärker Technics) vorgenommen. Dabei zeigte sich die E 90 besonders bei Platten mit hoher Dynamik (Direktschnitte) der KEF etwas überlegen. Der Tiefbaß kommt bei den Wharfedale-Lautsprechern kräftiger. Im Mitten- und Höhenbereich kann man beide Vertreter als gleichwertig einstufen. Beide Boxen produzierten das Musikprogramm (Jazz, Rock, Pop, Klassik) weitgehend verfärbungsfrei. Die KEF-Box muß man allerdings mehr als typisch englischen Vertreter einstufen. Sie zeichnet sich durch ein warmes zurückhaltendes Klangbild aus, eine Eigenart, die von vielen HiFi-Fans geschätzt wird. Die E 90 dagegen ist ein Vertreter der neuen Generation. Sie liefert einen äußerst knackigen, impulsreichen Sound bei extrem hohem Wirkungsgrad. Diese Eigenarten werden sich besonders bei den bald zu erwartenden Digitalplattenspielern auszahlen. W. Wendland

### Die Frequenzweiche

Mit Frequenzweichen wird der abzustrahlende Frequenzbereich in mehrere Teilbereiche aufgetrennt. Dadurch können Lautsprecher benutzt werden, die auf diesen Bereich optimiert sind. In unserem Fall ist dieser Bereich in 4 Teile zerlegt. Der Tiefbaßbereich bis 150 Hz, der Baßbereich bis 800 Hz, ab 800 Hz übernehmen die Mitteltöner den Bereich bis 7 kHz, und danach wird der Schall vom Hochtöner abgestrahlt. Wichtig bei der Dimensionierung ist, daß unerwünschte Frequenzanteile von den verschiedenen Lautsprechersystemen ferngehalten werden. Erreicht wird dieses durch eine entsprechende Steilheit im Filterverstärker der Weiche. Die benutzte E 90-Weiche weist eine Steilheit von 6 dB/Oktave im unteren Tiefotonbereich und 12 dB in den übrigen Bereichen auf. Ein zweites wichtiges Kriterium für eine optimierte Frequenzweiche ist ein günstiges Phasenverhalten. Hörbar wird dieses durch gute Räumlichkeit und Ortbarkeit von Instrumenten.

Wer sich genauer mit der Dimensionierung von Weichen auseinander setzen will, den möchten wir auf den Artikel 'Lautsprecher-Weichen' in Elrad Heft 3/79 hinweisen.

## WHARFEDALE

Britain's most famous speakers

Originalgetreue Kopien engl. HiFi-Boxen der Superlative, jetzt als Bausatz mit deutscher Garantie!!  
Nur Originale!!  
Chassis, Weiche, Baupl. Regler!



L60 217,-  
L80 296,-  
L100 345,-



Series

Sofort lieferbar!  
Gesamt Katalog gegen 3,50 DM in BM

**C. PIRANG** HiFi · Disco · P.A.  
HOCHWEG 1 8951 INGENRIED

### Literaturhinweise

- Klinger 'Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für Hi-Fi'
- RPB 105 Franzis' Verlag
- Elrad Heft 3/79 'Lautsprecherweichen'
- Elrad Heft 2/79 'Transmission-Line-Lautsprecher'
- Elrad Heft 11/80 '4-Wege-Box'

### Wharfedale E 90

#### Bausatz oder Fertigbox

Bei Redaktionsschluß standen keine Preise fest. Sehr günstig bestellen Sie bei:

**audiophil Kolpak**

Postf. 700 534, 6000 Frankfurt 70



# Das Oszilloskop

Wenn Sie wirklich wissen wollen, was in einer Schaltung abläuft, gibt es keinen Ersatz für das 'Hineinschauen'. Das vielseitigste elektronische Gerät, das je erfunden wurde, ist sicherlich das Oszilloskop. Les Bell und Roger Harrison verfaßten eine Einführung über die Arbeitsweise und was beim Kauf zu beachten ist.

Bei der Beschäftigung mit der Elektronik ist eines der größten Hindernisse, daß man nicht sehen kann, wie die Elektronen am 'arbeiten' sind. Bestenfalls kann man die sekundären Wirkungen beobachten. Bei Gleichstromschaltungen ist es meist recht einfach, die Betriebszustände zu ermitteln. In Wirklichkeit aber laufen die Vorgänge in elektronischen Schaltungen dynamisch ab. Die Ströme und Spannungen verändern sich (wie in Verstärkern bzw. Oszillatoren) entsprechend dem angelegten Signal oder der Funktion des speziellen Schaltkreises.

Das Problem ist nur, Sie können den Ablauf nicht erkennen. In 'guten Büchern' wird Ihnen erklärt, was unter idealen Bedingungen geschieht, aber die Wirklichkeit ist oft ganz anders.

Was man braucht, ist eine Art Fenster in die Schaltung, um das Verhalten sichtbar zu machen, damit man ein intuitives Gefühl dafür bekommt und daher die Dinge leichter versteht. Dies Fenster ist das Oszilloskop, ohne das ein Schaltungsentwickler blind ist.

## Grundlagen des Oszilloskops

Das Herz eines Elektronenstrahl-Oszilloskops ist die Kathodenstrahlröhre (Fig. 1). Sie besteht aus einem röhrenförmigen Glaskörper, der an einem Ende trichterförmig erweitert ist. In dem röhrenförmigen Teil oder 'Hals' befindet sich eine 'Elektronenkanone'. Diese erzeugt einen schmalen, gebündelten Strahl, der sich schnell bewegender Elektronen, der gegen das flache Ende gerichtet ist. Auf dem Wege dorthin durchläuft er eine Anordnung paralleler Platten (Ablenkplatten). Die Innenseite des Bildschirms ist mit einer speziellen phosphorisierten Beschichtung versehen. Wenn ein Elektron auf der Phosphorschicht aufschlägt, entsteht Licht (Fluoreszenz), und Sie erkennen einen Punkt. Die Ablenkung des Punktes wird durch Veränderung des elektrostatischen Feldes zwischen den Ablenkplatten erreicht. Einige Elektronenstrahlröhren benutzen elektromagnetische Spulen am Röhrenhals für die Punktablenkung (z.B. Fernsehröhren).

Die Elektronenkanone besteht aus einer beheizten Kathode (K), die Elektronen austreibt, welche von der Anode (A1) angezogen werden. Diese kann bis zu mehreren 1000 Volt positiver als die Kathode sein. Bei der Beschleunigung zur Anode hin treten die Elektronen durch ein Steuergitter (G). Das ist eine metallische Kappe über der Kathode, die etwas negativer als diese ist. Diese Elektrode wird dazu benutzt, die Helligkeit des Leuchtpunktes zu steuern. Steigt das negative Potential an G in bezug auf die Kathode an, treten weniger Elektronen aus, und die Helligkeit nimmt ab und umgekehrt.

Zwischen dem Steuer- und Fokussiergitter befindet sich manchmal ein zweites Gitter, das sogenannte Schirmgitter, welches mit etwa 300V positiv vorgespannt ist.

Hinter der Fokussieranode (A1) ist gewöhnlich eine zweite Anode (A2) angeordnet. Die Spannung an der letztgenannten ist sehr hoch (bis 20000V). Wahlweise ist zwischen dem Steuergitter und der zweiten Anode eine Beschleunigungslek-

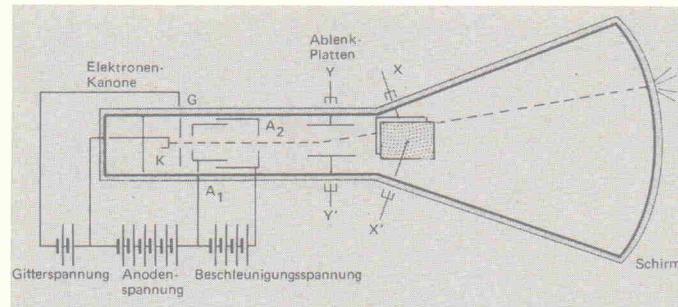


Bild 1. Der innere Aufbau einer typischen Kathodenstrahlröhre.

trode mit der vollen Anodenspannung, die manchmal 'Vorbeschleuniger' genannt wird. Diese Anordnung bildet eine Fokussierungsmöglichkeit, die man auch 'elektronische Linse' nennen kann. Durch Veränderung des Potentials zwischen K und A1 wird die Punktgröße beeinflußt.

Das Ergebnis dieser Beschleunigung und Fokussierung ist ein gut gebündelter Elektronenstrahl hoher Energie, der sich im Zentrum der Röhre bewegt. Um den Elektronenstrahl abzulenken und somit aus dem Punkt eine Linie erzeugen zu können, ist für jede Achse (X und Y) je ein Paar elektrostatischer Ablenkplatten vorgesehen. Das elektrische Feld lenkt den Elektronenstrahl ab, um eine Strahlbewegung auf dem Schirm zu erzeugen.

Nach dem Passieren des ersten Plattsatzes ist der Bereich, in dem sich der Strahl befinden kann, wesentlich größer – er ist ja schon in eine Richtung abgelenkt. Daraus ergibt sich, daß der zweite Plattsatz größer sein muß mit entsprechender Zunahme der Kapazität. Gewöhnlich kommen die vertikalen Ablenkplatten zuerst, weil der Y-Kanal eine größere Bandbreite benötigt, während der X-Kanal mit einer geringeren Bandbreite auskommt.

Viele elektrostatische Kathodenstrahlröhren haben hinter den Ablenkelektroden eine Nach-Beschleuniger-Anode, üblicherweise in Form einer Graphitspirale auf dem Glaskörper der Röhre.

## Röhrentypen

Typen mit elektrostatischer Ablenkung werden allgemein für Meßzwecke eingesetzt, weil sie für viel größere Bandbreiten geeignet sind als Röhren mit magnetischer Ablenkung. Die Bandbreite ist durch die Jochinduktivität der Ablenkspulen prinzipiell eingeengt. Auf der anderen Seite sind Röhren mit elektrostatischer Ablenkung im Ablenkwinkel begrenzt, der weniger als 20° bezogen auf die Mittelachse betragen kann. Elektromagnetische Systeme können eine maximale Strahlablenkung von  $\pm 55^\circ$  erreichen. Das ist der Grund, warum Oszilloskopröhren (elektrostatische Typen) ein soviel kleineres Bild erzeugen bei gleicher Länge wie Fernsehröhren (die magnetische Ablenkung verwenden).

Einige Demonstrations- und Lehr-Oszilloskope benutzen Standard-Fernsehröhren mit magnetischer Ablenkung. Weil das Display viel größer als bei einer Standard-Oszilloskopröhre ist, erlaubt die Bandbreitenbegrenzung nur die Darstellung von Signalen, die allgemein unter 100 kHz liegen. Oszilloskope, die elektrostatische Elektronenstrahlröhren benutzen, haben gewöhnlich Bandbreiten von 10 MHz bis zu 100 MHz, ohne spezielle Techniken anzuwenden.

Die Hauptaufgabe eines Oszilloskops ist das Messen von sich zeitlich ändernden Spannungen (oder Strömen). Es gibt andere Betriebsarten, aber das ist die grundsätzliche. Deshalb wollen wir damit beginnen.

Um einen Spannungsverlauf darzustellen, der sich mit der Zeit verändert, müssen wir den Punkt über den Bildschirm von links nach rechts bewegen können, mit der Rückkehr zum Startpunkt und ständiger Wiederholung. Um den Punkt von links nach rechts ablenken zu können, muß die Spannung, die an die X-Ablenkplatte gelegt wird, linear mit der Zeit zunehmen. Die Spannung muß dann sofort auf Null (oder die Startspannung) zurückspringen und so weiter. Damit haben wir eine Zeitbasis, da der Punkt innerhalb einer bekannten Zeit von links nach rechts über den Bildschirm wandert.

Zur gleichen Zeit wird das Signal, das überprüft werden soll (zweckmäßig verstärkt), an die Platten für die Y-Ablenkung gelegt. Der Punkt wird dann, wie in Bild 2 gezeigt, auf dem Bildschirm die graphische Darstellung des Signals aufzeichnen.

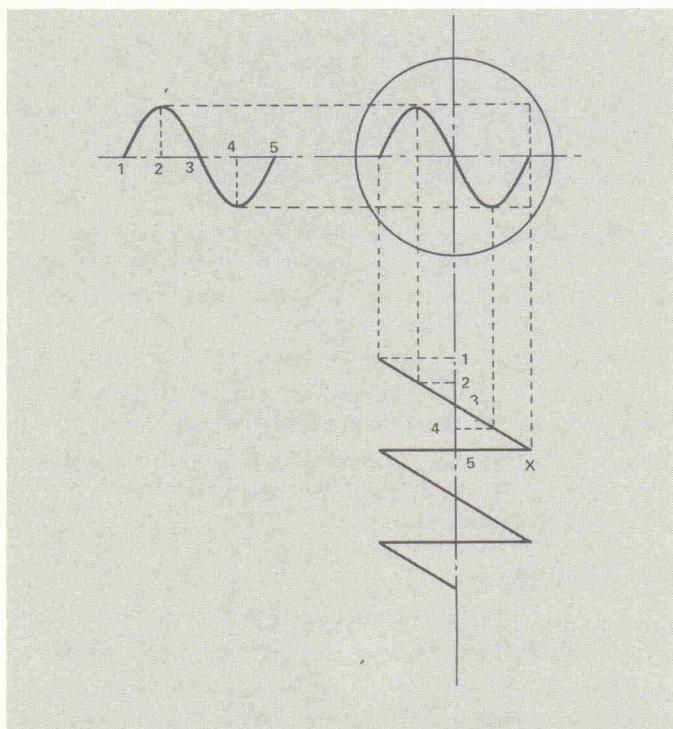


Bild 2. Es wird gezeigt, wie die an die X- und Y-Platten einer Kathodenstrahlröhre angelegten Signale den Elektronenstrahl dazu veranlassen, eine Abbildung des Y-Signals aufzuzeichnen.

Da die Phosphorschicht des Bildschirms eine gewisse Nachleuchtdauer hat und die Geschwindigkeit der X-Ablenkung bei den meisten Anwendungen recht groß ist, nimmt unser Auge nicht einen wandernden Punkt, sondern eine durchgehende Linie wahr.

Steht die Zeit, die der Leuchtpunkt für die Überquerung des Bildschirmes benötigt, in einem definierten Verhältnis zur Frequenz des zu prüfenden Signals und erfolgt zusätzlich der Start des Leuchtpunktes auf der linken Seite an einem definierten Punkt des Signals, ergibt sich eine stabile Darstellung.

Als Beispiel wollen wir zwei volle Amplituden einer 50 Hz Netzzspannung aufzeichnen. Um zwei volle Amplituden darzustellen, muß die Horizontalablenkung oder Zeitbasis den Leuchtpunkt in der Zeitdauer von 40 mS von links nach rechts bewegen. Die Zeitbasis muß als 25mal pro Sekunde abgelenkt werden, das sind 25 Hz.

Damit der Elektronenstrahl während des Rücklaufs nicht sichtbar wird, muß dieser in dem entsprechenden Zeitraum abgeschaltet oder dunkelgetastet werden. Das Resultat wäre andernfalls ein Durcheinander auf dem Schirm.

Das Signal, das an den X-Ablenkplatten der Kathodenstrahlröhre liegt, wird oft mit Ablenkspannung oder einfach Ablenkung bezeichnet. Gebräuchlicher ist der Ausdruck 'Zeitbasis'.

Die Oszilloskop-Hersteller sehen oft auf dem Bildschirm ein Raster vor, damit eine genaue Zeit- und Amplitudenmessung möglich ist. Das Raster kann aus einer durchsichtigen Plastikabdeckung vor dem Bildschirm bestehen, wobei ein Linienabstand von meistens 10 mm benutzt wird, oder aber bei teureren Geräten wird bei der Herstellung das Raster direkt in das Glas geritzt. Hierbei läßt sich eine größere Genauigkeit als bei einem Vorsatzraster erreichen.

Der grundsätzliche Aufbau von Oszilloskopen für allgemeine Anwendung ist in Bild 3 gezeigt. Wie Sie sehen können, gibt es 4 Grundbaugruppen: die Kathodenstrahlröhre, die Vertikalablenkung, die Zeitbasis und die Stromversorgung.

## Die Zeitbasis und der X-Verstärker

Damit Spannungsverläufe sehr verschiedener Frequenzen angezeigt werden können, muß auch die Zeitbasis sich über einen großen Frequenzbereich verändern lassen. Folglich werden Oszilloskope mit einem Zeitbasisschalter entsprechender Abstufung ausgerüstet. Die verfügbaren Abstufungen richten sich nach dem Verwendungszweck, für das ein Gerät entwickelt wurde. Die typisch längste Ablenkszeit beträgt 20 Sec. für eine volle Ablenkung (gewöhnlich 2S/Teilstrich) und reicht bis zu 1  $\mu$ s oder 0.1  $\mu$ s/Teilstrich. Die Bereichsunterteilung erfolgt meistens mit den Schritten 5, 2, 1. Eine Feineinstellung (Vernier) ist immer vorgesehen, um die Anzeige den verschiedenen Anwendungen anpassen zu können.

Der Zeitbasisgenerator erzeugt für die X-Ablenkung eine Sägezahnnspannung (wird so genannt, weil der Verlauf dem Schnittzahn einer Säge ähnelt). Diese wird verstärkt und an die X-Platten der Elektronenstrahlröhre gelegt. Die Breite des Bildes hängt von der Amplitude der Ablenkspannung ab. Deshalb wird mit einem Potentiometer die Breiteneinstellung durch Veränderung des Verstärkungsfaktors am X-Verstärker vorgenommen. Eine Gleich- oder Vorspannung an den X-Platten legt die horizontale Lage des Leuchtpunktes auf dem Bildschirm fest. Deshalb ist ein Potentiometer für die Veränderung der Vorspannung vorhanden, um die horizontale Lage einzustellen.

Um ein stehendes Bild zu erzeugen, ist eine Trigger-Schaltung vorhanden. Damit wird der Zeitbasisgenerator mit dem Spannungsverlauf synchronisiert, der untersucht werden soll. Das ist, wie später erläutert wird, bei allen Anwendungen sehr bequem.

Für einige spezielle Anwendungen (Phasenmessung, Frequenzvergleich) ist eine Sägezahnnspannung für die X-Ablenkung ungeeignet, deshalb ist ein direkter Zugriff zu dem X-Verstärker vorhanden. Für diesen Fall kann der Eingang des X-Verstärkers an der Frontplatte auf eine Buchse geschaltet werden, die gewöhnlich mit Horizontal-Eingang (horizontal input) oder einer entsprechenden Abkürzung bezeichnet wird.

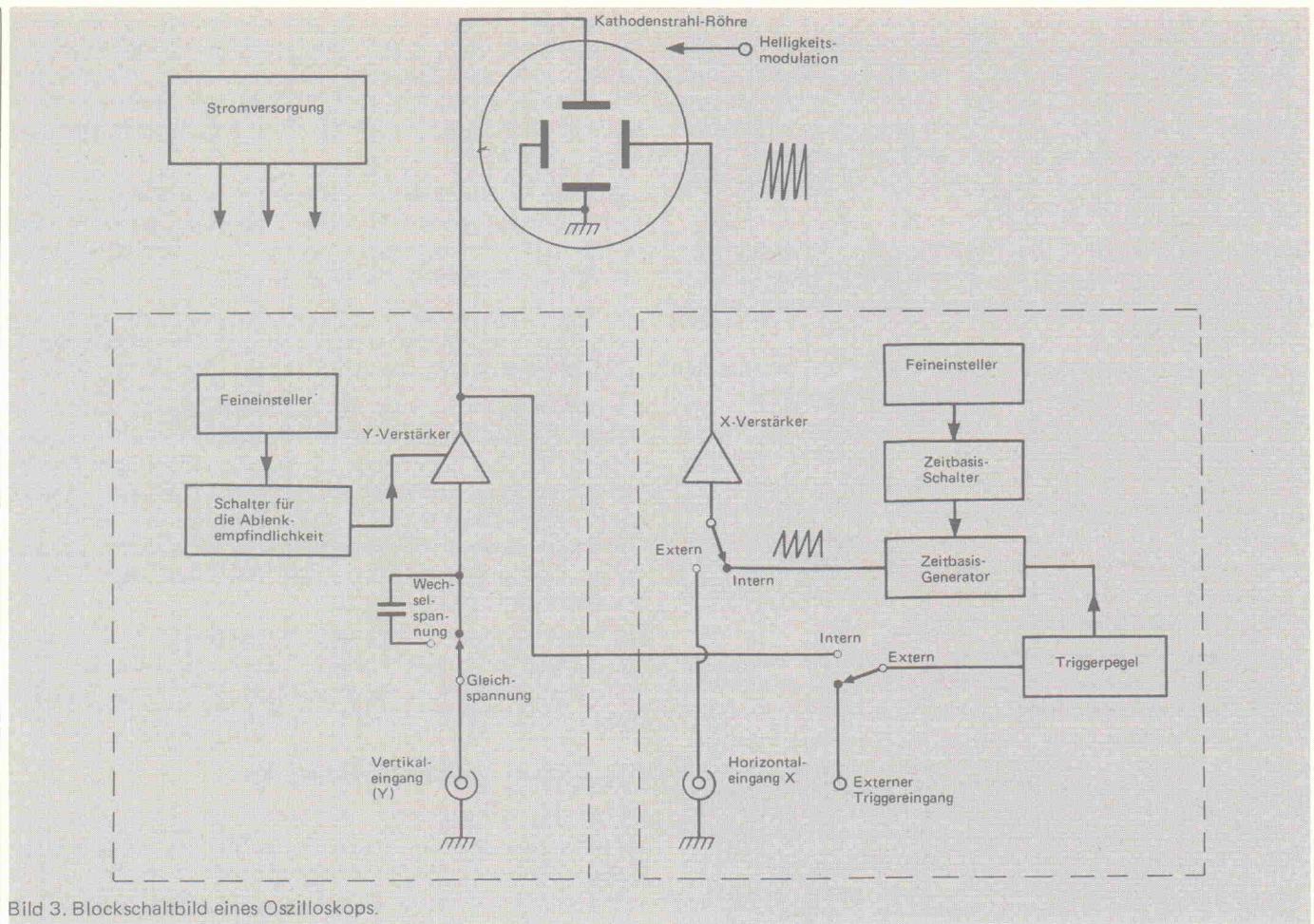


Bild 3. Blockschaltbild eines Oszilloskops.

## Der Vertikal- oder Y-Verstärker

Die Signale, die man überprüfen möchte, liegen in einem Bereich zwischen Mikrovolt und mehreren 100 Volt. Im untersten Spannungsbereich müssen die Signale verstärkt, die Spannungen im oberen Bereich dagegen abgeschwächt werden (wenn man z.B. Spannungen von 1000 Volt darstellen will). Folglich ist ein Empfindlichkeitsschalter für einen Verstärker mit hohem Verstärkungsfaktor und geringer Verzerrung vorgesehen, dem Y-Verstärker.

Der empfindlichste Bereich gebräuchlicher Oszilloskope liegt bei typisch 5 bis 10 mV pro Zentimeter (1 cm = 1 Rasterteilung). Teure Geräte können eine maximale Empfindlichkeit von 10  $\mu$ V/cm haben. Das unempfindliche Ende des Bereichs bei Durchschnitts-Oszilloskopen liegt normalerweise bei annähernd 50 V/cm. Bei speziellen Geräten (besonders für die Starkstrom-Anwendung) liegt er 10mal höher. Wie bei der Bereichseinstellung für die Zeitbasis ist die Empfindlichkeit in den Schritten 5, 2, 1 abgestuft. Für die Empfindlichkeit ist eine Feineinstellung (Vernier) als Bedienungskomfort vorgesehen.

Die Bandbreite des Y-Verstärkers ist ein wichtiger Faktor bei der Auswahl und Anwendung eines Oszilloskops. Geräte für allgemeine Anwendung haben in der Regel eine Bandbreite von DC bis 10 oder 15 MHz. Bei billigen Geräten reicht diese nur bis 3 MHz und bei magnetischer Ablenkung (hauptsächlich für Demonstrations- oder Lehrzwecke) 20 – 50 kHz, äußerstensfalls 100 kHz. Geräte hoher Qualität haben Bandbreiten bis zu 350 MHz. Spezial-Oszilloskope erreichen bei Anwendung der 'Sampling-Technik' 1 GHz (= 1000 MHz).

Um Wechselspannungen, die einer Gleichspannung überlagert sind, prüfen zu können, muß der Y-Verstärker AC-gekoppelt sein. Deshalb ist ein Schalter vorgesehen, der einen Kondensator in Serie vor den Eingang schaltet.

Der Bereich der Eingangsempfindlichkeit kann durch Tastköpfe erweitert werden, die für die Hochspannungsteilung sowie erhöhte Eingangsimpedanz vorgesehen sind.

Die vertikale Lage der Abbildung ist von einer DC-Vorspannung abhängig, die in gleicher Weise wie bei den X-Platten an die Y-Platten gelegt wird.

## Der Z-Eingang

Wenn man mit 'Y' die vertikale und mit 'X' die horizontale Achse oder Zeitbasis bezeichnet, was ist dann die 'Z'-Achse?

Das Einzige, was nach der Horizontal- und Vertikalbewegung des Leuchtpunktes noch verändert werden kann, ist die Helligkeit. Deshalb haben die meisten Oszilloskope einen Z-Eingang. Dadurch werden hauptsächlich das Dunkel- oder Helltasten der Anzeige möglich oder aber spezielle Messungen.

## Zweistrahlg-Betrieb

Es ist oftmals nützlich, zwei Signale zur gleichen Zeit darzustellen, um z.B. die Phasenänderung eines Signals beim Durchgang durch eine Verstärkerstufe zu zeigen. Das kann auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen.

Zwei komplette Strahlkanonen können mit zwei Sätzen Ablenkplatten in ein Röhrengehäuse eingebaut werden. Diese Zweistrahlröhren sind kompliziert und teuer und benötigen zwei vollständige Verstärker, was die Kosten weiter erhöht.

Die zweite Möglichkeit, die in den meisten modernen Zwei-strahl-Oszilloskopen verwendet wird, ist die Anzeige von zwei Kanälen mit einer Einstrahlröhre, wobei zwischen den beiden Spuren hin- und hergeschaltet wird. Es werden zwei Arten der Kanalumschaltung angewendet. Einmal kann zwischen den Spuren am Ende des Ablenkorganges umgeschaltet werden, was bei hohen Frequenzen zweckmäßig ist, oder – bei niedrigen Frequenzen – zwischen den Kanälen während des Ablenkorganges. Die erste Betriebsart wird 'alternative' (abwechselnd) und die zweite 'chopped' (zerhakt) genannt.

Diese grundsätzlichen Verfahrensweisen gelten für alle Oszilloskope, ausgenommen einige Typen, die für spezielle Anwendung vorgesehen sind. In der Tat sind Oszilloskope komplexer im Aufbau als in der Bedienung. Die hervorragenden Möglichkeiten sind am besten an den Einstellknöpfen auf der Frontseite eines Oszilloskops mittlerer Preislage zu erkennen.

## Die Auswahl eines Oszilloskops

Es gibt im Leben eines jeden Elektronikers den Zeitpunkt, wo er bei der Fehlersuche mittels Multimeter plus 'Gehirnschmalz' allein nicht mehr weiterkommt. Der Entschluß, ein Oszilloskop zu kaufen, ist schnell gefaßt, aber dann steht man vor der Qual der Wahl. Tatsächlich hat jeder andere Anforderungen – Digitalschaltungen, Radiofrequenzen, High Fidelity, Prozeßsteuerungen, Computereinrichtungen usw. sollen überprüft werden – alle diese haben stark unterschiedliche Merkmale – wie kann man abschätzen, nach welcher Oszilloskop-Ausführung man sich umsehen muß?

Die wichtigste Überlegung ist die Bandbreite. Die Bandbreite von Oszilloskopen für allgemeine Anwendung ist der Bereich, bei dem die Verstärkung des Y-Kanals um 3db an den Bandgrenzen abgefallen ist. Es gibt aber noch andere Faktoren, die die Bandbreite eines Oszilloskops einschränken. Wenn z.B. das Eingangssignal eine vollständige Schwingungsperiode in der Zeit ausführt, in der sich ein Elektron zwischen den Ablenkkästen befindet, so erfährt es eine mittlere Ablenkung von Null!

Bei einem guten Oszilloskop sollte die untere Grenzfrequenz bis nach null Hz gehen – das ist Gleichspannung. Der in den Daten angegebene Bandbreitenwert ist also die oberste Frequenzgrenze des Oszilloskops.

Schließlich steht noch die Anstiegszeit in Bezug zu der Bandbreite eines Oszilloskops. Das ist die Zeit, die der Elektronenstrahl braucht, um auf dem Schirm der Umschaltflanke des Eingangssignals zu folgen. Unglücklicherweise ist das bei guten Oszilloskop-Ausführungen so gut wie unmöglich zu messen. Die Zeit wird üblicherweise nach der Formel:

$$\tau = 0,35 / \text{Bandbreite}$$

ausgerechnet. Das Vertikalverstärkersystem sollte unter idealen Bedingungen eine Anstiegszeit haben, die 5 oder mehrmals kürzer ist, als die Anstiegszeit des schnellsten noch anzeigbaren Signals. In diesem Fall hat eine mit dem Oszilloskop gemessene Anstiegszeit einen Fehler von kleiner als 2 %.

Es ist grundsätzlich wichtig, die höchste Bandbreite und kürzeste Anstiegszeit zu wählen, die Ihr Geldbeutel noch zuläßt. Wenn Sie z.B. ein Rechtecksignal untersuchen, sagt uns die Fourieranalyse, daß das Rechtecksignal aus einer Serie von unendlich vielen harmonischen Vielfachen der Grundfrequenz besteht.

Wenn der Vertikalverstärker und die Oszilloskopröhre ab der fünften Harmonischen nicht mehr 'mitmacht', wird die Rechteckschwingung deutlich gerundet. In diesem Fall ist die Mes-

sung der Anstiegszeit falsch. Schnelle Spannungsspitzen (glitches) in Digitalschaltungen verschwinden bei Oszilloskopen mit schmaler Bandbreite und machen das Gerät für digitale Fehlersuche unbrauchbar. Deshalb ist ein schnelles Oszilloskop, selbst wenn Sie mit ganz langsamer Logik arbeiten, in jedem Fall nützlich. Für einen typischen Hobbyisten mit keinen speziellen Ansprüchen oder Interessen ist ein 15 MHz-Oszilloskop das Richtige.

## Tastköpfe

Ein Punkt, der beachtet werden muß, besonders bei Hochfrequenz-Oszilloskopen, ist die Auswahl der richtigen Tastköpfe. Die Kapazität der Tastkopfleitungen kann die Bandbreite eines Gerätes erheblich einschränken; so ist es besonders wichtig, den entsprechenden Tastkopf zu benutzen.

Die meisten Oszilloskope haben einen Eingangswiderstand von 1 MΩ, und ein normaler Tastkopf fügt diesem Wert an der Tastspitze eine Kapazität hinzu, die der Eingangskapazität (meist 20...30 pF) parallel geschaltet ist. Für belastungsempfindliche Schaltungen bzw. für höhere Spannungen gibt es Teiltastköpfe. Sie enthalten einen Serienwiderstand, so daß sich der Eingangswiderstand erhöht.

Tastköpfe benötigen eine Kompensation gegen Kapazitätseinflüsse, da sonst die Bandbreite eingeschränkt würde. Für eine Anwendung bei größeren Bandbreiten wird eine komplexe Kompensationsschaltung gebraucht. Typische Tastkopfschaltungen sind in Bild 4 gezeigt.

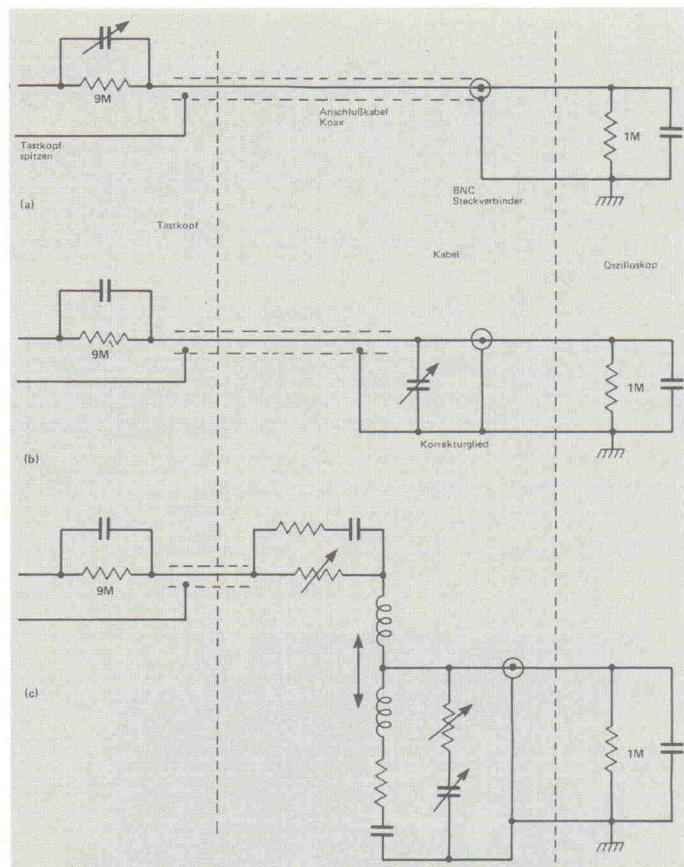


Bild 4. Schematik von Teiltastköpfen (a) Einfachausführung, (b) kapazitive und (c) induktive Belastung zur Erweiterung der Bandbreite.

## Empfindlichkeit und Genauigkeit

Die Empfindlichkeit eines Oszilloskops wird gewöhnlich in mV/cm oder mV/Teilstrich angegeben. Generell kann man sagen: Ein Oszilloskop mit höherer Empfindlichkeit ist nützlicher als eines mit geringerer.

Die Genauigkeit im absoluten Sinn ist weniger wichtig als bei anderen Meßgeräten, da ein Oszilloskop hauptsächlich zur *qualitativen* Analyse eingesetzt wird. Die meisten Oszilloskope haben eine Genauigkeit von  $\pm 5\%$ , was für allgemeine und Service-Anwendungen ausreicht. Im Labor ist eine Genauigkeit von  $\pm 3\%$  üblich. Es ist verführerisch anzunehmen, daß man durch den Kauf eines genaueren Oszilloskops das Geld für andere Meßgeräte sparen kann, aber das ist nicht der Fall. Moderne Digital-Meßgeräte sind jetzt ganz billig, während genaue Oszilloskope überproportional teuer sind, deshalb kann man sich die Schwierigkeiten sparen, die beim Messen durch Abzählen von Rasterteilungen auftreten.

## Andere Vorteile

Bei der Entscheidung für ein Oszilloskop müssen mehrere Faktoren mit in die Überlegungen einbezogen werden. Es ist die wichtigste Frage zu beantworten: Brauche ich ein Zweistrahloszilloskop? Über die dann zu treffende Auswahl ist wenig zu sagen, nur soviel: Sie geben so viel Geld aus, wie Sie erübrigen können, und Sie haben das für Sie Beste. Bedenken Sie dabei aber: *Ein Einstrahler ist besser als kein Zweistrahler.*

Die Triggermöglichkeiten eines gewählten Typs sind auch sorgfältig zu prüfen. Es ist sicherlich wahr, daß eine schlechte Triggerung in einem Oszilloskop zum größten Schreckgespenst im Leben des Anwenders bis hin zur Unbrauchbarkeit werden kann.

Leider kann man keinen allgemeingültigen Weg beschreiben, um die Triggermöglichkeiten eines Oszilloskops beurteilen zu können. Es ist daher das beste, eine Vorführung zu vereinbaren, entweder beim Händler oder einem Bekannten oder Freund, der das in Frage kommende Oszilloskop benutzt. In jedem Falle ist es klug, sich nach den Erfahrungen anderer Anwender zu erkundigen, wenn Sie eine solch größere Anschaffung vorhaben.

Ein nützlicher, der Vollständigkeit halber zu erwähnender Vorteil an einigen Oszilloskopen besteht darin, wenn zwei Zeitbasen mit verzögter Ablenkung vorhanden sind. In dieser Betriebsart wird die verzögerte Ablenkung durch die Triggerschaltung ausgelöst und mit der gewählten Verzögerungszeit fortgesetzt. Wenn der Triggerpunkt erreicht ist, übernimmt die zweite Zeitbasis die Ablenkung (normalerweise mit einer höheren Geschwindigkeit), wobei die genaue Auflösung eines Ereignisses möglich ist, welche sich einige Zeit nach der Triggerung abspielt.

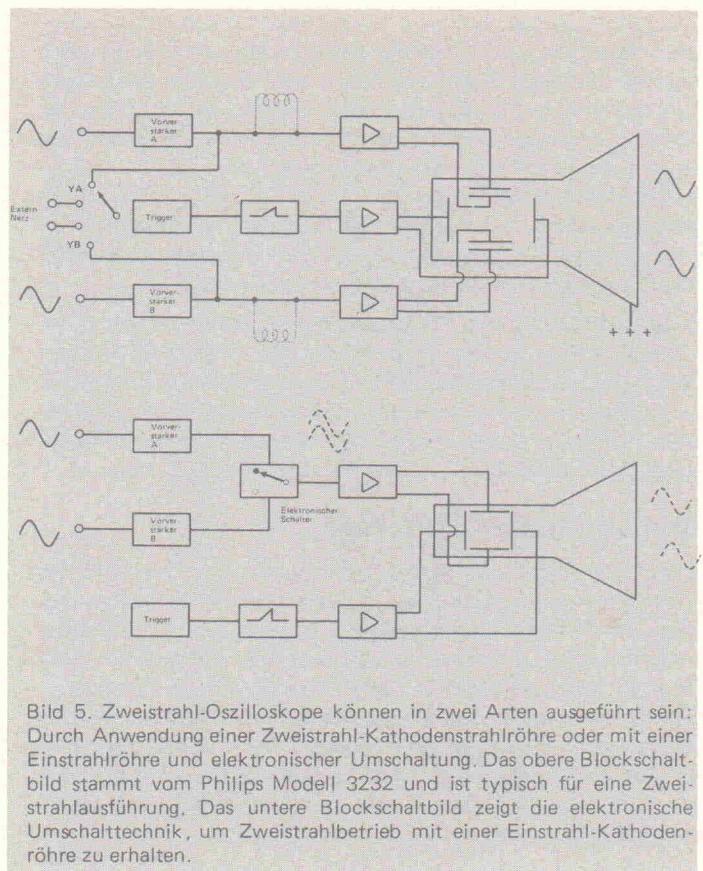


Bild 5. Zweistrahloszilloskope können in zwei Arten ausgeführt sein: Durch Anwendung einer Zweistrahler-Kathodenstrahlröhre oder mit einer Einstrahlröhre und elektronischer Umschaltung. Das obere Blockschaltbild stammt vom Philips Modell 3232 und ist typisch für eine Zweistrahlausführung. Das untere Blockschaltbild zeigt die elektronische Umschalttechnik, um Zweistrahlobetrieb mit einer Einstrahl-Kathodenröhre zu erhalten.

Einige wichtige Bedienungselemente auf der Frontplatte eines Oszilloskops

Vertical Position	= Vertikale Einstellung, damit für Amplitudenmessungen auf dem Raster der Strahl auf und ab bewegt werden kann.
Input Attenuator	= Eingangsabschwächer, damit wird die Amplitude der Vertikalablenkung eingestellt.
AC/DC Switch	= AC/DC Schalter, damit die Messung von AC- und DC-Spannungsamplituden möglich ist.
Input	= Eingangsbuchsen – für jeden Kanal eine.
Intensity	= Knopf zur Einstellung der Strahl-Helligkeit.
Beam Finder	= Strahlfinder, bringt den Leuchtpunkt zurück auf den Bildschirm, wenn außergewöhnliche Ablenkbedingungen vorliegen.
Focus	= Strahlbündelung, Sie ahnen es!
Triggering	= Triggerung, um die Zeitbasis unter verschiedenen Bedingungen mit dem Y-Signal zu synchronisieren.
Horizontal Position	= Horizontale Einstellung, damit wird die Strahlspur nach rechts und links bewegt, um Zeitmessungen auf dem Raster zu erleichtern.
Timebase Range Switch	= Zeitbasis-Bereichsumschalter, hiermit wird die Ablenkgeschwindigkeit in entsprechenden Stufen ausgewählt.



# Englisch für Elektroniker



## Progress in permanent-magnet technology (part 1a)

Ferrite magnets of the final shape shown, flat rings with large area and small magnet length, provide efficient magnetic circuits (Fig. 2b). These latest shapes have various practical advantages. Relatively large flat ferrite rings and discs can be assembled on one shaft with circular pull plates so that they can serve as reinforcing discs, enabling the assembly to operate at considerably higher speeds than are possible with any kind of conventional rotor which uses complex windings. Instead of heat being generated where it is most difficult to dissipate, the rotating permanent-magnet unit will provide constant flux indefinitely without temperature rise

### Magnetic circuits

The early design was based on the horseshoe shape, but the efficiency was low because much of the magnetic flux bypassed the motor. The present type is made with a shortened magnetic circuit by use of the circular return path and short poles but still has leakage at the ends. The use of the shortest magnetic path brings other advantages besides the efficient use of high-coercivity materials: it provides a convenient disc-shaped assembly of good mechanical strength and low cost with excellent natural cooling properties (Fig. 3).

(Source: "Electronics & Power", London)

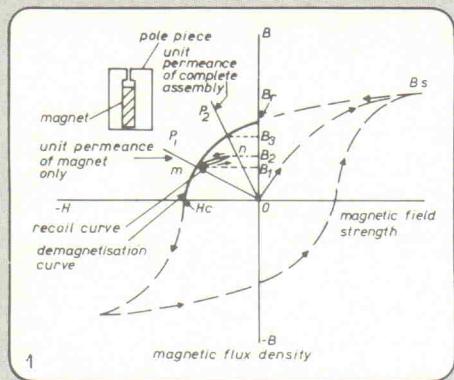


Fig. 1 Hysteresis loop Hysteresisschleife  
pole piece Polstück  
unit permeance of complete assembly  
Permeanzeinheit des ganzen Systems  
recoil curve Rückkehrkurve  
demagnetisation curve Entmagnetisierungskurve  
magnetic field strength magnetische Feldstärke  
magnetic flux density magnetische Flußdichte

flat rings with large area flache Ringe mit großen Flächen  
provide efficient magnetic circuits liefern leistungsfähige Magnetkreise  
various practical advantages ['vəriəs] verschiedene praktische Vorteile  
discs can be assembled on one shaft Scheiben können auf einer Welle

montiert werden (to assemble auch: zusammensetzen)

circular pull plates runde Anzugsplättchen

serve as reinforcing discs als Verstärkungsscheiben dienen  
enabling the assembly to operate at ... und die es ermöglichen, daß das

System mit ... arbeitet

any kind of conventional rotor irgendeine Art von üblichen Ankern  
which uses complex windings bei denen komplexe Wicklungen

eingesetzt werden / instead of anstatt (zu)

most difficult to dissipate am schwierigsten (sie) abzuführen  
will provide constant flux indefinitely liefert einen konstanten Fluß

unendlich lange

magnetic circuits ['sɔ:kɪts] Magnetkreise (circuit auch: Stromkreis)

early design erste Formgebung (design auch: Konstruktion)

efficiency [ə'fɪənsɪ] Wirksamkeit; Leistungsfähigkeit

bypassed verlief außerhalb

the present type is made with ... der heutige Typ wird mit ...  
ausgeführt

by use of the circular return path durch Verwendung des umlaufenden  
Rückführpfades

still has leakage at the ends ['li:kɪdʒ] weist noch immer Steuerverluste  
an den Enden auf (leakage sonst: Leckage)

brings other advantages erbringt andere Vorteile

besides the efficient use of ... abgesehen vom wirkungsvollen Einsatz  
von ... / convenient disc-shaped assembly [kən'venɪənt] günstige  
scheibenförmige Geräteform

mechanical strength mechanische Festigkeit

excellent natural cooling properties hervorragenden natürlichen  
Kühleigenschaften

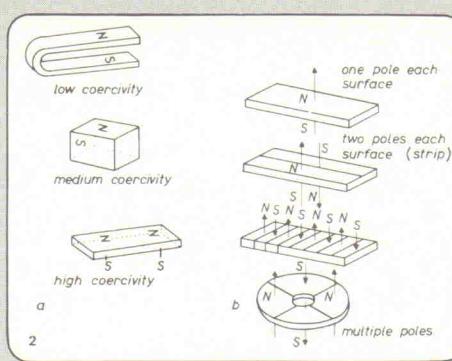


Fig. 2 Evolution of magnet shapes Entwicklung der Magnetformen  
low / medium / high coercivity niedrige / mittlere / hohe Koerzivität  
two poles each surface (strip) zwei Pole pro Oberfläche (Streifen)  
multiple poles Mehrfachpole

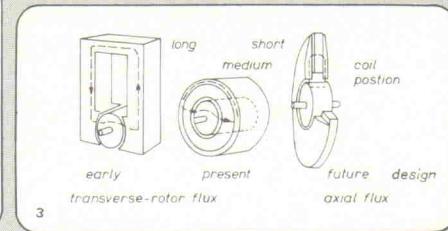


Fig. 3 Evolution of magnetic circuits Entwicklung der Magnetkreise  
early / present / future design frühere / gegenwärtige / zukünftige Anordnung  
transverse-rotor flux Anker-Querfluß  
axial flux Axialfluß

## Progress in permanent-magnet technology (part 2: rubber magnets)

progress Fortschritt(e)

permanent-magnet technology Technik (Technologie) der Permanentmagnete / rubber magnets Gummimagnete

Most permanent-magnet materials are extremely hard and brittle, and many attempts have been made to develop a workable plastics or rubber-bonded permanent-magnet material.

The reduction in magnetic properties of the selected magnetic material, when diluted by the rubber or plastics matrix, however, always proved severe enough to render the finished magnetic product useless for most applications. Recent advances have now permitted the manufacture of flexible magnets which compare favourably with non-orientated sintered ceramic magnets, because of the high degree of orientation of the ferrite particles.

The material can be flexed, twisted and bent without breaking or losing magnetic energy. The significance of flexibility is best seen from the applications advantages, which include:

Automation — flexible magnets do not shatter or chip. Consequently, they adapt easily to automated insertion techniques.

Reduction of material waste — the brittleness of hard magnets increases the likelihood of breakages. Flexible-magnet scrap is almost negligible. Conformability — because of its flexibility, the material adapts closely to irregular surfaces.

Ease of fabrication — flexible magnet material is easily machined, cut, slit, punched, stamped, drilled or otherwise fabricated.

Resists demagnetisation — it will not demagnetise when dropped or struck.

Various patterns of magnetisation are possible with flexibles:

- conventional — one pole per side
- two poles each side
- multiple poles on one surface.

The demagnetisation curve is practically a straight line between the limits  $B_r$  and  $H_c$  (see Fig. 1), and recoil lines retrace the same straight line. This means that the flux density for variable working permeance is practically reversible, so that material may be magnetised before assembly without loss. Also there is little risk of mutual demagnetisation in packing for transit.

(Source: C. E. Motley in "Electronics & Power", London)

extremely hard and brittle [iks'tri:mli] äußerst hart und spröde  
attempts have been made Versuche wurden unternommen  
to develop zu entwickeln / workable plastics verarbeitbare Kunststoff-rubber-bonded gummibundene

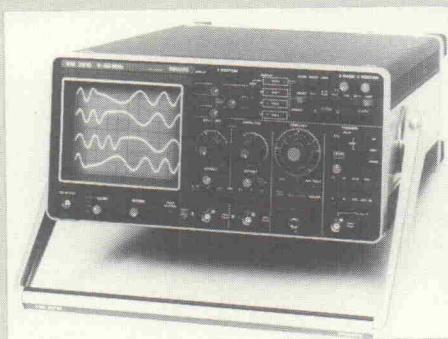
reduction in magnetic properties Reduzierung der magnetischen Eigenschaften (properties sonst auch: Besitztümer)  
when diluted by ... wenn es durch ... abgeschwächt wird (to dilute auch verdünnen)  
proved severe enough erwies sich als so schwerwiegend  
to render ... useless daß ... nutzlos wurden  
applications Anwendungsbereiche (to apply anwenden, anlegen)  
recent advances ['ri:snt] kürzliche Fortschritte  
which compare favourably with ... die im Vergleich mit ... wesentlich günstiger sind / non-orientated nicht-ausgerichteten  
sintered gesintert / ceramic [si'ræmik] keramischen  
degree [di'grɪ:] Grad / ferrite ['feraɪt] Ferrit-

can be flexed, twisted and bent kann gekrümmmt, verdreht und gebogen werden / losing magnetic energy Magnetkraft (-energie) zu verlieren  
significance [sig'nifikəns] Bedeutung  
application advantages [əd'ventɪdʒɪs] Anwendungsvorteile  
include umfassen (sonst auch: einschließen)

do not shatter or chip zerspringen oder splittern nicht  
consequently folglich / adapt easily lassen sich leicht anpassen  
insertion techniques Einsetzverfahren [tek'nɪ:ks]  
material waste [mæ'tiəriəl] Materialausschub (waste auch: Abfall)  
brittleness Sprödigkeit  
likelihood of breakages ['breɪkɪdʒɪs] Wahrscheinlichkeit von Bruchschäden / scrap Abfall (sonst auch: Schrott)  
negligible ['neglɪdʒəbl] unwesentlich (to neglect vernachlässigen)  
conformability Anpaßfähigkeit (to conform sich anpassen)  
adapts closely to irregular surfaces ['sɔ:fɪsɪs] paßt sich eng an unregelmäßige Oberflächen an  
ease of fabrication leichte Herstellung (ease auch: Erleichterung)  
is easily machined kann leicht (maschinell) bearbeitet werden  
cut geschnitten / slit geschlitzt / punched gestanzt  
stamped gepreßt / drilled gebohrt  
resists demagnetisation widersteht Entmagnetisierung  
dropped or struck fallengelassen oder geschlagen

various patterns of magnetisation ['væriəts] verschiedene Magnetisierungsformen / one pole per side ein Pol pro Seite  
multiple poles ['mæltipl] Mehrfach-Pole

practically a straight line praktisch eine gerade Linie  
limits Grenzen / recoil lines Umkehrkurven (recoil auch: Rückstoß)  
retrace laufen zurück / flux density Flußdichte  
variable working permeance ['vɛəriəbl] unterschiedliche Arbeitsleitwerte  
practically reversible praktisch umkehrbar  
before assembly vor dem Einbau (assembly auch: Zusammenbau)  
there is little risk of ... es besteht kaum die Gefahr der ...  
mutual ['mju:tjuəl] gegenseitigen / in packing beim Zusammenpacken



### Digitales Speicher-Oszilloskop PM 3310

Das digitale Speicher-Oszilloskop PM 3310 hat eine maximale Abtastrate von 50 MHz, d. h., bei der höchsten Abtastgeschwindigkeit wird alle 20 ns eine Analog-Digital-Umwandlung durchgeführt. Die Auflösung beträgt dabei 8 bit (1:256).

Der Arbeitsspeicher (Akkumulator) hat eine Kapazität von 256 Byte. Um Referenzwerte, Signaleinzelheiten usw. abzuspeichern zu können, stehen drei weitere Speicher mit der gleichen Kapazität zur Verfügung. Auf Tastendruck wird der Inhalt des Akkumulators in eines der drei Register kopiert.

Das PM 3310 bietet für die Signalerfassung vier Betriebsarten. Die Betriebsart 'Single' dient der Speicherung einmaliger Signale bis zu einer maximalen Abtafrequenz von 50 MHz. 'Recurrent' ist für die wiederkehrenden Signale bis zu einer maximalen Ablenkgeschwindigkeit von 5 ns/cm. Die Bandbreite der Vertikalverstärker ist größer als 60 MHz vorgesehen. 'Roll' ist für die Speicherung langer Signale. Das PM 3310 arbeitet dabei wie ein Schreiber. Die langsamste Zeitbasisgeschwindigkeit beträgt 1 Std/cm. Da in dieser Betriebsart alle vier Speicher nacheinander vollgeschrieben werden, sind Langzeitregistrierungen bis 40 Stunden möglich. In der Betriebsart 'Multiple' werden vier einmalige Signale nacheinander automatisch gespeichert.

Zur Bedienungserleichterung und besseren Übersicht werden die Parameter der gespeicherten Daten auf LEDs angezeigt. Neben den Ablenkkoefizienten von Kanal A und Kanal B sind das die Zeitbasisbereiche und eventuell der Wert für die digitale Verzögerung. Die digitale Verzögerung arbeitet wie eine zweite Zeitbasis. Je nach Größe der digitalen Verzögerung können Ereignisse abgespeichert werden, die bis zu neun Bildschirmteile vor und 9999 Teile nach dem Triggerereignis liegen. Serienmäßig ist das PM 3310 mit einem Analogausgang ausgerüstet. Die gespei-

chten Signale lassen sich damit z. B. auf einem XY-Schreiber anzeigen. Zusätzlich lieferbar ist die IEC-Bus-Option PM 3325. Mit ihrer Hilfe können die gespeicherten Daten zur Weiterverarbeitung ausgelesen oder für Referenzzwecke auch externe Daten in den Speicher des PM 3310 eingelesen werden. Außerdem sind die Funktionen des PM 3310 damit fernsteuerbar, so daß dieses Oszilloskop auch in automatischen Meßanlagen eingesetzt werden kann. Die Bedienungselemente auf der Frontplatte sind dann außer Funktion, es leuchtet nur die LED 'Remote'.

Weitere Informationen: Philips GmbH, Zentralbereich für Information, Postfach 10 14 20, D-2000 Hamburg 1.

### CCD-DATENBUCH

CCD (Charge coupled Devices) Imaging Applikationen werden durch zunehmenden Rationalisierungsdruck vielfältiger. Sie reichen von optischer Zeichenerkennung bis hin zu Industrierobotern.

Um den Anwendern eine ausführliche Dokumentation zu geben, hat ELECTRONIC 2000 ein CCD-Datenbuch herausgebracht.

Auf 164 Seiten werden folgende Abschnitte behandelt:

- Technologie
- Datenblätter für Flächen- und Zeilensensoren
- Kamerasubsysteme
- Entwicklungsboards
- Applikationen
- Verzögerungsleitungen

Das Buch ist in deutscher Sprache, die Datenblätter und einige Applikationen sind in Englisch.

Für alle Bausteine und Systeme sind die Einzelpreise aufgeführt. Das Buch ist gegen eine Schutzgebühr von DM 12,80 erhältlich. Weitere Informationen: ELECTRONIC 2000 VERTRIEBS GMBH, Neumarkter Straße 75 · 8000 München 80.

### Neues IC für Audio-Vorverstärker

Der rauscharme Operationsverstärker NE5534 von Texas Instruments ist monolithisch und erfüllt hohe Anforderungen mit ausgezeichneten AC/DC-Charakteren.

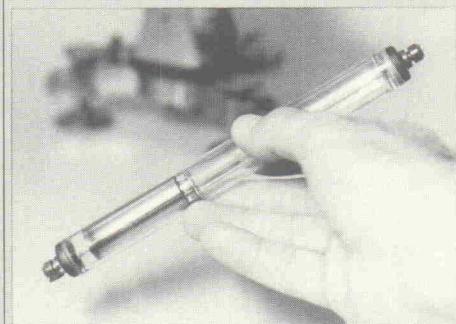
Die Schaltung zeichnet sich durch niedrige äquivalente Eingangsrauschen von nur 3,5 nV/Hz, Verstärkungsbandbreite-Produkt von 10 MHz, extrem niedrigen Klirrfaktor von 0,002% (1 kHz)

und Gleichspannungsverstärkung sowie Gleichaktunterdrückung von 100 dB aus. Der NE5534 hat eine interne Frequenzkompensation, doch kann für jeden speziellen Anwendungsfall ein externer Kondensator zugeschaltet werden.

Interne Schutzdioden an den Eingängen und eine Kurzschlußsicherung am Ausgang dienen der Sicherheit. Die Versorgungsspannung ist in einem großen Bereich, von  $\pm 3$  V bis  $\pm 20$  V, frei wählbar.

Durch die geringe Eingangsrauschen, große Bandbreite und den niedrigen Klirrfaktor ist der Baustein NE5534 zum Aufbau hochwertiger Vorverstärker im Audio-Bereich besonders geeignet.

Weitere Informationen: Texas Instruments Deutschland GmbH, D-8050 Freising.



### Kleiner Laser

Nur noch 209 mm lang ist bei einem Durchmesser von 19 mm eine neue Laserröhre von Siemens. Bei 1,5 mW Ausgangsleistung ergibt sich ein Betriebsstrom von 3,5 mA, mithin also auch ein recht kleineres Netzgerät. Die LGR 7632 eignet sich besonders für mobile Geräte, die mit Batterie betrieben werden.

Die kompakte Bauform der LGR 7632 macht diese Laserröhre nicht nur klein und handlich, sondern auch ungewöhnlich stoßfest: Auf Grund bestimmter konstruktiver Maßnahmen ist es dem Hersteller gelungen, eine Schokofestigkeit von 1500 g zu erreichen.

Der Laserstrahl tritt kathodenseitig aus der Röhre aus. Die Strahldivergenz wird mit 2 mrad angegeben. Die Röhre ist für mehr als 10 000 Einschaltungen und 2000 Betriebsstunden ausgelegt. Die LGR 7632 dürfte bevorzugt in tragbaren Lasergeräten für Vermessungsarbeiten über und unter Tage künftigen Einsatz finden. Für Lichtschranken und als Zielleithilfe für Gewehre kommt die Röhre ebenfalls in Betracht.

Weitere Informationen: Siemens AG, Zentralstelle für Information, Postfach 103, D-8000 München 1.

# 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 Lötstick behandelt bzw. verzinnt. Normalerweise sind die Platinen mit einem Bestückungsaufdruck versehen, lediglich die mit einem „o. B.“ 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 099-91: Monat 09 (September, Jahr 79).

Mit Erscheinen dieser Preisliste verlieren alle früheren ihre Gültigkeit.

Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM
Sound-Generator	019-62*	21,95	Warnblitzlampe	010-110*	3,70	80m SSB-Sender	110-166	17,40
Buzz-Board	128-60*oB	2,40	Verbrauchsanzeige (Satz)	020-111	9,30	Regelbares Netzteil	110-167*	5,40
Dia-Tonband Taktgeber	019-63*	7,70	Ereignis-Zähler (Satz)	020-112*	12,50	Schienen-Reiniger	110-168*	3,40
Kabel-Tester	019-64*	8,80	Elektr. Frequenzweiche	020-113*	14,80	Drum-Synthesizer	120-169*	9,00
Elektronische Gießkanne	029-65*	4,60	Quarz-Thermostat	020-114*	9,55	Eier-Uhr	120-170*	4,00
NF-Begrenzer-Verstärker	029-66*	4,40	NF-Nachbrenner	020-115	4,95	Musiknetz-System (Satz)	120-171	18,80
Strom-Spannungs-Meßgerät	029-67*	12,85	Digitale Türklingel	020-116*	6,80	Weintemperatur-Meßgerät	120-172*	4,20
500-Sekunden-Timer	128-60*oB	2,40	Elbot Logik	030-117	20,50	Entzerrer Vorverstärker	120-173*	4,60
Drehzahlmesser für Modellflugzeuge	039-68	15,20	VFO	030-118	4,95	AM-Fernsteuerung (Satz)	011-174	10,40
Folge-Blitz	039-69*	3,90	Rausch- und Rumpffilter	030-119*	3,90	Gitarrenvorverstärker	011-175	21,40
U x I Leistungsmeßgerät	039-70	21,20	Parkzeit-Timer	030-120*	2,30	Brumm-Filter	011-176*	5,50
Temperatur-Alarm	128-60*oB	2,40	Fernschreiber Interface	030-121	10,80	Batterie-Ladegerät	011-177	9,70
C-Meßgerät	049-71*	4,25	Signal-Verfolger	030-122*	13,25	Schnelllader	021-179	12,00
2m PA, V-Fet	068-33oB	5,50	Elbot Licht/Schall/Draht	040-123	12,15	OpAmp-Tester	021-180*	2,00
Sensor-Orgel	049-72oB	31,50	Kurzzeit-Wecker	040-124	2,60	Spannungs-Prüfstift	021-181*	2,20
2 x 200 W PA Endstufe	059-73	20,70	Windgenerator	040-125	4,10	TB-Testgenerator	021-182*	4,30
2 x 200 W PA Netzteil	059-74	12,20	60 W PA Impedanzwandler	040-126	3,70	Zweitorngenerator	021-183	8,60
2 x 200 W PA Vorverstärker	059-75*	4,40	Elbot Schleifengenerator	050-127	5,60	Bodenprüfer	021-184*	4,00
Stromversorgungen 2 x 15V	059-76	6,80	Baby-Alarm	050-128*	4,30	Regenalarm	021-185*	2,00
723-Spannungsregler	059-77	12,60	HF-Clipper	050-129	7,80	Lautsprecher-Rotor (Satz)	031-186*	29,90
DC-DC Power Wandler	059-78	11,20	Ton-Burst-Schalter	050-130*	4,60	Sustain-Fuzz	031-187	6,70
Sprachkompressor	059-80*	8,95	EPROM-Programmiergerät	050-131	8,90	Drahtschleifenspiel	031-188*	7,30
Licht-Orgel	069-81oB	45,00	AM-Empfänger	050-132*	3,40	Rauschgenerator	031-189*	2,80
Mischpult-System-Modul	069-82	11,80	Digitale Stimmablage	060-133	3,70	IC-Thermometer	031-190*	2,80
NF-Rauschgenerator	069-83*	3,70	LED Drehzahlmesser	060-134*	5,20	Compact 81-Verstärker	041-191	23,30
NiCad-Ladegerät	079-84	21,40	Auto-Voltmeter	060-135*	3,00	Blitzauslöser	041-192*	4,60
Gas-Wächter	079-85*	4,70	Ringmodulator	060-136*	3,95	Karrierespiel	041-193*	5,40
Klick Eliminator	079-86	26,50	Eichspannungs-Quelle	060-137	3,75	Lautsprecherschutzschaltung	041-194*	7,80
Telefon-Zusatz-Wecker	079-87*	4,30	Lin/Log Wandler	060-138	9,80	Vocoder I		
Elektronisches Hygrometer	089-88	7,40	Glückssrad	060-139*	4,85	(Anregungsplatine)	051-195	17,60
Aktive Antenne	089-89	5,40	Pulsmesser	070-140	6,60	Stereo-Leistungsmesser	051-196*	6,50
Sensor-Schalter	089-90	5,80	EMG	070-141	13,95	FET-Voltmeter	051-197*	2,60
SSB-Transceiver	099-91oB	34,80	Selbstbau-Laser	070-142	12,00	Impulsgenerator	051-198	13,30
Gitarreneffekt-Gerät	099-92*	4,40	Reflexempfänger	070-143*	2,60	Modellbahn-Signalhupe	051-199*	2,90
Kopfhörer-Verstärker	099-93*	7,90	Auto-Alarmanlage (Satz)	070-144*	7,80	FM-Tuner		
NF-Modul 60 W PA	109-94	10,50	Leitungssuchgerät	070-145*	2,20	(Suchlaufplatine)	061-200	6,60
Auto-Akku-Ladegerät	109-95*	5,10	Gitarrenübungs-Verstärker	080-146	19,60	FM-Tuner		
NF-Modul Vorverstärker	119-96	30,80	Wasserstands-Alarm	080-147*	2,60	(Pegelanzeige-Satz)	061-201*	9,50
Universal-Zähler (Satz)	119-97	26,80	80m SSB Empfänger	080-148	9,40	FM-Tuner		
EPROM-Programmierer (Satz)	119-98	31,70	Servo-Tester	080-149*	3,20	(Frequenzskala)	061-202*	6,90
Elektr. Zündschlüssel	119-99*	4,20	IR 60 Netzteil	090-150	6,20	FM-Tuner (Netzteil)	061-203*	4,00
Dual-Hex-Wandler	119-100*	12,20	IR 60 Empfänger	090-151	6,50	FM-Tuner		
Stereo-Verstärker Netzteil	129-101	15,60	IR 60 Vorverstärker	090-152	6,20	(Vorwahl-Platine)	061-204*	4,20
Zähler-Vorverstärker	129-102	8,40	Fahrstrom-Regler	090-153	14,20	FM-Tuner		
10 MHz	129-103	12,20	Passionsmeter	090-154	3,70	(Feldstärke-Platine)	061-205*	4,60
Preselektor SSB Transceiver	129-104	4,10	Antennenrichtungsanzeige (Satz)	090-156	16,00	Logik-Tester	061-206*	4,50
Mini-Phaser	129-105*	10,60	300 W PA	100-157	16,90	Stethoskop	061-207*	5,60
Audio Lichtspiel (Satz)	129-106*	47,60	Aussteuerungs-Meßgerät	100-158*	6,20	Roulette (Satz)	061-208*	12,90
Moving-Coil VV	010-107	16,50	RC-Wächter (Satz)	100-159	13,50	Schalldruck-Meßgerät	071-209	11,30
Quarz-AFSK	010-108	22,00	Choraliser	100-160	42,70	FM-Stereotuner		
Licht-Telefon	010-109*	5,80	IR 60 Sender (Satz)	100-161	12,30	(Ratio-Mitte-Anzeige)	071-210*	3,60
			Lineares Ohmmeter	100-162	3,70	Gitarren-Tremolo	071-211*	7,00
			Nebelhorn	100-163*	2,60	Milli-Ohmmeter	071-212	5,90
			Metallsuchgerät	110-164*	6,10			
			4-Wege-Box	110-165	25,90			

Eine Liste der hier nicht mehr aufgeföhrten älteren Platinen kann gegen Freiumschlag angefordert werden.

**Elrad Versand Postfach 2746-3000 Hannover 1**

Die Platinen sind im Fachhandel erhältlich. Die angegebenen Preise sind unverbindliche Richtpreise. Der Elrad-Versand liefert zu diesen Preisen per Nachnahme (plus 3,- Versandkosten) oder beiliegenden Verrechnungsscheck (plus 1,40 Versandkosten).

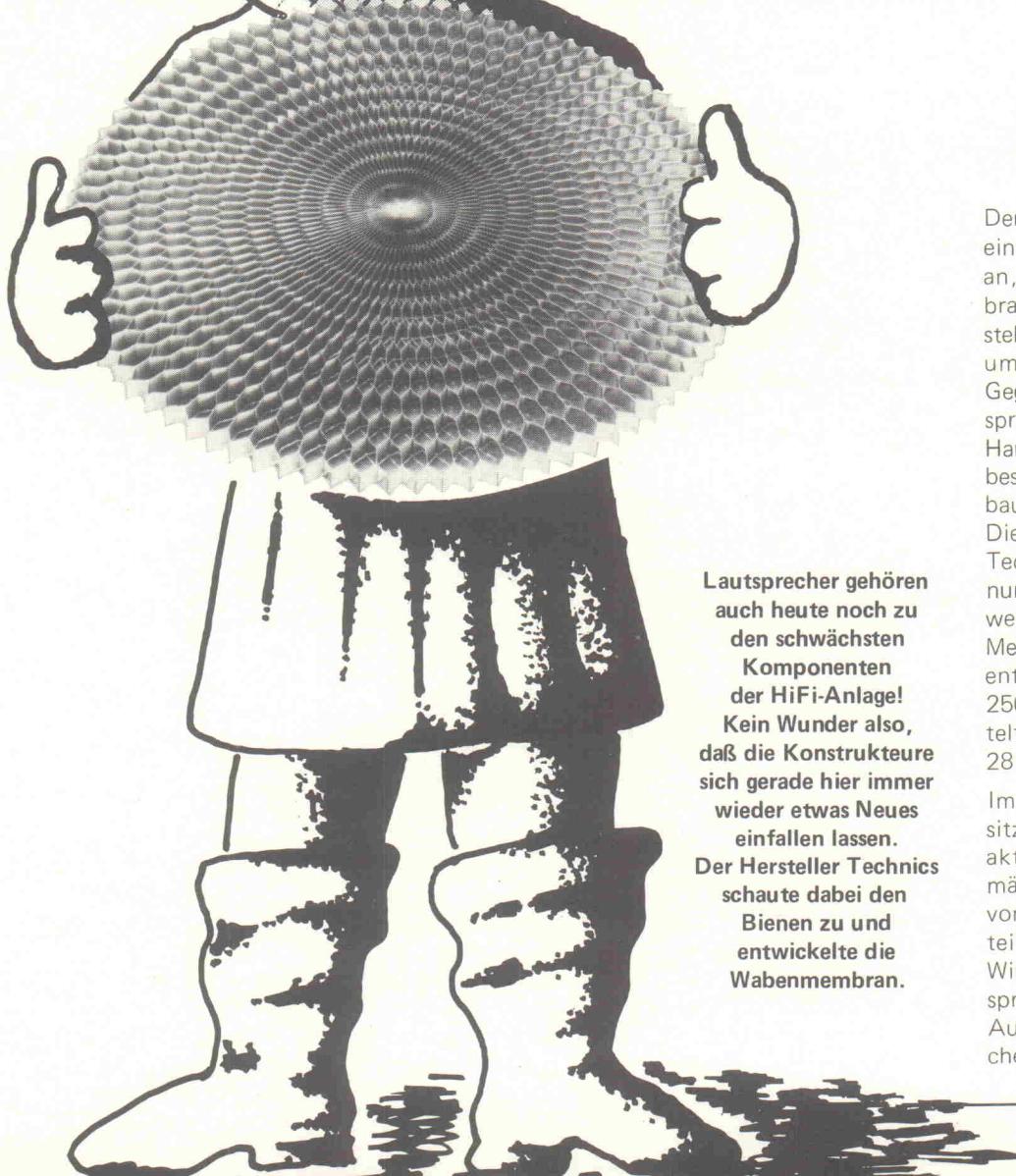
*Aus dem Inhalt:*

## *Wabenlautsprecher*

*Neuheiten*



**HIFI**



**Lautsprecher gehören auch heute noch zu den schwächsten Komponenten der HiFi-Anlage! Kein Wunder also, daß die Konstrukteure sich gerade hier immer wieder etwas Neues einfallen lassen. Der Hersteller Technics schaute dabei den Bienen zu und entwickelte die Wabenmembran.**

## **Waben- lautsprecher**

Der japanische Hersteller Technics bietet eine neue Generation von Lautsprechern an, die Schwingssysteme mit flachen Membranen besitzen. Diese Membranen bestehen aus einer wabenförmigen Aluminiumkonstruktion in Sandwich-Bauweise. Gegenüber den konventionellen Lautsprechern mit konischen Membranen aus Hartpapier besitzen die im folgenden beschriebenen Lautsprecher in Wabenbauweise eine bessere Wiedergabequalität. Die neuen Lautsprecher werden in der Technics-Qualitätsserie mit den Bezeichnungen SB-3, SB-5, SB-7 und SB-10 verwendet. Fünf Lautsprecher mit flacher Membran in Wabenbauweise wurden dafür entwickelt: ein 320 mm-Tieftöner, ein 250 mm-Tieftöner, ein 220 mm-Baß/Mitteltöner, ein 80 mm-Mitteltöner und ein 28 mm-Hochtöner.

Im Gegensatz zum Konuslautsprecher besitzt eine ebene Membran zwei akustisch aktive Bereiche. Das wird aus dem gleichmäßigen Frequenzgang und der einfachen, von Technics angegebenen örtlichen Verteilung der akustischen Zentren deutlich. Wir wollen den Aufbau dieser neuen Lautsprecher untersuchen und die Gründe zur Auswahl speziell dieser Bauweise ansprechen.

# Wabenlautsprecher

## Von Kolben und Papier

Nicht zu Unrecht wird der Lautsprecher als das schwächste Glied in einer HiFi-Gerätekette bezeichnet. Seit mehr als einem halben Jahrhundert hat sich der Aufbau von Lautsprechern, bestehend aus Magnet, Schwingspule und konischer Papiermembran, prinzipiell nicht verändert. Mit Hilfe der sich weiterentwickelnden Technik gelang es natürlich, das bestehende Prinzip immer besser zu realisieren, so daß heute auch diese konventionellen Lautsprecher mit hoher Qualität erhältlich sind. Aber immer wieder wurde viel Zeit und Geld in Versuche zur Entwicklung eines völlig naturgetreu wiedergebenden Lautsprechers investiert.

Die konische Membranform eines konventionellen Lautsprechers ergibt sich aus der Forderung nach einer in sich starren, schwingenden Fläche, die aus einem weichen und nachgiebigen Material – Papier – bestehen soll. Schon frühzeitig wurde erkannt, daß flache Membranen bessere Abstrahleigenschaften besitzen. Der Aufbau geeigneter, d. h. starrer und dabei leichter Flachmembranen, war aber aus technologischer Sicht noch nicht möglich.

Einer der wesentlichen Nachteile konventioneller Konuslautsprecher liegt darin, daß sie nur innerhalb eines relativ kleinen Frequenzbereiches als reine Kolbenstrahler arbeiten. Oberhalb einer im wesentlichen durch die Konstruktion bestimmten Frequenz führt die Membran Partialschwingungen aus. Außerdem tritt durch das Zusammenwirken der konischen Membran und der Luft im Raum vor der Membran ein Resonanzeffekt auf. Dadurch wird das Abstrahlverhalten des Lautsprechers bei hohen Frequenzen bestimmt. Beide Effekte begrenzen den nutzbaren Frequenzbereich zu hohen Frequenzen hin und erzeugen Verzerrungen.

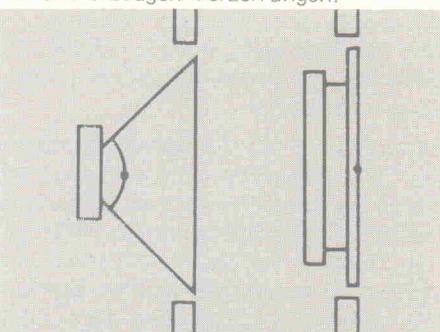


Fig. 1. Der Punkt gibt die Lage des akustischen Zentrums (Quellenmittelpunkt) eines Flachmembranlautsprechers (links) und eines Konuslautsprechers an.

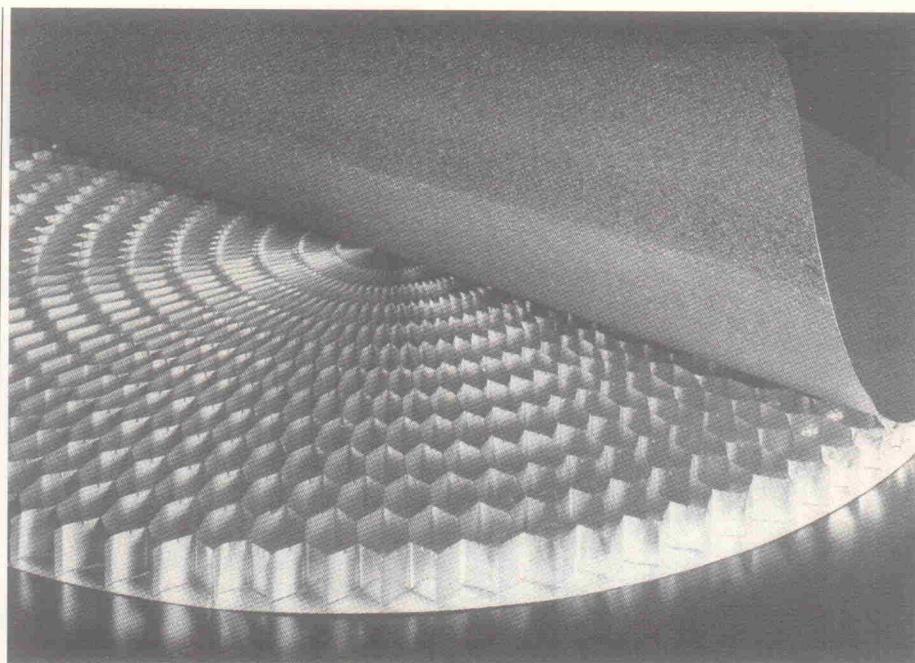


Fig. 2. Das Bild zeigt die wabenförmige Sandwich-Konstruktion, eingeschlossen in dünnen Metallfolien.

Weiterhin ist es schwierig, den Membrankonus bei Verwendung von Pappe stets mit definierten, gleichbleibenden Eigenschaften herzustellen. Außerdem altert dieses Membranmaterial und führt daher zu Langzeitänderungen der Lautsprecher-eigenschaften.

Viele Hersteller haben mit unterschiedlichem Erfolg versucht, diese Schwierigkeiten zu beheben. Dadurch stiegen natürlich die Preise hochwertiger Papierkonuslautsprecher stark an.

## Lautsprecher mit flacher Membran

Daß die akustischen Eigenschaften einer ebenen und starr schwingenden Membran besser sind als die einer Konusmembran, ist theoretisch schon seit langem bekannt. Eine in sich starre Flachmembran besitzt kleinere Verzerrungen, einen gleichmäßigeren Frequenzgang, bessere Dispersion und eine größere Abstrahlbandbreite. Ein weiterer Vorteil flacher Membranen liegt darin, daß der Quellenmittelpunkt auf der Oberfläche der Membran liegt. Mit Flachlautsprechern, deren Membranen alle in einer Ebene angeordnet sind, kann auf einfache Weise ein Lautsprechersystem mit linearem Phasengang aufgebaut werden.

Da das akustische Zentrum eines konventionellen Konuslautsprechers nahe an der Schwingspule liegt, müssen diese Laut-

sprecher auf gegeneinander versetzten Schallwänden montiert werden, um ein Lautsprechersystem mit näherungsweise linearem Phasengang zu erhalten. Dadurch wird die mechanische Konstruktion aufwendiger, und es können Schwierigkeiten mit der Abstrahlung der mittleren und hohen Frequenzen entstehen. Durch die erheblichen Qualitätsverbesserungen aller anderen zu einer HiFi-Kette gehörenden Elemente wurde auch die Forderung nach größerer Wiedergabetreue der Lautsprecher gestellt. Seitdem wird an der Realisierung geeigneter Flachmembranen gearbeitet. Dennoch hinken die Verbesserungen an den Lautsprechern immer hinterher. Sie werden sich vielleicht daran erinnern: Der erste kommerziell erfolgreiche Flachlautsprecher trägt die Bezeichnung B 139 und wurde von Raymond Cooke bei der englischen Firma KEF entwickelt. Dieser Lautsprecher besitzt eine ovale Membran aus Polystyrol.

Über diese ersten Arbeiten zur Entwicklung einer leichten, in sich starren Membran hinaus sahen sich die Techniker von Technics in anderen Industriezweigen um, die ebenfalls Forderungen nach hoher mechanischer Stabilität und geringem Gewicht stellen. In der Luftfahrtindustrie fanden sie Wabenkonstruktionen, die zur Herstellung von Böden, Tragflächen und anderen Flugzeugteilen verwendet werden. Die Wabenkonstruktion besteht aus hexa-

# Wabenlautsprecher

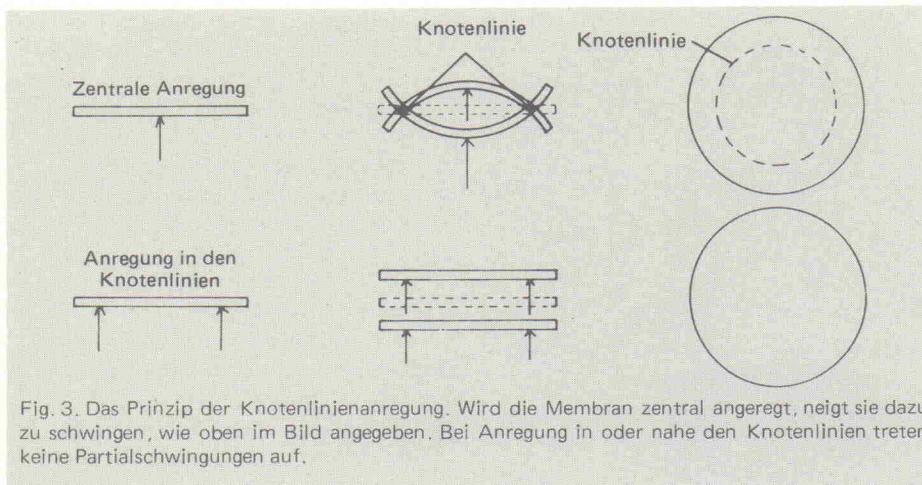


Fig. 3. Das Prinzip der Knotenlinienanregung. Wird die Membran zentral angeregt, neigt sie dazu zu schwingen, wie oben im Bild angegeben. Bei Anregung in oder nahe den Knotenlinien treten keine Partialschwingungen auf.

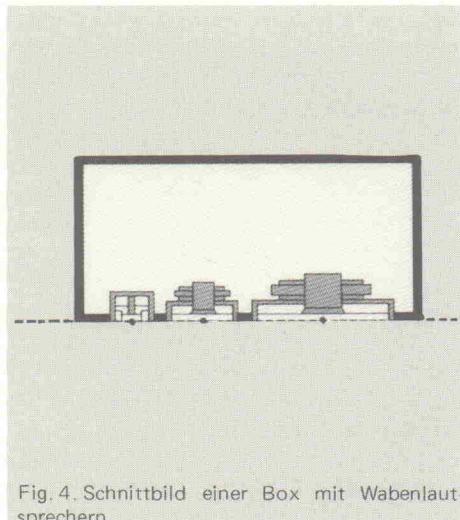


Fig. 4. Schnittbild einer Box mit Wabenlautsprechern.

gonalen Zellen aus einem leichten Metall (üblicherweise Aluminium), die zu beiden Seiten mit dünnen und ebenfalls leichten Metallfolien beschichtet werden. Durch die Beschichtung entsteht auch eine definierte Strukturoberfläche. Der Aufbau ist aus Fig. 2 ersichtlich. Die vollständige Wabenkonstruktion besitzt bei geringem Gesamtgewicht eine sehr große Biegefestigkeit. Technics entschied sich für die zirkulare Grundstruktur der Wabe, axiale Systeme erwiesen sich als ungeeignet. Eine zirkulare Struktur besitzt aufgrund der Axialsymmetrie die zur Schallabstrahlung optimale geometrische Form. Eine normale Wabenstruktur besitzt nicht in allen Richtungen die gleiche Steifheit. Sie ist in Querrichtung biegsamer und dehnbarer

als in Längsrichtung. Diese richtungsabhängigen Unterschiede würden bei einer runden Lautsprechermembran zu unerwünschten Abstrahlcharakteristiken führen. Sinnvoll ist nur eine axialsymmetrische Wabenstruktur, die in jede Richtung gleiche mechanische Eigenschaften besitzt. Ein weiterer Vorteil dieser speziellen Wabenstruktur liegt darin, daß die Schwingungsknotenlinien dem Mittelpunkt der Membran näher liegen als bei entsprechenden massiven Scheiben. Ursache dafür ist die in Richtung des Zentrums steigende Massenbeladung bei der axialsymmetrischen Wabenstruktur. Diese Eigenschaft vereinfacht, wie wir gleich darstellen werden, den Aufbau von Lautsprechern in Wabenkonstruktion.

## Von Moden und Knotenlinien

Wenn eine Gitarrensaite eine Oktave über ihrer Grundfrequenz zum Schwingen angeregt wird, dann existiert genau auf halber Saitenlänge ein Punkt, der keinerlei Bewegung ausführt. Solche Punkte werden als Schwingungsknoten bezeichnet. Die gleiche Erscheinung kann auf flachen und zu Schwingungen angeregten Objekten wie beim Schlagzeug, beim Xylophon und bei Lautsprechermembranen beobachtet werden. Vielleicht erinnern Sie sich auch noch an die im Physikunterricht erzeugten 'Klangfiguren' von mittig eingespannten Stahl- oder Glasplatten. Zur Erzeugung

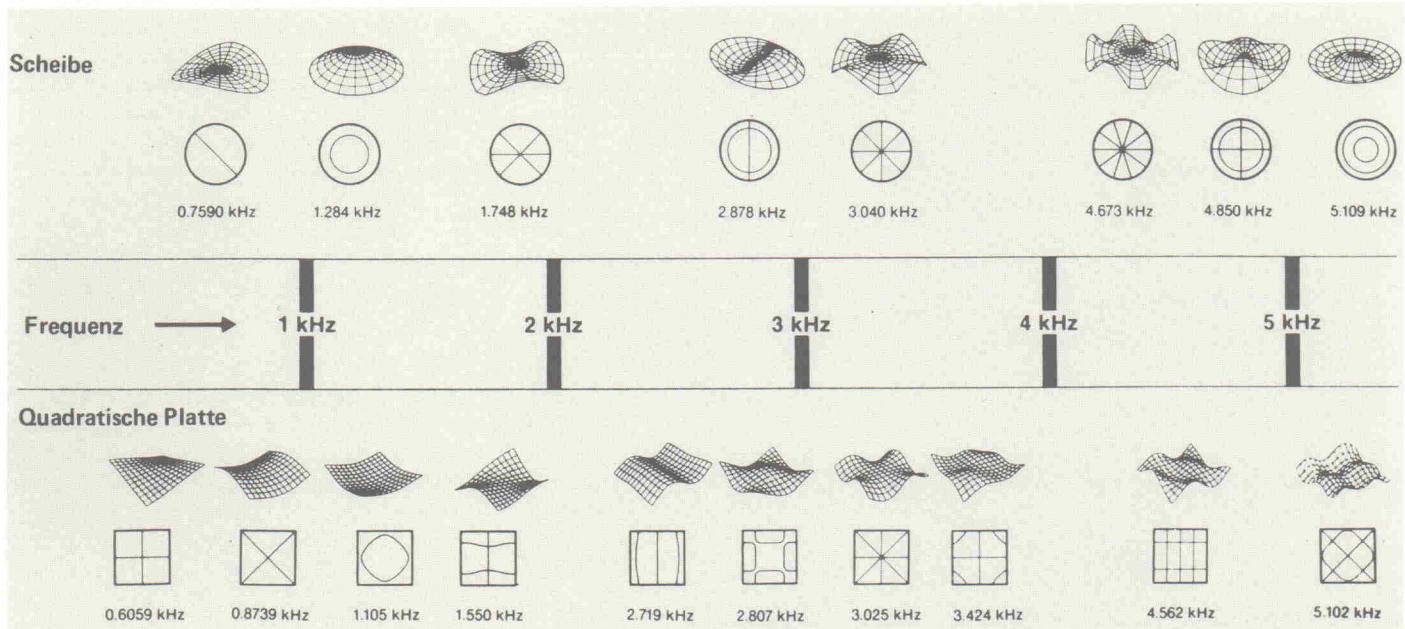


Fig. 5. Modalanalyse des Schwingungsverhaltens einer Scheibe und einer quadratischen Platte. Dargestellt sind die Schwingungsbilder und Knotenlinien (Linien geringster Bewegung) bei verschiedenen Frequenzen. Es ist deutlich zu erkennen, daß die Scheibe weniger und einfachere Schwingungsformen besitzt als die Rechteckplatte.

# Wabenlautsprecher

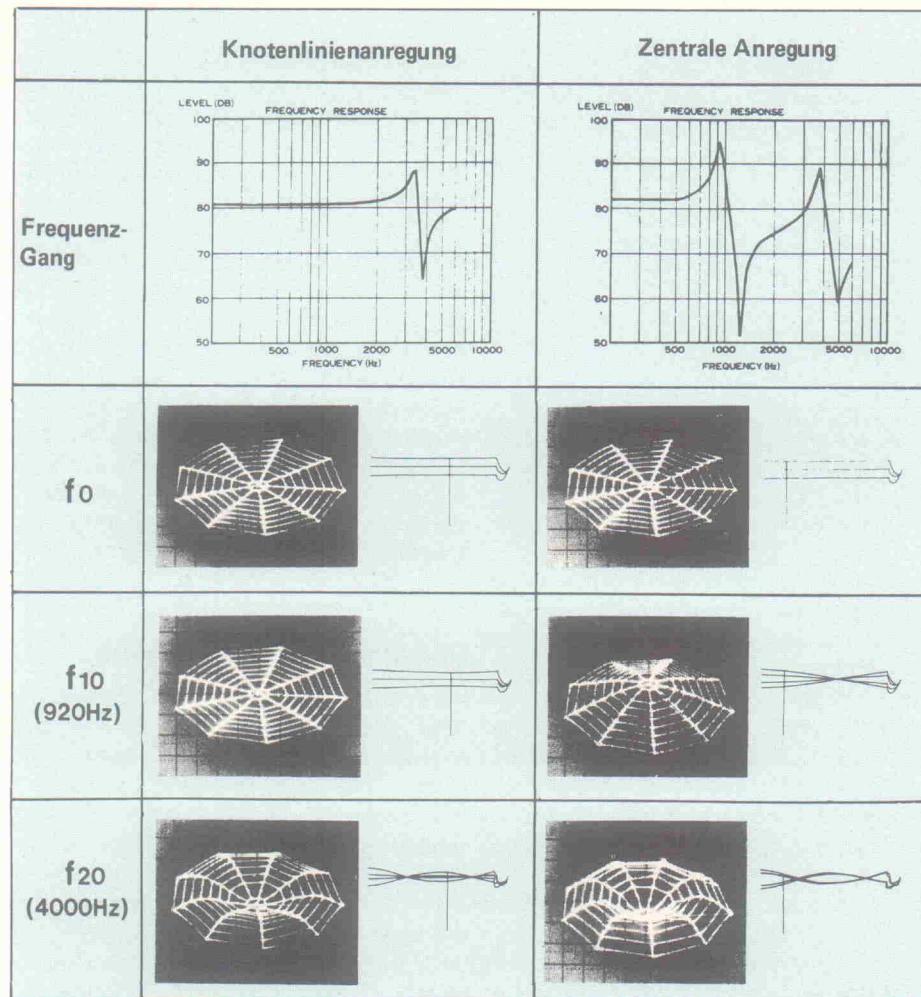


Fig. 6. Hier wird dargestellt, wie der Frequenzgang einer kreisförmigen Membran und insbesondere der Frequenzbereich, in dem sie wie ein Kolbenschwinger arbeitet, durch Knotenlinienanregung erweitert werden kann.

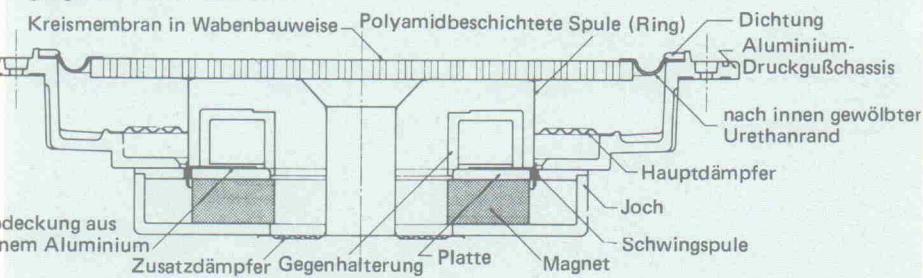


Fig. 7. Schnitt durch den 320 mm Wabentiefotoner von Technics.

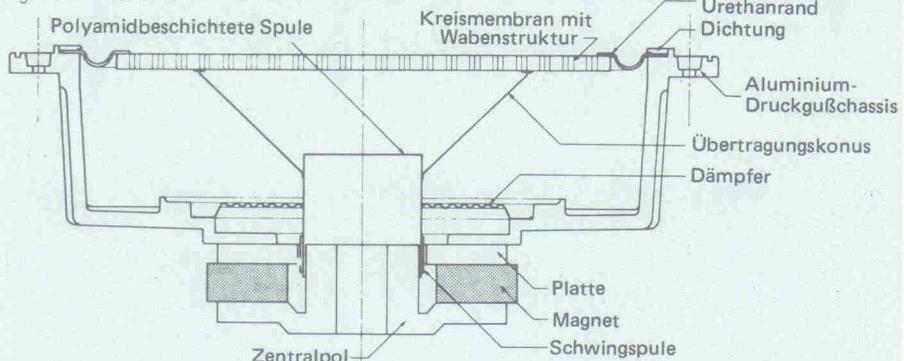


Fig. 8. Schnitt durch den 250 mm-Tiefotoner in Wabenbauweise. Die anderen Lautsprecher in Wabenbauweise sind ähnlich konstruiert.

dieser Figuren wird die vorher mit Sand bestreute Platte mit einem Geigenbogen, der über eine Kante gezogen wird, zu Schwingungen angeregt. In den nicht bewegten, charakteristischen Knotenlinien der schwingenden Platte sammelt sich dann der Sand an. Durch unterschiedliche Anregungen können auf der gleichen Platte mehrere Schwingungsmoden erzeugt werden. Ein deutscher Physiker namens Walter Ritz untersuchte als erster (1909) das Schwingungsverhalten quadratischer Membranen und berechnete die vielen möglichen Schwingungsmoden. Diese Eigenschwingungen sind bei Lautsprechermembranen unerwünscht, da sie zu harmonischen Verzerrungen führen. Die bereits erwähnte obere Grenzfrequenz von Lautsprechern wird im wesentlichen durch den Übergang vom Kolbenstrahler zum Partialstrahler bestimmt. Welche Schwingungsformen auf der Lautsprechermembran auftreten, hängt von der Resonanzfrequenz der Membran, ihrer geometrischen Form und dem Frequenzinhalt der Membranenregung ab. In Fig. 5 sind die Ergebnisse einer Analyse für Kreis- und Rechteckplatten innerhalb eines Frequenzbereiches von ca. 5 kHz dargestellt. Es zeigt sich deutlich, daß Kreisplatten weniger und einfachere Knotenlinien besitzen als Rechteckplatten. Daher ist bei runden Lautsprechermembranen mit geringeren Verzerrungen zu rechnen als bei rechteckigen. Diese unerwünschten Schwingungsmoden können auf zweierlei Weise vermieden werden: Durch Erregung der Membran über ihre gesamte Fläche (das ist technisch sehr aufwendig und kostspielig) oder durch Anregung derart, daß möglichst viele Knotenlinien geschnitten werden. Wie Bild 3 zeigt, ist die mittige Anregung nicht wünschenswert. Durch die 'Knotenanregung' (Nodal drive), wie Technics sie bezeichnet, wird die Erzeugung von störenden Partialschwingungen innerhalb eines großen Frequenzbereiches nahezu vermieden.

Der ganz erhebliche Einfluß der 'Knotenanregung' auf den nutzbaren Frequenzbereich zeigt Fig. 6. Hier sind die Frequenzgänge und Schwingungsbilder einer Kreisplatte dargestellt, die einmal zentral und einmal in den Knotenlinien angeregt wurde. Bei mittiger Anregung führt die Platte schon bei recht tiefen Frequenzen (1000 Hz) Eigenschwingungen aus, die zu ausgeprägten Spitzen im Frequenzgang führen. Durch Anregung in der Knotenlinie machen sich Partialschwingungen

## Wabenlautsprecher

erst in einem um ca. 2 Oktaven höher liegenden Frequenzbereich im Frequenzgang bemerkbar.

Rechteckige Membranen können aufgrund ihrer komplizierten Knotenlinienverteilungen nicht mit einer einzigen Schwingspule innerhalb eines breiten Frequenzbandes ohne Erzeugung unerwünschter Biegeschwingungen angeregt werden. Die Knotenlinienanregung bei Kreismembranen erfordert eine Schwingspulen- und Magnetstruktur, die in der Lage ist, die Membran in beträchtlicher Entfernung von ihrem Mittelpunkt zu bewegen.

Technics hat dafür zwei Konstruktionsprinzipien entwickelt. Der Schnitt durch den 320 mm Tieftöner zeigt eine der beiden Konstruktionen. Die Schwingspule besitzt hier einen Durchmesser von 160 mm. Der dargestellte Tieftöner wird in der Box mit der Bezeichnung SB-10 verwendet. Innerhalb dieses Lautsprecher-systems liegt die Übernahmefrequenz zum Mitteltonbereich bereits bei 400 Hz, obwohl der Tieftöner bis 3,3 kHz nahezu als Kolbenstrahler arbeiten kann. Durch die nach innen gewölbte Randkonstruktion wird eine Schallabstrahlung des Membranrandes im Bereich der oberen Grenzfrequenz des Lautsprechers vermieden.

Die andere Konstruktion ist in Fig. 8 dargestellt. Es handelt sich um einen 250 mm-Tieftöner, bei dem die Knotenlinienanregung, ausgehend von der Schwingspule über einen festen Konus, auf die Membran erfolgt.

Technics Spitzenmodell SB-10 besitzt ein Dreiwegesystem mit 3 Lautsprechern. Verwendet wird der 320 mm Tieftöner mit Flachmembran in Wabenbauweise sowie ein 80 mm Hochtöner gleicher Art und ein neuer Bändchenlautsprecher. Die Übergangs frequenz zwischen Baß- und Mitteltonbereich liegt bei 400 Hz, und die Übernahme des Hochtönbereiches erfolgt bei 4 kHz. Das System ist für eine elektrische Eingangsleistung von 100W DIN (150W Musik) ausgelegt und erzeugt bei einer Eingangsleistung von 1 Watt einen Schalldruckpegel von 87 dB in einem Meter Abstand. Nach Angaben von Technics reicht der Übertragungsbereich des SB-10-Systems von 28 Hz bis 125 kHz bei einem Abfall des Frequenzganges von jeweils 10 dB gegenüber dem Mittelwert. Die nominelle Impedanz beträgt 8 Ohm. Das Gehäuse ist 711 mm

hoch, 402 mm breit und 318 mm tief. Die komplette Box wiegt 32 kg.

Die Box mit der Bezeichnung SB-7 enthält ebenfalls ein 3-Wegesystem, bestehend aus einem 250 mm Baßlautsprecher mit Flachmembran in Wabenbauweise, einem 80 mm Mitteltonlautsprecher gleicher Bauart und einem Bändchenlautsprecher. Die Box ist für eine Leistungsaufnahme von 90W DIN ausgelegt und besitzt eine untere Grenzfrequenz von 34 Hz. Der Schalldruckpegel in einem Meter Abstand bei 1 Watt Eingangsleistung stimmt mit dem SB-10-System überein. Die Übernahmefrequenzen liegen bei 900 Hz und 4,5 kHz. Die Abmessungen sind mit 630 mm x 360 mm x 318 mm etwas geringer als die des SB-10. Das Gewicht beträgt nur 19 kg. Die Zeit und Erfahrung wird zeigen, ob dieser neue Versuch zur Konstruktion wiedergabtreuer Lautsprecher Erfolg haben wird.

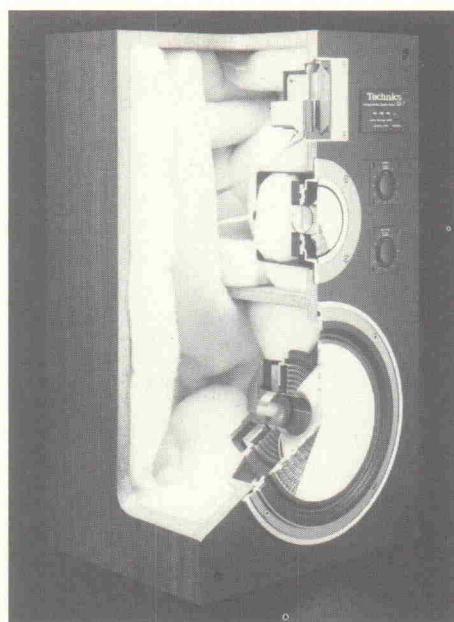


Fig. 9. Schnittbild der SB7-Box.

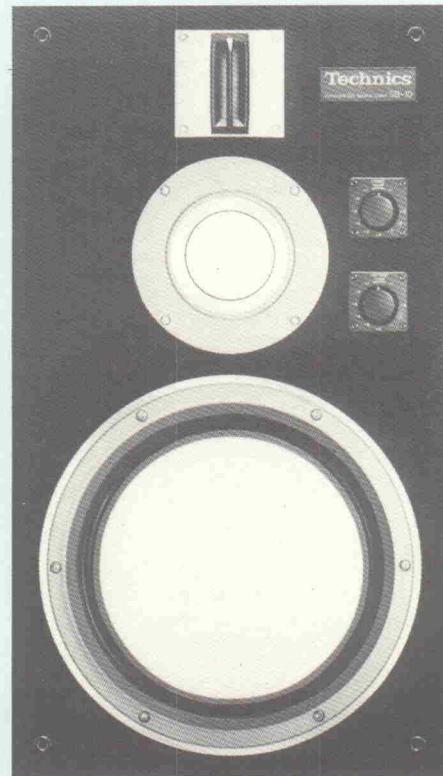
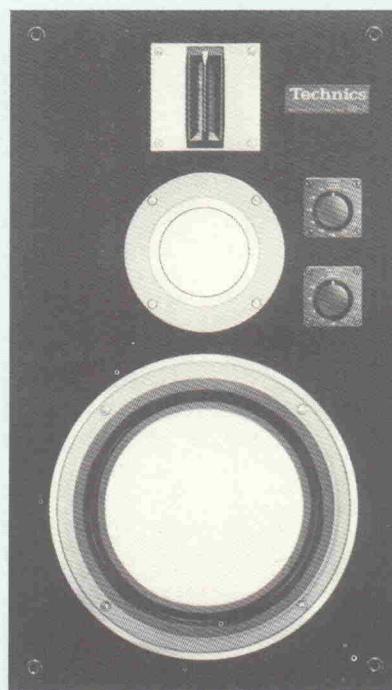
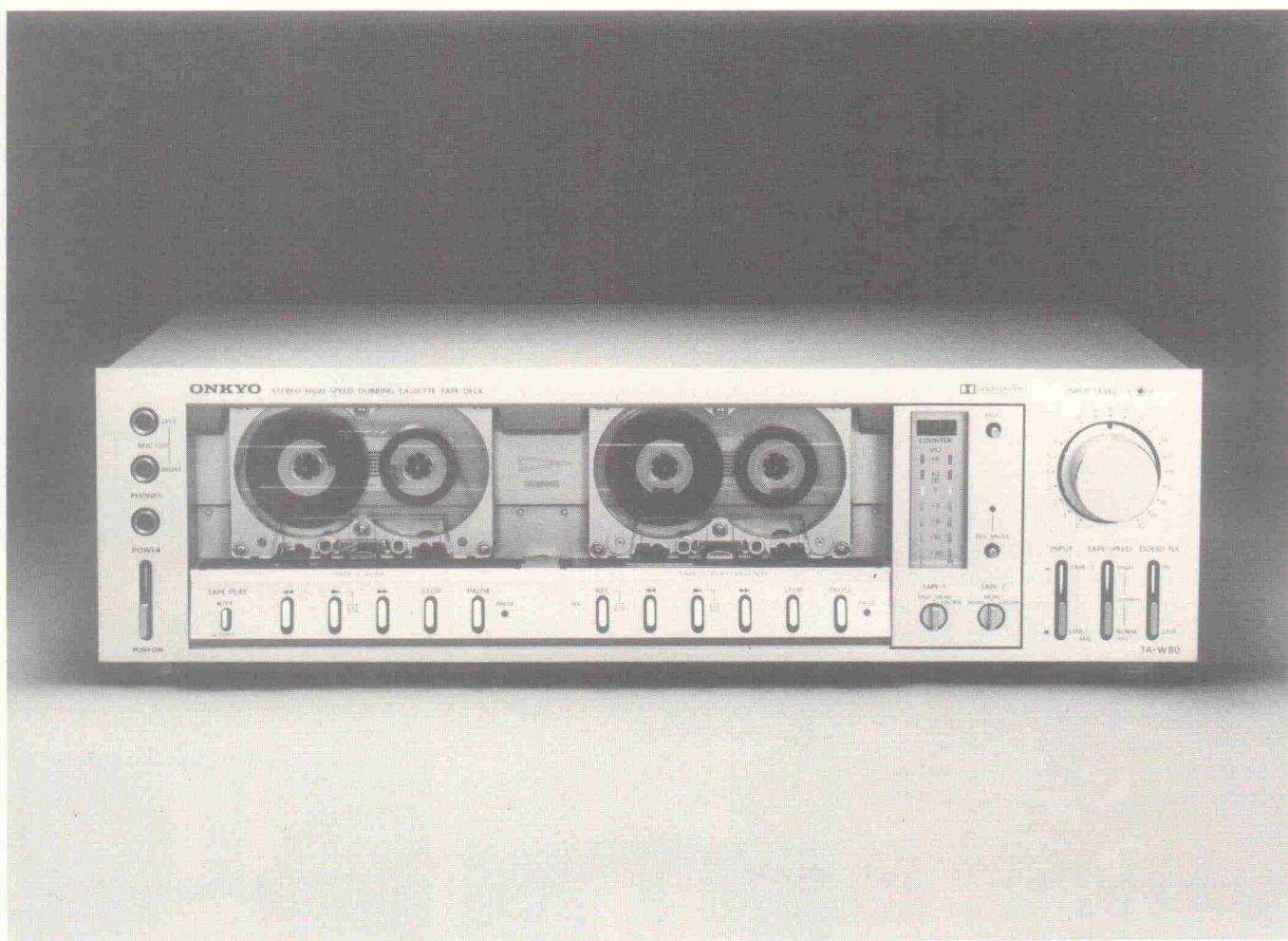


Fig. 10. Die mit Wabenflächen-Lautsprechern aufgebauten Boxen SB7 und SB10. Als Hochtöner wird ein sogenanntes 'Bändchen' benutzt.



## Neu! Doppel-Cassetten-Recorder von Onkyo

Das Modell TA-W80 vereint zwei Cassetten in einem Gerät, was zwei besondere Wiedergabearten ermöglicht: die Wiedergabefortführung, bei der nach Wiedergabe über Cassetten Teil 1 der Betrieb automatisch auf Wiedergabefortführung über Cassetten Teil 2 umgeschaltet wird, und, als zweite Neuerung, simultane Wiedergabe beider Cassetten, um zum Beispiel eine Cassette mit Sprache mit Hintergrundmusik zu begleiten.

### Überspielen mit doppelter Bandgeschwindigkeit

Überspielen von Cassetten Teil 1 auf Teil 2 ist nicht nur mit Nor-

malgeschwindigkeit, sondern auch mit doppelter Bandgeschwindigkeit möglich, um die Kopierzeit zu halbieren. Beim Kopieren mit Normalgeschwindigkeit besteht auch Monitormöglichkeit.

### Hart-Permalloy-Tonköpfe

Beide Cassetten sind mit speziell gehärteten Hart-Permalloy-Aufspprech/Wiedergabeköpfen bestückt, die das Gerät reineisentüchtig machen und sich durch hohe Abriebfestigkeit auszeichnen.

### Gleichstrommotoren mit Servoregelung

Die Servoregelung der beiden Gleichstromläufer mit hohem

Drehmoment verhindert Schwan- kungen der Bandgeschwindigkeit und hält die Gleichlaufschwan- kungen auf einem sehr niedrigen Wert.

### Timer-Funktion und vollautomatische Bandendabschaltung

Die Timer-Funktion sorgt dafür, daß bis zum Einschalten des Gerätes durch den Timer die An- druckrolle zurückgezogen bleibt, damit keine Verformungen auftreten können. Bei allen Bandlauf- funktionen wird das Bandlaufwerk bei Erreichen des Tonbandendes automatisch abgeschaltet, um Tonband und Mechanik vor Zerr- lastungen zu schützen.

### Weitere Merkmale

- Aufnahme-Muting-Taste zur Schaffung von Leerstellen und zum Überspringen unerwünschter Programmanteile
- Gut ablesbare LED-Pegelmeter
- Möglichkeit von Schnellvor- und Rücklauf bei unterbrochener Wiedergabe (Cassetten Teil 1)
- Dolby-NR-Rauschunterdrückung

ca. Verkaufspreis: DM 900,-

Weitere Informationen:  
Onkyo Deutschland GMBH  
Electronics,  
Industriestr. 18, D-8034 Germering.

## HiFi-System 9000 von Fisher

In diesen Wochen beginnt der Fachhandel mit der Auslieferung einer neuen FISHER HiFi-Komplettanlage, die qualitativ und preislich in die gehobene Kategorie einzustufen ist.

Das System 9000 besteht aus sechs Einzelkomponenten im Ultra Slim Line-Format. Die technische Ausstattung berücksichtigt den neuesten Stand der Entwicklung und beinhaltet als wesentliches Merkmal die Fernsteuerbarkeit aller Einzelbausteine einschließlich des Plattenspielers.

Man kann mit der drahtlosen Fernbedienung die 30 wichtigsten Bedienungsfunktionen vom Sessel des Hörers aus per Infrarot-Befehl an die Anlage übermitteln.

Eine zentrale Mikroprozessor-steuerte Schalteinheit sorgt nicht nur für eine sinnvolle Koordination aller Bedienungsvorgänge, sondern enthält zusätzlich noch eine 24-Stunden-Programmschaltseinheit, die es gestattet, auch sehr komplexe Schaltbefehle vorzuprogrammieren.

Der Tuner FM-9000 ist ein quarz-

kontrollierter Digital-Synthesizer für UKW und Mittelwelle. Er verfügt über 2 x 10 Programmtasten, die, ebenso wie der Sender-Suchlauf, auch über die Fernbedienung abrufbar sind. Die Empfangsleistung und die Trennschärfe entsprechen hohen Anforderungen; das Abstimm-Raster ist für 50 kHz (UKW) und 9 kHz (MW) ausgelegt.

Getrennte Komponenten für Vorverstärker CC 9000 und Endverstärker BA 9000 bieten die nötige Flexibilität eines anspruchsvollen Konzepts: Der Endverstärker ist als DC-Verstärker mit 2 x 50 Watt (Sinus) für alle üblichen Leistungsanforderungen ausgelegt und hinsichtlich Übertragungsqualität und Klangeigenschaften dem hohen Niveau des separaten Vorverstärkers ebenbürtig.

Als interessante Besonderheiten des Vorverstärkers sollen hier die über Servo-Motoren angetriebenen Lautstärke- und Balance-Einsteller genannt werden, deren Positions-Anzeige an der Frontplatte über LED-Ketten erfolgt. Ein separater Phono-Eingang für dynamische Tonabnehmer ist ein Zugeständnis an die wirklichen 'Freaks', die unter den Käufern des Systems 9000 vermutet werden.

Fernsteuerbar sind u.a. Lautstärke, Balance und vor allem die relaisgesteuerte Tape-Monitor-Schaltung (fernbediente Cassetten-Wiedergabe)!

Eine Logic-Steuerung, Soft-Touch-Tasten, das 2-Motoren-Antriebskonzept und Automatik-Funktionen für die Wiedergabe und das Rückspulen sind die charakteristischen Ausstattungsmerkmale des Cassetten-Recorders CR-9000.

Daß die trägeheitslose Aufnahme-Aussteuerungsanzeige (2 x 10stellig) von V U auf Spitzenwert umschaltbar ist und das Gerät für 4 Bandsorten, einschließlich Reineisen, geeignet ist, kann man in dieser Anlagenkategorie schon fast voraussetzen. Der CR-9000 ist in allen Laufwerkfunktionen fernsteuerbar und natürlich für Zeitschalter-Betrieb eingerichtet.

Interessant ist auch die elektronische Ausstattung des Plattenspielers MT-6360. Es handelt sich um ein direktangetriebenes Laufwerk mit FISHER Linear-Motor und Tonarm-Vollautomatik. Weiterhin sind die Tonarm-Bewegungen fernsteuerbar. So kann z.B. jedes beliebige Musikstück auf einer LP einzeln oder in beliebiger Reihenfolge per Fernsteuerung abgespielt

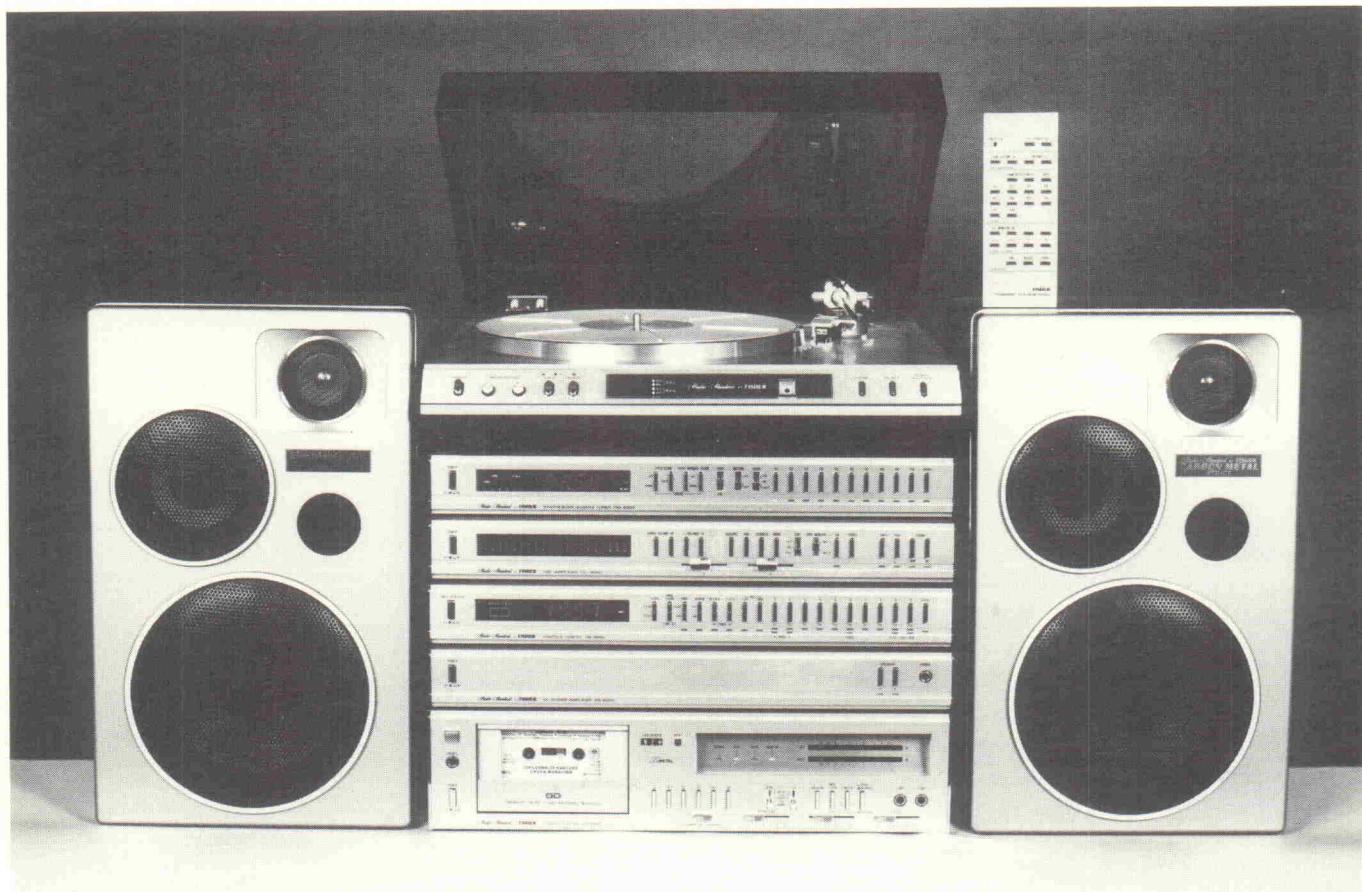
werden. Ein Infrarot-Suchkopf im Tonabnehmer und die Auswertung dieser Signale über einen separaten Mikroprozessor ermöglichen diesen zusätzlichen Komfort.

Die komplette Steuerung und Programmierung aller Anlagen-Funktionen wird von der Schalteinheit CB-9000 in Verbindung mit dem Handsender REM-9000 vorgenommen. Neben allen beschriebenen Möglichkeiten enthält dieser Baustein eine 24-Stunden-Digitaluhr und einen 60-Minuten-Zeitschalter (zum Einschlafen bei Musik).

Schließlich: Damit das Programmieren einer so umfangreichen Elektronik nicht zur Denksportaufgabe wird: Nach Computer-Art ist jeder auszuführende Tastendruck durch eine blinkende Anzeige vorgezeichnet. Fehlbedienung ist also (fast) unmöglich.

Der unverbindlich empfohlene Preis für die beschriebene Anlage beträgt DM 3996,- inklusive Mehrwertsteuer.

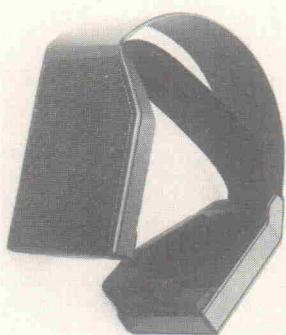
Weitere Informationen:  
Fisher HiFi,  
EUROPA VERTRIEBS-GMBH,  
Truderinger Str. 13, D-8000 München 80.



## Kopflautsprecher PMB 100 von Peerless-MB

VOX, eine österreichische Fachzeitschrift, testete Kopfhörer der Luxusklasse.

Der orthodynamische Kopflautsprecher PMB 100 hat in diesem Vergleichstest mit der Note 1 (keinerlei Mängel), abgeschnitten.

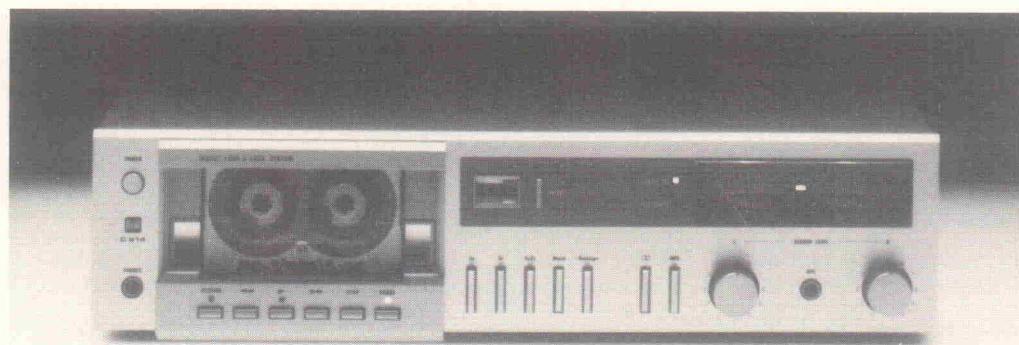


### Techn. Daten:

Prinzip: orthodynamisch  
Impedanz: 150 Ohm  
Kennschall-  
druckpegel: 89dB/1mW/1kHz  
Gewicht: 430 Gramm  
Kabellänge: 3 Meter  
Garantiezeit: 12 Monate  
Preis: DM 298,-

Testauszüge können Sie anfordern bei:

Peerless-MB GmbH, Postfach 60,  
D-6951 Obrigheim.



## HiFi-Cassetttendeck Dual C 814 – Ein neues Deck mit interessanten Features

Bedienungskomfort mit maximaler Sicherheit steht auch bei diesem Cassetttendeck von Dual oben an. Die Cassette lässt sich direkt einlegen und kann während des Abspielens oder Umspulens direkt aus dem laufenden Gerät entnommen werden, ohne eine Stoptaste zu drücken. Die Sicherheitstechnik D.L.L. schaltet den Antrieb automatisch ab, sobald die Infrarot-Lichtschranke unterbrochen wird. Die Tonköpfe und Antriebselemente schwenken blitzschnell in Sicherheit und geben die Cassette frei.

Die Vorteile der D.L.L.-Technik überzeugen. Die Drei-Punkt-Auflage sichert eine definierte Positio-

nierung der Cassette. Deshalb gibt es keine unbekümmerten Wackelbewegungen mehr, sind bei allen Cassetten die besten Voraussetzungen für optimalen Bandtransport, intensiven Band/Kopfkontakt und eine einwandfreie Musikwiedergabe durch hohe Azimutgenauigkeit erfüllt.

Als Antrieb dient ein servogeregelter Gleichstrommotor mit zwei getrennten hochstrapazierfähigen Antriebsriemen. Ein M+X-Kombikopf verfügt über hervorragende Übersteuerungsreserven bei Aufnahme und Wiedergabe.

Zu den weiteren Merkmalen gehört die Soft-Touch-Laufwerksteuerung, das Dolby B-Rauschunterdrückungssystem sowie ein abschaltbares MPX-Filter. Die Bandsortenwahl erfolgt manuell und automatisch. Letztgenannte Funktion 'Autotape' sorgt dafür, daß bei Cassetten mit entsprechender

Kennaussparung das Gerät die richtige Bandsorte automatisch einstellt. Das VU-Meter ist mit Doppelskalen und einer LED-Markierung für die verwendete Bandsorte ausgestattet. Zwischen den Skalen des VU-Meters befinden sich für die unterschiedlichen Bandsorten zwei Leuchtanzeigen, die auf die maximale Aussteuerbarkeit der gewählten Bandsorte (Metal, FeCr, Fe oder Cr) hinweisen.

Das Bandzählwerk ist dreistellig. Die elektronische Bandlaufüberwachung mit Hall-IC löst den Abschaltvorgang unabhängig von Cassette und Bandschaltfolie aus.

Mit einer Höhe von nur 11 cm gehört das C 814 zu den HiFi-Componenten der SM-Linie.

Weitere Informationen:  
Dual Gebrüder Steidinger  
GmbH & Co, Postfach 70,  
D-7742 St. Georgen.



## Mini-HiFi von Marantz

Das Modell CRS 3504 ist ein echtes 'Mini-HiFi-Musiksystem' mit abnehmbaren Lautsprechern. Die Ausgangsleistung von 8 Watt garantiert echten HiFi-Genuß bei jeder Gelegenheit durch die breitbandigen 2-Weg-Lautsprecher. Guter FM-Empfang durch einen PLL FM Demodulator und gute Wiedergabequalität des Reineisen-Kassettenrecorders sind weitere Merkmale dieses 6,7 kg leichten tragbaren Musiksystems.

Lieferbar ab: sofort  
Preis: ca. DM 748,-

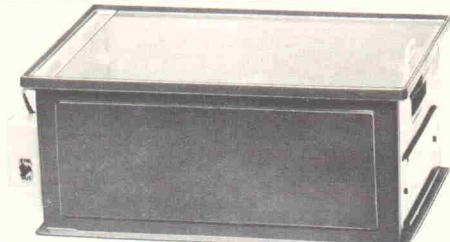
Weitere Informationen:

Marantz GmbH,  
Max-Planck-Str. 22,  
D-6072 Dreieich.

## Vollautomatisch beheizte Schaumätzanlage

Ein- und doppelseitig in  
einem Arbeitsgang

6 Monate Garantie



Es handelt sich bei den von mir angebotenen Ätzanlagen um „vollautomatisch beheizte Schaumätzanlagen“ in zwei Größen. Die Anlagen sind so konstruiert, daß sie schnell, unproblematisch und für Sie den größtmöglichen Wirkungsgrad bieten. Sicherheit durch die elektrische Anlage, Wartungsfreiheit und einfache Handhabung. Die Anlagen sind besonders leicht. Die Anlage ist speziell geeignet für Hobby-Elektronik, Anwender im Labor und für Kleinserien. Die Ätzzeit liegt bei 2–20 Minuten je nach Sättigungsgrad des Mediums. Durch die Verwendung von mikrofeinem Schaum zur Ätzung der Platten, sind auch bei längeren

Verbleib der Platten in der Anlage kaum Unterstützungen feststellbar. Die eingebaute Heizung bewirkt, daß ihr Ätzmedium optimal ausgenutzt wird. Nach einer Aufheizzeit von 30 Minuten ist das Medium auf eine Temperatur von 40° erwärmt. Diese Temperatur wird ständig gehalten. Nach Abschalten der Anlage kann das Ätzmedium in der Anlage verbleiben und ist für den weiteren Gebrauch vorhanden. Alle Teile sind saurebeständig und wartungsfrei.

LH Größe I nutzbare Fläche 230 x 180 mm  
LH Größe II nutzbare Fläche 275 x 390 mm

DM 159,00  
DM 244,20

Fordern Sie Beschreibung und technische Daten an!

## Kleinsiebdruckanlagen mit Funktionsgarantie

Eigent für Kleinserien und Labormuster

Stellen Sie Ihre Leiterplatten selbst her! Wir sagen Ihnen wie! Es ist viel leichter als Sie denken. Durch die Plattenvorlagen ist es ein Kinderspiel im Siebdruck Leiterplatten zu drucken. Das unbeschichtete Basismaterial wird mit atzfestem Lack bedruckt. Danach wie üblich geätz und verarbeitet. Nicht nur Printplatten lassen sich mit der Anlage drucken, sondern auch Front- und Frontplattenfolien, Bestensatzdrucke und Lötkontakte lassen sich mühelos herstellen. Außerdem können Sie Briefbögen und Visitenkarten sowie für den CB-Fan leicht OSL-Karten nach eignen Entwurf herstellen. Jeder Anlage liegt kostenlos Basismaterial bei. Fordern Sie gegen Rückporto Informationsmaterial an. Siebdruckanlage komplett mit Funktionsgarantie für den Hobbyelektroniker und geeignet für professionelle Kleinserien.



Größe 36 x 27 cm komplett  
mit allem Zubehör DM 109,50  
Metallrahmen-Aufpreis DM 38,90  
Größe 48 x 38 cm komplett  
mit allem Zubehör DM 159,50  
Metallrahmen-Aufpreis DM 29,50  
zuzügl. Versandkosten bei Vorauskasse DM 5,40  
zuzüglich Nachnahmegebühren  
bei Nachnahmeverands DM 2,70

## Kleinbohrmaschine 12 V/2,5 A Last

**Knüller  
SONDER-  
ANGEBOT**

Ihr Siebdruckfachmann  **K.-H. Heitkämper**  
Poststr. Hellweg 9, 5805 Breckerfeld, Tel. 02338-628

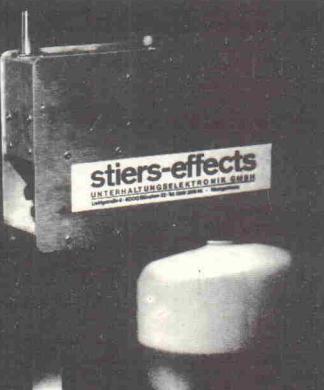
Diese 12-V-Kleinbohrmaschine ist von hervorragender Leistung und Form. Sie macht 12000 Upm. Sie hat eine max. Leistung und 2,0 A. Die Größe ist 35 mm Ø, Länge 103 mm.

Jeder Maschine liegen 3 Spannzangen bei 0,5–3,2 mm Ø. Der Anschluß wird über ein dehnbare Spiralkabel geführt.

nur DM 14,90

Solange der Vorrat reicht!

## stiers münich germany Licht-Ton-Effekte



Chem. Nebelmasch. .... ab DM 995,-  
Trockeneisnebelmaschine .... DM 395,-  
Seifenblasenmaschine .... DM 230,-  
Bastlerprojektor .... DM 98,-  
Disco-Strobe .... DM 165,-  
Schlangenlauflicht .... DM 105,-  
Sternenhimmel .... DM 48,-

Fordern Sie unseren 130seitigen Farbkatalog 1981 gegen DM 4.– in Briefmarken an.  
STIERS GMBH · Liebigstr. 8 · 8000 München 22 · Tel. (0 89) 22 16 96 · Telex 5 22 801

## Mini - Set

390 Kontakte

37.–

## Junior - Set

780 Kontakte

65,65

## Hobby - Set

780 Kontakte

65,99

## Profi - Set

1560 Kontakte

123,74

## Master - Set

2340 Kontakte

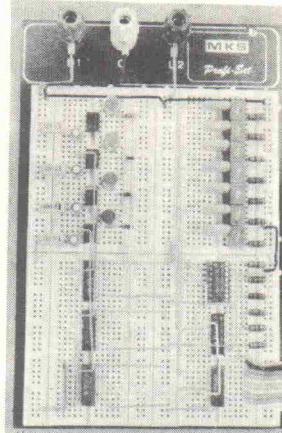
183,96

## Super - Set

3510 Kontakte

267,02

für den schnellen, lötfreien  
Aufbau von elektronischen  
Schaltungen aller Art!



Preise in DM inkl. MwSt.  
Sämtliche Sets mit allem Zubehör (beidseitig abisolierter Verbindungsleitungen, Versorgungsleitungen, Buchsen sowie stabile Montageplatte).

**BEKATRON**

G.m.b.H.

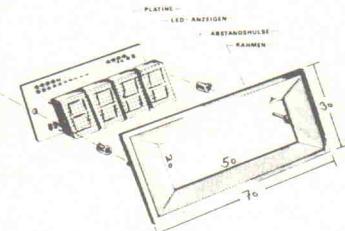
**D-8907 Thannhausen**

Tel. 08281-2444 Tx. 531 228

NEU

## 4x7 SEGMENT-ANZEIGE-DISPLAY

Komplett mit Einbaurahmen, farbiger Scheibe, Epoxy-Platine gebohrt, 4 Stück 13,5 mm Siemens-Anzeigen, Abstandshülsen und Schrauben. Nicht verlötet.



Bitte fragen Sie den Fachhändler

**LOTHAR PUTZKE**

Vertrieb von Kunststofferzeugnissen und Steuerungs-Geräten für die Elektronik, Postf. 47, Hildesheimer Str. 306 H, 3014 Laatzen 3, Tel. (051 02) 4234

## PHILIPS•HOBBY•ELEKTRONIK

### Geiger-Müller Indikator EB 7801

Mit dem Gerät läßt sich Radioaktivität nachweisen, und zwar wird der Einfall von Gamma- und starker Beta-Strahlung akustisch über den eingebauten Lautsprecher und optisch über ein Meßinstrument angezeigt. Die zum Betrieb des Geiger-Müller-Zählers erforderliche Versorgungsspannung von etwa 550 V wird über einen eingebauten Gleichspannungswandler aus der 9-V-Betriebsspannung des Geräts gewonnen.

### Luftfeuchtemesser EB 7802

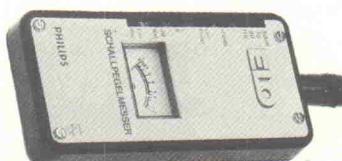
Rein elektronisch und obendrein mit guter Genauigkeit arbeitet der EB 7802 – ein neuer Feuchtesensor macht es möglich: Je nach Änderung der Luftfeuchtigkeit wird die Kapazität dieses Bauteils kleiner bzw. größer. Die Elektronik weitet diese Differenz aus und steuert den Zeigerausschlag des Anzeigeninstruments, das direkt in % relativer Feuchte geeicht ist.

### Schallpegelmesser EB 7803

Zur Beurteilung von Geräuschen, Musik, Lärm oder auch Ruhe reicht das menschliche Gehör nicht aus, da seine Empfindlichkeit recht unterschiedlich ist. Um die Lautstärke einer Schallquelle genau definieren zu können, benötigt man ein Meßgerät, den Schallpegelmesser. Mit dem neuen Philips Bausatz EB 7803 können Sie sich ein solches Gerät mit guten technischen Eigenschaften leicht selbst bauen. Im praktischen Einsatz dienen sechs verschiedene Schalter zur Wahl des Meßbereiches und der Meßart. Das große Anzeigeninstrument ist direkt in dB geeicht und erleichtert so die Auswertung.

#### Technische Daten:

Spelspannung 9 V (Batterie)  
Stromaufnahme 10 mA  
Meßbereich 40 dB – 120 dB (10 dB Schritte)  
Meßart Linear oder A-Filte  
Zeilgedämpfung Langsam oder schnell  
Batteriekontrolle  
Abmessungen 165 x 68 x 32 mm



Den ausführlichen Katalog über das gesamte Philips Bausatz- und Experimentiertechnik-Programm erhalten Sie bei Ihrem Fachhändler.

**PHILIPS**



**Das große Bausatzprogramm.**

# Elektronik-Einkaufsverzeichnis

## Aalen

Aalens führende Bastlerzentrale  
  
 Wilhelm-Zapl-Straße 9, 7080 Aalen, Tel. 07361/62686

## Berlin

**Art** 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

ELECTRONIC VON A-Z  
 Elektrische - elektronische Geräte  
 Bauelemente - Werkzeuge  
 Stresemannstr. 95  
 Berlin 61 (030) 2611164



ELEKTRONIK-FOERSTER  
 Mehringdamm 91  
 1000 Berlin 61  
 Tel. (0 30) 6 91 41 53

Sharp MZ 80, Sorcerer, Commodo, Oki Drucker, Tally Mannesmann, Plotter, Digitizer, Floppy Disk, Plattenlaufwerke mit und ohne Controller.

Preiskatalog auf Anfrage!

Berkaer Str. 39, 1000 Berlin 33, Tel.:030/826 16 10  
**KOMO** ELEKTRONIK GMBH

**WAB** DER SPEZIALIST  
 FÜR DEN HOBBY-  
 ELEKTRONIKER  
 Kurfürstenstraße 48, 1000 Berlin 42  
 (Mariendorf), Telefon (0 30) 7 05 20 73,  
 Telex 01 84 528 wab d und Uhland-  
 straße 195 (Am Steinplatz), Telefon  
 (0 30) 3 12 49 46.

## Bielefeld



A. BERGER Ing. KG.  
 Heeper Straße 184  
 Telefon (05 21) 32 43 33  
 4800 BIELEFELD 1

## Bonn

**E. NEUMERKEL**  
 GROSSHANDEL · ELEKTRONIK  
 Johanneskreuz 2-4, 5300 Bonn  
 Telex 8 869 405, Tel. 02 28/65 75 77

**Fachgeschäft für:**  
 antennen, funkgeräte, bauteile  
 und zubehör  
 5300 Bonn, Sternstr. 102  
 Tel. 65 60 05 (Am Stadthaus)  


## Bottrop

**eurotronik**  
 die gesamte elektronik



4250 bottrop, essener straße 69-71 · fernsprecher (02041) 20043

## Braunschweig

Jörg Bassenberg  
 Ingenieur (grad.)  
 Bauelemente der NF-, HF-Technik u. Elektronik  
 3300 Braunschweig - Nußbergstraße 9  
 2350 Neumünster - Beethovenstraße 37



3300 Braunschweig

Marienberger Straße  
 Telefon 0531/87001  
 Ladenverkauf:  
 Ernst-Amme-Straße 11  
 Telefon 0531/58966

## Bühl/Baden

electronic-center  
 Grigentin + Falk  
 Hauptstr. 17  
 7580 Bühl/Baden

## Castrop-Rauxel

R. SCHUSTER-ELECTRONIC  
 Bauteile, Funkgeräte, Zubehör  
 Bahnhofstr. 252 - Tel. 0 23 05/1 91 70  
 4620 Castrop-Rauxel

## Darmstadt

THOMAS IGIEL ELEKTRONIK  
 Heinrichstraße 48, Postfach 4126  
 6100 Darmstadt, Tel. 06151/45789 u. 44179

## Dortmund

### city-elektronik

Bauteile, Funk- und Meßgeräte  
 APPLE, ITT-2020, CBM, SHARP, EG-3003  
 Güntherstr. 75 + Weißenburger Str. 43  
 4600 Dortmund 1 - Telefon 02 31/57 22 84

### Köhler-Elektronik

Bekannt durch Qualität  
 und ein breites Sortiment  
 Schwanenstraße 7, 4600 Dortmund 1  
 Telefon 02 31/57 23 92

## Duisburg



Kaiser-Friedrich-Straße 127, 4100 Duisburg 11  
 Telefon (02 03) 59 56 96/59 33 11  
 Telex 85 51 193 elur

KIRCHNER-ELEKTRONIK-DUISBURG  
 DIPL.-ING. ANTON KIRCHNER  
 4100 Duisburg-Neudorf, Grabenstr. 90,  
 Tel. 37 21 28, Telex 08 55 531

## Essen

Seit über 50 Jahren führend:  
 Bauteile, elektronische Bauteile  
 und Meßgeräte von  
 Radio-Fern Elektronik GmbH  
 Kettwiger Straße 56 (City)  
 Telefon 02 01/2 03 91

## Essen

Funk-o-theke Essen  
 Ihr **elfa** Fachberater  
 Ruhrstr. 470  
 4300 Essen-Kettwig  
 Telefon: 0 20 54/1 68 02

**PFORR Electronic**  
  
 Groß- und Einzelhandel  
 für elektronische Bauteile  
 und Baugruppen, Funktechnik  
 Gansemarkt 44/48, 4300 Essen 1  
 Telefon 02 01/23 35 90

## Frankfurt

**Art** Elektronische Bauteile  
 GmbH u Co KG 6 FRANKFURT M. Münchner Straße 4-6  
 Telefon 0611 23 40 91 92 23 41 36

## Giessen

**elektronik-shop**  
 Grünberger Straße 10 6300 Giessen  
 Telefon (06 41) 31 88 3

## Hagen

**KI** electronic  
 5800 Hagen 1, Elberfelder Str. 89  
 Telefon 0 23 31/2 14 08

## Hamburg

Funkläden Hamburg  
 Ihr **elfa** Fachberater  
 Bürgerweide 62  
 2000 Hamburg 26  
 Telefon: 0 40/2 50 37 77

## Heilbronn

**KRAUSS** elektronik  
 Turmstr. 20 Tel. 0 71 31/6 81 91  
 7100 Heilbronn

## Hirschau

Hauptverwaltung und Versand  
**CONRAD**  
 ELECTRONIC  
 Europas großer Electronic-Spezialist  
 8452 Hirschau · Tel. 0 96 22/19-0  
 Telex 631 205 · Filialen:  
 1000 Berlin 30, Kurfürstenstr. 145, Tel. 0 30/2 61 70 59  
 8000 München 2, Schillerstraße 23a, Tel. 0 89/59 21 28  
 8500 Nürnberg, Leonhardstraße 3, Tel. 09 11/26 32 80

## Kaiserslautern

### baco-elektronik

für den Bastler-Hobbyelektroniker  
Batterien, Lautsprecher, Halbleiter,  
Elektronikzubehör usw.  
Königstr. 29, 6750 Kaiserslautern  
Tel. 06 31/6 00 10

### 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.: 08341/14267  
Electronic-Bauteile zu  
günstigen Preisen

## Koblenz

### hobby-electronic-3000

#### SB-Electronic-Markt

für Hobby — Beruf — Industrie  
5400 KOBLENZ, Viktoriastr. 8—12  
2. Eingang Parkplatz Kaufhof  
Tel. (02 61) 3 20 83

## Köln

### Fachgeschäft für:

antennen, funkgeräte, bauteile  
und zubehör

### 2x in Köln P + elektronik

5000 KÖLN 80, Buchheimer Straße 19  
5000 KÖLN 1, Aachener Straße 27

### Pöschmann Elektronische Bauelemente

Wir  
versuchen  
auch gern  
Ihre  
speziellen  
technischen  
Probleme  
zu lösen.

SKöla1 Friesenplatz 13 Telefon (0221) 231673

## Lippstadt



electronic

4780 Lippstadt, Erwitter Str. 4  
Telefon 0 29 41/1 79 40

## Lüdenscheid

### rge

Bauteile, Bausätze u. Platinenherst. für den  
HOBBY ELEKTRONIKER  
5880 Lüdenscheid  
Am Reckenstück 13 Tel. (02351) 18536

## Memmingen

### Karl Schötta ELEKTRONIK

Spitalmühlweg 28 · 8940 Memmingen  
Tel.: 0 83 31/6 16 98  
Ladenverkauf: Kempfer Str. 16  
8940 Memmingen · Tel. 0 83 31/8 26 08

## Minden

### Dr. Böhm

Elektron. Orgeln u. Bausätze  
Kuhlenstr. 130—132, 4950 Minden  
Tel. (05 71) 5 20 31, Telex 9 7 772

## Moers

**NÜRNBERG-ELECTRONIC-VERTRIEB**  
Uerdinger Straße 121  
4130 Moers 1  
Telefon 0 28 41 / 3 22 21

## München



### RADIO-RIM GmbH

Bayerstr. 25, 8000 München 2  
Telefon 0 89 / 55 72 21  
Telex 5 29 166 rrim-d  
Alles aus einem Haus

## Münster

### Elektronikladen

Mikro-Computer, Digital-, NF- und HF-Technik  
Hammerstr. 157 — 4400 Münster  
Tel. (02 51) 79 51 25

## Neumünster

### Jörg Bassenberg

Ingenieur (grad.)

Bauelemente der NF-, HF-Technik u. Elektronik  
3300 Braunschweig · Nußbergstraße 9  
2350 Neumünster · Beethovenstraße 37

## Nidda

### Hobby Elektronik Nidda

Raun 21, Tel. 0 60 43/27 64  
6478 Nidda 1

## Nürnberg

### Radio - TAUBMANN

Seit 1928  
Vordere Sternsgasse 11 · 8500 Nürnberg  
Ruf (09 11) 22 41 87  
Elektronik-Bauteile, Modellbau,  
Transformatorbau, Fachbücher

## Oberursel

### Joe's Electronic Boutique

Heinrich Terwolbeck

Lautsprecher, Bausätze, KEF-Dynaudio, Potzius,  
Elektronische Bauteile, CB-Funk-Center, Hi-Fi-Laden

Taunusstraße 105 · 6370 Oberursel  
Tel. 0 61 71/5 63 38

## Offenbach

### rail-elektronic gmbh

Friedrichstraße 2, 6050 Offenbach  
Telefon 06 11/88 20 72

Elektronische Bauteile, Verkauf und Fertigung

## Oldenburg

### e — b — c utz kohl gmbh

Elektronik-Fachgeschäft  
Nordstr. 10 — 2900 Oldenburg  
04 41 — 1 59 42

## Regensburg

### Jodlbauer-Elektronik

Bauteile — Halbleiter — Geräte  
Funkartikel/Fernsteuerungen  
Woehrdrstraße 7, Telefon 0 941 / 57924

## Remscheid-Lennep

**SETTNER**  
FÜR HOBBY-INDUSTRIE

Elektronik-Bauteile

Ätzanlagen — Siebdruckanlagen

Speicherbausteine

Alter Markt 5, 5630 Remscheid-Lennep  
Ruf 0 21 91/66 50 50

## Schwetzingen

### Heinz Schäfer

Elektronik-Groß- und Einzelhandel  
Mannheimer Straße 54, Ruf (0 62 02) 1 8054  
Katalogschutzgebühr DM 5,— und  
DM 2,30 Versandkosten

## Siegburg

**E. NEUMERKEL**  
GROSSHANDEL · ELEKTRONIK

Kaiserstraße 52, 5200 Siegburg  
Tel. 0 22 41/5 07 95

## Singen

### Firma Radio Schellhammer GmbH

7700 Singen · Freibühlstraße 21—23  
Tel. (0 77 31) 6 50 63 · Postfach 620  
Abt. 4 Hobby-Elektronik

## Solingen

### RADIO-CITY-ELECTRONIC

**ECE**  
Ufergarten 17, 5650 Solingen 1,  
Telefon (0 21 22) 2 72 33 und  
Nobelstraße 11, 5090 Leverkusen,  
Telefon (0 21 4) 4 90 40  
Ihr großer Electronic-Markt

## Stuttgart

**Art** Elektronik OHG

Das Einkaufscenter für Bauelemente der  
Elektronik, 7000 Stuttgart 1, Katharinen-  
straße 22, Telefon 24 57 46.

**sesta**  
tron

Elektronik für Hobby und Industrie

Walckerstraße 4 (Ecke Schmidener Straße)  
SSB Linie 2 — Gnesener Straße  
7000 Stuttgart-Bad Cannstatt, Telefon (07 11) 55 22 90

## Velbert

### PFORR Electronic

Groß- u. Einzelhandel für elektronische  
Bauelemente u. Baugruppen,  
Funktechnik 5620 Velbert 1  
Kurze Straße 10 · Tel. 0 21 24/5 49 16

## Würzburg

**MP-TRONIC**

Micro-Processor-Electronic-GmbH  
Elektronik+Mikrocomputer Fachgeschäft  
mit Ent.-Abt. für industrielle Steuerungen  
Wagnerstraße 14, 8700 Würzburg  
Tel.: 09 31/28 35 28

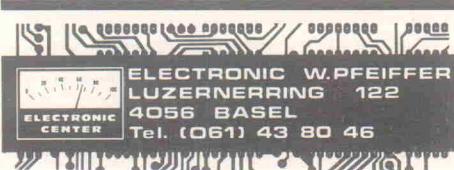
## Aarau

**DAHMS ELECTRONIC AG**  
5000 Aarau, Buchserstrasse 34  
Telefon 064/22 77 66

## Baden

**P-SOUND ELEKTRONIK**  
Peter Stadelmann  
Obere Halde 34  
5400 Baden

## Basel



Elektronische Bauelemente und Messinstrumente für Industrie, Schulen und den Hobbyelektroniker!

## ELECTRONIC-SHOP

M. GISIN  
4057 Basel, Feldbergstrasse 101  
Telefon (061) 32 23 23

## Gertsch Electronic

4055 Basel, Rixheimerstrasse 7  
Telefon (061) 43 73 77/43 32 25

## Bern

**INTERELEKTRONIK**  
3012 Bern, Marzillistrasse 32  
Telefon (031) 22 10 15

## Fontainemelon

**URS MEYER ELECTRONIC**  
CH-2052 Fontainemelon, Bellevue 17  
Telefon 038 53 43 43, Telex 35 576 melec

## Genève

**IRCO**  
ELECTRONIC CENTER

1211-Genève 4, Rue Jean Violette 3  
Téléphone (022) 20 33 06 - Télex 28 546

## Luzern

# electronic shop

Elektron. Bauteile, Bausätze, Lautspr.-Bausätze, -Chassis, Lichtorgeln, Messgeräte usw.  
Hirschmattstr. 25, Luzern, Tel. (041) 23 40 24

albert gut  
modellbau - electronic  
041-36 25 07

flug-, schiff- und automodelle  
elektronische bauelemente - bausätze

ALBERT GUT - HUNENBERG/STRASSE 1 - CH-6006 LUZERN

## Hunziker Modellbau + Elektronik

Bruchstraße 50-52, CH-6003 Luzern  
Tel. (041) 22 28 28, Telex 72 440 hunel  
Elektronische Bauteile -  
Messinstrumente - Gehäuse  
Elektronische Bausätze - Fachliteratur

## Solothurn

**SUS-ELEKTRONIK**  
U. Skorpiol  
4500 Solothurn, Theatergasse 25  
Telefon (065) 22 41 11

## Spreitenbach

**MÜLEK** ... alles für

### Modellbau + Elektronik

Mülek-Modellbaucenter  
Tivoli  
8958 Spreitenbach  
Öffnungszeiten  
10.00-20.00 Uhr

## Thun

  
Elektronik-Bauteile  
Rolf Dreyer  
3600 Thun, Bernstrasse 15  
Telefon (033) 22 61 88

**FES**  
Funk + Elektronik

3612 Steffisburg, Thunstrasse 53  
Telefon (033) 37 70 30/45 14 10

**HMB**  
electronic

Eigerplatz + Waisenhausstr. 8  
3600 Thun  
Tel. (033) 22 66 88

## Wallisellen

**MÜLEK** ... alles für

### Modellbau + Elektronik

Mülek-Modellbaucenter  
Glattzentrum  
8304 Wallisellen

Öffnungszeiten  
9.00-20.00 Uhr

## Zürich

**AM**

**ALFRED MATTERN AG  
ELEKTRONIK**  
Häringstr. 16, 8025 Zürich 1  
Tel. (01) 47 75 33

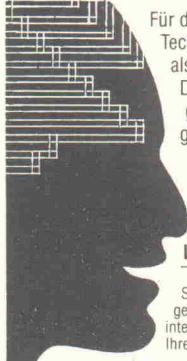
**ZEV**  
ELECTRONIC AG

Tramstrasse 11  
8050 Zürich  
Telefon (01) 3 12 22 67

Ihre Kontaktadresse für  
Elrad Schweiz:

ES Electronic Service  
Postfach 425, CH-3074 Muri/Bern

# Elektronik kapieren durch Experimentieren



Für das Verständnis der elektronischen Techniken hat sich der Laborversuch als überlegener Lernweg erwiesen. Durch selbst erlebte Versuche begreift man schneller und behält die gewonnenen Erkenntnisse dauerhaft im Gedächtnis. Das ist der erfolgreiche Weg der Laborlehrgänge nach der seit 50 Jahren bewährten Methode Christiani:

Lesen + Experimentieren + Sehen = Verstehen = Anwenden können.

Sie erhalten kostenlos Lehrpläne und ausführliche Informationen über erwachsenengerechte Weiterbildung mit Christiani-Fernlehrgängen. Anzeige ausschneiden, die Sie interessierenden Lehrgänge ankreuzen, auf Kontaktkarte kleben oder im Umschlag mit Ihrer Anschrift absenden an

**Dr.-Ing. Christiani Technisches Lehrinstitut 7750 Konstanz**  
Postfach 3957 Schnelle Information: 0 07531-54021 · Telex 07 33304

Osterreich: Ferntechnikum 6901 Bregenz 9 · Schweiz: Lehrinstitut Onken 8280 Kreuzlingen 6

## Plexiglas-Reste

3 mm farblos 38x50 cm 5,-  
rot, gelb, weiß transparent 5,-  
für 1 LED 30x30 cm je Stück 4,50  
3 mm dick weiß, 45x60 cm 8,50  
6 mm dick farb. z. B. 50x40 cm 12,-  
Rauschglas 3 mm dick 60x90 cm 20,-  
Rauschglas 5 mm dick 50x40 cm 25,-  
Rauschglas 10 mm dick 50x40 cm 20,-  
Rauschglas-Reste 3 mm dick 5,-  
Plexiglas-Kleber Acrifix 92,- kg 5,-  
Plexiglas-Kleber Acrifix 92,- kg 5,-

Ing. (grad.) D. Fitzner, Telefon 30 32 51  
1000 Berlin 32 Tel. (0 30) 24 86 06  
oder 86 15 55 00  
Kein Ladenverkauf!

**NEU!**  
100seitiger  
Electronic-Katalog  
gegen 2,00 DM  
(Briefmarken)  
**Brigitte Lüdemann**  
Electronic  
2720 Rotenburg  
Postfach 1470

## Solarzellen

50 W (0,5 V; 50 mA) DM 4,15  
200 W (0,5 V; 225 mA) DM 10,50  
1000 W (0,5 V; 1 A) DM 27,50  
  
Dipl.-Ing. M. Scheuber  
Postfach 5472  
3000 Hannover 1

Anzeigen-  
schluß  
für die  
nächst-  
erreich-  
bare  
Ausgabe,  
Heft  
10/81,  
ist der  
20. 8.  
1981.

HAMEG-Oszilloskope:  
\*HM 307-3, 1x 10 MHz\*;  
\*HM 312-8, 2x 20 MHz\*;  
\*HM 412-5, 2x 20 MHz\*;  
\*HM 512-8, 2x 50 MHz\*.  
Keine Versandkosten!  
Kurze Lieferzeiten! Bitte  
Preisliste 5/81 anfordern!

KOX ELECTRONIC, Pf.  
501528, 5000 KÖLN 50,  
Tel. (02 21) 35 39 55



für den schnellen, lötfreien  
Aufbau von elektronischen  
Schaltungen aller Art!

· NGS 3 ·  
Analog - Labor

4 Geräte in Einem



3 Festspannungen -15, +5, +15 Volt  
1 var. Spannung 0,7 - 25 Volt  
1 Digitalvoltmeter ± 1 mV bis ± 1000V  
1 MKS · Profi - Set 1560 Kontakte  
mit sämtl. Zubehör

Preis incl. MwSt. DM 532,80

## BEKATRON

G. m. b. H.

D-8907 Thannhausen

Tel. 08281-2444 Tx. 531 228

## TOP-SOUND

Spitzenorgeln zum Selbstbau  
in modernster Digitaltechnik



Farbkatalog gratis anfordern!

Postfach 21 09/40, 4950 Minden  
Telefon (05 71) 5 20 31

Die ganze Welt des Lautsprecherbaus  
Gehäuse, Systeme, Weichen, Zubehör von A-Z

KEF, Lowther, Shackman R.A.E. modifiziert, Jor-  
danov, Decca, Emit, Wharfedale, Dr. Podszus. Dynaudio,  
Volt, Scan-Speak, Valvo, Pioneer, Becker, Audax,  
Electro-Voice, JBL, Celestion, Luftspulen mit 16 mH/  
0/0,21 mm/0,7 Ohm MP-Kondensatoren, Folienkon-  
densatoren, Elkos, Langfaserwolle für T.L., Spezialwei-  
chen 1. Güte.

Wharfedale E90 DM 994,-  
incl. Weiche

ELRAD Transmission Line (2/79)  
DM 598,- incl. Weiche.

ELRAD Vierweg 4000/S  
(11/80) DM 598,- incl. Weiche/  
Holz,

KEF Calinda DM 395,-  
incl. Weiche

Kef 101 DM 282,50

incl. Weiche,

Wharfedale E50 DM 497,20 RÖMER-E.L.S.-Horn  
incl. Weiche DM 820,- incl. Weiche

Wharfedale E70 DM 678,- Spendor BC 1 DM 650,-  
incl. Weiche

50seitigen Katalog mit bisher in Deutschland unver-  
öffentlichten Bauplänen gegen DM 5,- Schein.

Wer weiß, worauf's beim Lautsprecher ankommt?



La  
Difference

R.A.E. GmbH

Adalbertsteinweg 253, 51 Aachen, 02 41/51 1297  
Bausstraße 45, 41 Duisburg 12

Wir haben ständig Selbstbauboxen vorführbereit, denn  
Lautsprecherbau ist nicht nur Vertrauenssache.

## Lautsprecher!

Unglaublich günstig!

Audax · Celestion · Goodmans  
HADOS · JBL · Klipsch · Monacor  
Multicel · Piezo · RCF · Richard Allen  
Visaton · Wharfedale

Alles für den Selbstbau!

Kostenlose Computerberechnung  
von LS-Weichen und Bassreflexboxen!  
Umfangreiches Bausatzprogramm!  
Preisliste kostenlos · Katalog 3.50 Brieffm.

**C. PIRANG** HiFi · Disco · P.A.  
HOCHWEG 1 8951 INGENRIED

## Fachberatung für Modell-Elektronik

Jeder Elektronik-Bastler kennt die Tücken der Elektronik. Hier kann Ihnen der Fachmann helfen. Bitte wenden Sie sich mit Ihren Problemen an meine Fachberatung für Modell-Elektronik. Mein Schwerpunkt liegt auf Modelleisenbahntechnik; d. h. Planung, Entwicklung und Bau von Blocksteuerungen, Mehrzugsteuerungen und Programmsteuerungen (Basic).

Fordern Sie meinen Katalog an.

Fachberatung für Modell-Elektronik

**Dieter Sander**

Kurt-Schumacher-Straße 10b

7500 Karlsruhe 21

Tel. 07 21/7 28 26 (ab 17.00 Uhr)

## Spezialbauteile für Elrad-Projekte

BC 550 ..... 0,40 DM Klatschschalter (Bausatz) 40,00 DM  
BF 470 ..... 1,55 DM Gurtalarm (Bausatz) ..... 16,50 DM  
BF 469 ..... 1,70 DM Verzögerung für Innen-  
ICL 8038 ..... 15,80 DM beleuchtung (Bausatz) ..... 6,00 DM  
Dreiklang-Gong(Bausatz) 20,50 DM

Netzteile (Bausatz) regelbar, kurzschlüssicher,

5-15 V/1 A ..... 21,00 DM  
5-15 V/3 A ..... 29,50 DM  
Labornetzteil 0-30 V/3 A ..... 49,50 DM

kurzschlüssicher, passende Trafos auf Anfrage.

**G. u. J. Bollmann**

Elektronische Bauteile und Funkzubehör

Graf-Erpo-Str. 6, 3050 Wunstorf 1, Tel.: 05031/13771

## Kennen Sie schon das Elrad-Buchprogramm?

Nähere Informationen  
erhalten Sie bei Ihrem  
Fachhändler oder direkt bei  
elrad.

Larsholt-UKW-Modul	1x0,14 10 m Ring	DM	1,00
7254	DM 123,50		
BC 182	-25	Potis 6 mm Achse	
BC 212	-23	mono lin/log	DM 1,20
BC 547 B	-23	stereo lin/log	DM 2,85
BC 557 B	-23	Stufenschalter	
2 N 3055 RCA	2,85	4x3/1x12/2x6 Kon.	DM 3,30
TL 081	1,85	Trafo's	
TL 082	2,45	NTR 201 2x12V/	
NE555	-94	2x1A	DM 14,60
LM 741	-94	NTR 230 2x18V/	
LM 3914 N	9,40	2x2,4A	DM 35,40
3916	13,70	NTR 221 2x12V/	
Z-Dioden 24-33V	-27	2x0,4A	DM 10,20
1 N 4148	-08	RKT 8222 2x22V/	
Skalen LED gelb	-50	80VA	DM 46,75
Litze abgeschirmt		(NTR 221 Print/RKT Ringkern)	
1x0,20 10 m Ring	1,20		

Sortiment Kohleschichtw. Tol. 5% 1/3 Watt  
67 Werte a.

10 Stück DM 30,00

Metallfilmwiderstände Tol. 2% 1/4 Watt

Stück DM -25

Versand per NN

K.-H. Müller, Elektrotechn.-Anlagen, Wehden 294  
4995 Stemwede 3, Tel. 0 57 73/16 63

Sortimente:

3-K-Lichtorgel hohe Empfind-  
lichkeit, kleiner Aufbau

16,85

Gehäuse grün

8,15

Stabil Netzgerät 1-30V/

1,5Amp.

38,80

Universal-Sirene

(Kojak, Z-Car; Red Alert)

28,65

HiFi-Mini-Kraftpaket

Hybridverstärker Musik:

40 Watt/8 Sanyo STK-056

16,35

CB-Magnet-Antenne

28,90

Gehäuse ab

3,60

Sortimente:

20 Widerstände 2-8 Watt

2,50

50 Widerstände 1/4 & 1/3 Watt

2,-

Elko's min 25 Stck

4,-

Widerstände:

Metallfilm viele Werte 1/2W 1%-25

Kohleschicht 0,25, 0,33 W

-0,05



## Preisbeispiele

Transistoren:	BC 107 -39	BD 675	1,60	Opto:	LED 3 mm und 5 mm	2,60
	BC 160 -87	TIP 140	3,85		rot/grün/gelb -,30	
	BC 327 -21	TIP 2955	3,04		Duo-LED rot/grün	
	BC 307 -18	Tip 3055	3,02		3-pol. 5 mm	33,95
	BD 135 -76	MSE 3055	3,76		Blink-LED 5 mm	
	BD 241 1,30	MJ 2955	4,42		rot	19,80
	BD 650 3,06	2 N 3055	1,45		Sensor-Einbautasten	
					rot/grün/gelb -,90	8,10
Infrarot-LED	Empfänger	BPW 34	5,85			
CQY 89,205						
Gleichrichter flach:				STAHLBLECHGEHÄUSE mit		
B 40 C 3200/2200				Chassis Hammerschlag		
B 40 C 5000/3000				Restbestand 44,30		
B 80 C 1500/1000						
B 80 C 3200/2200						
B 80 C 5000/3000						
250V/25 Amp.				Drehspul-Einbauinstrument		
				50x45 mm/37 mm Ø100 U.A.	17,65	
				1 A/3A/15 V/30 V/50 V	16,85	

Elektronik Vertrieb Ute Heickmann, Starenweg 15, 4720 Beckum, Tel. 0 25 25/18 05

<p><b>AVE</b> <b>Audio-Visual Education</b> (Audio-visuelle Erziehung)</p> <p>Besteht ein Unterricht z. B. nur aus einer Vorlesung, werden vor allem die Gehörsinne angesprochen, der Unterricht ist dann 'auditiv' (das Hören betreffend). Eine andere Möglichkeit ist die Einbeziehung von z. B. Klarsichtfolien, Dias oder Bildschirmgrafiken. Dadurch werden 'visuelle' Eindrücke vermittelt. Beispielsweise ist ein Sprachkursus im Fernsehen ein typischer Fall audio-visueller Erziehung.</p>	<p><b>IR</b> <b>Infrarot</b> (Infrared)</p> <p>Damit bezeichnet man denjenigen Bereich elektromagnetischer Strahlungen, der sich am langwelligen Ende des sichtbaren Lichtes anschließt und Wellenlängen zwischen 750 nm und 1 mm zugeordnet wird. Das entspricht elektromagnetischen Schwingungen mit Frequenzen zwischen <math>4 \cdot 10^{14}</math> Hz und <math>3 \cdot 10^{11}</math> Hz.</p>
<p><b>CESSY</b> <b>Compact Energy Saving System</b> (Kompaktes Energiesparsystem)</p> <p>Von ITT in Esslingen entwickeltes Ablenksystem für Fernseher mit 60 Watt Leistungsaufnahme. Es wird eine Thyristor-Speisestromregelung verwendet, wobei der Schaltung jeweils nur soviel Energie zugeführt wird, wie für den Ablenkvorgang nötig ist.</p>	<p><b>IRED</b> <b>Infrared Emitting Diode</b> (Infrarot emittierende Diode)</p> <p>Bezeichnung für Leuchtdioden, deren Emission für das menschliche Auge nicht sichtbar ist. Das Maximum der Strahlung liegt nämlich in der Regel bei einer Wellenlänge von etwa <math>1 \mu\text{m}</math>, also etwas neben der sichtbaren Rotstrahlung. Vorteil: Der Betrieb mit einer IRED kann nicht durch Umgebungslicht gestört werden.</p>
<p><b>CPS</b> <b>Characters Per Second</b> (Zeichen pro Sekunde)</p> <p>Für Drucker wird manchmal angegeben, wieviele Zeichen pro Sekunde sie auf das Papier bringen können. Bei 'Teleprint'-Maschinen (modernerer Ersatz für die alten Teletypes, TTY) kann man umschalten zwischen 10 CPS und 30 CPS (entsprechend Übertragungsraten von 110 Bd bzw. 300 Bd).</p>	<p><b>LPM</b> <b>Lines Per Minute</b> (Zeilen pro Minute)</p> <p>Wichtige Angabe bei Druckern. In der Regel genügt es nämlich nicht, die Anzahl der ausdruckbaren Zeichen pro Sekunde oder Minute anzugeben, denn es wird ja auch einige Zeit für den Rücklauf des Druckkopfes und den Papiertransport benötigt. Immer mehr Drucker schreiben allerdings in beiden Richtungen.</p>
<p><b>CRM</b> <b>Certified Reference Material</b> (Zertifiziertes Referenzmaterial)</p> <p>Referenzmaterial (RM) ist nötig, um physikalische Größen überprüfen zu können. Beispielsweise braucht man eine Referenzkassette (Referenzband), wenn ein Kassettenrecorder auf optimale Schreib-/Lesespannung einzustellen ist. Wenn dafür Referenzwerte (Bezugswerte) in einer Norm festgelegt sind, wird irgendein Staatsinstitut (z. B. PTB) ein entsprechendes primäres RM aufbewahren. Gerätehersteller und Servicetechniker können davon abgeleitete SRM kaufen (s. dort) und dazu ein amtliches Zertifikat bekommen → CRM.</p>	<p><b>UUT</b> <b>Unit Under Test</b> (Gerät im Test)</p> <p>Während die Abkürzung DUT (Device Under Test) eher im Zusammenhang mit dem Test von Bauelementen benutzt wird, sieht man UUT dann häufig, wenn Baugruppen oder Geräte die Testobjekte sind.</p>
<p><b>DUT</b> <b>Device Under Test</b> (Komponente im Test)</p> <p>Fachkürzel aus dem ATE-Bereich (s. dort). Man bezeichnetet damit den in einer automatischen Testeinrichtung befindlichen Prüfling. Aber auch ganz allgemein verwendet man diese Bezeichnung bei Prüfläufen.</p>	<p><b>UV</b> <b>Ultraviolett</b></p> <p>Damit bezeichnet man denjenigen Bereich elektromagnetischer Strahlung, der sich an das kurzwellige Ende des sichtbaren Lichtes anschließt und Wellenlängen zwischen 400 nm und 20 nm zugeordnet wird. Das entspricht elektromagnetischen Schwingungen mit Frequenzen zwischen <math>7,5 \cdot 10^{14}</math> Hz und <math>1,5 \cdot 10^{16}</math> Hz.</p>
<p><b>EVU</b> <b>Elektroversorgungsunternehmen</b></p> <p>Oft verwendete Bezeichnung für Elektrizitätswerke, Kraftwerke bzw. Konzerne. Während bislang vor allem aus Kohle- oder Wasserkraftwerken der Strom über eigene Netze verteilt und verkauft wurde, sind die großen EVU heute auch Bauherren und Betreiber von Atomkraftwerken (AKW).</p>	<p><b>VLED</b> <b>Visible Light Emitting Diode</b> (LED mit sichtbarer Emission)</p> <p>Für beispielsweise Lichtschranken werden häufig LEDs verwendet, die im Infrarotbereich emittieren, weil die zugehörigen Empfänger dann durch das Umgebungslicht nicht gestört werden können. Zur Unterscheidung davon werden darum Dioden, deren Emission im sichtbaren Bereich liegt (z. B. Grün oder Rot), manchmal VLED genannt.</p>



# Gewinnanforderung

Bitte übersenden Sie mir für den vermittelten neuen elrad-Abonenten, sobald dieser seine erste Abonnement-Rechnung bezahlt hat:

Ich nehme selbstverständlich an der Verlosung am 8. 7. 1981 teil!

Ich brauche noch weitere Teilnehmerkarten.

Name/Vorname \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

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

Datum/Unterschrift \_\_\_\_\_

Zutreffendes ist angekreuzt!

Bitte einsenden an:

elrad-Verlag Heinz Heise Hannover KG  
Leserservice  
Postfach 27 46  
3000 Hannover 1

Den Betrag von DM 24,- habe ich  
auf Ihr Konto

Postscheck Hannover,  
Konto-Nr. 93 05-308;  
 Kreissparkasse Hannover,  
Konto-Nr. 000-0 19968

überwiesen.

Bitte geben Sie unbedingt auf dem  
Überweisungsbeleg „Folien-Abonne-  
ment“ an.

Abbuchungen sind aus organisatori-  
schen Gründen nicht möglich.

Datum \_\_\_\_\_  
Unterschrift (für Jugendl. unter  
18 J. der Erziehungsberechtigte)

**elrad**  
Magazin für Elektronik  
Verlag Heinz Heise Hannover KG  
Postfach 27 46  
3000 Hannover 1

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

**elrad**  
Kontaktkarte

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

**elrad**  
Kontaktkarte

Bitte mit  
50 Pfennig  
freimachen

Absender  
(Bitte deutlich ausfüllen)

Vorname/Name \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Absender  
(Bitte deutlich ausfüllen)

Vorname/Name \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Absender  
(Bitte deutlich ausfüllen)

Vorname/Name \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Telefon-Vorwahl Rufnummer \_\_\_\_\_

PLZ \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_

Telefon-Vorwahl Rufnummer \_\_\_\_\_

PLZ \_\_\_\_\_

PLZ \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_

Absender \_\_\_\_\_

# elrad-Leserangebote



In Originalgröße

## LCD-Miniwecker TAC 3

Der Miniwecker TAC 3 (er ist 65x32x11,5 mm klein), paßt in jedes Reisegepäck. Sie können die Uhrzeit wahlweise mit Sekunden oder Monatstag ablesen oder auch auf Tag – Monat – Jahr umschalten. Dabei bleibt der Tagesname ständig sichtbar. Man kann überhaupt an diesem Taschenwecker soviel ein-, um- und anstellen, daß es schon fast eines 'Führerscheins' bedarf, um alle Möglichkeiten voll auszuschöpfen.

**Preis: 49,50 DM**

+ 4,00 DM Versandspesen

## LCD-Radiowecker für Batteriebetrieb

Die Alternative zum Netz-Radiowecker (HDR 2000) ist unser LCD-Radiowecker HDR 1170. Bei diesem Modell wird das Radioteil mit einer 9-V-Batterie und die Uhr mit einer Knopfzelle versorgt. Die weiteren Merkmale sind: UKW/MW-Bereich, 24-Stunden-Anzeige, Schlummerautomatik, Beleuchtung der Flüssigkristallanzeige (LCD), Wecken mit Summtion und Radio, Teleskopantenne.

Gehäusegröße: 58x58x155 mm, Farbe: weiß.

**Preis: 75,00 DM**

+ 4,00 DM Versandspesen



## Radio-Digitaluhr HDR 2000

Der neue Radio-Wecker für Netzbetrieb hat eine 24-Stunden-Anzeige mit grünen Digitronziffern (Helligkeit regelbar). Der besondere Pfiff liegt in der Batteriereserve der Uhrenschaltung bei Netzausfall, so daß die Uhr nicht jedesmal neu gestellt werden muß. Zu den Selbstverständlichkeiten gehören UKW/MW-Bereich, Schlummerautomatik, Wecken durch Radio oder Summtion, Verriegelung der Zeiteinstelltasten gegen unbeabsichtigtes Verstellen. Der Klang ist bei einer Ausgangsleistung von 500mW und einem 8-cm-Lautsprecher erstaunlich gut. Gehäuse: schwarz mit beleuchteter Skala.

**Preis: 75,00 DM**

+ 4,00 DM Versandspesen

# Das Dynamikwunder selbstgebaut: Die WHARFEDALE E-Serie



- **Schalldruckstärkste Lautsprecherserie der Welt**
- **Fünffache Dynamik durchschnittlicher HiFi-Boxen**
- **Original-Bausatz (alle Lautsprecherchassis + Frequenzweiche) zum Nachbau der WHARFEDALE HiFi-Boxen:**

**E 90** 140/200 Watt, Schalldruck bei 1 Watt 95 dB, max. Schalldruck 120 dB **DM 998,-\***  
**E 70** 100/150 Watt, Schalldruck bei 1 Watt 95 dB, max. Schalldruck 118 dB **DM 645,-\***  
**E 50** 70/100 Watt, Schalldruck bei 1 Watt 95 dB, max. Schalldruck 116 dB **DM 398,-\***

\*Preise für 1 Stck. inkl. MwSt. ohne Gehäuse.



Membran Pollnow + Hoseit  
Silbersteinstraße 82  
1000 Berlin 44

Statronic  
Inh. Stapelfeld  
Eppendorfer Weg 244  
2000 Hamburg 20

La Difference  
Baustraße 45  
4100 Duisburg

RAE GmbH  
Adalbertsteinweg 253  
5100 Aachen

Stereophil Hanisch GmbH  
Deutschherrenufer 29  
6000 Frankfurt 70

NF-Laden Vertriebs-GmbH  
Sedanstraße 32  
8000 München 80

SCOPE ACOUSTICS GMBH  
GENERALVERTRETUNGEN FÜR  
BRD UND WESTBERLIN  
CURSCHMANNSTRASSE 20  
2000 HAMBURG 20  
TEL. 040/47 4222+460 3071  
TX 02-11699 RUWEG

**SCOPE**