

elrad

7,5 MHz- Oszilloskop



**elrad
Composer**

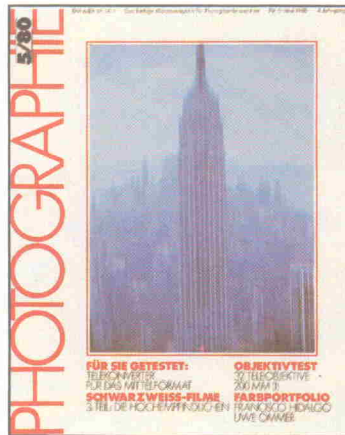
**Power-MOSFET-
Verstärker
Teil 2**

Michael Faraday

555 einmal anders

Die Photo-Zeitschriften

Bei Ihrem Photohändler. Am Kiosk. Oder direkt beim Verlag PHOTOGRAPHIE.



Neu
ab 1. September

PHOTOGRAPHIE,
die anspruchsvolle Photozeitschrift
für den engagierten Photoamateur und Berufs-
photographen. Mit exklusiven Portfolios,
Test- und Erfahrungsberichten, Phototechnik,
Photodidaktik, Aktualitäten usw.

PHOTOGRAPHIE

Meiers lehrreiches FOTOHEFT
bringt – als Einstieg, aber auch
als Ergänzung – das notwendige Basiswissen.
Damit Sie von Anfang an
photographieren können, statt teures
Lehrgeld zu bezahlen.

Meiers lehrreiches
FOTOHEFT



Auftrag

☐ Probe-Nr. DM/Fr. 7.- * ☐ persönl. Abonnement ☐ Geschenkabonnement
4225108 4223108 4224108

* Briefmarken oder Scheck beilegen!

Ich bestelle ab Heft Nr. _____ ein Jahresabonnement (12 Hefte)
von PHOTOGRAPHIE (Fr. 77.-/DM 84.-, Porto inbegriffen).

Kündigung sechs Wochen vor Abonnements-Ablauf, sonst erfolgt
automatische Belieferung für ein weiteres Jahr.

Name: _____

Strasse: _____

PLZ: _____ Ort: _____ Land: _____

Unterschrift: _____ Datum: _____

Geschenkabonnement für:

Name: _____

Strasse: _____

PLZ: _____ Ort: _____ Land: _____

Preisänderungen vorbehalten

Auftrag

☐ Probe-Nr. DM/Fr. 3.80 * ☐ persönl. Abonnement ☐ Geschenkabonnement
4225108 4223108 4224108

* Briefmarken oder Scheck beilegen!

Ich bestelle ab Heft Nr. _____ ein Jahresabonnement (12 Hefte)
von «Meiers lehrreiches FOTOHEFT» (Fr./DM 38.-, Porto inbegriffen).

Kündigung sechs Wochen vor Abonnements-Ablauf, sonst erfolgt
automatische Belieferung für ein weiteres Jahr.

Name: _____

Strasse: _____

PLZ: _____ Ort: _____ Land: _____

Unterschrift: _____ Datum: _____

Geschenkabonnement für:

Name: _____

Strasse: _____

PLZ: _____ Ort: _____ Land: _____

Preisänderungen vorbehalten

Verlag PHOTOGRAPHIE, Engelhardstrasse 10, D-8000 München 70, 089/77 27 77
Verlag PHOTOGRAPHIE, Schlagbaumstrasse 6, CH-8201 Schaffhausen, 053/5 00 03

als Haupt- oder Nebenberuf mit Farbfernsehtechnik und Reparatur-Praktikum durch bewährter. Fernlehrgang. 9 Prüf- und Meßgeräte werden mitgeliefert. Information kostenlos vom ISF-Lehrinstitut, 28 Bremen 34, Postf. 7026/ 7-12

[illegible]

krogloth electronic
Hillerstraße 6b — 8500 Nürnberg 80
Telefon (09 11) 32 83 06

300 Watt-PA (Elrad 10/80)
kpl. Bausatz o. Kühlkörper u. Trafo DM 114,90
Trafo: prim 220 V, sec. 47-0-47 V/5 A DM 89,—
pass. Kühlkörper fertig geböhrt DM 38,90
MJ 15003.. DM 13,40
MJ 15004.. DM 14,70

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



Bausatz 100W MOSFET PA 109,50
Modul 100W MOSFET PA 185,—
incl. Kühlwinkel u. Kühlkörper
Kühlkörper f. MONO PA 23,80
Kupferkühlwinkel MONO PA 9,90
Elko 4700 µF/63 V 7,35
Trafo 220 V/2x36 V 2,2 A (mono PA) 57,50
Trafo 220 V/2x36 V 4,5 A (stereo PA) 83,—
2 SK 134 16,80
2 SJ 49 16,80
BC 550 —,25 BF 469 1,— BF 470 1,—

HAMEG Oszilloskope
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,—

AC 187/188	1,90	2 N 3054	2,30
AD 161/162	2,25	2 N 3055	1,40
AF 239 S	1,70	2 N 3553	4,90
AF 279 S	2,40	2 N 3866	1,80
BC 107b	—40	3 N 200	5,90
BC 140-10	—70	40673	3,20
BC 161-10	—70	40841	2,75
BC 177 a, b	—45		
BC 237 b	—20	2 N 6080	19,—
BC 307b	—20	2 N 6081	29,—
BC 328-16	—25	2 N 6082	33,50
BC 338-16	—25	2 N 6083	38,50
BC 547 b	—20	2 N 6084	49,50
BC 557 b	—20	2 N 5590	21,90
BD 136	—65	2 N 5591	32,—
BD 137	—65	2 N 5944	25,50
BD 138	—70	2 N 5945	36,50
BD 139	—80	2 N 5946	43,90
BD 140	—80	MRF 208	36,—
BF 167	—70	MRF 216	54,50
BF 173	—70	MRF 243	109,—
BF 199	—30	MRF 245	119,—
BF 245	—85	MRF 450 A	40,90
BF 459	—75	MRF 453	54,60
BF 500	1,75	MRF 641	62,50
BF 581	2,50	MRF 644	71,—
BFR 34 a	4,40	MRF 646	79,90
BFT 66	5,50	MRF 648	113,—
BFV 90	1,45	8080 A	12,90
J 300	1,20	8085	19,90
J 310	1,40	8202	89,—
MJ 2955	3,50	8224	8,50
MJE 2955	3,30	8228	8,90
MJ 3000	3,50	8251	15,50
MJ 3055	3,80	8253	24,50
MJE 3055	3,—	8255	13,20
TIP 2955	2,10	6520	13,80
TIP 3055	2,10	6522	24,90
2 N 918	1,—	2716 5 V	22,50
2 N 1613	—60	2532	59,—

Aktuelle Bauteile

E 430	6,80	DG 7-32	135,—	BAV 20	—30
2 N 5551	1,40	Fassung		BC 172 c	—30
BF 199	—30	f. DG 7-32	6,50	BC 252 c	—30
LM 733	2,10	BA 158	—35	MU 55530	49,—

Bausatz 7,5 MHz Oszilloskop auf Anfrage.

Metallschichtwiderstände für Elrad Oszilloskop, 19 Stück 6,45

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

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

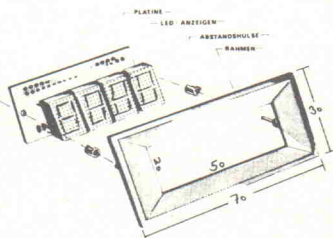
Postscheckkonto Nürnberg 2 758 94-857 (BLZ 760 100 85)

Katalog gegen 1,80 incl. Porto

NEU

4x7 SEGMENT-ANZEIGE-DISPLAY

Komplett mit Einbaurahmen,
farbiger Scheibe, Epoxy-Platine
gebohrt, 4 Stück 13,5 mm Si-
emens-Anzeigen, Abstandshülsen
und Schrauben. Nicht verlötet.

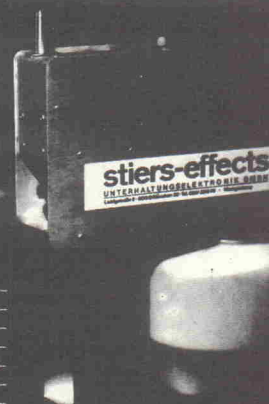


Bitte fragen Sie den Fachhändler

LOTHAR PUTZKE

Vertrieb von Kunststoffzeugnissen
und Steuerungs-Geräten für die Elektronik, Postf. 47,
Hildesheimer Str. 306 H, 3014 Laatzen 3, Tel. (0 51 02) 42 34

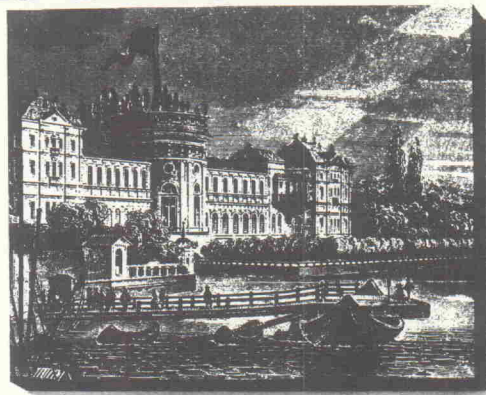
stiers
munich germany
Licht-Ton-Effekte



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

Beschichten - dann belichten.



Zwei Minuten nur – und Sie sind überrascht und
überzeugt zugleich. Länger dauert die Entwicklung
nicht. Dann ist das Schaltbild oder Ihr Kupferstich voll
und konturenscharf da. Der flinke Helfer: POSITIV 20
– der neue blaue Fotolack. Er erlaubt selbst dem
Ungeübten die problemlose Herstellung von Leiter-
platten in allen Formaten und die präzise Übertragung
von Bildelementen auf Werkstoffe wie Acrylharz, Alu-
minium usw. Jetzt können Sie transparent gezeichnete
oder geklebte Schaltungen direkt auf Platinen kopie-
ren: mit POSITIV 20 problemlos beschichten – dann ein-
fach belichten. Randscharfe Auflösung der Bild-
elemente ist das Ergebnis. Ganz neu: PAUSKLAR 21 –
der perfekte Transparent-Spray macht Papier durch-
scheinend und durchlässig für ultraviolettes Licht.

So helfen Produkte der Kontakt-Chemie Zeit und
Kosten sparen. Darauf vertrauen Fachleute in aller Welt
– schon seit über zwei Jahrzehnten. Gern senden wir
Ihnen ausführliche Informationen. Schicken Sie uns
den Coupon.

Informations-Coupon

WWW ER 9/81

- ☐ Ich möchte mehr über POSITIV 20 wissen und bitte um
Zusendung Ihrer kostenlosen Broschüre „Gedruckte
Schaltungen selberrichten“.
- ☐ Bitte schicken Sie mir zusätzlich Ihre kosten-
lose Broschüre „Saubere Kontakte“ mit
nützlichen Werkstatt-Tips.

Firma _____
Name _____
Ort _____
Straße _____
Tel. _____

KONTAKT 7550 Rastatt
CHEMIE Postfach 1609
Telefon 07222 / 34296



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. Röbbke (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 Veröffent-
lichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung
durch die Redaktion vom Herausgeber nicht
übernommen werden. Die geltenden gesetz-
lichen und postalischen Bestimmungen bei
Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme von
Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu
beachten.

Sämtliche Veröffentlichungen in Elrad erfol-
gen 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

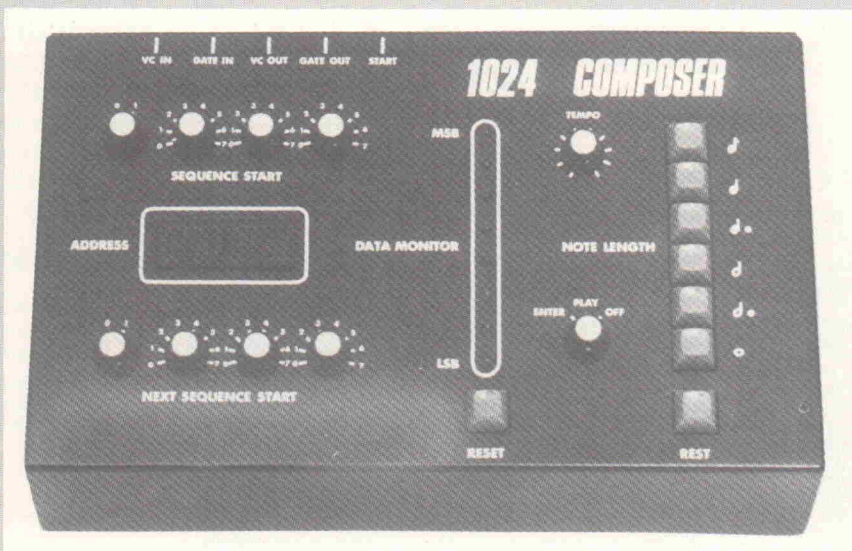
7,5 MHz Oszilloskop



Ein Gerät so recht nach den Wünschen
der Hobby-Elektroniker, klein, handlich,
leistungsfähig und netzunabhängig. Es
sollte in keinem Hobby-Labor fehlen!

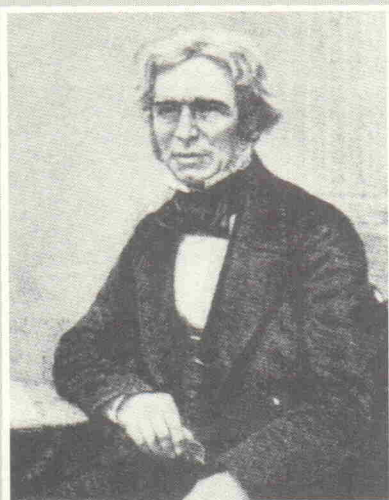
Seite 11

Der Elrad-Composer



Der hier vorgestellte '1024-Composer' kann einen Synthesizer so steuern, daß er
sich wiederholende vorprogrammierte Tonfolgen abgibt — mit anderen Worten:
er ist ein Sequencer. Dies können kurze Folgen oder längere Kompositionen mit
bis zu 1024 Einzeltönen sein, die dann schon einige Minuten dauern.

Seite 18



Michael Faraday

In zwangloser Reihenfolge wird Elrad von diesem Heft ab Pioniere der Elektrizität und Elektronik vorstellen. Wir beginnen mit Forschern, die einen wichtigen Beitrag zur Entdeckung der Elektrizität geleistet haben. Später stellen wir Ihnen einige Wegbereiter der Elektronik vor. Im Mittelpunkt dieses Artikels steht einer der genialsten Experimentatoren und Entdecker der modernen Naturwissenschaften: Michael Faraday.

Seite 25

Elrad intern 10

Die Krönung des Meßgeräteparcs:
7,5 MHz Oszilloskop, Teil 1 11
klein aber fein

Der Sequencer für den Synthesizer
Der Elrad-Composer 18
Speicherplatz für tausend Töne

Berühmte Namen:
Michael Faraday 25
Ein Pionier der Elektrizität

Neue Schaltungsvarianten
555/7555 28
einmal anders

Produktneuheiten 31

Computing Today

Numerische Mathematik, Teil 12 33

PET-Bit # 13 35

Berechnung von Einstellschaltern 37

Buchbesprechungen 40

Jetzt geht es in die Theorie:
Power-MOSFET-Verstärker, Teil 2 42
Schaltungstechniken und Konstruktionsmerkmale

Englisch für Elektroniker 52

HiFi

Neue Meßmethoden für Lautsprecher 55

HiFi-Neuheiten 59

Messebericht:
'ham-radio '81' 60

Tech-tips 62

Elektronik-Einkaufsverzeichnis 64

Abkürzungen 68

Und was bringt das

Oktober-Heft?



Für den Musiker
Polysynth
..... ausbaubar auf acht VCOs

Berühmte Namen:
James Clark Maxwell

Das Wochenendprojekt:
Klinken-Tester

Mechanik und Abgleich
7,5 MHz Oszilloskop, Teil 2 (Schluß)

Für die Schaltungssammlung
Praktische Temperaturschaltungen

Zusammenbau und Verdrahtung
der Stereo-Version
Power-MOSFET-Verstärker, Teil 3

im HiFi-Teil lesen Sie:
Tonabnehmer-Systeme
und wie sie funktionieren

Computing Today bringt:
HP 41 C — Barcode-Lesestift

Berechnung von Potentiometer-Kennlinien

Änderungen vorbehalten.

Titelfoto: Fotocentrum Hannover,
Manfred Zimmermann.

Der Gesamtausgabe liegen Prospekte des
Technischen Lehrinstituts Dr.-Ing. Paul
Christiani, 7750 Konstanz und der Firma
Conrad Electronic, 8452 Hirschau bei.

Eine Teilaufgabe enthält eine Beilage des
Technischen Lehrinstituts Onken, CH-
Kreuzlingen.

Bedenkenswertes

Von der Fa. Marconi in England erreichte uns eine Pressemitteilung, die wir unseren Lesern in der übersetzten und leicht gekürzten Form nebst einigen Randbemerkungen nicht vorenthalten möchten.

Der Text lautet:

Betriebssicherheit von Atomkraftwerken wird durch einen Kontrollraum-Simulator erhöht.

Von dem Atomkraftwerk Hunterston 'B' ist bei der Firma Marconi (Space and Defence Systems MSDS) ein Simulator bestellt worden, um die Ausbildung des Kontrollraum-Personals zu verbessern. Der Simulator, der als erster in der Welt sämtliche Betriebszustände eines Atomreaktors in allen Einzelheiten nachbilden kann, wird etwa ab Mitte 1983 im Block B des Hunterston Reaktors zur Verfügung stehen.

Es wurde ein enormer technischer Aufwand getrieben, um alle Betriebszustände und Störfälle wirklichkeitsgetreu nachzubilden. Auch wenn die britischen Atomkraftwerke schon seit 25 Jahren einen hohen Standard in der Ausbildung des Bedienungspersonals haben, wird dieser Simulator die Ausbildungsmöglichkeiten weiter verbessern.

Obwohl dieser Simulator auf die in Großbritannien üblichen gasgekühlten Reaktoren abgestimmt ist, läßt er sich leicht auf die in anderen Ländern häufiger verwendeten Druckwasser-Reaktoren umrüsten. Daher rechnet Marconi auch mit guten Exportchancen z. B. in die USA, wo vor etwa zwei Jahren ein Reaktor dieses Typs in Harrisburg fast eine Katastrophe ungeahnten Ausmaßes verursachte.

Dieser Text hat uns in der Redaktion doch sehr nachdenklich gemacht:

Wenn wir davon ausgehen, daß dieser Simulator eine echte Neuheit ist, dann bleibt nur die Schlußfolgerung, daß die bisherige Ausbildung des Kontrollraum-personals auf dem Prinzip der Versuch-

und-Irrtum-Methode basiert. Dieses Verfahren – von Heinrich dem Heizbaren vor 500 Jahren eingeführt – basiert darauf, daß eine neue Technik erst dann vom Menschen beherrscht wird, wenn er eine genügend große Anzahl Fehler gemacht hat. Durch diese Fehler lernt er, und die zukünftige Vermeidung derselben macht den technischen Vorgang allmählich sicherer.

Ein Simulator ist nun ein Gerät, mit dem man alle möglichen und unmöglichen Fehler simulieren kann, um die rechtzeitige Einübung von Gegenreaktionen zu lernen, ohne die eigentlichen Konsequenzen des Fehlers in Kauf nehmen zu müssen. Nun gibt es aber Technologien, bei denen keine Fehler vorkommen dürfen, weil sonst eine größere Anzahl von Menschen getötet werden würde. Das ist z. B. bei der Fliegerei der Fall. Jeder Verkehrspilot im Linienverkehr muß einige tausend 'Flugstunden' lang auf dem Simulator gelernt haben, wie er auch in ungewöhnlichen und gefährlichen Situationen sicher und automatisch das Richtige tut.

Wenn wir jetzt einmal ganz zynisch den maximal möglichen Schaden betrachten, den ein Verkehrspilot anrichten könnte, der die Kontrolle über sein Flugzeug verliert und in einem vollbesetzten Fußballstadion zu landen versucht, so kommen wir auf eine Zahl von einigen zehntausend Toten.

Demgegenüber würde ein durch menschliches Versagen außer Kontrolle geratenes Atomkraftwerk nicht nur Menschenverluste in Millionenhöhe bedeuten, sondern auch die Unbewohnbarkeit ganzer Landstriche auf Jahrhunderte.

Und dabei drängt sich dann die Frage auf: Wieso kommen die Betreiber der Atomkraftwerke erst jetzt darauf, daß mit Hilfe eines Simulators das Bedienungspersonal wesentlich besser ausgebildet werden kann?

Noch einmal: Test FRG 7700

Bei den Empfindlichkeitsangaben unter Punkt 2.1.1 bis 2.1.4 sind uns einige Zeilen zuviel in die Tabellen geraten. Bei allen Frequenzen außer bei 1,8 MHz kann die Spannungsangabe für den BC-Eingang entfallen.

Leserbefragung

Das Echo auf unsere Leserbefragung vom letzten Monat hat alle unsere Erwartungen übertroffen (aber jeden Tag einige hundert Bögen zu lesen, kann auch ganz schön anstrengend sein!). Wenn die endgültige Auswertung vorliegt, wird es sicher auf einige Fragen interessante Antworten geben. Wir werden dann auf dieser Seite ausführlich darüber berichten.

Abo-Werbeaktion

Unter allen Abo-Werbern, die bis zum 30. Juni einen Elrad-Abonnenten geworben haben, sind nun die Hauptpreise verlost worden. Hier das Ergebnis:

1. Preis
Bausatz Digital-Waage Frau Natascha Wiedenmann
Kernerstr. 29
7170 Schwäbisch Hall
2. Preis
Max 100 Counter Herr Dietmar Geissler
c/o M. Zirkwitz
Knorrstr. 14
2300 Kiel 1
3. Preis
Lautsprecher-Bausatz Herr Ingo Maass
Feldmesserstr. 10
7812 Bad Krozingen
4. Preis
Computerblitz Frau Hilde Lacher
Pforzheimer Str. 330
7000 Stuttgart 31
5. Preis
LCD-Radiowecker Herr Dieter Schmidt
Salmshausen 15
3579 Schrecksbach 2

Wir beglückwünschen alle Gewinner!

7,5 MHz-Oszilloskop

Teil 1

K. W. Dugge

Ein Meßgerät so recht nach den Wünschen der Hobby-Elektroniker, klein, handlich, leistungsfähig und netz-unabhängig.

Das nachfolgend beschriebene Oszilloskop ist im Vergleich zu herkömmlichen Geräten kleiner, leichter und preiswerter. Es ist kaum größer als ein Ziegelstein und etwa so schwer wie ein gutes Vielfach-Meßgerät. Es ist damit ideal für den mobilen Einsatz auf Baustellen, Montagen, an Kfz usw. geeignet. Das Gerät kann über einen Trenntrafo 220 V/12 V aus dem Netz oder direkt aus einer 12 V-Batterie gespeist werden. Es weist folgende Daten auf:

Röhre:
DG7-32

Bandbreite:
0...7,5 MHz (-3dB) bei 6Skt (1Skt = 7 mm)
0...10 MHz (-3dB) bei 4Skt

Eingang:
BNC-Buchse umschaltbar AC/DC/Masse

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

Gehäuseabmessung:
TxBxH ca. 175x105x100 mm³

Masse:
ca. 1000 g

Das Foto **Bild 1** zeigt die Frontansicht des Gerätes, **Bild 2** das Blockschaltbild. Die einzelnen Baugruppen sind über Flachbandleitungen miteinander verbunden. Über zwei Buchsen auf der Rückseite des Gerätes wird die Speisespannung von 12 V-Gleich- oder Wechselstrom zugeführt. Über einen mit dem X-Positions-Potentiometer gekuppelten zweipoligen Schalter gelangt die Speisespannung auf die Stromversorgungsplatine. Nach der Stabilisierung auf 10 V werden hier in einem

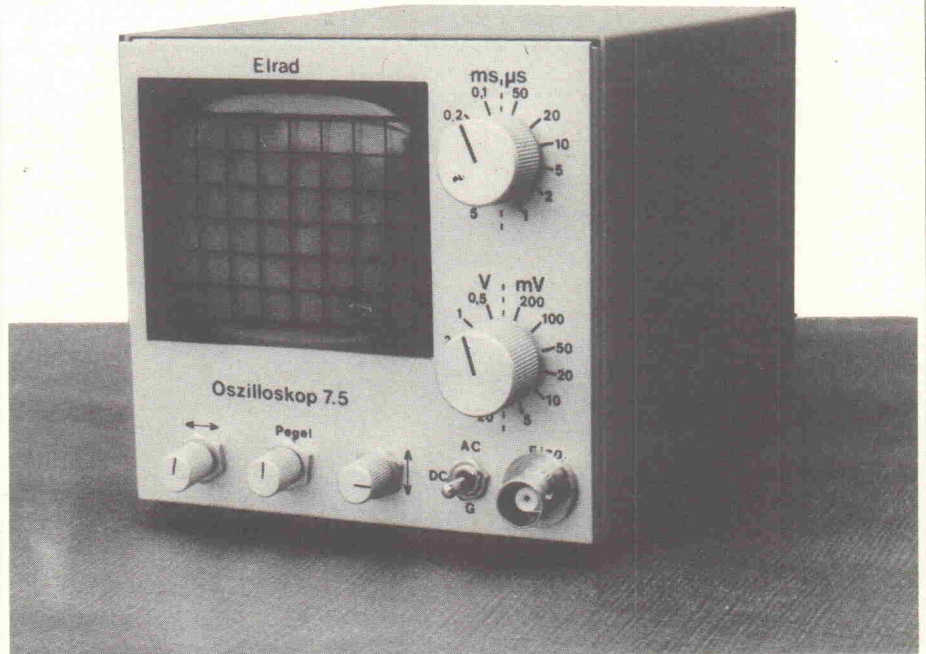


Bild 1. Das fertige Oszilloskop, allerdings noch ohne Lichtschutz für die Röhre

25 kHz-Gegentaktwandler die verschiedenen Betriebsspannungen erzeugt. Die eingangsseitige Stabilisierung hat den Vorteil, daß damit alle Betriebsspannungen gleichzeitig stabilisiert, d. h. von Versorgungsschwankungen unabhängig sind. Weil ein Gegentakt-Durchflußwandler einerseits eine Spannungsquelle geringen Innenwiderstandes darstellt und die Stromaufnahme der einzelnen Baugruppen weitgehend konstant ist, sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen auf der Sekundärseite nicht erforderlich.

Auf der Stromversorgungsplatine befinden sich auch die Einzeltrimmer (Fokus, Astigmatismus, Helligkeit) und der Spannungsvervielfacher für die Röhrenbetriebsspannungen, so daß die Röhre bis auf die Ablenkplatten direkt von hier über eine

6adrige Flachbandleitung angeschlossen werden kann. Die Röhrenverbindungen führen direkt an den Sockel. Es wird keine Fassung verwendet, weil deren Zusatzkapazität die Bandbreite erheblich reduzieren würde.

Eine 7adrige Flachbandleitung versorgt die Hauptplatine mit den erforderlichen Betriebsspannungen und führt den (Strahlrücklauf-) Austastimpuls von der Hauptplatine auf die Wehneltzylinder-Leitung G1. Die Hauptplatine enthält die Triggerschaltung, den Sägezahnengenerator und den X- und Y-Endverstärker.

Der Y-Vorverstärker befindet sich mit im Abschirmgehäuse des Eingangsspannungsteilers. Sein Gegentaktausgangssignal Q wird dem Y-Endverstärker auf der Hauptplatine zugeführt.

Einiges zum Nachdenken!

Bevor Sie sich zum Nachbau des Oszilloskops entschließen, möchten wir Ihnen noch einige Tips auf den Weg geben. Es handelt sich hier nicht um eine Anfängerbauanleitung, es sollte mindestens ein Fachmann im Bekanntenkreis zur Verfügung stehen, der bei Schwierigkeiten

hilft. Auch mechanisch wird einiges Geschick vorausgesetzt.

Eine zweite Sache kann zum Problem werden. Die Beschaffung der Einzelteile! Leider sind bei so einer anspruchsvollen Bauanleitung relativ viele Spezialteile nötig. Haben Sie also Bauteilprobleme, so studieren Sie bitte den Anzeigenteil in Elrad.

Auch wird der Nachbau nicht ganz billig, so muß mit ca. 350,- bis 400,- DM gerechnet werden. Doch ein Vergleich der Daten mit Industriegeräten wird Ihnen zeigen, daß Sie trotzdem noch etwa 200,- DM sparen.

Eines können wir Ihnen aber versprechen, der Nachbau macht sehr viel Spaß, und das Ergebnis der Mühe ist ein wirklich hochwertiges Oszilloskop.

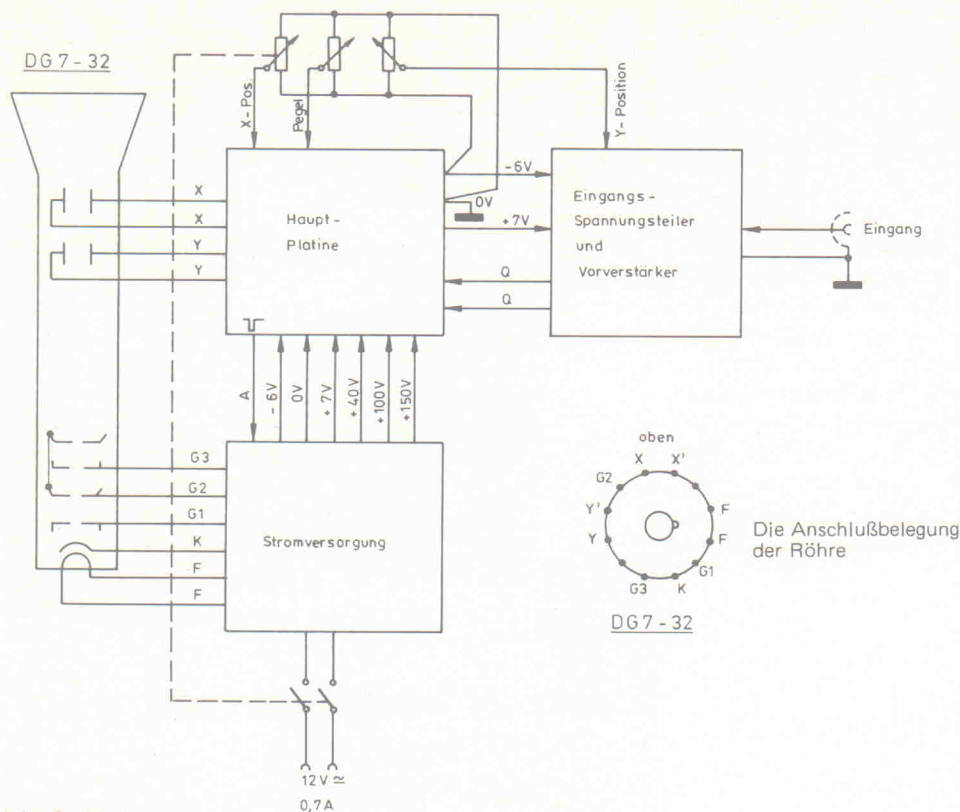


Bild 2. Das Blockschaltbild des Oszilloskops

Die drei auf der Frontplatte befindlichen Potentiometer (X- und Y-Position, Triggerpegel) sind über eine 5adrige Flachbandleitung mit der Haupt- bzw. Vorverstärkerplatine verbunden. Der ebenfalls auf der Frontplatte montierte Zeitschalter ist über drei Einzellitzen an die Hauptplatine angeschlossen.

Der Spannungsteilerschalter bildet mit der Spannungsteilerplatine und dem Vorverstärker eine Baueinheit, so daß keine zusätzliche externe Verdrahtung erforderlich ist. Im folgenden sollen die einzelnen Baugruppen soweit beschrieben werden, wie es für einen erfolgreichen Nachbau erforderlich ist.

Spannungsteiler und Vorverstärker

Das Eingangssignal gelangt über die BNC-Buchse und den Betriebsarten-Umschalter S2 auf den Eingangsspannungsteiler. Die Verdrahtung der Bauelemente BNC, S2 (C&K, Typ 7211) und C1 (auf S2 aufgeklebt) zeigt **Bild 3**.

Der Spannungsteiler bildet eine gemeinsam abgeschirmte Baueinheit, die den Schalter S1, die Spannungsteiler- und Vorverstärkerplatine enthält. Das Schaltbild dieser Baugruppe zeigt **Bild 4**. Nach Durchlaufen des Spannungsteilers gelangt das Signal über R3 (Überspannungsschutz für T1) auf das Gate des Dual-FET T1. Das zweite Gate dieses Transistors wird vom Y-Pos.-Potentiometer P1

angesteuert und erlaubt eine vertikale Verschiebung der Nulllinie auf dem Bildschirm. Elektrische Unsymmetrien in T1 lassen sich mit dem Trimmer P2 ausgleichen. T1 in Sourcefolger-Schaltung dient lediglich der Anpassung des hochohmigen Geräteeingangs und Spannungsteilers auf den Eingangswiderstand des Vorverstärkers IC1. Die Verstärkung ist fest eingestellt mit R22. Ein symmetrisches Ausgangssignal erscheint an Q und Q' und führt von hier über Einzellitzen zum Y-Endverstärker auf der Hauptplatine.

Der mechanische Aufbau dieser Baugruppe ist in **Bild 5** gezeigt. Kernstück (und tragendes Bauteil) ist der Schalter S1 (SEL, Typ SM25-4-2E-25A-00U-No-Ag-1.

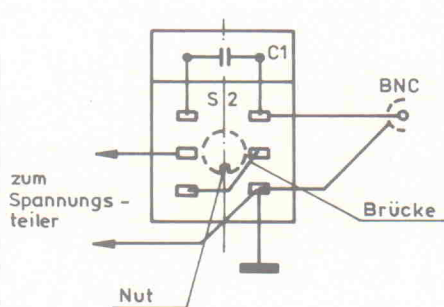


Bild 3. Die Verdrahtung des Betriebsarten-Umschalters

Ebenenbestückung nach **Bild 6**, Mitnehmer 70 lang, Gewindestangen M2x85 lang. Zubehör: 4 Distanzrollen 10 lang, 10 Distanzrollen 5 lang. Zwischen die Schalterebenen 1 und 2 wird ein Abschirmblech 2 (Abmessungen **Bild 7**) eingebaut, zwischen Ebene 2 und 3 ein Abschirmblech 3 (Maße nach **Bild 8**). Die Abschirmbleche tragen die Spannungsteilerplatine und sind mit ihr (auf der Masseleiterbahn) verlötet. Den Abschluß des Schalters bildet die Vorverstärkerplatine. Die ganze Baugruppe wird vom Abschirmblech 1 (Abmessungen in **Bild 5**) umgeben, das mit dem Gehäuseboden und dem Frontrahmen verschraubt ist.

Um eine sichere Masseverbindung des Schaltermitnehmers zu erreichen, wird vor der Montage eine Sicherheitsnadel als Masseschleifer nach **Bild 9** auf das Abschirmblech 3 montiert.

Leiterplatten und zugehörige Bestückungspläne für die Spannungsteiler- und Vorverstärkerplatine zeigen die **Bilder 10 bis 13**. Die Widerstände R1, R2, R12, R14, R16 und R17 sind direkt an die Schalterkontakte gelötet. Der Widerstand R12 führt durch das Abschirmblech 2 (Bohrung Ø4). Die beiden Bohrungen Ø3 dienen der (isolierten!) Durchführung des Verbindungsdrahtes für die Schalterkontakte 1 sowie für die Verbindung R12/R13. Sinngemäß gilt das gleiche für R16 und Abschirmblech 3.

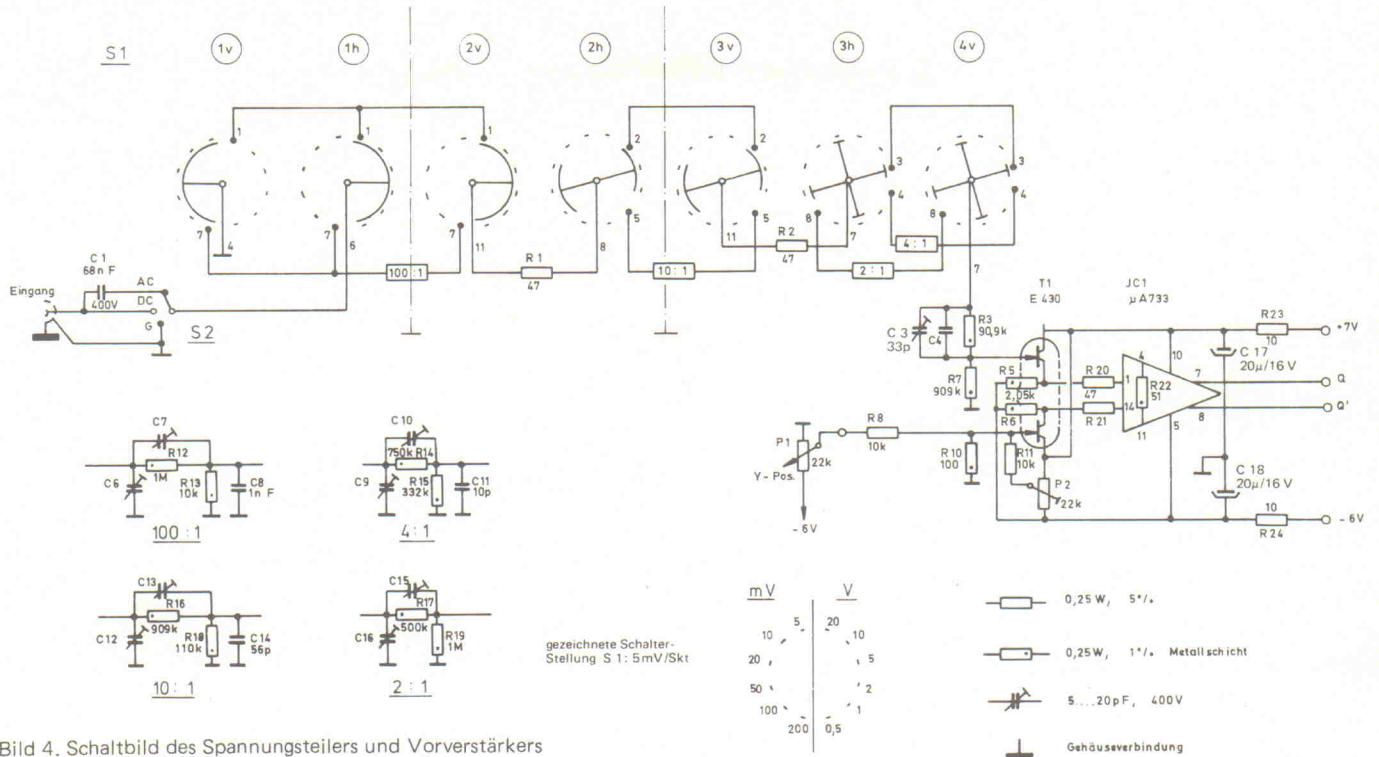


Bild 4. Schaltbild des Spannungsteilers und Vorverstärkers

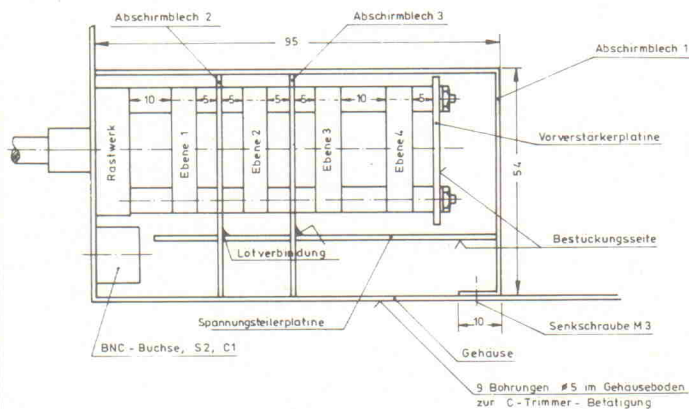


Bild 5. Zusammenbau der Gruppe Spannungsteiler und Vorverstärker

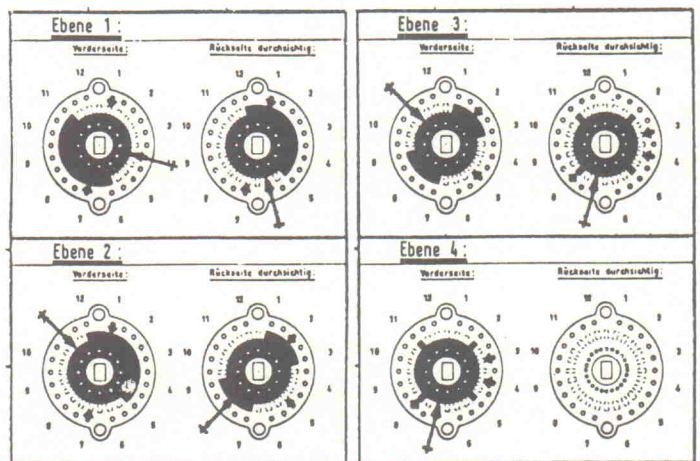


Bild 6. Die Kontaktbelegung der Schalterebenen S 1

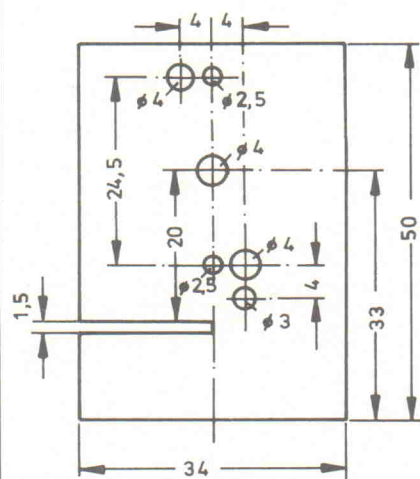


Bild 7. Abschirmblech 2

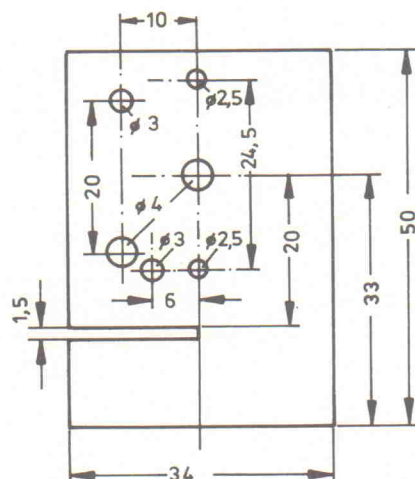


Bild 8. Abschirmblech 3

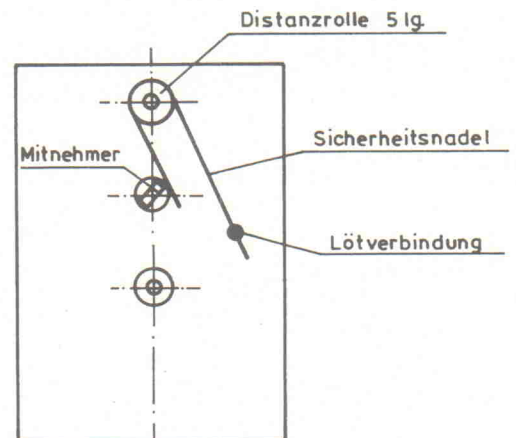


Bild 9. Nochmals Abschirmblech 3 mit der Sicherheitsnadel als Masseschleifer, die sonstigen Bohrungen (siehe Bild 8) sind hier nicht mitgezeichnet

Eingangsteiler

TTOR 1% Metanischent

C4	33p ker.
C8	1n ker.
C11	10p ker.
C14	56p ker.
C17.18	22 μ Tantal 16 V

Sonstiges außerhalb der Platinen
Gehäuse, Oszilloskopröhre
DG 7-32, MU-Metall-Abschirm-
zylinder für DG 7-32, div. mecha-
nisches Material (siehe Zeichnungen)

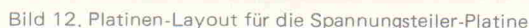


Bild 15 zeigt die Schaltung der Hauptplatine. Die beiden Transistoren T7 und T8 links im Bild besorgen die Endverstärkung des vom Vorverstärker gelieferten Signales Q und Q'. Das verstärkte Signal wird den Ablenkplatten Y und Y' der Röhre über kurze Einzellitzen (kleinstmögliche Kapazität!) direkt an den Sockelstiften zugeführt. Der Arbeitspunkt

Von Q' wird über C36 das Signal für die Triggerung entnommen. T12 und T13 bilden einen Vorverstärker, dessen Arbeitspunkt mit dem Triggerpegel-Potentiometer P7 einstellbar ist. T12 steuert den Schmitt-Trigger S (pin 2 von IC2) an, der das verstärkte Eingangssignal in Recht-

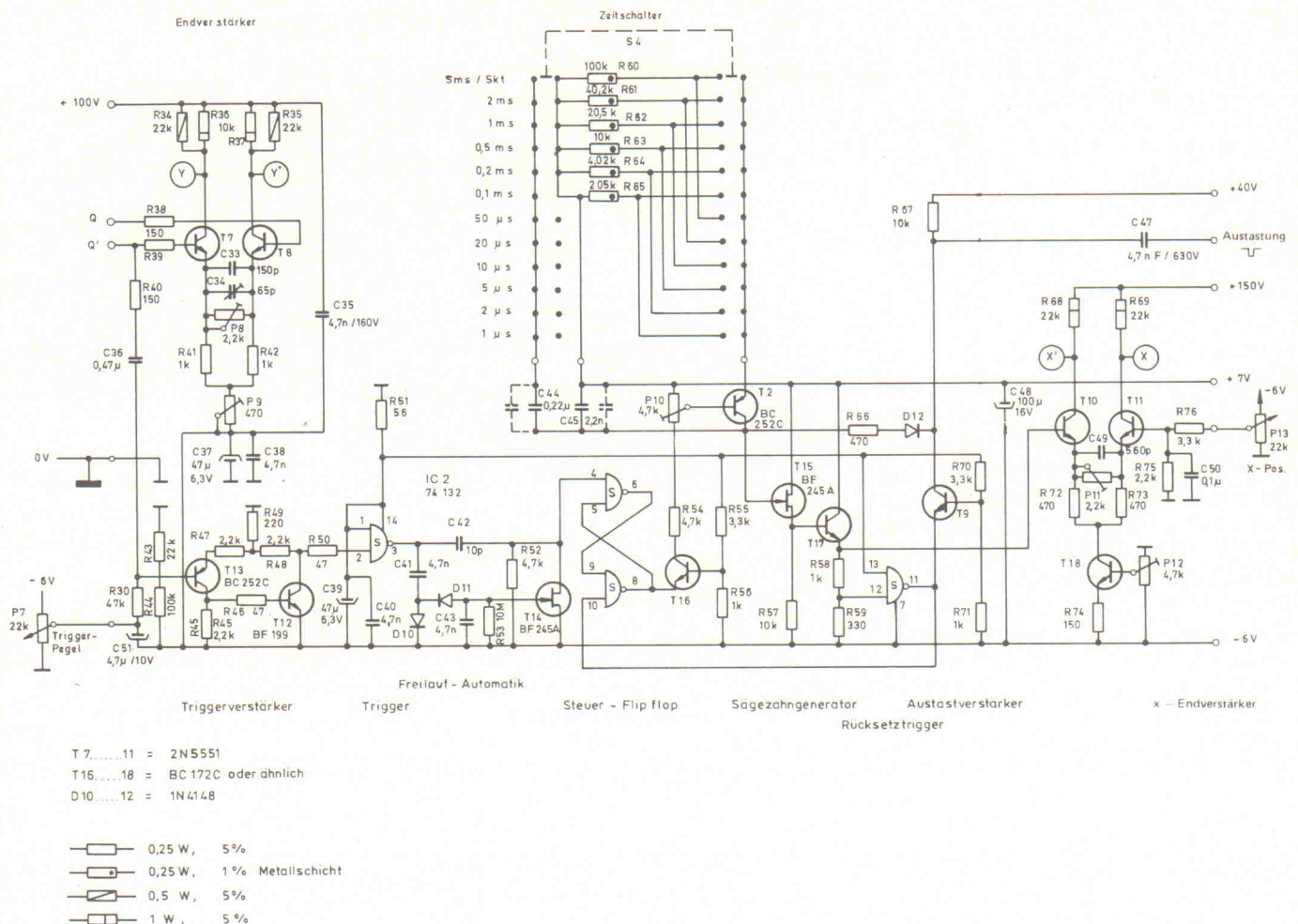


Bild 15. Die Schaltung der Steuerelektronik und der Endverstärker (Hauptplatine)

eckimpulse umformt. Diese Rechteckimpulse werden durch C42 und R52 zu Nadelimpulsen differenziert, die auf den Setzeingang (pin 4) des Steuerflipflops wirken. Das Steuerflipflop gibt den Sägezahn-generator für jeweils einen Strahlhinlauf (in horizontaler Richtung auf dem Bildschirm) frei.

Damit bei fehlendem Eingangssignal (und damit fehlenden Nadelimpulsen) eine Nulllinie geschrieben wird (z. B. bei Gleichspannungsmessungen oder für Eichzwecke bei Eingangsschalter auf 'G'), schaltet der Transistor T14 durch und gibt damit einen Dauersetzimpuls. Solange Rechteckimpulse am Ausgang pin 3 des Schmitt-Triggers vorhanden sind, werden diese über D10 und D11 gleichgerichtet und erzeugen eine negative Gatevorspannung für T14, so daß dieser gesperrt bleibt. Die 'Freilauf-Automatik' T14 arbeitet daher nur, wenn keine Triggerimpulse zur Verfügung stehen.

Der Ausgang pin 8 des Steuerflipflops schaltet T16 ein. Über R54 und P10 erhält damit der als Konstantstromquelle geschaltete Transistor T2 Basisstrom. Die Höhe des von T2 gelieferten konstanten

Stromes wird durch die (mit dem Zeitschalter S4 umschaltbaren) Emitterwiderstände R60 bis R65 bestimmt. Sobald T2 (über T16) eingeschaltet ist, wird daher (je nach Zeitschalterstellung) einer der beiden Kondensatoren C44 oder C45 aufgeladen. Da diese Aufladung mit konstantem Strom erfolgt, steigt die Kondensatorspannung zeitlinear an.

Dieser zeitlineare (Sägezahn-) Spannungsanstieg wird über T15 und T17 auf den X-Endverstärker T10/T11 übertragen, so daß die Ablenkplatten X und X' für einen zeitlinearen Strahlhinlauf (von links nach rechts über den Bildschirm) sorgen. Ein Teil dieser Spannung gelangt über R58/R59 auf den Eingang pin 12 des Rücksetztriggers. Sobald die Sägezahnspannung

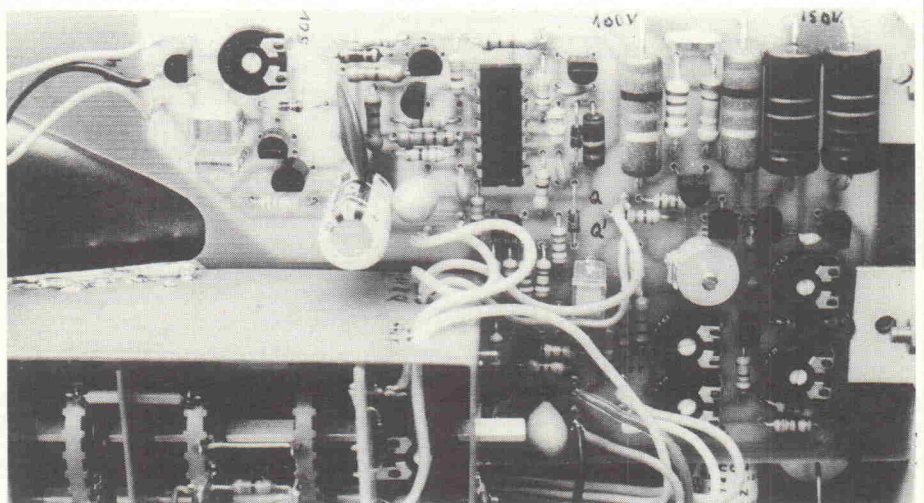


Bild 16. Ein Blick auf die Hauptplatine und den Eingangsteiler

eine Höhe erreicht hat, daß der Bildpunkt den rechten Schirmrand erreicht, schaltet der Ausgang pin 11 auf L (= low, ca. 0 Volt) um. Damit wird einerseits T9 eingeschaltet, der über C47 einen negativ-gehenden 40 V-Impuls auf G1 der Röhre gibt, womit der Strahl dunkel gesteuert wird. Gleichzeitig wird über D12/R66 der Zeitkondensator (C44 oder C45) entladen, womit der (während des Rücklaufs dunkelgesteuerte) Strahl auf den linken Bildrand zurückgeführt wird.

Außerdem wirkt der Ausgang pin 11 des Rücksetztriggers auf den Rücksetzeingang pin 10 des Steuerflipflops. Damit wird T16 und T2 abgeschaltet. Es erfolgt also zunächst kein neuer Strahlhinlauf, da die Stromquelle T2 zum Laden des Zeitkondensators abgeschaltet ist. Ein neuer Hinlauf startet erst bei einem Triggerimpuls auf den Setzeingang pin 4 und damit zu genau der gleichen Phase des Eingangssignals wie beim vorhergehenden Hinlauf. Auf diese Weise wird erzwungen, daß die nacheinander in fortlaufender Folge auf dem Bildschirm geschriebenen Kurvenzüge deckungsgleich sind, solange das Eingangssignal nicht verändert wird.

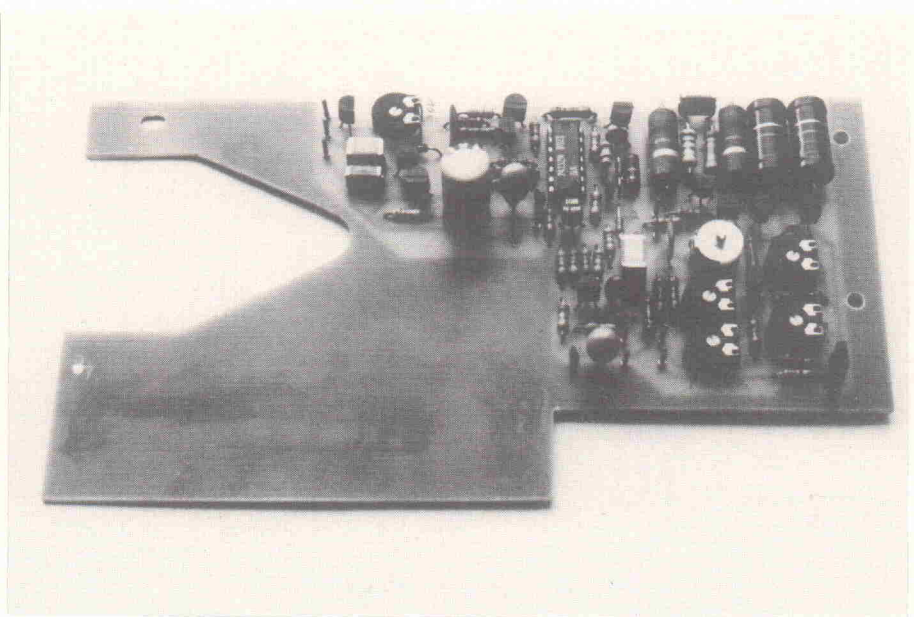


Bild 17. Die fertig bestückte Hauptplatine

Der Trimmer P10 dient der Eichung des Zeitmaßstabes (Ladestromeinstellung), P12 der Arbeitspunkteinstellung, P11 der Verstärkungs-(Bildbreiten-)einstellung des X-Endverstärkers. Mit P13 kann von

außen das Bild nach rechts und links über den Bildschirm verschoben werden.

Leiterplatte und zugehöriger Bestückungsplan für die Hauptplatine ist in **Bild 18 und 19** dargestellt.

Stückliste Steuerelektronik

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

R30	47k
R34	22k 0,5 W
R35	22k 0,5 W
R36,37	10k 1 W
R38,39,40	150R
R41	1k
R42	1k
R43	22k
R44	100k
R45	2k2
R46	47R
R47	2k2
R48	2k2
R49	220R
R50	47R
R51	56R
R52	4k7
R53	10M
R54	4k7
R55	3k3
R56	1k
R57	10k

R58	1k
R59	330R
R60	100k 1% Metallschicht
R61	40k2 1% Metallschicht
R62	20k5 1% Metallschicht
R63	10k 1% Metallschicht
R64	4k02 1% Metallschicht
R65	2k05 1% Metallschicht
R66	470R
R67	10k
R68,69	22k 1 W
R70	3k3
R71	1k
R72,73	470R
R74	150R
R75	2k2
R76	3k3
P7,13	22k Potentiometer
P8,11	2k2 Trimmer
P9	470R Trimmer
P10,12	4k7 Trimmer

Kondensatoren

C33	150p ker.
C34	65p Folientrimmer
	Valvo
C35	4n7 ker. 160 V
C36	0µ47 Folie

C37	47µ Tantal 6 V
C38,40,	
41,43	4n7 ker.
C39	47µ Tantal 6 V
C42	10p ker.
C44	0µ22 Folie
C45	2n2 ker.
C47	4n7 Keramik 630 V
C48	100µ Elektrolyt 16 V
C49	560p ker.
C50	0µ1 Folie
C51	4µ7 Tantal 10V

Halbleiter

T2,13	BC252C
T7...11	2N5551
T12	BF 199
T14,15	BF 245 A
T16,17,18	BC 172 C
IC2	SN74 132N
D10,11,12	1N 4148

Sonstiges

S4 Drehschalter 12 Schaltstellungen, 2 Ebenen, Platine, Lötnagel.

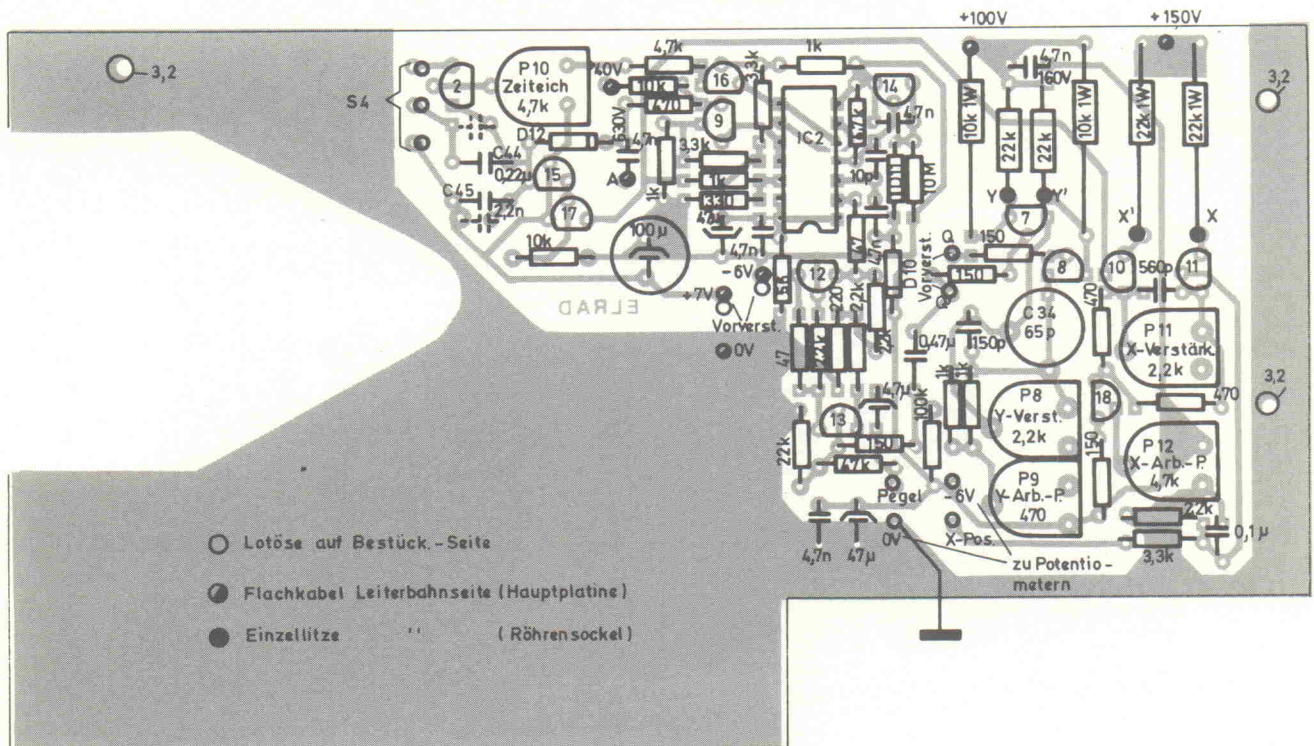


Bild 18. Der Bestückungsplan der Hauptplatine

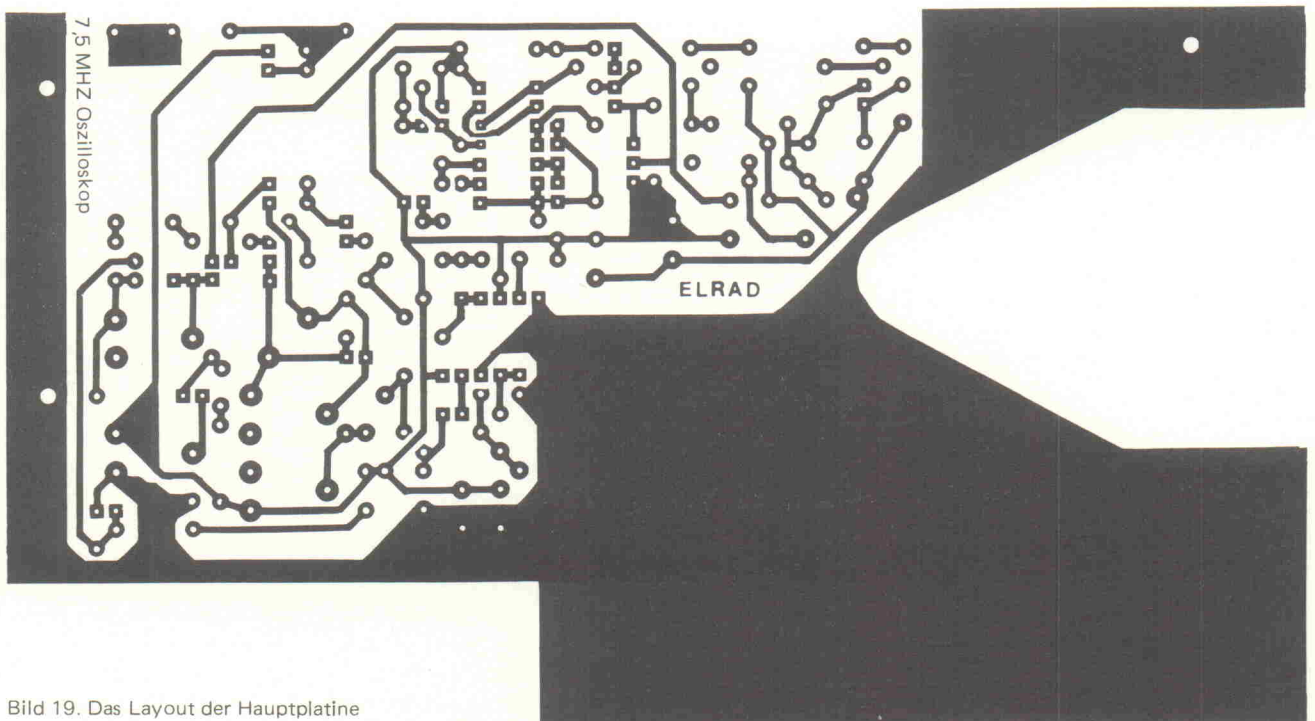
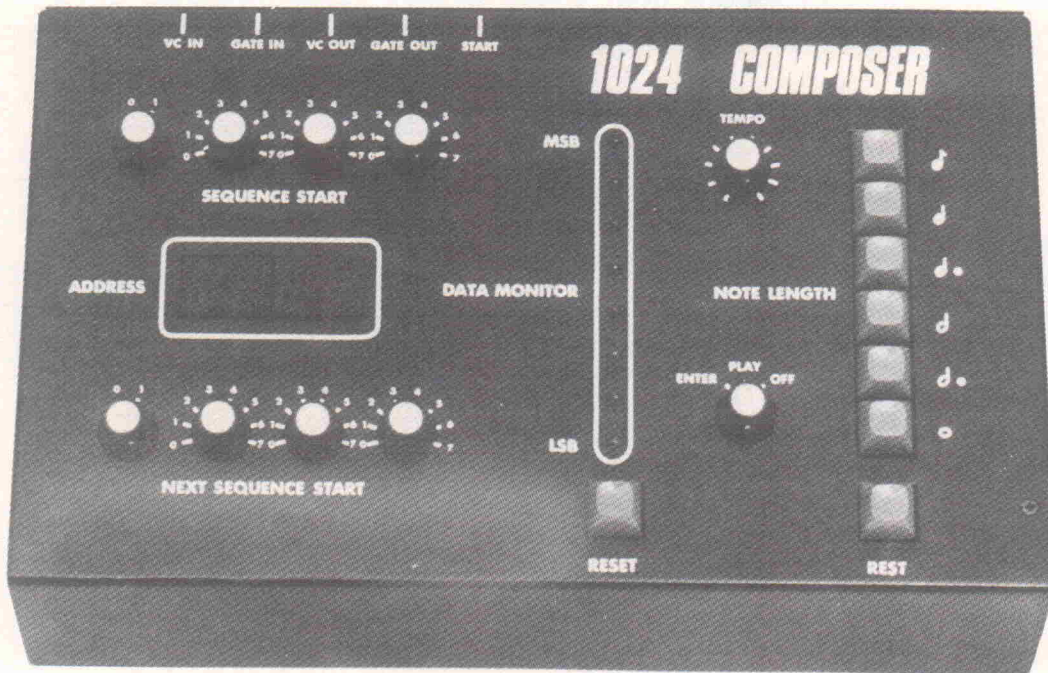


Bild 19. Das Layout der Hauptplatine

Im nächsten Heft folgen dann noch die Spannungsversorgung, die Mechanik und der Abgleich

Der Elrad-Composer

Der hier vorgestellte '1024-Composer' kann einen Synthesizer so steuern, daß er sich wiederholende vorprogrammierbare Tonfolgen abgibt — mit anderen Worten: er ist ein Sequencer. Dies können kurze Folgen oder längere Kompositionen mit bis zu 1024 Einzeltönen sein, die dann schon einige Minuten dauern.



Eine Tonfolge besteht aus minimal 2 und maximal 1024 Schritten, die beliebig wählbar sind. Ist die vorgewählte Länge kleiner als 1024, steht der freie Speicherbereich für andere Tonfolgen zur Verfügung, da die Anfangs- und Endadressen der Folgen frei wählbar sind. So können beispielsweise 64 unterschiedliche Folgen zu je 16 Schritten oder 128 Folgen zu je 8 Schritten gespeichert werden.

Die Adresse des gerade ausgewählten Schrittes, ob beim Abspielen einer Folge oder beim Programmieren, wird auf einem vierstelligen Siebensegment-LED-Display dargestellt. Die Anfangs- und Endadressen der Folgen sind durch die Stellung der Drehschalter 'Folgenanfang (SEQUENCE START)' und 'Beginn der nächsten Folge (NEXT SEQUENCE START)' definiert.

Es läßt sich nicht nur die Tonhöhe, sondern auch die Dauer einspeichern. Die wählbare Tondauer reicht von einer ganzen Note bis zu einer Achtelnote (wählbar mit den 'NOTE LENGTH'-Tasten). Außerdem können eine Pause oder Pausenfolgen von jeweils einer Viertelnote eingespeichert werden.

Verbindungen zum Synthesizer

Das Steuergerät wird vom Synthesizer programmiert. Dazu müssen die Anschlüsse 'Steuerspannungsausgang (VOLTAGE CONTROL OUT)' und 'Taktausgang (GATE OUT)' des Synthesizers mit den Eingängen 'Steuerspannungseingang (VOLTAGE CONTROL IN)' und 'Takteingang (GATE IN)' verbunden werden. Besitzer eines 'Transcendent 2000'-Synthesizers sind gut dran: Sie können die zusätzlichen Buchsen leicht in die Rückwand des 'Transcendent 2000' einbauen.

VOLTAGE CONTROL OUT finden Sie an IC 6, Pin 6, GATE OUT an IC 4, Pin 6, und die 0V-Leitung (Masse) geht an die HI OUT-Buchse.

An jedem anderen Synthesizer ohne diese Anschlüsse (vorausgesetzt die Steuerspannung des VCO beträgt 1 V/Oktave) findet sich die Steuerspannung am VCO-Eingang und die Gate-Spannung am Eingang der ADSR. Die VCO-Steuerspannung aus dem Synthesizer gelangt im Sequencer an einen Analog-Digital-Wandler und wird in ein 8 Bit-Wort umgesetzt. Ein Digital-Analog-Wandler bewirkt den umgekehrten Effekt bei der Wiedergabe (Steuerung des Synthesizers).

Die Ausgänge des Sequencers werden auf die Synthesiseingänge (Steuerspannung für den VCO und Takteingang) 'EXTERNAL VC IN' und 'EXTERNAL GATE IN' geschaltet. Das Gatesignal steht in beiden Polaritäten zur Verfügung (der Transcendent 2000 benötigt ein negatives Gatesignal). Ein Synthesizer klingt am besten, wenn das Filter mit dem VCO mitläuft. Falls ein Steuereingang für ein Filter (VCF) vorhanden ist, sollte die Steuerspannung auch an diesen Anschluß gelegt werden. Wenn kein Anschluß für die Filternachstimmung vorgesehen ist, ist es sicher möglich, anhand der Schaltung eine geeignete Stelle zu finden, in die sich die Filtersteuerspannung einspeisen läßt. Beim Transcendent 2000 kann der Anschluß über einen 43k-Widerstand an Q10, Pin 12 erfolgen.

Musikspeicher

Angenommen, Steuergerät und Synthesizer sind zusammengeschaltet. Das Programmieren geschieht einfach, indem eine der 'NOTE LENGTH'-Tasten und gleichzeitig eine Taste des Synthesizers niedergedrückt werden. Durch diesen Vorgang sind Tonhöhe und Tonlänge für diesen Schritt in einem Speicherplatz gespeichert.

Das Programmieren einer Pause erfolgt durch Drücken der 'REST'-Taste am Steuergerät und einer beliebigen Taste des Synthesizers. Sollen mehrere Pausen aufeinander folgen, wird der erwähnte Vorgang mehrmals wiederholt.

Es spielt keine Rolle, wieviel Zeit Sie sich für das Programmieren nehmen. Falls Sie mitten in Ihrer Komposition eine Stärkung brauchen, können Sie getrost in die Kneipe um die Ecke gehen! Ihre Maschine wartet geduldig auf Sie. Es macht auch nichts, wenn unterdessen die Netzspannung ausfällt oder der Netzstecker irrtümlich herausgezogen wird.

Alle, die auf diese Art und Weise schon einmal ein gerade eingetipptes Computerprogramm verloren haben, werden diesen Komfort zu schätzen wissen.

Der Sequencer besitzt einen eingebauten Nickel-Cadmium-Akku, der den Speicher mit Spannung versorgt (der Speicher besteht aus zwei 4k-CMOS-RAMs), wenn die Netzspannung ausfällt. Nach dem Ausschalten des Gerätes bleiben die Daten für mehrere Monate erhalten und werden nur durch Neuprogrammierung geändert.

Auch eine Fehlprogrammierung bringt keine Probleme. Der 'SEQUENCE

START'-Schalter wird auf die Adresse des fehlprogrammierten Schrittes gesetzt, 'RESET'-Taste drücken, neue Ton/Tonlängenkombination wählen, richtige Synthesizer-Taste drücken, fertig! 'SEQUENCE START'-Schalter wieder auf die anfängliche Startadresse stellen und weiter geht's!

Aufbau und Inbetriebnahme

Die Platine ist doppelseitig kaschiert und **nicht** durchkontaktiert. So müssen zuerst die Leiterbahnen der mit schwarzen Punkten im Platinenplan vermerkten Lötunkte verbunden werden. Dazu sind

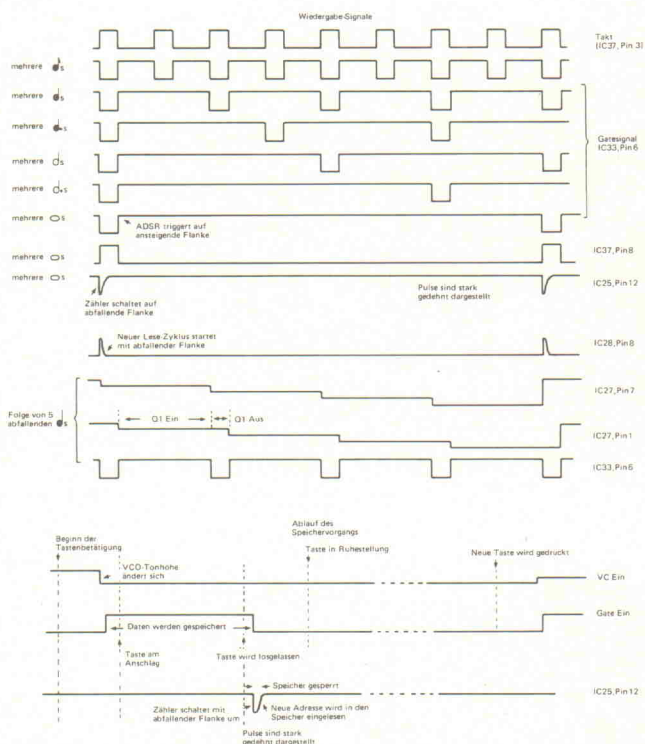


Bild 1: Spannungsverläufe an verschiedenen Punkten der Schaltung bei Wiedergabe und Programmierung.

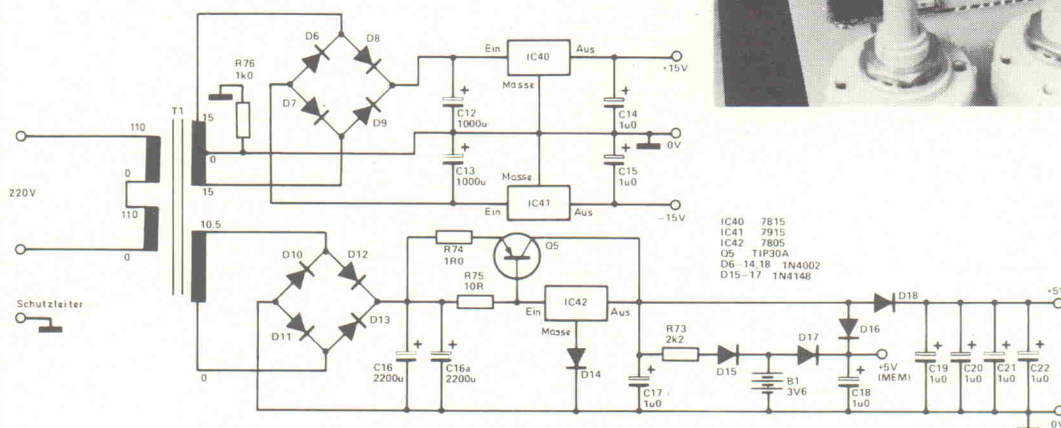
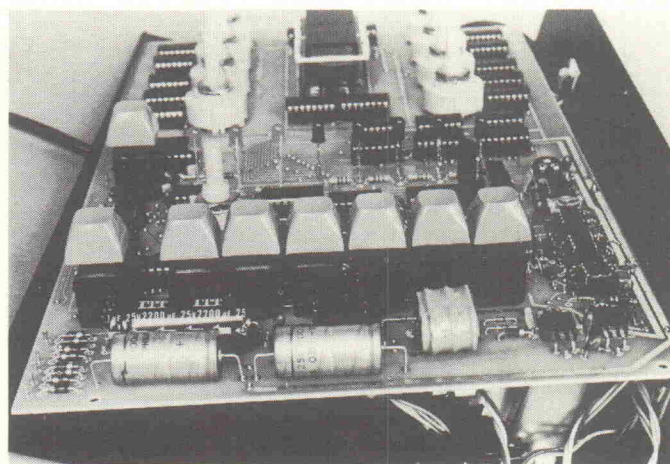
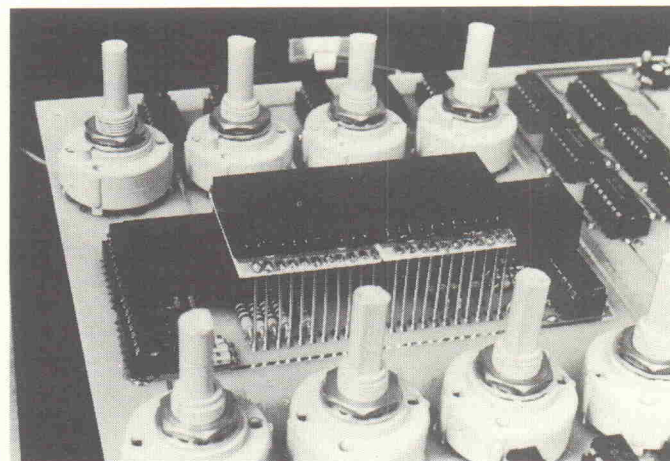


Bild 2: Schaltung der Stromversorgung. R76 ist direkt an den Netztrafo angelötet. Siehe Bild 4.



Oben und unten: Alle Schalter außer dem Start-Schalter werden direkt auf die Platine montiert. Das Foto unten zeigt auch die Montageeinzelheiten für das LED-Display.



Da die Platinen-Layouts zu groß sind, um sie im Heft abdrucken zu können, bitten wir diejenigen Leser, die sich die Platine selbst anfertigen wollen, über den Elrad-Folien-Service (siehe Seite 6) die entsprechenden Folien zum Preis von DM 3,00 anzufordern.

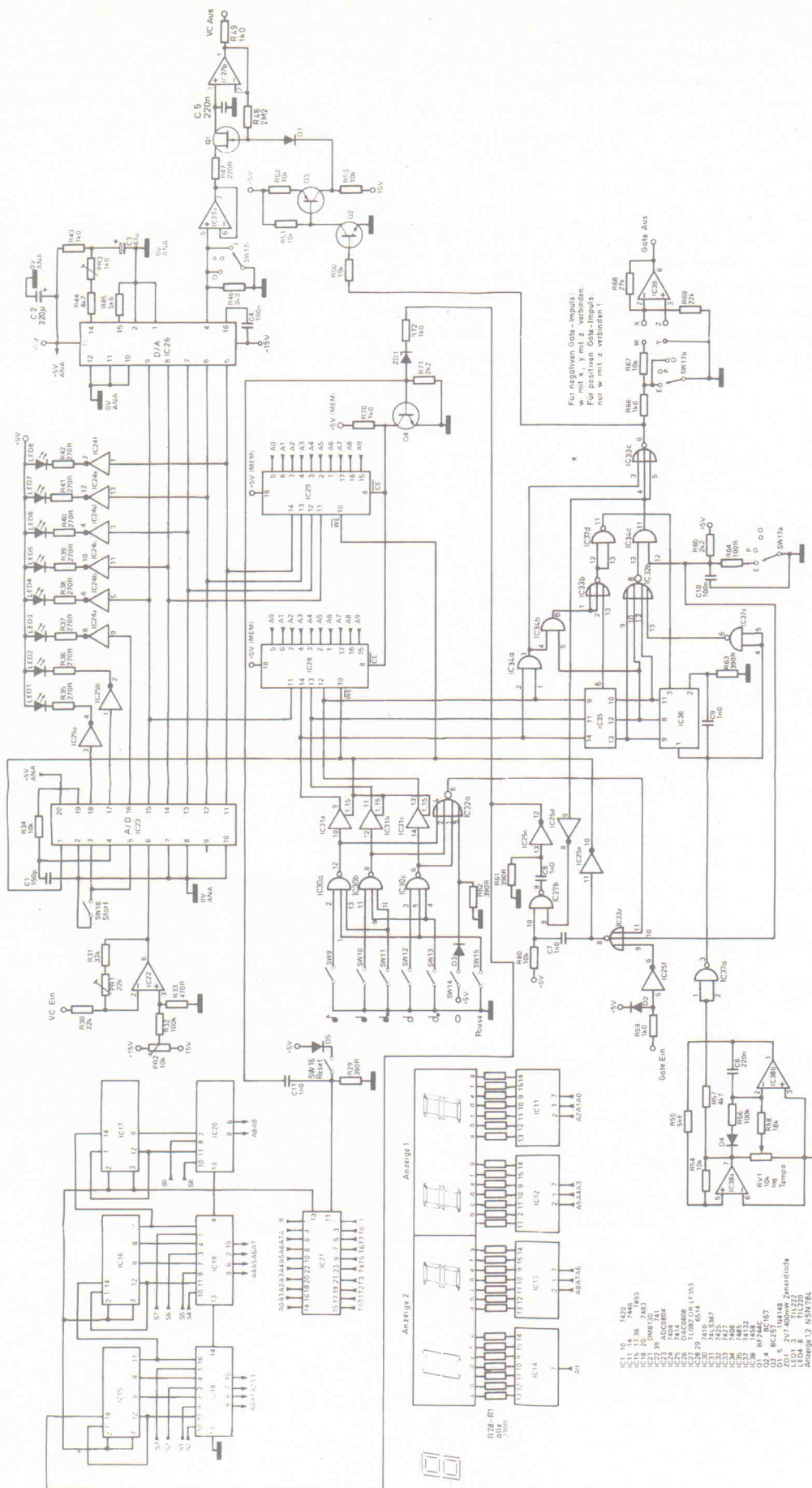


Bild 3: Schaltung des Elrad-Composers. Die Binärcodierung der Schalter ist in Bild 5 gezeigt.

Drähte durchzustechen und auf beiden Seiten zu verlöten! Nun alle übrigen Teile bis auf die LED-Displays einbauen. Das 'Tempo'-Potentiometer wird auf der Platenseite angelötet, auf die die Poti-Anschlüsse zeigen. Glimmerisolation wird unter dem 7915 und dem 7815 benötigt, um Kurzschlüsse der Leiterbahnen zu vermeiden. Das Anbringen der LED-Displays ist etwas schwieriger. Es werden 46 Stück 5 cm lange und etwa 1 mm starke Drähte benötigt, deren eines Ende auf 3 mm Länge um 90° abgewinkelt sein muß. Jetzt brauchen wir noch ein 10 mm hohes Abstandsklötzchen aus Kunststoff, ca. 15 mm breit und so lang, daß es auf den ICs 11, 12 und 13, 14 aufliegt. Nun die LED-Displays auf dieses Abstandsstück legen und die vorgefertigten Drähte durch die Lötanschlüsse der Displays und die zugehörigen Löcher in der Platine stecken. Das kurze abgewinkelte Stück der Drähte muß auf dem Lötauge des Displays liegen! Zuerst die Drähte am Display anlöten, dann die Platine umdrehen, die Drahtenden passend kürzen und anlöten. Nach Reinigung und Überprüfung der Platine erfolgt der Einbau in das Gehäuse. Es folgt nun die restliche Verdrahtung zur Rückwand und der Grundplatte.

Die Trimpotentiometer in Mittelstellung bringen, Synthesizer anschließen und einschalten!

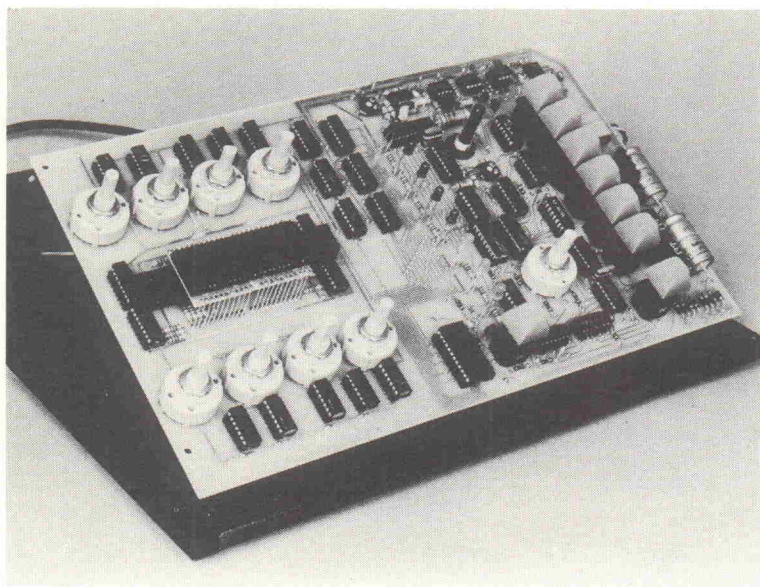
Schalter SW 17 auf 'ENTER' stellen, eine 'NOTE LENGTH'-Taste und den Start-Schalter gleichzeitig mit irgendeiner Taste des Synthesizers drücken. Dadurch wird der Analog-Digital-Wandler aktiviert.

Nun eine 'NOTE LENGTH'-Taste gleichzeitig mit der höchsten Synthesizer-Taste drücken und Trimpoti PR2 so einstellen, daß alle roten LEDs der 'DATEN MONITOR'-Anzeige aus sind, während

die grünen LEDs (sie zeigen die drei niederwertigsten Bits an, die nicht gespeichert werden) eine binäre 3 (011), d.h. die untersten beiden grünen LEDs an, die dritte aus oder binär 4 (100) anzeigen, d.h. die dritte grüne an, die beiden unteren aus. Diese LEDs können zwischen den beiden Zuständen hin und herspringen.

Als nächstes die zwei Oktaven tiefer liegende Taste am Synthesizer drücken (natürlich gleichzeitig mit einer 'NOTE LENGTH'-Taste) und Trimpoti PR1 so einstellen, daß nur die beiden obersten roten LEDs an sind, während die grünen wiederum eine binäre 3 oder 4 (siehe oben) anzeigen können. Dieser Abgleich stellt sicher, daß der Analog-Digital-Wandler für die 5 höchstwertigen Bits richtig eingestellt ist.

Um die korrekte AD-Wandlung für jede Tonhöhe überprüfen zu können, wird jede Taste einmal eingespeichert, dann am Steuergerät auf 'PLAY' geschaltet. 'RESET' drücken. Die LEDs müssen nun eine ansteigende Binärzahl anzeigen. Den 'NEXT SEQUENCE START'-Schalter auf 0003 stellen und den 'SEQUENCE START'-Schalter auf 0000, 'RESET'-Taste drücken, vom Synthesizer dreimal den Ton zwei Oktaven unter dem höchsten vorkommenden Ton einspeichern (bei beliebiger 'NOTE LENGTH'-Taste). Auf 'PLAY' umschalten, mit dem 'TEMPO'-Poti eine brauchbare Folgedauer einstellen und mit Trimpoti PR3 am 'VC OUT'-Ausgang des Steuergerätes die Spannung so einstellen, daß der Ton des Synthesizers exakt zwei Oktaven tiefer liegt als der höchste Ton. Nun alles zusammenbauen und das Komponieren kann beginnen! Viel Spaß!



Ansicht der fertig bestückten Platine

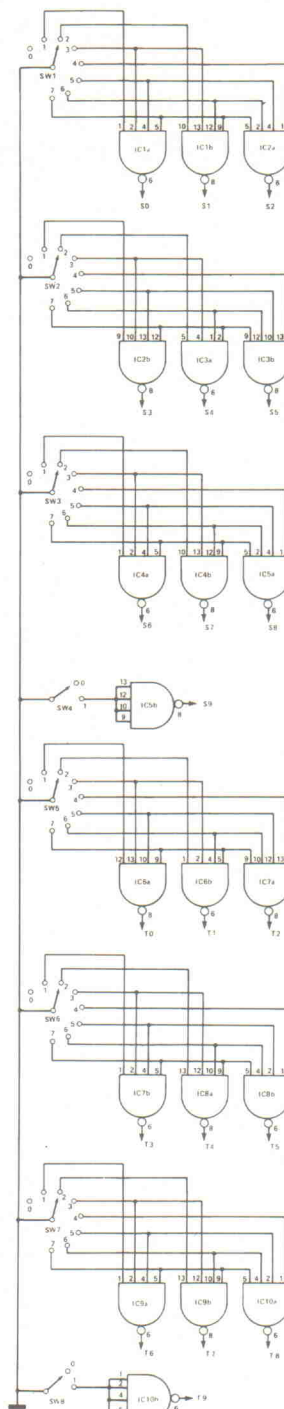


Bild 5: Codierung der Schalter.

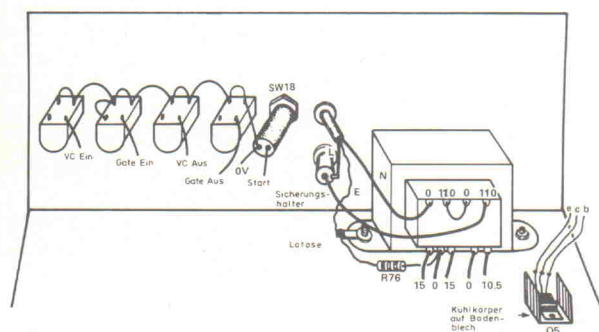


Bild 4: Verdrahtung der Ein- und Ausgangsbuchsen.

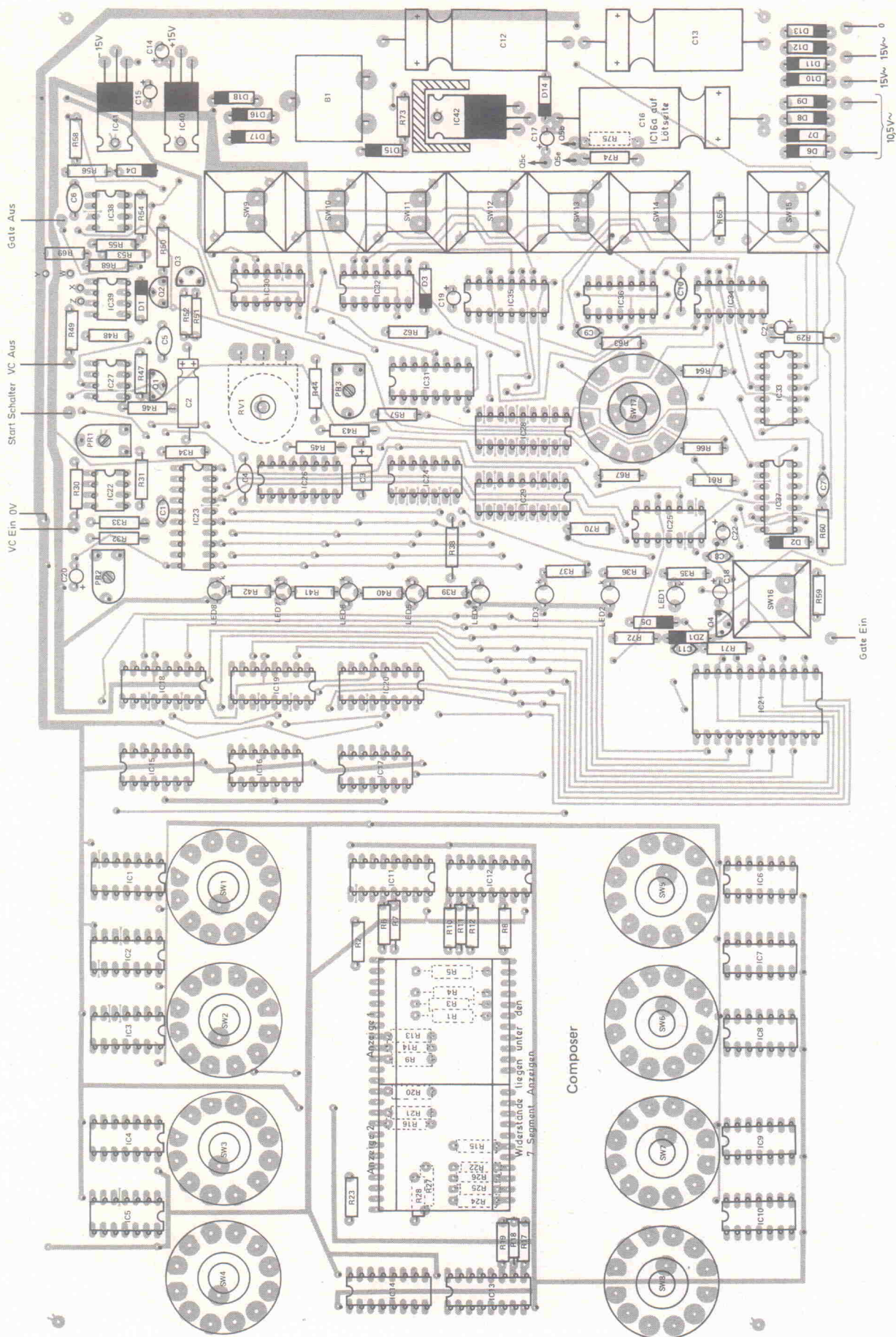


Bild 6: Bestückungsplan des Elrad-Composers. Die Platine ist beidseitig kaschiert. Gezeigt ist der Blick auf die Bauteilseite (und auf die Leiterbahnen der Bauteilseite). C16a ist auf der Platinenunterseite an die Lötungen neben denen von C16 angelötet.

Stückliste

Widerstände 1/4W, 5% (Kohleschicht, falls nicht anders angegeben)

R1–28,	
35–42	270R
R29,61,62,	
63	390R
R30	22k Metalloxid
R31	33k Metalloxid
R32	100k Metalloxid
R33	470R Metalloxid
R34,50,51,	
52,54,60,67	10k
R43	1k0 Metalloxid
R44	4k7 Metalloxid
R45	5k6 Metalloxid
R46	3k3 Metalloxid
R47	220R
R48	2M2
R49,59,66,	
70,72	1k0
R53	47k
R55	5k6
R56	100k
R57	4k7
R58	18k
R64	100R
R65,71,73	2k2
R68	27k
R69	22k
R74	1R0
R75	10R
R76	1k

Potentiometer	
RV1	10k log
PR1	22k Cermet Trimmer
PR2	10k Trimmer
PR3	1k0 Trimmer

Kondensatoren	
C1	150p ker
C2	220µ 10V Elko
C3	47µ 10V Elko
C4,10	100n Folie
C5,6	220n MKH
C7,8,9,11	1n0 ker
C12,13	1000µ 25V Elko
C14,15,	
17–22	1µ0 Tantal
C16,16a	2200µ 25V Elko

Halbleiter	
IC1–10	7420
IC11–14	7446
IC15–17,36	7493
IC18–20	7483
IC21	DM8130
IC22,39	741
IC23	ADC0804
IC24	7404
IC25	7414
IC26	DAC0808
IC27	TL082/LF353
IC28,29	6514
IC30	7410
IC31	74LS367
IC32	7425
IC33	7427

IC34	7408
IC35	7485
IC37	74132
IC38	1458
IC40	7815
IC41	7915
IC42	7805
Q1	BF244C
Q2,4	BC167
Q3	BC257
Q5	TIP30A
D1–5,	
15–17	1N4148
D6–14,18	1N4002
ZD1	2V7 400 mW
LED1–3	TIL222
LED4–8	TIL220
Anzeige 1,2	NSN784

Schalter	
SW1–8	DrehSchalter 1-polig mit 12 Schaltstellungen (mit Anschlagbegrenzung)
SW9–16	1-polige Tastschalter für Platinenmontage
SW17	DrehSchalter 4-polig mit 3 Schaltstellungen
SW18	1-poliger Tastschalter für Gehäusemontage

Verschiedenes
IC-Sockel, 3,6 V NiCad Akku für Platinenmontage, Kühlkörper, Trafo 15 V–0 V–15 V/100 mA, 10,5 V/1 A, Sicherungshalter, Platine, Klinkenbuchsen, Gehäuse.

Wie funktioniert's?

Die Steuerspannung (pitch data) liegt an IC22 und gelangt von diesem an den Analog-Digital-Wandler IC23, der die analoge Eingangsspannung in ein 8Bit-Binärwort umsetzt. Die Binärzahl ist dabei der jeweiligen Eingangsspannung proportional (in unserem Fall nicht vollständig, da wir nur die 5 höchstwertigen Bits ausnutzen). C1 und R34 bilden zusammen mit einem eingebauten Schmitt-Trigger den Taktgenerator, der bei einigen hundert Kilohertz arbeitet. Alle acht Bits werden von den LEDs überwacht. LED-Treiber sind IC24, IC25a und IC25b. Die fünf höchstwertigen Bits gelangen auf einen Daten-Bus, der die Speicher mit dem Digital-Analog-Wandler IC26 verbindet. Sein Referenzstrom wird in Pin 14 eingespeist. Der quantisierte Strom aus Pin 4 erzeugt eine Spannung über R46. Q1, C5, IC27b bilden eine Abtast- und Halteschaltung (engl.: Sample-and-Hold), die vom Ausgangs-Gatesignal gesteuert wird. Die Schaltung bewirkt eine Tonhöhenänderung synchron mit

dem Beginn des Taktsignals. Der Ausgang von IC26 ändert sich eine Taktphase früher.

Die ICs 1–10 dekodieren die an den Adreßschaltern SW1–8 eingestellten Adressen zu einem 10 Bit-Binärwort. Die ICs15–17 bilden einen Binärzähler, der vom Ausgang des IC21 auf Null gesetzt wird. Die ICs18–20 sind Binär-addierer, die die Binärinformation von den Zählerausgängen mit denen der ICs1–5 addieren, um die richtigen Speicheradressen zu erhalten. Wenn der Zähler mit der Reset-Taste auf Null gesetzt ist, entspricht die Speicheradresse der an dem 'SEQUENCE START'-Schalter eingestellten. Die Ausgänge der ICs 6–10 werden vom 10 Bit-Komparator IC21 mit der Speicheradresse verglichen. Ein Rücksetz-Signal für den Zähler wird dann erzeugt, wenn die Adressen gleich sind. So wird die Folge beendet und beginnt wieder bei der Startadresse. Die Sieben-segment-Displays werden von den Decoder-ICs11–14 angesteuert, die auf den Speicheradreß-Bus geschaltet sind.

Beim Programmieren wird der Zähler von dem extern (vom Synthesiser) eingespeisten Gatesignal gesteuert (über IC25f, IC33a, IC37b, IC25c). Angenommen, der Synthesiser ist richtig justiert, so daß sich die Tonhöhe *vor* dem Beginn des Gatesignals ändert – also die eingespeiste Spannung schon einen stationären Wert aufweist, wenn das Gatesignal beginnt. Wenn eine Taste gedrückt wird, ändert sich die der Tonhöhe entsprechende Spannung, und der Analog-Digital-Wandler erzeugt das entsprechende Binärwort. Nun kommt das Gatesignal und schaltet den Speicher in den Schreibbetrieb um und entriegelt den Tri-State-Puffer IC31 und den AD-Wandler. Die Binärdaten vom Wandler und die Tonlänge/Pausen-Informationen von IC30 und IC31 gelangen in den Speicher. Wird die Synthesiser-Taste losgelassen, verschwindet das Gatesignal, der Speicher wird in den Lesebetrieb umgeschaltet, und AD-Wandler und Puffer werden gesperrt. Im Data-Monitor wird nun angezeigt, welche Tonhöhe im nächstfolgenden Speicherplatz schon vorhanden ist.

Das Ende des Gatesignals wird durch seine abfallende Flanke charakterisiert (von IC25, Pin 12), mit der der Zähler um einen Schritt weiterschaltet. Der Impuls gelangt außerdem über Q4 nach Pin 8 der Speicher-ICs und sperrt diese. Wenn Pin 8 auf 0V geht, wird die neue Adresse angewählt. Die Basis von Q4 ist außerdem mit der Reset-Schaltung verbunden, so daß die Adresse auf den richtigen Stand gebracht wird, wenn der Zähler zurückgesetzt ist.

IC38 stellt einen Oszillator dar mit einem Tastverhältnis von 1:2, das am IC37, Pin 3 anliegt. Die abfallende Flanke des Signals taktet den 8-Zähler IC36. Während der Wiedergabe wird der Ausgang von IC36 mit der Tonlängen/Pausen-Information im 4Bit-Komparator IC35 verglichen. Bei Gleichheit geht Pin 6

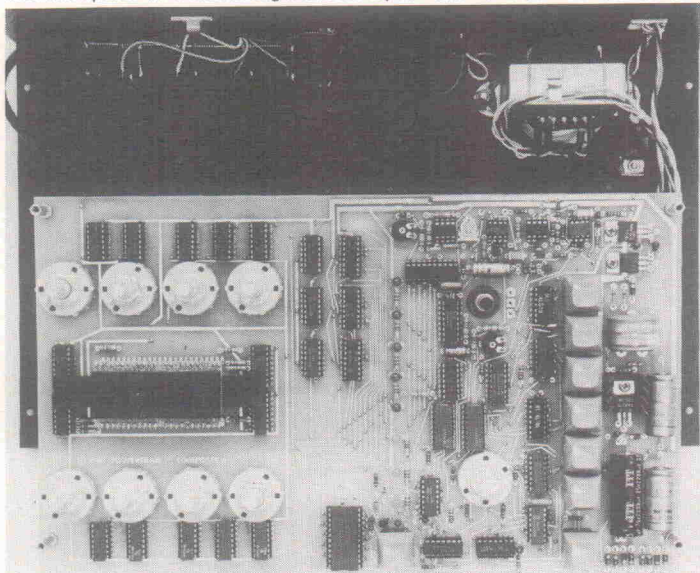
von IC35 auf 'H', und das 'H'-Signal gelangt auf einen der beiden Reset-Eingänge von IC36 über IC33b, IC37d. Wenn das Taktsignal auf 'H' geht und somit den anderen Reset-Eingang (Pin 2) auf 'H' legt, wird der Zähler zurückgesetzt. Der Zähler zählt deshalb solange, wie die Binärinformation vom Speicher anliegt (während einer Taktphase) und wird dann auf Null zurückgesetzt. Der Nullzustand des Zählers wird von IC32b erkannt, dessen Ausgang den Adreßzähler taktet. Das invertierte Taktsignal gelangt an IC32, Pin 13 und begrenzt das Ausgangssignal von IC32 auf eine Taktphase, wenn der Zähler keinen Reset-Befehl erhält, d.h. wenn die Tonlänge vier Takte lang ist und vom Speicher nur Nullen ausgelesen werden. Der Ausgang von IC32b liefert über IC33c das

Gatesignal. IC33c sperrt das Gatter, wenn eine '1X1'-Information von IC34a erkannt wird, d.h. wenn eine Pause (101) programmiert war. Der Zähler wird nach zwei Taktimpulsen vom Ausgang des IC34b zurückgesetzt.

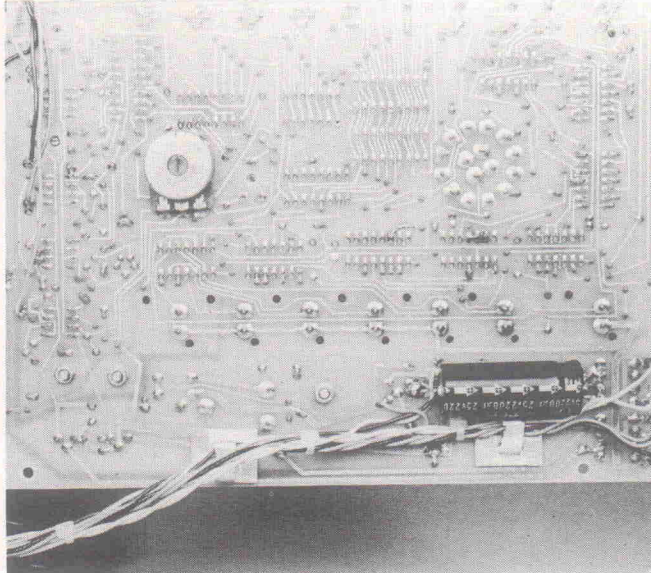
Wenn Netzspannung vorhanden ist, bekommt die Logik ihre 5V über D18, der Speicher bekommt 5V über D16 und der Akku wird über D15 geladen. D14 erhöht die Ausgangsspannung von IC42 auf etwa 5,6V, um die Schwellspannung der Dioden D16 und D18 zu kompensieren. Ist keine Netzspannung vorhanden, ist die Logik abgeschaltet, aber der Speicher erhält 3V über D17. Wenn die Logik-Spannung zusammengebrochen ist, schaltet Q4 ab und sperrt den Speicher, so daß nur noch einige Mikroampere fließen.



Der Composer in Verbindung mit dem Synthesizer Transcendent 2000 (Bauanleitung in elrad Special 1)



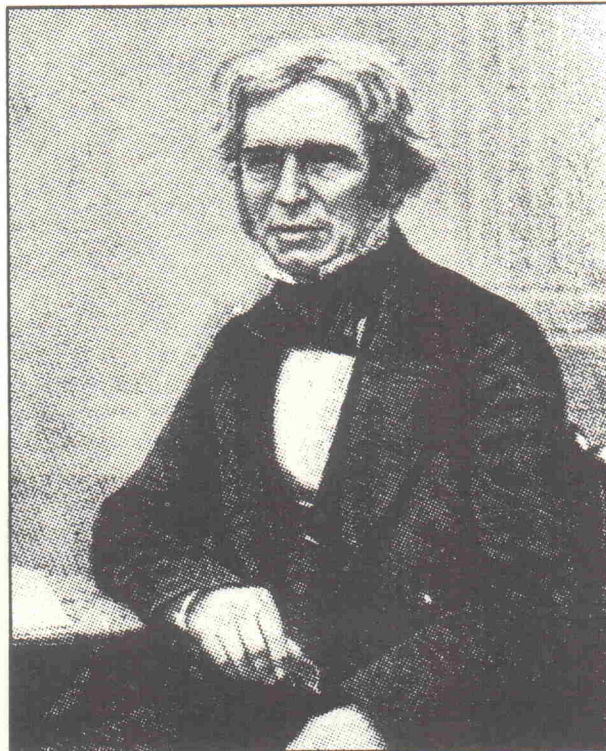
Die Rückwandverdrahtung



RV1 und C16a werden auf der Lötseite der Platine montiert.

Michael Faraday

Ein großer Name



In zwangloser Reihenfolge wird Elrad von diesem Heft ab Pioniere der Elektrizität und Elektronik vorstellen. Wir beginnen mit Forschern, die einen wichtigen Beitrag zur Entdeckung der Elektrizität geleistet haben. Später stellen wir Ihnen einige Wegbereiter der Elektronik vor. Im Mittelpunkt dieses Artikels steht einer der genialsten Experimentatoren und Entdecker der modernen Naturwissenschaften: Michael Faraday.

Haben auch Sie ab und zu Schwierigkeiten mit der Theorie? Haben auch Sie jedesmal das Gefühl, daß man mit einem heißen Lötkolben in der Hand mehr lernen kann als aus einem Buch? Dann fühlen Sie ähnlich wie Michael Faraday, der mehr für den Fortschritt der Elektrizität getan hat als irgendein anderer auf diesem Gebiet.

Faraday wurde 1791 in Newington, England, als Sohn eines Hufschmieds geboren. Sein Vater muß ihm viel über die Technik seiner Zeit beigebracht haben, einer Zeit umwälzender und heftiger Änderungen. Die Amerikaner hatten erfolgreich ihre unilaterale Unabhängigkeit erklärt (d. h., sie hatten die Engländer rausgeschmissen), die Franzosen hatten eine Revolution (d. h., sie brachten sich gegenseitig um), und Maschinen waren erfunden worden, die so viel arbeiten konnten wie

drei erwachsene Männer und ein Knabe zusammen. Die Folgen waren ein Aufblühen von Wirtschaft und Handel, gestiegene Nachfrage nach maschinengefertigten Gütern, und Arbeitsplätze für jeden, der einen wollte.

Als Faraday jung war, übernahmen die Schmiede die Rolle der Mechaniker, sie reparierten die Maschinen, weil diese Tätigkeit Ähnlichkeit mit ihrem Beruf hatte. Faradays Familie zog nach Nord-London, um sich diesem neuen und einträglichem Gewerbe widmen zu können. Als Michael 14 Jahre alt war, entschied er sich, nicht Schmied zu werden und wurde statt dessen Lehrling bei einem Buchbinder, der auch mit Büchern handelte. Faraday las all' die Bücher, die er zu binden hatte. Er war fasziniert von den vielen Werken, die mit Physik zu tun hatten. Lernbegierig, wie er war, besuchte er die Vorlesungen

von Humphry Davy im Royal Institute. Die Eindrücke, die er da erhielt, bestärkten ihn in dem Vorhaben, auf dem Gebiet der wissenschaftlichen Forschung tätig sein zu wollen. Er schrieb an Davy und bat ihn um eine Stelle. Dem Brief fügte er ein vollständiges Skriptum bei, das er von den Vorlesungen Davys angefertigt hatte. Davy war beeindruckt und ernannte Faraday, der jetzt 21 Jahre alt war, zu seinem Assistenten am Royal Institute.

Davy hatte diesen Schritt nicht zu bedauern – Faraday erwies sich als ein genialer Experimentator, der in der Lage war, jede experimentelle Anordnung aufzubauen, um irgendeine Theorie zu untermauern oder als falsch zu erkennen.

Dazu hatte er z. B. Gelegenheit, als der dänische Wissenschaftler Oersted behauptete, daß ein Magnetfeld um jeden stromdurchflossenen Leiter herum existiert. Faraday wiederholte sofort Oersteds Experimente und bestätigte sie. Dann konstruierte er eine geniale Apparatur (Bild 1), die die Form des

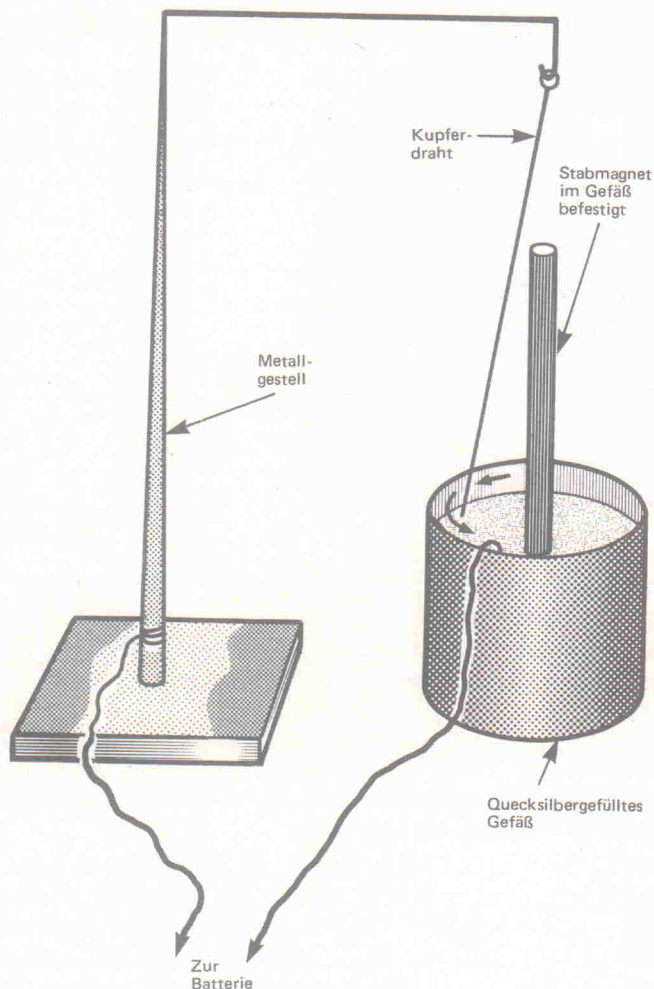


Bild 1. Faradays Motorenexperiment. Ein Magnet war in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäß befestigt. Wenn ein Kupferdraht in das Quecksilber getaucht wurde und dieser Draht von Strom durchflossen wurde, dann drehte er sich um den Magneten.

Magnetfeldes zeigte. Faraday schickte einen Strom durch den Draht und das Quecksilber und konnte damit zeigen, daß der Draht sich in kreisförmigen Bahnen um den Magneten herum bewegte. Er schloß daraus, daß sich das Magnetfeld in Form konzentrischer Kreise um den Draht herum ausdehnte. Davy und Faraday erkannten gleichzeitig, daß diese Vorrichtung elektrischen Strom in mechanische Bewegung umwandelte. Der Elektromotor war geboren.

Die beiden Männer arbeiteten im Team zusammen. Sie reisten durch Europa und führten in Experimentalvorträgen die Entdeckungen vor, die sie gemeinsam gemacht hatten. Auf diesen Reisen lernten sie die meisten berühmten Männer kennen, die auf dem Gebiet der Elektrizität arbeiteten, z. B. Biot und Savart, die an einer Theorie des Magnetismus arbeiteten. Dieses Gebiet faszinierte Faraday am meisten. Im Jahre 1825, er war gerade 34 Jahre alt, wurde er zum Direktor der Laboratorien des Royal Institute ernannt. Eine seiner ersten Aktivitäten war die Aufnahme einer Reihe von Vorlesungen, die er jeden Freitag hielt, und in denen er die neuesten Erkenntnisse in einigen Zweigen der Wissenschaft beschrieb. Diese Freitag-Vorlesungen existieren heute noch, ebenso wie die Weihnachtsvorlesungen für Schulen, die auch auf Faraday zurückgehen. Faraday hatte eine Begabung, sich klar und einfach auszudrücken, seine Vorlesungen waren ständig überfüllt. Dieser Aspekt der Arbeit Faradays wird oft übersehen, wahrscheinlich werden wir nie erfahren, wie viele Studenten heute noch von Faradays genialen Experimenten und seiner klaren und präzisen Darstellung profitieren.

1831 veröffentlichte Faraday die Ergebnisse seiner Arbeiten. Dies stellte einen Meilenstein im Verständnis der Anwendung der Elektrizität dar. Hier beschrieb er u. a. den Induktionsring (Bild 2), einen eisernen Ring mit zwei getrennten Wicklungen. Eine Wicklung war über einen Schalter mit einer Batterie verbunden, die andere Wicklung war an ein empfindliches Galvanometer angeschlossen. Faraday suchte nach einem Weg, Magnetismus in elektrischen Strom umzuwandeln, und dies war der erste von vielen geglückten Versuchen. Es gab zwei Gründe für den Erfolg: Der erste war der, daß Faraday eine eigene Apparatur in der üblichen genialen Art aufgebaut hatte, das Galvanometer insbesondere war sehr viel empfindlicher als die bis dahin bekannten. Der andere Grund war, daß Faraday alles beobachtete und festhielt. Bei einem seiner Versuche machte er eine Notiz über etwas, was Forscher vor ihm wahrscheinlich ignoriert hätten: daß die Galvanometernadel jedesmal zuckte, wenn der Schalter geöffnet oder geschlossen wurde. Jeder hätte erwartet, daß das Galvanometer kontinuierlich anzeigt, während der Strom durch die Wicklung floß, und hätte deshalb diesen 'Schmutzeffekt' mißachtet. Für Faraday waren dies jedoch wichtige Erkenntnisse, und er schloß daraus, daß nur dann durch das Galvanometer ein Strom fließt, wenn sich der Strom, der von der Batterie kam, änderte. Er hatte das Transformatorprinzip entdeckt und damit den Grundstein gelegt für alle Anwendungen der Elektrizität. Es war nur noch ein kleiner Schritt zu tun, um zu entdecken, daß, wenn die Batterie abgeklemmt war, ein Magnet, der durch die Wicklung gestoßen wurde, ebenso eine Anzeige des Galvanometers verursachen konnte. Der wichtige Punkt, den bis dahin noch niemand begriffen hatte, war die Tatsache, daß die Änderung des Stromes der Schlüssel zur Erklärung all' dieser Er-

scheinungen war. Nämlich Änderung des Stroms, wenn die Anordnung als Transformator verwendet wurde, oder Änderung der Position, wenn die Anordnung mit einem Magneten verwendet wurde. Der nächste Schritt bestand darin, einen kontinuierlichen Strom mit Hilfe einer kontinuierlichen Bewegung zu erzeugen. Faraday bemerkte, daß ein praktikabler Generator eine Kreisbewegung ausführen muß, und er konstruierte den Scheibendynamo (Bild 3), den wir heute unipolaren

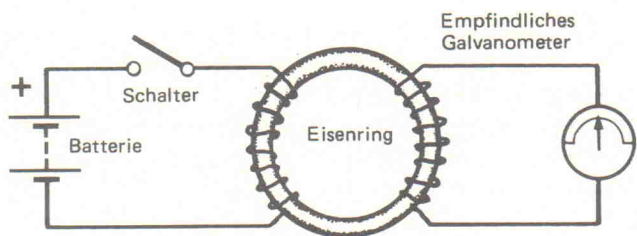


Bild 2. Das Experiment mit dem Eisenring. Faraday fand heraus, daß diese Anordnung (der erste Transformator) beim Öffnen oder Schließen des Schalters einen Stromstoß erzeugte, den das Galvanometer anzeigte.

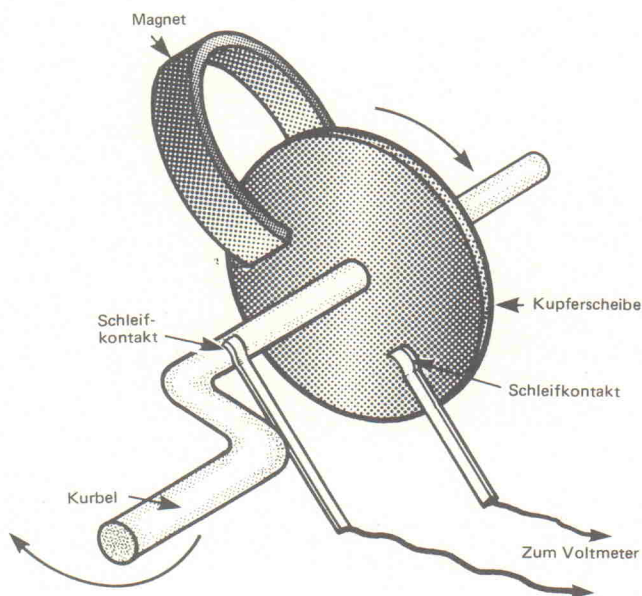


Bild 3. Der homopolare Generator. Eine Scheibe rotiert zwischen den Polen eines Magneten und erzeugt dabei eine kleine Spannung zwischen den Kontakten. Die Spannung hängt von der Drehzahl der Scheibe und der Stärke des Magnetfelds ab.

Generator' nennen. Wie das Bild zeigt, besteht dieser aus einer Kupferscheibe, die zwischen den Polen eines starken Magneten rotiert. Schleifkontakte liegen an der Drehachse und am Rand der Scheibe. Wenn die Scheibe in Rotation versetzt wird, kann man zwischen diesen beiden Kontakten eine kleine Spannung messen. Interessanterweise wird diese Anordnung, die in der Vergangenheit eher als Kuriosität aufgefaßt wurde, heutzutage wieder genauer untersucht. Der Grund: Obwohl die Spannung sehr klein ist, kann der Strom sehr groß sein, genau das, was man bei der Stromversorgung von modernen Halbleitern benötigt. Der unipolare Generator gibt Gleichstrom ab, hat also bessere Eigenschaften als der gleichgerichtete Ausgang eines Dynamos. Der unipolare Generator ist deshalb ideal z. B. als Notstromversorgung für elektronische Geräte.

Faraday wandte sich jetzt anderen Gebieten zu und überließ die Entwicklung des Dynamos anderen, z. B. Siemens und Edison. Er wollte die geheimnisvollen Zusammenhänge zwischen Strom und Magnetismus erkunden und war fasziniert von der Möglichkeit, Magnetismus in Form von Kraftlinien darzustellen, d. h. also graphisch. Er fühlte intuitiv, daß Elektrostatik, fließender Strom und Magnetismus Teil oder Erscheinungsform der gleichen Sache sein mußten, aber er verfügte nicht über das mathematische Rüstzeug, diese Annahme theoretisch zu beweisen. Dies gelang erst Clark Maxwell kurz nach dem Tode Faradays.

Nach 1844 beschäftigte Faraday sich mit anderen Gebieten der Elektrizitätslehre, verfolgte dabei aber immer seine Idee, daß Elektrizität der Schlüssel zu allen Wissenschaften sei. In den ersten Jahren seiner Zusammenarbeit mit Davy hatte er viele chemische Entdeckungen gemacht, u. a. hatte er sich intensiv mit Glas beschäftigt. Glas ist keine chemische Verbindung, sondern eine Mischung, es existieren Tausende von verschiedenen Glassorten. Eine dieser Sorten, die Faraday hergestellt und 'Schwerglas' genannt hatte, erwies sich als besonders bemerkenswert. Dieses spezielle Glas polarisierte jedes Licht, das hindurchtrat, es verhielt sich also so, wie wir das von manchen Sonnenbrillen her kennen. Das Besondere an Faradays Schwerglas war, daß die Polarisation sich änderte, wenn das Glas einem Magnetfeld ausgesetzt war. Genauer: die Polarisationssebene drehte sich, wenn ein Magnetfeld vorhanden war. Das war für Faraday ein klarer Hinweis auf die Verbindung zwischen Licht und Magnetismus, dieser Faraday-Effekt wird heute verwendet zur Steuerung von Laser-Strahlen, d. h., wir können einen Laser-Strahl direkt mit einem elektrischen Strom modulieren.

Faraday zog sich 1858 ins Privatleben zurück, nach einem arbeitsreichen Leben, das praktisch jeden Zweig der Wissenschaft berührt und beeinflusst hatte. Wir haben uns hier nur auf einige seiner wichtigsten Entdeckungen beschränkt, haben z. B. nichts gesagt über seine chemischen und elektrochemischen Arbeiten, wie z. B. die Entdeckung der Galvanostegie. Er starb 1867. Dieser geniale Experimentator und Lehrer hinterließ eine außerordentliche Anzahl von Entdeckungen, die noch seinen Namen tragen, eine Organisation, die noch heute unter seinem Namen Lehrveranstaltungen durchführt, und einen neuen Zweig der Technik und Wissenschaft, die Elektrotechnik. Nur wenige Menschen haben einen solchen Beitrag zu unserem heutigen Leben geliefert.

555/7555

... einmal anders.

Das aus Zeitgeberschaltungen bekannte IC 555 und sein moderner CMOS-Nachfolger ICM 7555 werden gern für hochwertige und preiswerte astabile Multivibrator-Schaltungen eingesetzt.

Üblicherweise laufen diese ICs nur in simplen Rechteckgeneratoren.

Tatsächlich können sie jedoch — unter Anwendung einiger unorthodoxer Methoden — wesentlich mehr:

Die ICs können z. B. auch Sägezahn- und Sinusspannungen erzeugen und lassen sich auf vielfältige Art und Weise elektronisch ein- und ausschalten.

Ein- und Ausschalten der 555/7555-ICs

Bild 1a zeigt die grundlegende Beschaltung in Generatoranwendungen. Für das Verständnis der im folgenden beschriebenen Schaltungen ist es angebracht, die Grundfunktion genau zu kennen. Alle Schaltungen werden mit 12 V betrieben.

Das IC enthält einen aus drei Widerständen bestehenden Spannungsteiler, zwei Spannungskomparatoren, ein FlipFlop, einen Transistor und einen Ausgangs-Verstärker (Bild 1b). Die Teilerhältnisse des Spannungsteilers sind so gewählt, daß ein Drittel der Versorgungsspannung (ca. 4 V) am unteren Komparator und zwei Drittel (ca. 8 V) am oberen Komparator liegen. Die Schaltung reagiert dann so, daß in jedem Betriebszyklus der Kondensator C1 zunächst über R1+R2 auf ca. 8 V aufgeladen wird. In diesem Punkt schaltet der obere Komparator und triggert das FlipFlop. Dieses wiederum schaltet den Transistor durch, dessen Kollektor am Pin 7 zugänglich ist. Der Transistor entlädt C1 über R2, bis die Spannung an C1 auf etwa 4 V abgesunken ist. Nun schaltet der untere Komparator, triggert das FlipFlop, das jetzt den entgegengesetzten Zustand annimmt und den Transistor sperrt. C1 wird wieder durch R1 + R2 aufgeladen, usw. Dieses Spiel wiederholt sich nun und am Ausgang (Pin 3) entsteht somit eine Rechteckspannung. An C1 liegt eine zwischen 4 V und 8 V hin- und herpendelnde, etwa sägezahnförmige Spannung.

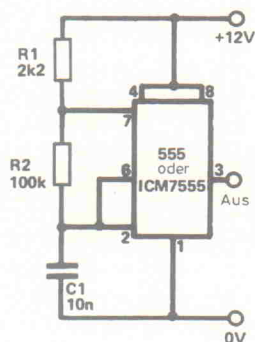


Bild 1a. Prinzipschaltung eines astabilen Multivibrators mit dem 555.

Die konventionelle Methode, das IC zu schalten, verwendet den RESET-Eingang Pin 4 (Bild 2). Wird dieser Anschluß über einen 1 kΩ-Widerstand auf 0 V gelegt, geht der FlipFlop-Ausgang auf HI (hohe Spannung), schaltet den Transistor durch und entlädt somit C1. Am IC-Ausgang (Pin 3) liegt LO (niedrige Spannung).

Den entstehenden Spannungsverlauf an den Schaltungspunkten A und B zeigt das Diagramm. Und hier finden wir bereits den ersten Nachteil der Schaltung. Wird nämlich der Multivibrator eingeschaltet, ist die erste Halbperiode der Rechteckspannung um einiges länger als die nachfolgenden Halbperioden.

Außerdem ist zu beachten, daß beim Ausschalten die Spannung über C1 eine wesentlich längere Zeit benötigt, um bis auf Null abzuklingen. Die Ausgangsspannung am Pin 3 ist im ausgeschalteten Zustand etwa 0 V.

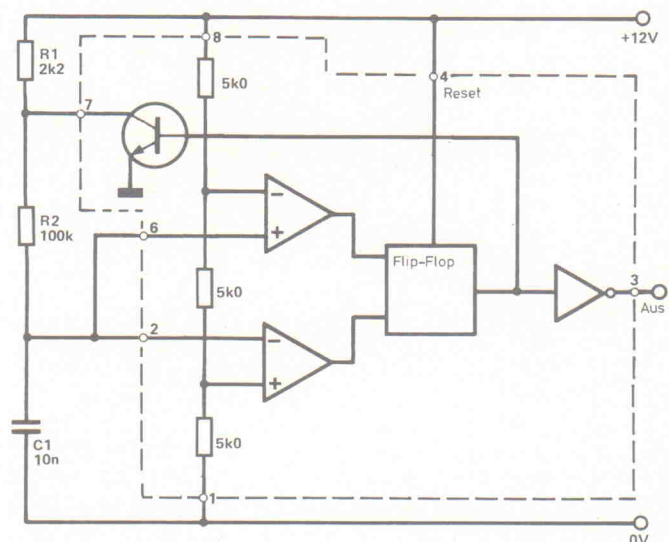


Bild 1b. Innenleben des 555 und äußere Beschaltung als astabiler Multivibrator.

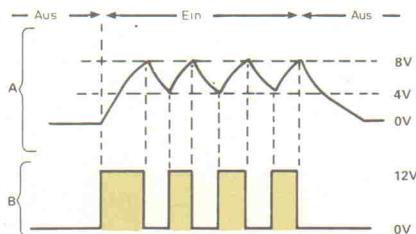
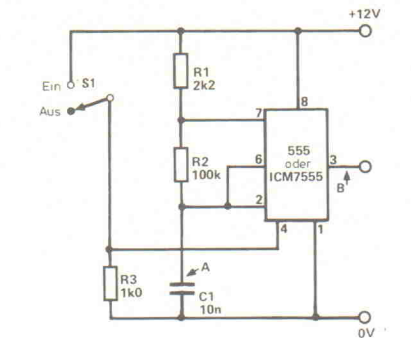


Bild 2. Konventionelle Methode, den 555 ein- und auszuschalten. Daneben die zugehörigen Spannungsverläufe.

Einige andere Methoden

Eine weitere Möglichkeit, den 555/7555 ein- und auszuschalten, zeigt Bild 3. Im eingeschalteten Zustand ist die Diode D1 in Sperrrichtung vorgespannt. Der Multivibrator arbeitet dann kontinuierlich wie gehabt. Beim Ausschalten schließt die Diode den Kondensator C1 kurz und legt den Punkt A auf etwa 0,7 V (etwa Massepotential). Schalter S1 kann durch einen elektronischen Schalter ersetzt werden, z. B. ein CMOS-Gatter.

In dieser Schaltung ist beim Einschalten wiederum die erste Halperiode länger als die folgenden, aber die Spannung über C1 fällt beim Ausschalten schlagartig auf Null (tatsächlich natürlich auf etwa 0,7 V). In dieser Variante steht im ausgeschalteten Zustand am Ausgang (Pin 3) Spannung!

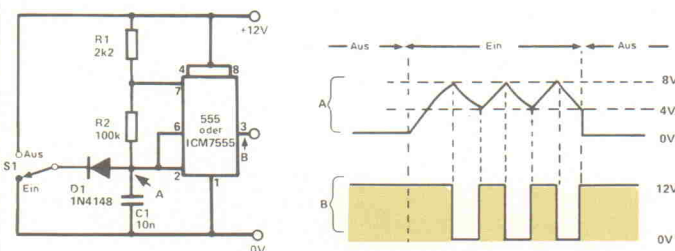


Bild 3. Grundschriftung für das Sperren und Freigeben des 555 mit einer Diode an C1 und die zugehörigen Spannungsverläufe. Zu beachten ist, daß die erste Halperiode länger als die folgenden ist.

Bild 4 zeigt, wie durch eine Änderung der Schaltung von Bild 3 beim Einschalten die erste Halperiode fast gleichlang wie die folgenden gemacht werden kann. Dieser Effekt wird durch entsprechende Dimensionierung der Widerstände R3 und R4 erreicht. Sie sind so bemessen, daß die Spannung an C1 im ausgeschalteten Zustand nur geringfügig unter 4 V (ein Drittel

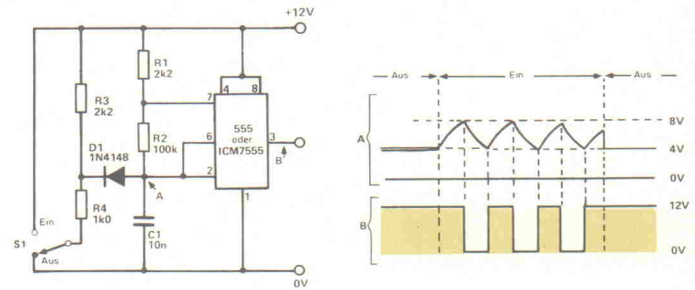


Bild 4. Modifikation des Schaltkreises an C1, um gleichlange Halperioden zu erhalten.

der Versorgungsspannung) liegt. Den entgegengesetzten Ausgangsspannungsverlauf beim Einschalten erreicht man, wenn R3 und R4 so gewählt werden, daß die Spannung an C1 im ausgeschalteten Zustand knapp unter 8 V (zwei Drittel der Versorgungsspannung) liegt. Eine entsprechend dimensionierte Schaltung zeigt Bild 5.

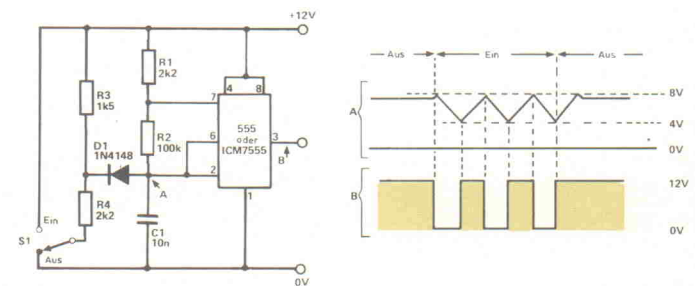


Bild 5. Diese kleine Änderung gegenüber Bild 4 beeinflusst das Anschwingverhalten.

In all diesen Oszillatorschaltungen ist zu beachten, daß die Schaltung nur dann funktioniert, wenn die Spannung am Kondensator C1 ungestört zwischen 4 V und 8 V hin- und herschwingen kann. Bild 6 zeigt eine auf dieser Tatsache beruhende Möglichkeit, den astabilen Multivibrator mit einer Schaltspannung zu steuern. In diesem Fall schwingt die Schaltung nur dann, wenn die Steuerspannung 8 V übersteigt. Die Höhe der erforderlichen Steuerspannung läßt sich durch entsprechende Wahl des Verstärkungsfaktors des Operationsverstärkers festlegen.

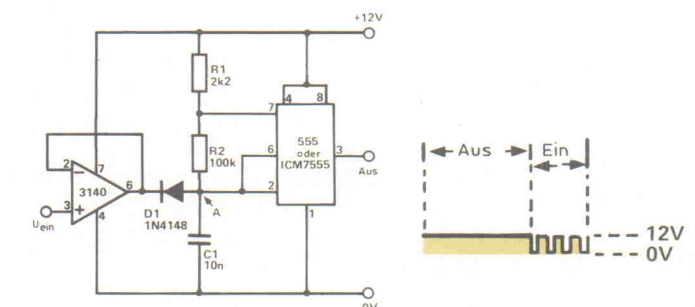


Bild 6. Der spannungsgesteuerte astabile Multivibrator schwingt nur dann, wenn U_{ein} zwei Drittel der Versorgungsspannung (in diesem Fall 8 V) überschreitet.

Als letzte Variante sei die Schaltung in Bild 7 vorgestellt. Hier wird zum Ausschalten die Spannung an C1 auf einer Spannung, die größer als 8 V ist, festgehalten. Zu beachten ist, daß in diesem Fall die Ausgangsspannung beim Ausschalten auf Null geht.

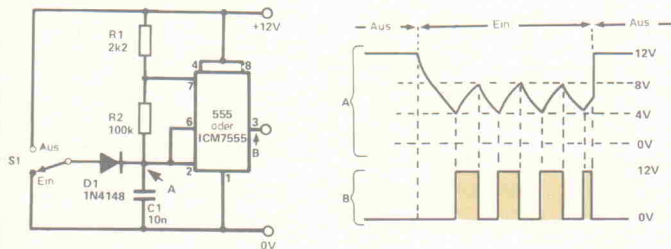


Bild 7. In dieser Variante ist die Ausgangsspannung im ausgeschalteten Zustand gleich Null.

Andere Tastverhältnisse

Unter Tastverhältnis versteht man das Verhältnis von Impulsdauer zu Impulspause. Die grundlegende astabile Multivibratorschaltung mit den ICs 555/7555 erzeugt rechteckförmige Spannungen mit einem Tastverhältnis von etwa 1:1. Dies gilt, solange R2 groß gegenüber R1 ist (Lade- und Entladezeitkonstante etwa gleich).

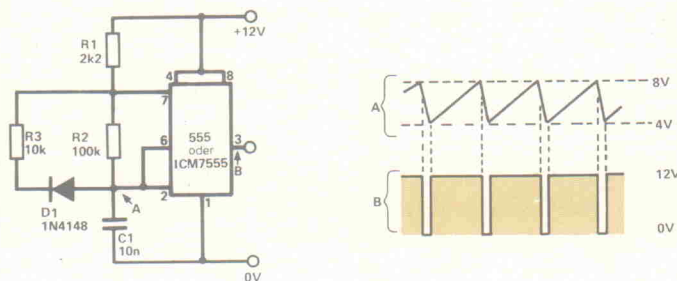


Bild 8. Erzeugung von Rechteckspannungen mit Tastverhältnissen ungleich 1:1.

Bilder 8 bis 10 zeigen Methoden, asymmetrische Rechteckspannungen mit unterschiedlichen Tastverhältnissen zu erzeugen. In der Schaltung Bild 8 lädt sich der Kondensator C1 über R1 + R2 auf, entlädt sich jedoch über R2 und den über die Diode D1 parallel geschalteten Widerstand R3. Die Spannungsverläufe sind aus dem Diagramm ersichtlich. Bei der Schaltung Bild 9 lädt sich C1 über (R1 + R2) || (R3 + D1) auf und entlädt sich über R2. Die Schaltung erzeugt 'schmale' Pulse mit kleinem Tastverhältnis.

In der Schaltung in Bild 10 schließlich lädt sich C1 über R1 + R3 + D2 auf und entlädt sich über D1 + RV1 + R2 + R1. Diese Schaltung eignet sich gut zur Erzeugung von Impulsen mit konstanter Breite und veränderlicher Frequenz.

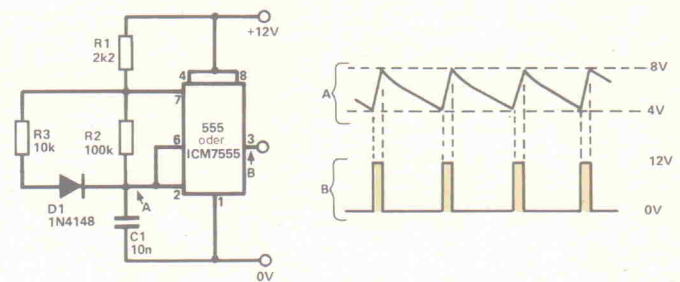


Bild 9. Alternative Methode zu Bild 8.

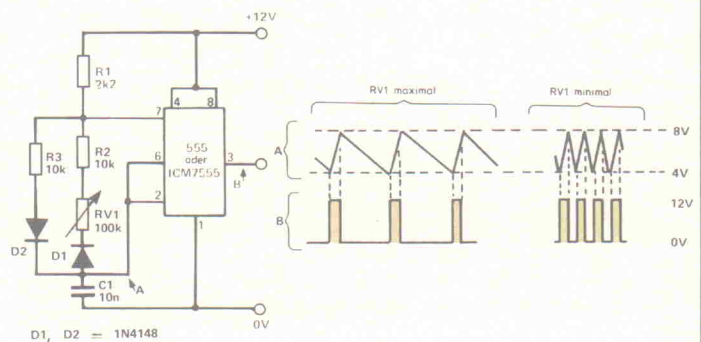


Bild 10. Erzeugung von Rechteckspannungen mit konstanter Impulsbreite und veränderlicher Frequenz.

Erzeugung von Sinusspannungen

Bild 11 zeigt, wie 555/7555-Typen in Sinusgeneratorschaltungen eingesetzt werden können. In diesem Fall gelangt die dreieckförmige Spannung an C1 über den Emitterfolger Q1 an das Widerstands-Dioden-Netzwerk R1 – R2 – D1 – D2. Aufgrund der Nichtlinearität der Dioden werden die positiven und negativen Spitzen der Dreiecksspannung abgeflacht, und es entsteht eine sinusähnliche Spannung von $U_{SS} = 1$ V. Der Klirrfaktor der so gewonnenen Sinusspannung beträgt etwa 3%. Die Frequenz der Schaltung kann von einigen Schwingungen je Minute bis zu einigen Hundert Kilohertz durch entsprechende Wahl von C2 grob vorgegeben werden.

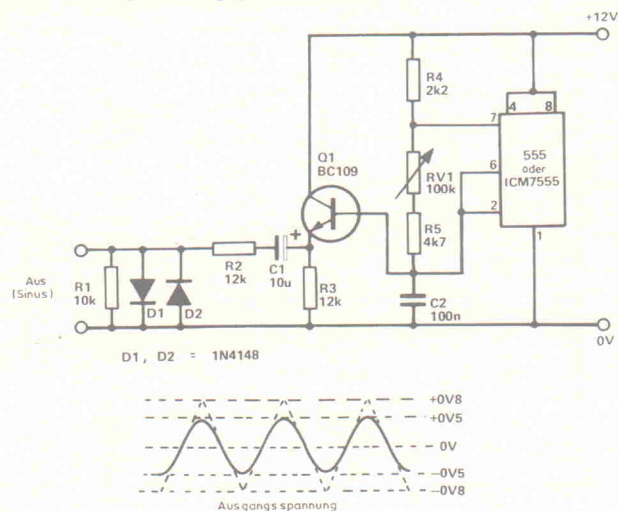


Bild 11. Sinusgenerator mit einem 555. Frequenzbereich: 83 Hz bis 1,4 kHz (veränderbar mit R1).

KDM-Heizölkontroller

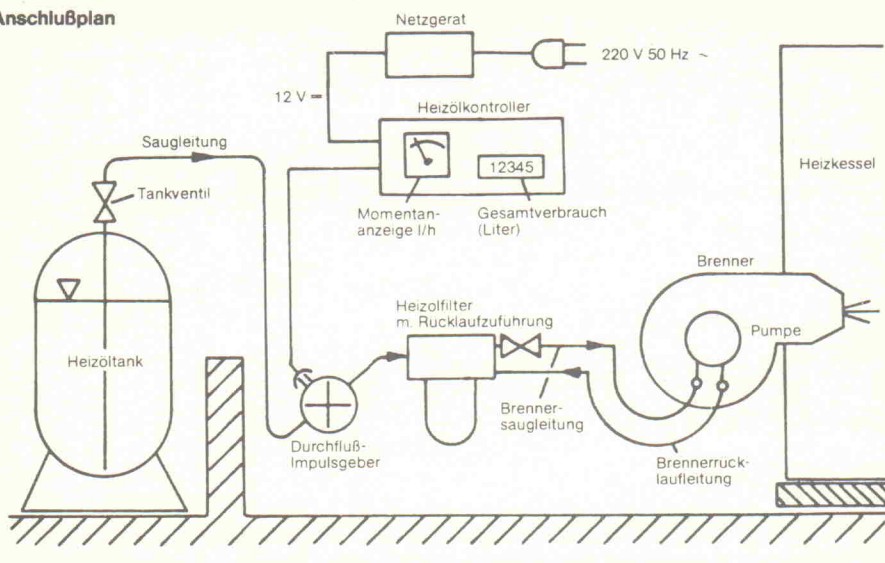
Die Wirtschaftlichkeit, mit der Heizöl verbrannt wird, ist heute mehr denn je in den Vordergrund gerückt. Der Heizölkontroller bietet die Möglichkeit, die für die einzelnen Heizphasen und ihre individuellen Anforderungen sowie die für die örtlichen Voraussetzungen optimale Verbrennung zu ermitteln. Auch ist es mit seiner Hilfe möglich, den Wirkungsgrad und damit auch den Heizanlagenzustand zu überwachen.

Das KDM-Meßgerät arbeitet auf physikalischer Durchflußbasis. Der im Geber befindliche Rotor erzeugt elektrische Impulse, die in der Auswertelektronik verarbeitet werden. Die Impulse sind proportional der Durchflußmenge und somit das geeignetste Maß für die Messung pro Zeiteinheit und gleichzeitig für die Messung des Gesamtverbrauchs.

Mit dem Anschluß des Heizölkontrollers an die Öl- und Stromversorgung ist das Gerät betriebsbereit. Wenn der Brenner anspringt, d. h. das Magnetventil öffnet, springt die Momentan-Anzeige auf einen Durchsatzwert entsprechend der Düsengröße und des eingestellten Druckes. Der Düsenquerschnitt muß bekannt sein, da er und der eingestellte Düsendruck für den Öldurchsatz verantwortlich sind. Der Heizölkontroller ist werkseitig eingestellt. Durch die örtliche Einbausituation kann es passieren, daß die Grundeinstellung verändert werden muß. Dies kann ohne Eingriff in die Schaltung von außen geschehen.

Weitere Informationen:
KDM-elektronik-gmbh,
Postfach 150 568,
D-8500 Nürnberg.

Anschlußplan



Ein neues Analog-Multimeter von PANTEC

PANTEC, seit Jahren als Hersteller von Service-Meßgeräten bekannt, hat jetzt als Weiterentwicklung des Multimeters Typ MINOR, das Vielfach-Meßinstrument Typ MAJOR 20 K im Markt eingeführt.

Der Tester, mit einem Instrument der Klasse $1,5/400 \mu A/3000 \Omega$, ist in allen Meßbereichen gegen Falschbedienung durch eine superflinke Sicherung Typ FF 3,15 A, einem Überspannungsableiter sowie einem Diodenkreis gesichert.

Weiterhin sind die Kontakte des Bereichs Dreh- sowie des Schiebeschalters mit einer Goldauflage versehen, was eine noch bessere Kontaktgabe und längere Lebensdauer garantiert.

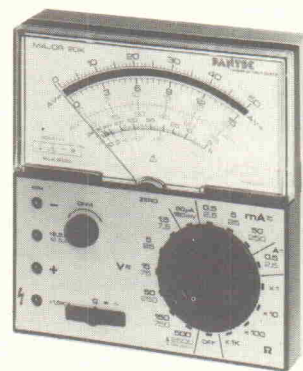
Interessant sind ebenfalls die 45 Meßbereiche, wobei insbesondere der Ohmbe- reich um 2 erweitert wurde, sowie die Möglichkeit der direkten Messung von 12,5 Ampere AC.

Der Anschluß erfolgt, wie bei allen neuen Pantec-Multimetern, über 4 mm Buchsen.

Das Major 20 K wird komplett mit Kunststoff-Tragetasche, Meßkabel, Ersatzsicherung sowie einem Aufsteller geliefert.

Preis: DM 119,30 + MwSt.

Weitere Informationen:
Carlo Gavazzi Deutschland GmbH,
Kölner Landstr. 34a,
D-4000 Düsseldorf.



Der Treffpunkt für alle, die sich
für Elektronik und Mikrocomputer interessieren.

HOBBY ELEKTRONIK 81

Fachausstellung für praktische
Elektronik und Mikrocomputer

Stuttgart Killesberg
21. bis 25. Oktober 1981, täglich von 9 bis 18 Uhr



Hier zeigen Händler und
Hersteller was neu ist.
Hier finden Sie besonders inter-
essante Messe-Sonderangebote.
Hier können Sie langgesuchte
Bauteile entdecken und kaufen.
Hier bietet man
die fachliche Beratung.
Hier können Sie mit
Gleichgesinnten diskutieren.
Hier führt man Ihnen vor,
wonach Sie suchen.
Hier sind Anwendungsbeispiele
zu sehen ...

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



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

etc., etc. . . . Kurzum, alle Teile, die Sie für den spielereiten Synthesizer benötigen — lediglich die Tonleitung zur PA sollten Sie schon besitzen.

Sie können auch einzelne Bauteil-Päckchen bekommen. Fordern Sie unsere Liste gegen 1,— DM in Briefmark. 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
298,— DM
45,— DM
je 2,— DM
10,— DM

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)



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 Fertigergerät 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

Electronic-Versand

Postfach 2044
3165 Hainigsen

Nachnahmeversand
alle Preise incl. MwSt. + Versandspesen

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

Elektronik-Einkaufsverzeichnis
Seite 64 bis 66

Große LED-Anzeigen für Zeit, Datum und
Wochentage + Stoppuhr mit 8 Zwischen-
zeiten + Anschluß für jed. DCF77-
Empfänger + Universalschaltuhr
mit 200 Schaltzeiten von
1 Sek. bis 100 Jahre,
14 Schaltgänge +
serieller Zeit-
ausgang +++
I N F O
anf.

DIE SUPERUHR MP-Elektronik
Jägerstraße 10
8000 München 70

Baus.
o. Geh. u.
Trafo. .465DM
Baus. mit Gehäuse,
Trafo, Notstromvers.,
2 schaltbare Steckdosen
2 Signalmelodien/Töne . . . 680DM
dto als Fertiggerät. 880DM
Baus. Zweitanzige (6-stellig). . . 77DM
Bausatz Z E I T - A N S A G E . . . 135DM
Leiste mit 5 schaltb. Steckdosen. . . 93DMinkl.

elektronik
katalog
81-S
heho
kostenlos
anfordern!

kirchenweg 10-4 7957 schemmerhofen

maristron gmbh

bietet das breitsortierte und preisgünstige
20-Punkte-Programm:

1. TTL: 74er, 49er, Low-Power-Schottky
2. C-MOS: CD4000 bis 4585
3. C-MOS Pin-kompatibel: 74C-Serie
4. Lineare OP's + universelle Zeitgeber
5. Transistoren: AD, BC, BD, BF + 2N-Typen
6. Optoelemente: LED's, UAA's, Koppler, Chips
7. Elkos: 47/16-4700/63, Tantals: 0,1/35-100/5V
8. Potis: Trimm u. Wendel 10 Ohm—500 kOhm
9. Quarze: 1—3,2768—5 u. 10 MHz
10. Miniaturnetztrafos (36 Werte)
11. Leistungs-Klein-Relais 250V/15A 6—24V 1+2x um
12. Brückengleichrichter + Dioden
13. Sockel: 8—40pol. Clips (52 Typen)
14. Steckerteile: 13—64pol.
15. Klemmleisten: 2—8 pol.
16. Miniaturschalter: 1—8 pol. f. gedr. Schlüßn.
17. BNC + UHF Steckverbindungen
18. Litzen (bis 10adrig) + HF-Kabel
19. Euro-Platinen 2,5 Punktrast. + andere
20. Fachliteratur

Wir senden Ihnen kostenfrei unseren Gesamtkatalog.
Barverkauf Mo.—Do. 9.00—16.00 Uhr,
Fr. bis 15.00 Uhr.

24-Stdn.-Service durch Anrufbeantworter.
maristron electronic handels-gmbh
Jebensstr. 1, 1000 Berlin 12, Tel. 0 30/3 12 12 03
Telex 0 183 620

Besondere Merkmale:

- Hohe Kreuzmodulationsfestigkeit
- Hohe Oszillatorfrequenzstabilität auch bei großen Eingangssignalen
- Niedriger externer Oszillatorleistungspegel
- Niedrige Strahlung
- Kleines Rauschmaß
- Eingebauter Regelleistungsverstärker mit PIN-Diode
- Hohe Gesamtverstärkung

Integral-UKW-System-Modul



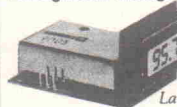
Typ 7254

Im einschlägigen Fachhandel.
Wir senden Ihnen gerne ausführliche Unterlagen.

Der dem neuesten technischen Stand entsprechende Digital-Frequenzzähler 9005 enthält unter anderem einen hochintegrierten CMOS-Schaltkreis (LSI-CMOS), einen sehr schnellen ECL-Frequenzvorteiler 1—100 sowie eine Flüssigkristall-Anzeige (LCD) mit 13 mm hohen Ziffern.

Digital-Frequenz-Anzeige Typ 9005

Flüssigkristall-Anzeige



Generalvertretung
K.-P. Mennicken
Großflecken 64, Postfach 2103,
2350 Neumünster,
Telefon (0 43 21) 4 88 83

Larsholt Electronics AG

Neuerscheinung September 81

KW-Frequenzverzeichnisse der kommerziellen Sprechfunk- und RTTY-Dienste im Bereich 10-KHz bis 30-MHz. (Flug-Seefunk, Interpol, Botschaften, Presseagenturen usw.) Die neuen Handbücher sind komplett überarbeitet, auf der EDV erstellt und umfassen die Eintragungen weltweit mit div. Angaben über die Station.

2. Ausgabe KW-Sprechfunk-Stations-Frequenzverzeichnis 81/82 enthält über 5000 Eintragungen von kommerz. Stationen.

2. Ausgabe KW-RTTY-Stations-Frequenzverzeichnis 81/82 nach Frequenzen geordnet, sowie Presseagenturen usw. Die unentbehrlichen Handbücher für den Kurzwellenhörer! Mit unseren neuen Frequenzlisten sind Sie stets drahtlos auf Draht — für die totale Information!

Nähere Unterlagen direkt und gratis von:

POLI-ELECTRONIC, Abt. DOK,
Hohrüllstraße 16, CH-8302 Kloten/Schweiz

PHILIPS*HOBBY*ELEKTRONIK

Bausätze für das Kraftfahrzeug

Thyristor-Zündung EB 7650

Elektronische Zündsysteme verbrennen den Kraftstoff besser und erzeugen auch bei niedriger Batteriespannung (Kaltstart im Winter) noch einen kräftigen Zündfunken. Außerdem nutzt der Unterbrecherkontakt nicht ab. Durch automatische Drehzahlbegrenzung auch für Wankelmotoren geeignet; kein Auswechseln der Zündspule erforderlich; durch Umstecken zweier Stecker kann jederzeit auf Normalzündung zurückgeschaltet werden.

Technische Daten:

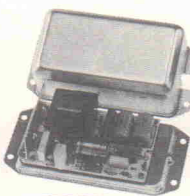
Spannungsversorgung 12 V (Minus an Masse)
Drehzahlbegrenzung 12000 U/min.
(4-Zylinder Motor)
8000 U/min.
(6-Zylinder Motor)
Temperaturbereich -25°C bis +70°C
Kontaktbelastung 150 mA (nicht induktiv)
Stromverbrauch bei 1000 U/min. 400 mA
Abmessungen 146 x 81 x 58 mm

Intervallschalter für Scheibenwischer EB 7652

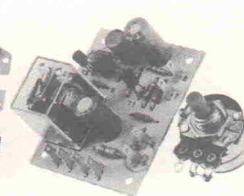
Mit einem Potentiometer lassen sich der Intervallschalter aktivieren und die Ruhepausen zwischen den Wischvorgängen von 4 bis 30 Sekunden stufenlos einstellen. Die Intervallzeit ist weitgehend unabhängig von der Batteriespannung und der Umgebungstemperatur. Da der Bausatz ein Schaltrelais mit je einem Arbeits- und Ruhekontakt besitzt, ist er für Scheibenwischermotoren mit automatischer Ruhestellung bzw. mit Kurzschlußkontakt am Motor geeignet.

Technische Daten:

Speisespannung 6 bzw. 12 V
Polarität + oder - an Masse
Stromaufnahme ca. 120 mA
Kontaktbelastung 5 A
Intervallzeit 4 bis 30 s
Abmessungen (ohne Potentiometer) 50 x 60 x 32 mm



EB 7650



EB 7652

Den ausführlichen Katalog über das gesamte Philips Bausatz- und Experimentiertechnik-Programm erhalten Sie bei Ihrem Fachhändler.

PHILIPS



Das große Bausatzprogramm

computing today

Numerische Mathematik	33
PET-Bit # 13	35
Berechnung von Einstellschaltern	37
Buchbesprechung	40

30

Numerische Mathematik, Teil 12

Wenn Zwischenwerte gefragt sind

R. Grabowski

Wir haben uns in dieser Serie schon mehrfach mit empirischen Funktionen befaßt. Gemeint sind Funktionen, die nicht durch einen Formelausdruck gegeben sind. Derartige Funktionen erhält man als Resultat von systematischen Messungen, bei denen eine Größe, z. B. die Spannung, systematisch verändert wird und zu jedem Wert dieser Größe der Wert einer anderen Größe aufgenommen wird, z. B. der Strom, der sich mit der Veränderung der Spannung ebenfalls verändert hat. Ein bekanntes Beispiel für eine empirische Funktion ist die in einem Wetterhäuschen, wie man es häufiger in den Kurgärten von Heilbädern antrifft, von einem Thermometer aufgenommene Temperatur, die auf einem nachgeschalteten Schreiber als empirische Funktion der Zeit grafisch aufgetragen wird.

Will man eine empirische Funktion rechnerisch verarbeiten, muß sie in Form einer Tabelle von Zahlenpaaren umgesetzt werden, sofern das nicht schon beim Meßakt selbst geschehen ist. Früher geschah dieses Umsetzen ausschließlich durch Ablesen einer Anzeige eines Zeigerinstrumentes oder durch Ablesen der Koordinaten von Kurvenpunkten eines Schriebes. Mit den heute üblich gewordenen Begriffen können wir auch sagen, daß früher mit den Meßgeräten Daten in analoger Form gewonnen und durch Zwischenschalten der menschlichen Sinnesorgane und des menschlichen Gehirns in digitale Form, d. h. in Zahlenwerte gewandelt wurden. Heute wird zunehmend durch den Einsatz von Analog-Digital-Wandlern und nachgeschalteten Digitalschaltungen oder Microcomputern eine Wandlung in die digitale Form vor Ort angestrebt, ohne Zwischenschaltung des Menschen.

Wer sich mit der Wandlung empirischer Funktionen von der analogen in die digitale Form befaßt hat, wird darüber nachgedacht haben, daß die digitale Information lückenhaft ist, da ja die Wandlerrate, d. h. die Anzahl der Umsetzungen von analogen in digitale Daten pro Zeiteinheit begrenzt ist. Über die Frage, wie die Lücken, falls erforderlich, wieder gefüllt werden können, gibt es vielfältige Vorstellungen und Überlegungen. Die klassische Methode des Lückenfüllens ist die Interpolation.

Interpolationsverfahren sind schon in vorelektronischer Zeit entwickelt worden, weil in jener Zeit die Berechnung von Funktionswerten, die durch einen Formelausdruck beschreib-

bar sind — z. B. die Berechnung des Logarithmus $y = \ln(x)$ — ohne elektronische Rechenanlage ein äußerst mühsames Geschäft war. Man berechnete in jener Zeit ein für allemal eine Tabelle mit den Funktionswerten, die dann als Tafel gedruckt wurden. Vielen wird noch die Logarithmen-Tafel in Erinnerung sein. Heute würden wir sagen, daß die formelmäßig bekannte Funktion in digitaler Form auf Papier gespeichert wurde. Auch damals schon stellte sich die Frage, wie man gegebenenfalls die Lücken füllen könnte, da ja die Tafeln nur für vergleichsweise wenige Stellen x die Funktionswerte $y(x)$ enthielten. Mit anderen Worten: Was war und was ist zu tun, wenn man einen Funktionswert für eine Zwischenstelle benötigt, für eine Stelle x_z , die zwischen zwei Stellen x_0 und x_1 gelegen ist, an denen die Funktionswerte bekannt sind und jeweils den Wert y_0 und y_1 haben.

Verdeutlicht wird diese Fragestellung durch Bild 1. Hier wurde eine Funktion grafisch aufgetragen und die Koordinaten der Wertepaare, die sich beim Wandlungsprozeß ergeben, durch Punkte besonders gekennzeichnet.

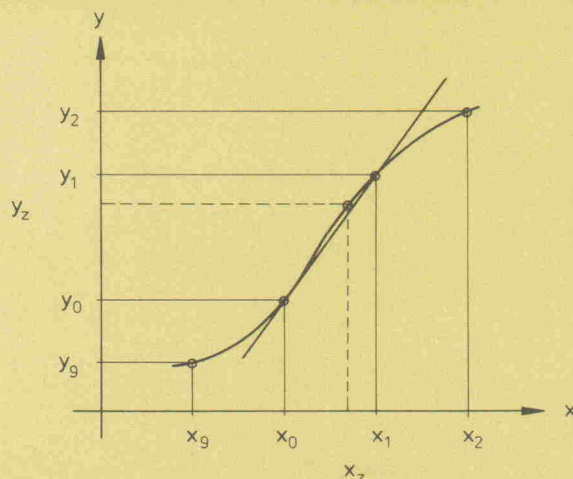


Bild 1. Interpolation. Bekannt sind die Wertepaare $\dots(x_9, y_9), (x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots$ einer Funktion. Gesucht ist der Wert y_z an einer Zwischenstelle x_z .

Alle Interpolationsverfahren arbeiten nach dem gleichen Prinzip: Es wird eine Ersatzfunktion konstruiert, die an zwei oder mehr Stellen die gleichen Funktionswerte hat, wie die in digitaler Form vorliegende Funktion. Diese Ersatzfunktion soll so einfach sein, daß ihre Funktionswerte für eine beliebige Zwischenstelle leicht, d. h. ohne großen Rechenaufwand berechenbar sind. Solche einfachen Funktionen sind die Polynome, also Funktionen der Form

$$y = a_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 + \dots + a_n * x^n$$

Das einfachste Interpolations-Polynom ist dasjenige erster Ordnung,

$$y = a_0 + a_1 * x$$

Seine grafische Darstellung ist eine Gerade. Die Koeffizienten a_0 und a_1 für eine Interpolation an der Zwischenstelle x_z (siehe Bild 1) müssen so bestimmt werden, daß die Gerade durch die Punkte (x_0, y_0) und (x_1, y_1) verläuft. Sind die Koeffizienten a_0 und a_1 bestimmt worden, dann kann man mit dem Interpolations-Polynom den zur Zwischenstelle x_z gehörigen Wert y_z ohne großen Aufwand berechnen.

Der Leser wird einwenden, daß die Gerade nicht allzu genau sein wird und daß man besser eine Ersatzfunktion wählen sollte, deren grafische Darstellung gekrümmt ist und sich dem (im Anwendungsfall unbekannten) wahren Kurvenverlauf besser anschmiegt. Dieser Einwand ist berechtigt. Geeigneter erscheint daher ein Polynom zweiter Ordnung, dessen Koeffizienten bestimmbar sind, wenn es durch drei der gegebenen Punkte verläuft.

Günstiger aber ist das Polynom dritter Ordnung

$$y = a_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 + a_3 * x^3$$

dessen Koeffizienten genau dann bestimmbar sind, wenn es durch vier gegebene Punkte verläuft, d. h. an vier Stellen mit der gegebenen, in digitaler Form vorliegenden Funktion übereinstimmt. Man merkt sich leicht, daß für jeden Koeffizienten ein Datenpunkt erforderlich ist. Das Polynom dritter Ordnung ist deshalb günstiger, weil bei ihm die Argumente x_0, x_1, x_2 der Datenpunkte (hier auch Stützstellen genannt) symmetrisch zur Zwischenstelle x_z gewählt werden können, zwei vor und zwei nach x_z , wie in Bild 1 dargestellt.

Es lassen sich auch Polynome noch höherer Ordnung für Interpolationszwecke verwenden, doch wird dann der Rechenaufwand schnell sehr groß. Man muß nämlich bedenken, daß für eine Zwischenstelle x_z die Koeffizienten des zugehörigen Polynoms aus den vorhergehenden und den nachfolgenden Funktionswerten berechnet werden müssen und daß für eine neue Zwischenstelle, die nicht mehr zwischen x_0 und x_1 liegt, eine Neuberechnung der Koeffizienten erforderlich wird. Hinzu tritt dann noch die Berechnung von y_z selbst mittels des Polynoms. Wenn viel interpoliert werden muß, wird man sich notgedrungen auf die symmetrische Interpolation mit Polynomen dritter Ordnung beschränken, die man kurz auch 'kubische Interpolation' nennt, weil in ihr wie bei der Inhaltsberechnung eines Kubus (Würfels) das Argument x in der dritten Potenz auftritt.

Mit den Programmen KUBINTERPOL1 und KUBINTERPOL2 stellen wir Ihnen zwei Unterprogramme vor, mit denen die kubische Interpolation durchgeführt werden kann. Diese Programme sind allerdings nur für solche in digitaler Form gegebenen empirischen Funktionen anwendbar, deren Stützstellen gleichabständig (äquidistant) liegen. Damit ist gemeint, daß die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Argumentwerten, also der Abstand zwischen den Stützstellen, immer gleich ist.

```

3600 REM KUBINTERPOL1
3601 REM EINGABE: ZA,ZD,ZN,Z0,ZX,ZY(I) I={0,ZN} AUSGABE: ZY
3602 REM INTERNE VARIABLE: Z1,ZS,ZT,Z0,Z1,Z2,Z3,Z6
3603 REM UNTERPROGRAMM ZUR WAHLWEISEN BERECHNUNG DES FUNKTIONSWERTES ODER DES
3604 REM WERTES DER ABLEITUNG EINER TABELLARISCH GEGEBENEN FUNKTION ZY(I) MIT
3605 REM ÄQUIDISTANTEN ARGUMENTEN. BERECHNET WIRD DER JEWEILIGE WERT FÜR DIE
3606 REM STELLE ZX. DIE BERECHNUNG ERFOLGTE ÜBER EIN KUBISCHES INTERPOLATIONS-
3607 REM POLYNOM NACH EVERETT UND LAPLACE. ANFANGSARGUMENT DER TABELLARISCHEN
3608 REM FUNKTION: ZA; SCHRITTWEITE: ZD; ENDARGUMENT: ZA+ZN*ZD. FÜR ZD=0 WIRD
3609 REM DER FUNKTIONSWERT BERECHNET UND IN ZY ABGELEGT; FÜR ZD<0 WIRD DER
3610 REM WERT DER ABLEITUNG BERECHNET UND EBENFALLS IN ZY ABGELEGT.
3620 Z1 = INT((ZX-ZA)/ZD)
3621 IF Z1<0 OR Z1>ZN-1 THEN
PRINT"ARGUMENT ZX NICHT IM INTERPOLATIONSBEREICH":
STOP
3622 ZT = (ZX-Z1*ZD-ZA)/ZD:
ZS = 1-ZT:
Z0 = ZY(Z1):
Z1 = ZY(Z1+1):
Z6 = 1/6
3623 IF ZD THEN
ZY = (Z1-Z0)/ZD:
GOTO 3625
3624 ZY = ZS*Z0+ZT*Z1
3625 IF Z1 = 0 OR Z1 = ZN-1 THEN
RETURN
3626 Z2 = Z6*(ZY(Z1-1)-2*Z0+Z1):
Z3 = Z6*(Z0-2*Z1+ZY(Z1+2)):
3627 IF ZD THEN
ZY = Z1-Z0+Z3*(3*ZT*ZT-1)-Z2*(3*ZS*ZS-1):
ZY = ZY/ZD:
RETURN
3628 ZY = ZY+ZS*(ZS*ZS-1)*Z2+ZT*(ZT*ZT-1)*Z3:
RETURN

3700 REM KUBINTERPOL2
3701 REM EINGABE: ZA,ZD,Z0,ZX,Z9,Z0,Z1,Z2 AUSGABE: ZY
3702 REM INTERNE VARIABLE: ZS,ZT,ZU,Z0,ZU,Z6
3703 REM UNTERPROGRAMM ZUR WAHLWEISEN BERECHNUNG DES FUNKTIONSWERTES ODER DES
3704 REM WERTES DER ABLEITUNG EINER TABELLARISCH GEGEBENEN FUNKTION MIT ÄQUI-
3705 REM DISTANTEN ARGUMENTEN. VORLIEGEN MÜSSEN IN Z9,Z0,Z1,Z2 VIER AUF-
3706 REM ANDER FOLGENDE FUNKTIONSWERTE. DAS DEM WERT Z0 ZUGEHÖRIGE ARGUMENT
3707 REM MUSS IN ZA GEGEBEN SEIN. DIE ARGUMENTSCHRITTWEITE IN ZD. BERECHNET
3708 REM WIRD DER JEWEILIGE WERT FÜR DIE STELLE ZX. DIE FÜR OPTIMALE
3709 REM GENAUIGKEIT IM INTERVALL [ZA,ZA+ZD] LIEGEN SOLLTE, DIE BERECHNUNG
3710 REM ERFOLGTE ÜBER EIN KUBISCHES INTERPOLATIONSPOLYNOM NACH EVERETT UND
3711 REM LAPLACE. WENN Z9=0 ODER Z2=0 (RAND!) VORLIEGT, DANN WIRD LINEAR
3712 REM INTERPOLIERT. FÜR ZD=0 WIRD DER FUNKTIONSWERT BERECHNET, FÜR ZD<0
3713 REM DER WERT DER ABLEITUNG. DAS ERGEBNIS WIRD IN ZY ABGELEGT.
3720 ZT = (ZX-ZA)/ZD:
ZS = 1-ZT:
Z6 = 1/6:
IF ZD THEN
ZY = (Z1-Z0)/ZD:
GOTO 3722
3721 ZY = ZS*Z0+ZT*Z1
3722 IF Z9 = 0 OR Z2 = 0 THEN
RETURN
3724 ZU = Z6*(Z9-2*Z0+Z1):
ZU = Z6*(Z0-2*Z1+Z2):
3725 IF ZD THEN
ZY = Z1-Z0+ZU*(3*ZT*ZT-1)-ZU*(3*ZS*ZS-1):
ZY = ZY/ZD:
RETURN
3726 ZY = ZY+ZS*(ZS*ZS-1)*ZU+ZT*(ZT*ZT-1)*ZU:
RETURN

```

Vor Aufruf von KUBINTERPOL1 müssen in der (Rechner-) Variablen ZA das Anfangsargument, d. h. die erste Stützstelle der gegebenen Funktion, in ZD die Schrittweite von Stützstelle zu Stützstelle, in ZN der größte Index der in ZY(I) gegebenen Funktionswerte vorliegen. Der Index wird von Null an gezählt, so daß ZY(0) der dem Anfangsargument ZA zugeordnete Funktionswert ist. (Allgemein ist dann ZY(I) dem Argumentwert $ZA + I * ZD$ zugeordnet.) Die Zwischenstelle x_z , für die ein Funktionswert gesucht ist, muß in der (Rechner-) Variablen ZX vorliegen; der durch Interpolation bestimmte zugehörige Funktionswert y_z wird in ZY abgelegt.

Das Programm ist so angelegt, daß es die beiden dem Zwischenwert vorausgehenden und nachfolgenden Stützstellen, genauer die Indizes dieser Stützstellen, selbst bestimmt. Sofern der Zwischenwert in die Randbereiche fällt, d. h. zwischen ZA und $ZA + ZD$ oder zwischen $ZA + (ZN-1) * ZD$ und $ZA + ZN * ZD$, wird linear interpoliert, d. h. mit dem Polynom

```

10 ZD=1:ZA=1.3:ZX=1.36
20 Z9=SIN(ZA-ZD):Z0=SIN(ZA):Z1=SIN(ZA+ZD):Z2=SIN(ZA+2*ZD)
30 PRINT:PRINT"ERGEBNIS":PRINT" ARGUM. INTERPOL. EXAKTER WERT"
40 Z0=0:GOSUB3700
49 PRINT:PRINT" FUNKTION:"
50 PRINTZX:ZY=SIN(ZX)
60 ZD=1:GOSUB3700
69 PRINT" ABLEITUNG:"
70 PRINTZX:ZY=COS(ZX)
80 END

```

READY.

```

ERGEBNIS
ARGUM. INTERPOL. EXAKTER WERT

FUNKTION:
1.36 .977862418 .977864602
ABLEITUNG:
1.36 .289258726 .289238666

READY.

```


erster Ordnung. Fällt der Zwischenwert außerhalb des Bereiches der gegebenen Funktion, wird eine Fehlermeldung, 'ARGUMENT ZX NICHT IM INTERPOLATIONSBEREICH', ausgedruckt und die Programmausführung über die Anweisung STOP unterbrochen.

KUBINTERPOL2 unterscheidet sich von der vorhergehenden Version dadurch, daß bei Aufruf nicht die gesamte empirische Funktion vorliegen muß, sondern nur vier Funktionswerte y_0 , y_1 , y_2 , und zwar in den Rechnervariablen Z9, Z0, Z1, Z2; die Zwischenstelle x_z muß in ZX vorliegen, ebenso die Schrittweite in ZD, wie zuvor. In ZA muß aber jetzt das zu y_0 gehörige Argument x_0 gespeichert sein. Die Benennung der Rechner-Variablen lehnt sich eng an die Bezeichnungen in Bild 1 an.

Man achte bei Aufruf dieses Programmes darauf, daß der in ZX vorliegende Argumentwert tatsächlich eine Stelle ist, die zwischen ZA und ZA + ZD liegt.

Wenn in Z9 oder in Z2 der Wert Null vorliegt, wird nur linear interpoliert. Mit dieser Bedingung kann also an Zwischenstellen am Rande des gegebenen Wertebereiches interpoliert werden.

Beide Programme ermöglichen wahlweise auch die Berechnung der Ableitung (des Differentialquotienten) einer digital gegebenen Funktion, und zwar an der in ZX gespeicherten Zwischenstelle (die durchaus mit einer Stützstelle zusammenfallen

darf). Das Ergebnis ist verständlicherweise nicht die Ableitung der eigentlichen wahren empirischen Funktion, die ja an der Zwischenstelle und ihrer Umgebung nicht bekannt ist, sondern die Ableitung des Interpolations-Polynoms. Die Ableitung des kubischen Polynoms ist durch

$$y' = a_1 + 2 * a_2 * x + 3 * a_3 * x^2$$

gegeben. Diese Ableitung dürfte mit der wahren, aber unbekannten Ableitung in praktisch allen Fällen sehr gut übereinstimmen. Unsere Programme eignen sich also auch zur numerischen Differentiation, d. h. zur numerischen Berechnung der Ableitung (des Differentialquotienten) einer in digitaler Form gegebenen Funktion. Die (Rechner-)Variable ZQ dient zur Steuerung: Für ZQ = 0 wird in ZY der Funktionswert, für ZQ > 0 in ZY der Wert der Ableitung abgelegt.

Nun ein Anwendungsbeispiel, das eine Prüfung der Resultate gestattet. Wir berechnen uns für die Stützstellen $x_0 = 1.2$, $x_1 = 1.3$, $x_2 = 1.4$, $x_3 = 1.5$ die Werte der Funktion $\sin(x)$. Mit Hilfe des Interpolationsprogrammes KUBINTERPOL2 bestimmen wir den Wert dieser Funktion an der Stelle $x_z = 1.36$ und auch deren Ableitung. Bekanntlich ist die Ableitung der Funktion $\sin(x)$ gleich der Funktion $\cos(x)$. Indem wir nach der Interpolation für $x = 1.36$ Sinus und Cosinus direkt berechnen, können wir die Richtigkeit und Genauigkeit der durch Interpolation gewonnenen Werte prüfen. Der Vergleich dürfte Sie zufriedenstellen.

PET BIT # 13

Funktionsgenerator für PET 2001

W. Gietmann/W. Billen

Mit diesem Programm können in Verbindung mit der Schaltung 8 verschiedene Signalkurven erzeugt werden, z. B. Rauschen, Sägezahn, Dreieck, Rechteck I, Sinus, Stufen, Rechteck II und Impulse.

Zeilen 1–5 lädt ein Maschinenprogramm in den Buffer des 1. Kassettenrecorders. Dieses Programm bringt die Daten, die auf den Adressen 762–1017 lagern, über den USER-Port an den Digital/Analogwandler.

Zeilen 6–15 Auswahl der Kurvenform.

Zeile 17 Ansprung der jeweiligen Programmabschnitte für die gewünschten Kurven.

Zeilen 66–109 Bildschirmorientierte Programmerläuterung für den Benutzer.

Alle Signalkurven werden mathematisch berechnet und setzen sich aus 256 Digitalwerten je Periode zusammen.

Der integrierte A/D–D/A-Wandler ZN 425 von Ferranti eignet sich vorzüglich zum Einsatz als mikroprozessorgesteuerter Low-Cost-8-Bit-Wandler.

Vorteile:

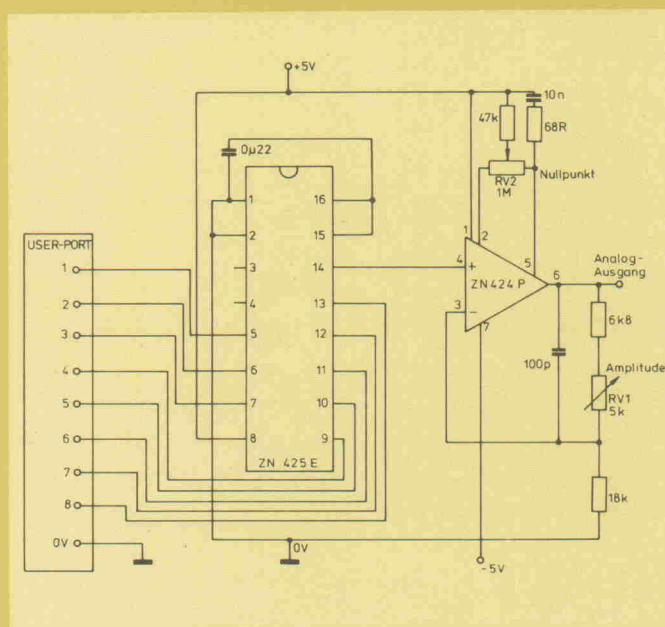
- 2,5-V-Referenzspannungsquelle mit einem TK von $40 \times 10^{-6}/K$.
- R/2R-Widerstandsnetzwerk und zugehörige bipolare Schalter.
- 8-Bit-Binärlöser.
- 5-V-Versorgungsspannung.

– Der externe Bauteilaufwand ist sehr gering.

– Sehr preiswert (unter DM 10,—).

Wird kein niederohmiger Ausgang benötigt, dann reicht eine Singlespannung von +5V (am PET-Interface vorhanden). Zum Betreiben des D/A Wandlers mit niederohmigem Ausgang benötigt man –5V (zusätzlich).

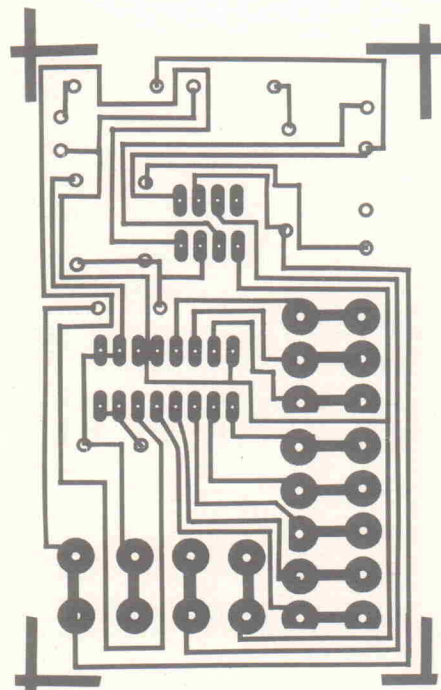
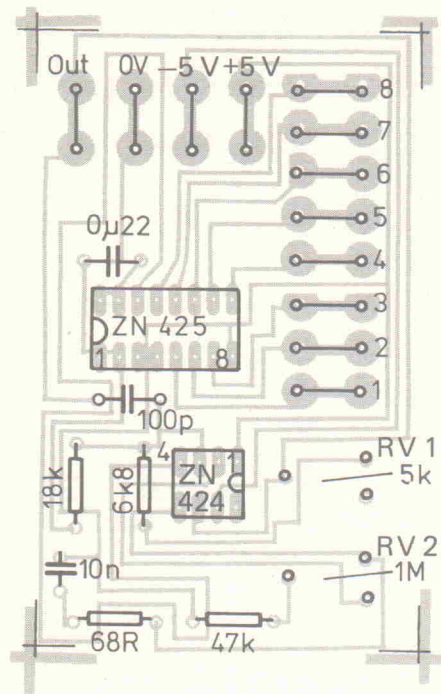
Vom Autor W. Gietmann, Ahornstr. 9, 4174 Issum 1 ist die Programmkassette gegen DM 5,— in Briefmarken erhältlich.




```

1 DATA120,162,255,142,67,232,160,0,185,250,2,141,79,232,200,236,32,232
2 DATA240,244,88,96
3 FORI=634T0655:READY:POKEI,Y:NEXT
4 POKE59426,255
5 GOSUB66
6 PRINT"#####1...RAUSCHEN"
7 PRINT"#####2...SÄGEZAHN"
8 PRINT"#####3...DREIECK"
9 PRINT"#####4...RECHTECK"
10 PRINT"#####5...SINUS"
11 PRINT"#####6...STUFEN"
12 PRINT"#####7...RECHTECK"
13 PRINT"#####8...IMPULS"
14 PRINT"#####9...ENDE"
15 GETT$:T=VAL(T$):IFT=0THEN15
16 POKE32771+T*80,42
17 ONT0T018,24,28,39,46,50,55,59,64
18 FORI=762T01017
19 POKEI,RND(1)*256
20 NEXT
21 POKE32771+80*T,32
22 SYS634
23 GOT015
24 FORI=762T01017
25 POKEI,I-762
26 NEXT
27 GOT021
28 A=0
29 FORI=762T0889
30 POKEI,A
31 A=A+2
32 NEXT
33 A=1
34 FORI=1017T0890STEP-1
35 POKEI,A
36 A=A+2
37 NEXT
38 GOT021
39 FORI=762T0889
40 POKEI,0
41 NEXT
42 FORI=890T01017
43 POKEI,255
44 NEXT
45 GOT021
46 FORI=762T01017
47 POKEI,SIN((I-762)*2*pi/255)*128+128
48 NEXT
49 GOT021
50 FORI=762T01017
51 S=I-762
52 POKEI,64*INT(S/64)
53 NEXT
54 GOT021
55 FORI=762T01016STEP2
56 POKEI,0:POKEI+1,255
57 NEXT
58 GOT021
59 FORI=763T01017
60 POKEI,0
61 NEXT
62 POKE762,255
63 GOT021
64 END
65 SYS634
66 PRINT"DIESES PROGRAMM ERZEUGT MIT HILFE DES"
67 PRINT"ZN 425 (8 BIT D/A-A/D WANDLER) VER-"
68 PRINT"SCHIEDENE AUSGANGSWELLENFORMEN, DAS"
69 PRINT"IC IST FOLGENDERMASSEN ANZUSCHLIESSEN:"
70 PRINT"#####BITTE EINE TASTE DRUECKEN!"
71 GETT$:IFT$=""THEN71
72 PRINT"ANALOG-OUTPUT"
73 PRINT"BIT 8-4 USER PORT"
74 PRINT"BIT 1-3 USER PORT"
75 PRINT"16 ZN 425 1"
76 PRINT"1.22MF 0"
77 PRINT"+5V"
78 PRINT"GND"
79 PRINT"BITTE DRUECKEN SIE EINE TASTE!"
80 GETT$:IFT$=""THEN95
81 PRINT"WAEHLEN SIE BITTE GLEICH DAS GE-"
82 PRINT"WUENSCHTE SIGNAL AUS, DAS '*' NEBEN DER"
83 PRINT"KENNZAHL BESAGT, DASS DIE ARBEITS-"
84 PRINT"REGISTER GELADEN WERDEN, SOBALD DAS*"
85 PRINT"* VERSCHWINDET, STEHT DAS SIGNAL AN"
86 PRINT"PIN 14 DES IC AN, UM EIN ANDERES SIGNAL"
87 PRINT"ZU ERHALTEN ODER UM DAS PROGRAMM AB-"
88 PRINT"ZURECHEN, MUSS IRGEND EIN BIT DES IEC-"
89 PRINT"BUSSES GEERDET WERDEN !!!"
90 PRINT"BITTE DRUECKEN SIE EINE TASTE!"
91 GETT$:IFT$=""THEN108
92 RETURN

```



Berechnung von Einstellschaltern

Manfred Horst

Lautstärke-, Empfindlichkeits- und Balance-Einsteller mit Stufenschaltern und Festwiderständen

Bei Stereo- und erst recht bei Quadro-Verstärkern gehören die Potentiometer zu den kritischen Bauteilen, weil sie über einen exakten Gleichlauf und eine hohe zeitliche Konstanz ihrer Eigenschaften verfügen müssen. Bei Mehrfach-Drehwiderständen mit linearer Kennlinie kann man diese Bedingungen am einfachsten erfüllen, nicht-lineare Kennlinien erzwingt man oft durch Zwischenabgriffe und externe Widerstandsbeschaltung. Beim Schaltungsentwurf hat man sich an die genormten Angebote zu halten; die Beschaffung von Vierfach-Tandempotis stößt i. allg. auf erhebliche Schwierigkeiten.

Die besten Eigenschaften erhält man, wenn man präzise Stufenschalter mit ausgemessenen hochwertigen Widerständen versieht. Außerdem kann man fast beliebige Gesamtwiderstände und Kennlinien erreichen. Je mehr Schaltstellungen der Schalter aufweist, desto kleinere Pegelsprünge treten auf und desto mehr gleicht die Anordnung einem kontinuierlich einstellbaren Potentiometer. Bei einem Lautstärke-Schalter muß in der untersten Schaltstellung der Schleifer an Massepotential liegen.

Die Berechnung soll zunächst an einem einfachen Beispiel erläutert werden, bevor die allgemeine rechnerische Behandlung besprochen wird. Bild 1 zeigt einen Schalter mit 4 Schalt-

Setzt man zur Abkürzung

$$R_1^* = R_1, R_2^* = R_1 + R_2, R_3^* = R_1 + R_2 + R_3,$$

so erhält man die formal einfachere Gleichung

$$\frac{R_3^*}{R_2^*} = \frac{R_2^*}{R_1^*}$$

Diese Darstellung läßt sich auf einen Schalter mit n Schaltstellungen übertragen. Für jede natürliche Zahl $k < n$ setzt man

$$R_k^* = R_1 + \dots + R_k.$$

Wegen

$$\frac{U_k}{U_{k-1}} = \frac{U_{k-1}}{U_{k-2}}$$

erhält man für jede natürliche Zahl k , die der Bedingung $3 \leq k < n$ genügt ($k-2$ muß größer oder gleich 1 sein!), die Beziehung

$$\frac{R_k^*}{R_{k-1}^*} = \frac{R_{k-1}^*}{R_{k-2}^*}$$

Die Gleichung besagt: Der Quotient benachbarter Folgeglieder ist konstant. (R_k^*) bildet also eine geometrische Folge, d. h. es gilt die Darstellung

$$R_k^* = R_1 \cdot q^{k-1}$$

wobei q eine reelle Zahl ist.

Da der unterste Schaltkontakt, der mit 0 gekennzeichnet ist, an Massepotential liegt, sind nur noch $n-1$ der n Schaltkontakte zu berücksichtigen. Für den Gesamtwiderstand R_g gilt daher die Beziehung

$$R_g = R_{n-1}^* = R_1 \cdot q^{n-2}$$

Gibt man neben der Anzahl der Schaltstellungen noch den Gesamtwiderstand R_g und den ersten Widerstand R_1 vor, so kann man

$$q = \sqrt[n-2]{\frac{R_g}{R_1}}$$

mit $n > 2$ berechnen und damit die Widerstände R_2 bis R_{n-1} bestimmen. Dabei entsteht jedoch folgende Schwierigkeit:

Wählt man bei vorgegebenem R_g den Widerstand R_1 zu groß, so entsteht von der untersten Schaltstellung zur nächsten ein Sprung von Null auf eine hohe Lautstärke, während die weiteren Schaltstellungen nur eine geringe Abstufung bringen. Ist R_1 jedoch zu klein, so entstehen unnötig große Sprünge, die im unteren Bereich des Schalters kaum benötigt werden.

Für einen Lautstärke-Einsteller ist es viel günstiger, statt des Widerstands R_1 das geforderte Dämpfungsmaß d für die vorletzte Schaltstellung (mit 1 gekennzeichnet) vorzugeben —

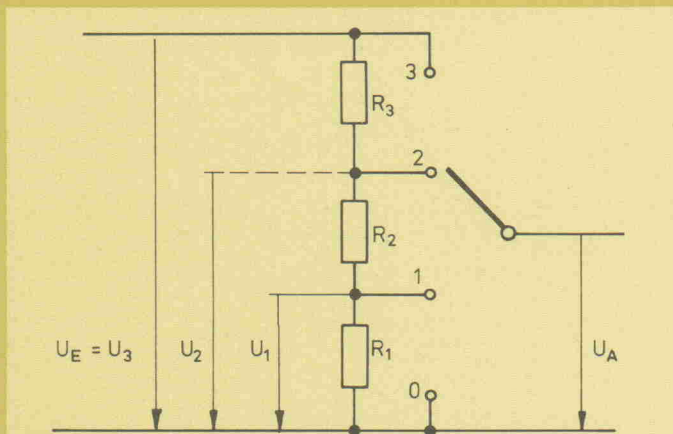


Bild 1. Lautstärke-Einsteller mit 4 Schaltstellungen und 3 Widerständen.

stellungen und 3 Widerständen. Beim Umschalten zwischen den drei oberen Schaltstellungen muß entsprechend der Gehörcharakteristik das Spannungsverhältnis konstant sein, nicht die Differenz der Spannungen am Ausgang. Deshalb muß folgende Beziehung gelten:

$$\frac{U_3}{U_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

Für die Widerstände folgt

$$\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 + R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

z. B. 40 dB oder 60 dB – und den Widerstand R_1 durch Umformung der Beziehung

$$d = 20 \cdot \left(\lg \frac{R_g}{R_1} \right) \text{ dB}$$

mit

$$R_1 = \frac{R_g}{10^{d/20 \text{ dB}}}$$

berechnen zu lassen. Alle notwendigen Rechnungen beherrscht ein (wissenschaftlicher) Taschenrechner. Bequemer wird die Arbeit mit einem programmierbaren Digitalrechner. In BASIC ergibt sich folgendes auf einen WANG 2200 PCS II zugeschnittene Programm, das sich leicht auf ähnliche Rechnerarten übertragen läßt.

```
10 PRINT HEX(03); "Lautst"; HEX(15); "rkeschalter"
20 INPUT "Anzahl Schaltstellungen (1-2)", A
25 IF INT(A) < 1 OR ABS(A) > 2 THEN 20
27 IF A=3 THEN 20
30 INPUT "Gesamtwiderstand/Ohm", W
40 PRINT "D"; HEX(15); "mpfung/dB bei der vorletzten Stufe"; INPUT D
50 R=W/(10^(D/20))
60 Q=(W/R)^(1/(A-2))
70 PRINT "Schaltstellung Teilwiderst./Ohm Gesamtw./Ohm D"; HEX(15); "mpfung/dB"
80 PRINT "      0          0          0"
90 S=0
100 FOR N=1 TO A-1
110 T=R-S
120 U=20*LOG(W/R)/LOG(10)
130 PRINT USING 140, N, T, R, U
140 %   ###          #####.###          #####.###   -###.###
150 S=R
160 R=R*Q
170 NEXT N
180 G$=" "
190 INPUT "weiter", G$
200 IF G$="JA" THEN 10
210 STOP ".Programmende"
```

Anmerkung: Das Programm wurde auf einem Wang PCS II geschrieben.

Die Befehle HEX(03), HEX(15), HEX(18), HEX(19) und HEX(8E) nach PRINT haben folgende Bedeutung: Bildschirm löschen; Umlaute ä, ö und ü; ß, Kleiner- und Größerzeichen werden als eckige Klammern geschrieben, statt des senkrechten Pfeils für das Potenzieren erscheint ein Ausrufezeichen.

Tabelle 1 zeigt ein Beispiel für den Gesamtwiderstand 22 kΩ bei 15 Schaltstellungen und dem Dämpfungsmaß 40 dB. Zum Vergleich ist die Tabelle für 60 dB ebenfalls wiedergegeben.

Schaltstellung	Teilwiderst. Ohm	Gesamtwiderst. Ohm	Dämpfung dB	Teilwiderst. Ohm	Gesamtwiderst. Ohm	Dämpfung dB
0	0	0	—	0	0	—
1	220,0	220,0	40,00	22,0	22,0	59,99
2	93,5	313,5	36,92	14,4	37,4	55,38
3	133,2	446,8	33,84	26,2	63,6	50,76
4	189,9	636,7	30,76	44,6	108,3	46,15
5	270,6	907,4	27,69	75,9	184,2	41,53
6	385,7	1293,1	24,61	129,2	313,5	36,92
7	549,7	1842,8	21,53	219,8	533,3	32,30
8	783,4	2626,3	18,46	374,0	907,4	27,69
9	1116,4	3742,7	15,38	636,3	1543,7	23,07
10	1591,0	5333,8	12,30	1082,5	2626,3	18,46
11	2267,4	7601,2	9,23	1841,7	4468,0	13,84
12	3231,3	10832,5	6,15	3133,2	7601,2	9,23
13	4604,9	15437,4	3,07	5330,3	12931,6	4,61
14	6562,5	21999,9	0,00	9068,3	22000,0	0,00

Tabelle 1. Vom Digitalrechner ermittelter Lautstärke-Einsteller mit 15 Schaltstellungen; links mit einer Dämpfung von 40 dB in Schaltstellung 1, rechts mit 60 dB.

Der Stufenschalter muß während des Schaltvorgangs mit der Schaltfeder die beiden benachbarten Kontakte kurzschließen, damit sich der Schaltvorgang nicht über die Lautsprecher bemerkbar macht. Das gilt erst recht für die folgende Schaltung.

Bei einem Empfindlichkeits- oder Balance-Einsteller darf die untere Schaltstellung entfallen. Statt die zu hohe Spannung direkt herunterzuteilen, kann man auch die Gegenkopplung eines aktiven Bauteils ändern.

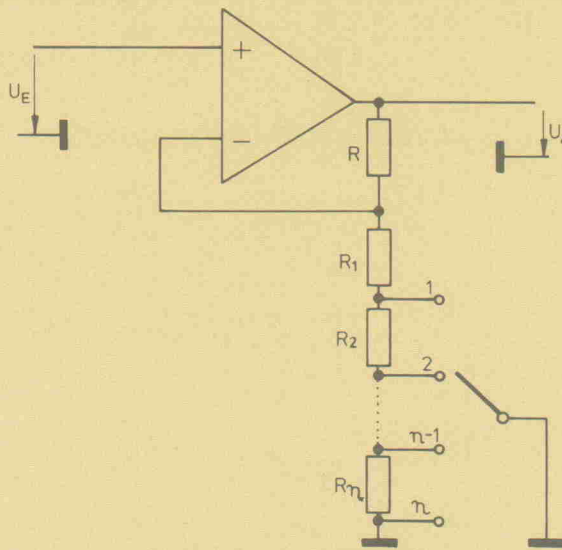


Bild 2. Empfindlichkeits- oder Balance-Einsteller im Gegenkopplungszweig einer IS.

Bild 2 zeigt eine IS, die am nicht-invertierenden Eingang angesteuert wird. Die Verstärkung wird durch ein Netzwerk vom Ausgang zum invertierenden Eingang bestimmt. In der k-ten Schaltstellung ist der Widerstand

$$R_k^* = R_1 + \dots + R_k \text{ mit } 0 < k \leq n$$

wirksam. Der Verstärkungsfaktor beträgt dann

$$v_k = \frac{R + R_k^*}{R_k^*} = \frac{R}{R_k^*} + 1,$$

die Verstärkung ist

$$a_k = 20 \cdot \left(\lg v_k \right) \text{ dB} = 20 \cdot \left[\lg \left(\frac{R}{R_k^*} + 1 \right) \right] \text{ dB}.$$

Da der Empfindlichkeits-Einsteller die Verstärkung reduziert, gibt man am besten die größte benötigte Verstärkung, den Widerstand R und die gewünschte Abstufung vor. Bei einem programmierbaren Rechner bestimmt die Anzahl der Schaltstellungen dann nur noch den Stopp des Programms.

Durch Umformung der letzten Gleichung erhält man

$$R_k^* = \frac{R}{\frac{a_k}{20 \text{ dB}} - 1}$$

Aus dem Vergleich mit R_{k-1}^* errechnet man den jeweiligen Widerstand R_k . Die Rechnung ist mit dem Taschenrechner möglich; für den in BASIC programmierbaren Tischrechner WANG 2200 PCS II wurde folgendes Programm geschrieben:

```
10 PRINT HEX(03); "Empfindlichkeitseinsteller mit gegengekoppelte r IS"; PRINT
20 INPUT "gr"; HEX(18); HEX(8E); "te Verst"; HEX(15); "rkung /dB"; INPUT G
30 INPUT "Widerstand R /Ohm", R
40 INPUT "Abstufung /dB", A
50 INPUT "Anzahl Schaltstellungen", M
60 PRINT "Schaltstellung Teilwiderst./Ohm Gesamtwiderst./Ohm Verst"; HEX(15); "rkung/dB"
70 T=0
80 FOR N=1 TO M
90 S = R/(10^(G/20))-1
100 U = S - T
110 PRINT USING 120, N, U, S, G
120 %   ###          #####.###          #####.###   -###.###
130 G=G-A
140 T=S
150 NEXT N
```


Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für die größte Verstärkung 30 dB, den Widerstand $R = 15 \text{ k}\Omega$, eine Abstufung von 1 dB und 13 Schaltstellungen. Mit getrennten Einstellern für jeden Kanal kann man bei Stereo- und Quadro-Verstärkern wahlweise die Empfindlichkeit, die Balance oder beide Größen zugleich einstellen. Bei Stereo-Verstärkern braucht man zur Balance-Einstellung mit einem Drehknopf einen Doppelschalter mit gegenläufiger Beschaltung, sofern die Einstellung nicht nur zu einem Kanal erfolgen soll.

Schaltstellung	Teilwidst. Ohm	Gesamtwidst. Ohm	Verstärkung dB
1	489,8	489,8	30
2	61,9	551,9	29
3	70,1	621,9	28
4	79,4	701,3	27
5	90,0	791,4	26
6	102,3	893,7	25
7	116,4	1010,1	24
8	132,6	1142,8	23
9	151,4	1296,3	22
10	173,3	1467,6	21
11	198,9	1666,6	20
12	229,0	1895,7	19
13	264,6	2160,3	18

Tabelle 2. Vom Computer berechneter Empfindlichkeits-Einsteller mit 13 Schaltstellungen bei einer Abstufung von 1 dB für $R = 15 \text{ k}\Omega$.

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).

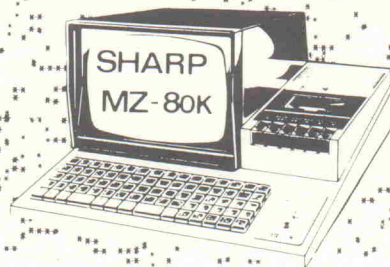
Elrad-Versand

Postfach 2746

3000 Hannover 1

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

**DER
SUPERSTAR
3D**



**AM
COMPUTER-
HIMMEL**

Software

Digital Design and Development
(Zulieferant 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 Datenzugriffseinheit 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 erläutender 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 bieten wir von Crystal-Electronics 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.

Spiele je DM 19,80

Ausbruch
Superhirn
Schattenzeichen
Mondlandung
Supersimon
Leitern + Rutschen
Irrgarten
(dreidimensionale Grafik)
Feuerball
Bomberpilot
Wortraten

Eselrennen
Memory
Elektronenorgel
Weltraumjagd
Ufo
Hangmann
Panzerschlacht
Blockade
Lebensspiel
Schatzsuche
Autorenrennen

Spiele je DM 29,80

Ritterkampf
Hausenbruch
Händler Smith
Business-Spiel
Börsenspiel
Mensch-ärgere-Dich-nicht

Geschäftsprogramme

Floppy
1. Einkauf 1.980,-
2. Verkauf 1.980,-
3. Finanzbuchhaltung 1.980,-
1.-3. 3.980,-
Einkauf/Verkauf (Kassette) 980,-
Lohn (Floppy) 1.480,-
Werbefbrief/Adressenstamm (Kassette/Floppy) 480,-

Statistiken 980,-
(Universitätsprogramm)
Versicherungsprogramm 980,-
Hotelzimmerplanung 650,-
TTL-Kenner 49,-
CMOS-Kenner 49,-
TTL-Prüfprogramm 198,-
CMOS-Prüfprogramm 198,-

Programmierkurse

Einführung in Basic (2 Tage) 395,-
Datenorgan. auf Floppy (1 Tag) 295,-
Assemblerprogramm (2 Tage) 395,-
Maschinenprogramm (2 Tage) 395,-
Steuern + Regeln mit MC (2 Tage) 495,-
Meßwertfassung + Ausw. mit MC (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.

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.

Buchbesprechung

Siegfried Stief

BASIC

Systematische Darstellung für den Anwender

München, Wien: R. Oldenbourg Verlag 1980.

166 Seiten, 104 Bilder, 4 Tabellen und zahlreiche Programmbeispiele. Kart. DM 23,80.

Dieses Buch geht von einem BASIC-Dialekt aus, der im Umfang erheblich über das standardisierte Minimal BASIC hinausgeht. Ausführlich wird die Ein/Ausgabe auf den üblichen Externen Geräten wie Bildschirm, Drucker, Kassettenrekorder und auch Plotter beschrieben, wobei der Autor von den Anweisungstypen eines bestimmten, allerdings nicht genannten Fabrikats ausgeht. Die systematische Darstellung der Anweisungen ist durch zahlreiche erläuternde Programmbeispiele aufgelockert, das Buch eignet sich deshalb auch zum Selbststudium. Ein eigener Abschnitt ist Musterprogrammen aus dem Bereich Mathematik (z. B. Horner-Schema), aus dem Bereich Textverarbeitung (z. B. Bestimmung der Häufigkeit eines bestimmten Buchstabens) und aus dem Gebiet der Simulation (z. B. Warteschlangensimulation) gewidmet.

Rodnay Zaks

6502 Applications Book

Verlag Sybex Inc. 1979.

278 Seiten. Zahlreiche Abbildungen. In englischer Sprache.

In Deutschland: MSB-Verlag. 7778 Markdorf. DM 36,—

Dieses Werk ist ein Arbeitsbuch für alle Leser, die sich intensiv mit den Einsatzmöglichkeiten der MPU 6502 beschäftigen wollen, nachdem sie sich mit deren Programmierung auseinandergesetzt haben. Insofern kann man das Buch als eine Fortsetzung von 'Programming the 6502' des gleichen Autors ansehen. Zu Beginn werden die Ein/Ausgabe-Chips der 6502-Familie beschrieben: 6520, 6522, 6530, 6532. Dann folgt ein Überblick über einige 6502-Systeme, u. a. AIM 65 und KIM-1. Umfangreicher Raum ist der Anschlußtechnik verschiedener Bauteile gewidmet, wie LEDs, Relais, Lautsprecher, sowohl bezüglich Hardware als auch Software. U. a. wird ein Morse-Programm vollständig beschrieben. Im folgenden Kapitel werden einige Anwendungen ausführlich behandelt, wie Verkehrsampelsteuerung, Tonerzeugung, Alarmanlage, AD-Wandlung. Ein abschließender Abschnitt beschreibt den Anschluß einiger Peripheriegeräte: Tastatur, Lochstreifenleser und Drucker. Der Anhang enthält das BASIC-Listing eines vollständigen 6502-Cross-Assemblers, geschrieben in HP2000F TSS-BASIC. Ein anregendes Buch für den fortgeschrittenen µC-Bastler.

P. Krizan, K.-D. Kaufmann

Spaß mit BASIC

Puchheim: Idea Verlag 1980.

224 Seiten, 56 Abbildungen. Kart. DM 28,—

Das mit vielen auflockernden und zugleich erklärenden Zeichnungen und einer Fülle von Programmen ausgestattete Buch will einen mühelosen Einstieg in die Programmiersprache BASIC darstellen. Darüber hinaus gibt es aber auch dem fortge-

schrrittenen Leser noch viele Tips. Der beschriebene Sprachumfang von BASIC orientiert sich am Minimal-BASIC (ANSI). Das bedeutet, daß z. B. die bei den verschiedenen Microsoft-BASIC-Dialekten gebräuchlichen Zeichenkettenfunktionen nicht besprochen werden. Das verständlich und ausführlich geschriebene Buch ist besonders für den (jugendlichen) Anfänger geeignet. Abgerundet wird diese Einführung von allerlei Wissenswertem, z. B. über die Geschichte des Computers und die Entstehung von BASIC, so daß man eigentlich nur das Fehlen eines Stichwortverzeichnisses bedauert.

R. Conway, D. Gries

Der neue Programmierstil — gezeigt an PL/1

Ein Lehr und Übungsbuch zur Programmierung in PL/1 und PL/C mit den Dialekten PL/CT und PL/CS

Mit Beiträgen von John E. Dennis und Jorge Moré. Die deutsche Ausgabe besorgte Gerd May.

München, Wien: Carl Hanser Verlag 1981. 672 Seiten. Gebunden 68,— DM.

Dieses einführende Arbeitsbuch für die Vorlesung und zum Selbststudium wendet sich an Studenten und Praktiker aller Fachrichtungen. Es stellt die heute anerkannten Methoden und Prinzipien der Programmierung, das sogenannte software engineering in den Vordergrund und behandelt somit bestimmte Denkkonzepte und Kommunikationsformen. Daneben läßt es sich auch als ausführliches Lehrbuch der Programmiersprache PL/1 sowie ihrer Dialekte PL/C, PL/CS und PL/CT benutzen. Die Feinheiten der Programmierung sowie die Eigenarten der Programmiersprache PL/1 werden an einer Fülle von Beispielen leicht lesbar dargeboten, wobei komplizierte Sachverhalte in überschaubare Teile zerlegt werden. Mehrstufige Gliederung, ausführliches Inhaltsverzeichnis und ein als Lexikon verwendbares Stichwortverzeichnis bewahren die Übersicht — auch bei späterem Nachschlagen.

Ein hochaktuelles Werk für den Profi und den ambitionierten Amateur, der auch dann viel Nutzen aus dem Buch ziehen kann, wenn er keinen Zugriff zu einem PL/1-Compiler hat.

David A. Lien

The BASIC Handbook

An Encyclopedia of the BASIC Computer Language.

In englischer Sprache.

D-8011 Vaterstetten: INTERFACE AGE Verlag GmbH 1979.

360 Seiten. Kart. DM 44,—

Für die vielen Anwender der Programmiersprache BASIC wurde dieses Buch geschrieben. Problematisch bei BASIC ist bekanntlich die große Anzahl von Dialekten der verschiedenen Maschinen, z. B. Apple, CBM, TRS-80, Heath, SWTPC und die Großen wie DEC, IBM, HP u. a. Eine Reihe von Schlüsselwörtern sind nur in einzelnen Versionen enthalten. In diesem Buch werden sie fast alle beschrieben. Jeder Beschreibung ist eine Seite bzw. Doppelseite gewidmet. Die Beschreibung eines Schlüsselwortes oder Kommandos gliedert sich nach folgendem Schema: Grundsätzliche Erklärung, einfaches Testprogramm und Laufbeschreibung (eventuell mehrere Beispiele), Unterschiede in der Anwendung und Befehlsbezeichnung (wenn es für den Befehl nötig ist). Es wird über den jeweiligen Befehl alles ausgesagt, z. B. wo er verwendet wird (BASIC-Typ, Maschine), außerdem erhält man Tips für die Anwendung.

Das ideale Buch für den Programmierer, der fremde Software für sein eigenes System umstricken will.

INSTANT SOFTWARE™

Peterborough, New Hampshire 03458

AUSVERKAUF...

Viele **Spiel- und Lehrprogramme** für »TRS-80 Computer« und »Video-Genie«.

Cassetten statt DM ~~24,90~~
DM **15,90**
(Nur solange Vorrat reicht)

Auch deutsche Übersetzungen wie z.B. Flugsimulator ...

MSB-Verlag
M. Nedela
Postfach 1420
D-7778 Markdorf
Tel. 07544/3575
Telex 734628msb-d



Steigen Sie ein!

Die klangvolle Welt elektronischer Musik erwartet Sie!

Ihre Maschine : der Synthesizer

Ihr Ticket : der Selbstbau

Ihr Gepäck : der Lötkolben

Ihre Reisedauer : solange Sie wollen

Ihr Preis : weniger, als Sie glauben

Bestellen Sie noch heute den Katalog R3 bei

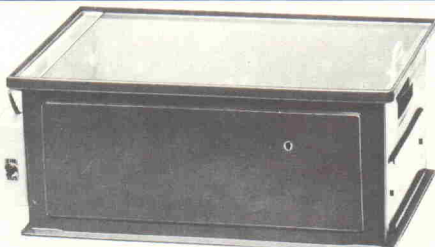
ICA-Electronic GmbH, Engesserstr. 5a, D-7800 Freiburg i. Br.
Telefon (0761) 507024 (Tag und Nacht)



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, sind die besonderen Vorzüge. Die Geräte sind bestens geeignet für Hobby-Elektronik, Anwender im Labor und für Kleinserien. Die Ätzeit liegt bei 2–20 Minuten je nach Sättigungsgrad des Mediums. Durch die Verwendung von mikrofeinem Schaum zur Ätzung der Platten, sind auch bei längerem

Verbleib der Platten in der Anlage kaum Unterätzungen 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 säurebeständig und wartungsfrei.

LH Größe I nutzbare Fläche 230 x 180 mm DM 159,00
LH Größe II nutzbare Fläche 275 x 390 mm DM 244,20

Fordern Sie Beschreibung und technische Daten an!

Kleinsiebdruckanlagen mit Funktionsgarantie

Geeignet für Kleinserien und Labormuster

Stellen Sie Ihre Leiterplatten selbst her. Wir sagen Ihnen wie! Es ist viel leichter als Sie denken. Durch die Platinnenvorlagen ist es ein Kinderspiel im Siebdruck Leiterplatten herzustellen. Das unbeschichtete Basismaterial wird mit atzfestem Lack bedruckt. Danach wie üblich gedruckt und verarbeitet. Nicht nur Prototypen lassen sich mit einer Siebdruckanlage drucken, sondern auch Frontplatten, Frontplattenfolien, Bestückungsdrucke und Lotstopplacke lassen sich mühelos herstellen. Außerdem können Sie Briefbogen und Visitenkarten sowie für den CB-Fan leicht OSI-Karten nach eigenem Entwurf herstellen. Jeder Anlage liegt kostenloses 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
zuzügl. Nachnahmekosten bei Nachnahmeversand	DM 2,70

Kleinbohrmaschine 12 V/2,5 A Last

Knüller SONDER-ANGEBOT

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!

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

Postcheckkonto Nr. 100101-495 Dortmund; Sparda-Breckerfeld (BLZ 450 613 17)
Kto.-Nr. 80 543 000. Alle Preise verstehen sich incl. Mehrwertsteuer. Lieferung per Nachnahme oder Voranbezahlung. Versandkosten DM 5,90, ab Bestellwert netto DM 250,— keine Versandkosten. Für Nachnahme werden zusätzlich DM 2,70 berechnet.

MKS

Multi-Kontakt-System

für den schnellen, lötfreien Aufbau von elektronischen Schaltungen aller Art!

Mini-Set

390 Kontakte 37.—

Junior-Set

780 Kontakte 65.65

Hobby-Set

780 Kontakte 65.99

Profi-Set

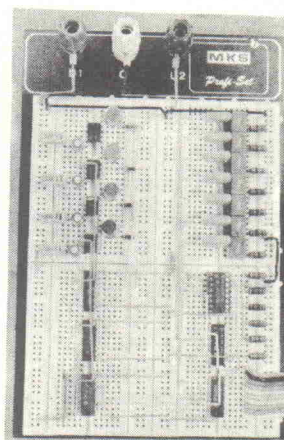
1560 Kontakte 123.74

Master-Set

2340 Kontakte 183.96

Super-Set

3510 Kontakte 267.02



Preise in DM inkl. MwSt.

Sämtliche Sets mit allem Zubehör (beidseitig abisolierte Verbindungsleitungen, Versorgungsleitungen, Buchsen sowie stabile Montageplatte).

BEKATRON

G.m.b.H.

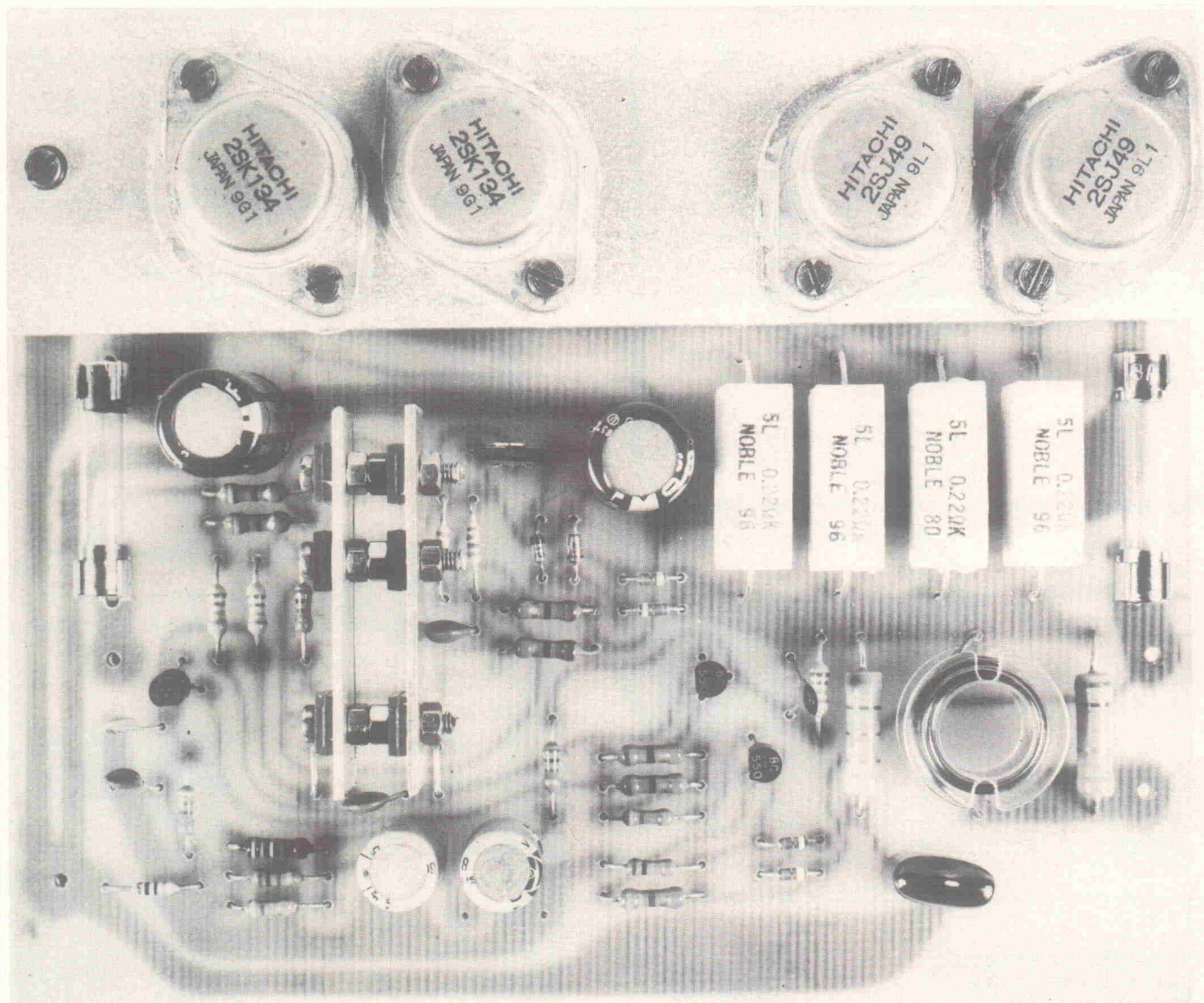
D-8907 Thannhausen

Tel. 08281-2444 Tx. 531 228

Power-MOSFET-Verstärker Teil 2

D. Tilbrook

In diesem Monat setzen wir die Beschreibung der verwendeten Schaltungstechniken und besonderen Konstruktionsmerkmale von MOSFET-Endstufen fort und bitten die Praktiker unter unseren Lesern im voraus um Vergebung, da dieser Teil sehr theoretisch geraten ist. Weil jedoch mit diesen neuen Leistungstransistoren ein Stück Neuland betreten wird, halten wir es für sinnvoll, über die reine Beschreibung einer Bauanleitung hinauszugehen und einen lückenlosen theoretischen Unterbau anzubieten.



Da wir im ersten Teil hauptsächlich die Arbeitsweise der MOSFETs erläuterten, beginnen wir nun mit der Beschreibung der restlichen Stufen des Leistungsverstärkers. Wie schon erwähnt, ist das größte Problem bei Endstufen die Verzerrungsverminderung, die in den meisten Leistungsverstärkern durch Gegenkopplung verbessert wird.

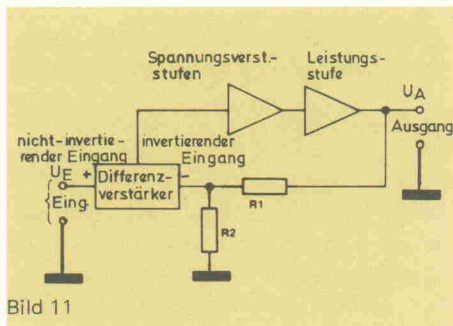
Gegenwärtig verzeichnet man einen Trend, der weggeht von Verstärkern mit Gesamtgegenkopplung, da die Gegenkopplung die Ursache der transienten Verzerrungen

sei und bei hochwertigen Audioverstärkern 10...20 dB nicht überschreiten solle. Jedoch konnten wir aufgrund mehrerer Experimente feststellen, daß diese Theorie jeglicher Grundlage entbehrt. Solange ein Verstärker eine gute Stabilität aufweist und durch die Auslegung der Schaltung sichergestellt ist, daß die Gegenkopplungsschleife außer bei Übersteuerung des Verstärkers ihre Sättigung nicht erreicht, gibt es keinen Grund dafür, weshalb nicht eine Gegenkopplung von 40...60 dB vorgenommen werden sollte.

Um die Beziehungen zwischen Gegenkopplung und Verzerrungen besser zu verdeutlichen, wollen wir etwas näher auf die Grundlagen eines gegengekoppelten Verstärkers eingehen.

Ein moderner transistorisierter Leistungsverstärker hat sehr viel mit einem integrierten Operationsverstärker gemeinsam: beide besitzen einen Eingangs-differenzverstärker, gefolgt von einer oder mehreren Spannungsverstärkerstufen, deren Ausgangssignal einer Endstufe zugeführt

wird, die mit niedriger Ausgangsimpedanz die Schaltung an den Lastwiderstand anpaßt. Das Blockschaltbild eines typischen Leistungsverstärkers ist in Abb. 11 dargestellt.



Ein Differenzverstärker besitzt zwei Eingänge. Liegt ein Signal am nichtinvertierenden Eingang, so ist das verstärkte Ausgangssignal phasengleich mit dem Eingangssignal, während das Ausgangssignal des am invertierenden Eingang anliegenden Signals eine Phasendrehung von 180° aufweist.

Der nichtinvertierende Eingang wird auch als positiver Eingang bezeichnet und in Schaltbildern mit einem (+) gekennzeichnet. Den invertierenden Eingang nennt man auch den negativen Eingang. Ihm wird in Schaltbildern ein (–) zugeordnet.

Werden beiden Eingängen identische Signale zugeführt, beträgt die Ausgangsspannung 0 V, da nur die Differenz beider Eingangssignale eine Ausgangsspannung verursacht.

Wie in Abb. 11 dargestellt, gelangt das vom Vorverstärker kommende Signal an den nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers. Das Ausgangssignal (UA) wird dem Spannungsteiler R1,2 zugeführt und gelangt so abgeschwächt an den invertierenden Eingang des Differenzverstärkers. Wenn wir nun annehmen, daß die Eingänge eine sehr hohe Impedanz besitzen, verursacht die Ausgangsspannung UA einen Strom IA, der durch die Widerstände R1 und R2 fließt und sich nach dem Ohmschen Gesetz leicht berechnen läßt:

$$I_A = \frac{U_A}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Das Signal, das über R2 abfällt und somit am invertierenden Eingang liegt, läßt sich wie folgt berechnen:

$$U_{R2} = I_A \cdot R_2 \text{ oder } \frac{R_2 \cdot U_A}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

Wenn nun die Ausgangsspannung $U_A = 0$ V beträgt, die Eingangsspannung U_E jedoch leicht positiv ist, wird die Eingangsstufe dieses Signal verstärken und an die folgenden Verstärkerstufen weiterleiten, wo es

weiter verstärkt wird. Das Ausgangssignal der Eingangsstufe verhält sich proportional zur Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung des Leistungsverstärkers und wird deshalb oft als Fehlersignal bezeichnet. Im obigen Fall wird die Fehlerspannung so lange positiver, bis die Spannungen an den Differenzverstärkereingängen identisch sind. Um jedoch den Spannungsabfall über R1 auszugleichen, muß die Ausgangsspannung höher sein als die Eingangsspannung U_E . Sie läßt sich nach der Formel

$$U_A = U_E \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (5)$$

bestimmen, wobei das Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangsspannung, also die Verstärkung des Leistungsverstärkers, durch den Faktor $(R_1 + R_2)/R_2$ definiert wird. Eine andere Bezeichnung dafür ist closed-loop-Verstärkung.

Die Gesamtspannungsverstärkung, die Endstufe, Differenz- und Spannungsverstärker bei fehlender Gegenkopplung aufweisen, nennt man open-loop- oder Leerlaufverstärkung. Würde diese Leerlaufverstärkung unbegrenzt sein, könnte eine noch so kleine Fehlerspannung durch eine Gegenkopplungsschleife verkleinert werden. Da herkömmliche Verstärker aber immer eine begrenzte Leerlaufverstärkung besitzen, stellt der in Gleichung (5) eingesetzte Faktor nur einen Näherungswert dar. Es täuscht jedoch nichts darüber hinweg, daß der wohl größte Vorteil eines gegengekoppelten Verstärkers darin besteht, daß die Verstärkung scheinbar eine Funktion des Verhältnisses zwischen R1 und R2 ist, vorausgesetzt, daß die Leerlaufverstärkung hoch genug ist.

Das gute Betriebsverhalten gegengekoppelter Verstärker ist wohl ein Grund dafür, daß viele der heute erhältlichen Leistungsverstärker nach diesem Prinzip arbeiten.

Wie alles hat aber auch diese Schaltungstechnik ihre Nachteile. Sollte z. B. die Ausgangsspannung U_A der Eingangsspannung aus irgendeinem Grund nicht folgen können, steigt die Fehlerspannung auf dramatische Werte an. Bei begrenzter Versorgungsspannung wird die Gegenkopplung bei zu großem Fehlersignal übersteuert, was dazu führt, daß sich der Verstärker erst nach einer weiteren Schwingungsdauer erholen kann. Diese Fähigkeit, sich schnell von einem Übersteuerungszustand zu erholen, wird im Englischen als 'overload recovery' bezeichnet und ist ein weiterer Faktor, der die Güte eines Verstärkers bestimmt.

Es ist wichtig, daß sich Verstärker schnell und sauber vom Übersteuerungszustand

erholen. Einige Verstärker brechen in kurzzeitige wilde Schwingungen aus, wenn sie übersteuert werden. Es ist sehr schwierig, diese kleinen Schwingungen auf einem Oszilloskop sichtbar zu machen, obwohl sie auf den Klang eines Verstärkers einen wesentlichen Einfluß haben.

Es stimmt zwar, daß bei gegengekoppelten Verstärkern dieses Problem größer ist als bei open-loop-Verstärkern, aber man sollte bedenken, daß beide Verstärkertypen daran leiden.

In zwei Fällen tritt die Schwingungsneigung besonders stark auf: bei Übersteuerung und Slew-rate-Begrenzung. Sobald die Ausgangsspannung einen Wert der Versorgungsspannung erreicht, wird die Spitze der Amplitude abgeschnitten. Das Signal der Gegenkopplungsschleife wird durch den entgegengesetzten Pol der Betriebsspannung begrenzt. Abb. 12 zeigt den Versuch der Gegenkopplung des MOSFET-Leistungsverstärkers, das abgeschnittene 1 kHz-Sinussignal (100 Weff) zu korrigieren. Beachten Sie, daß die Gegenkopplungsschleife den Übersteuerungsbereich ohne irgendwelche Anzeichen von Schwingungen verläßt.

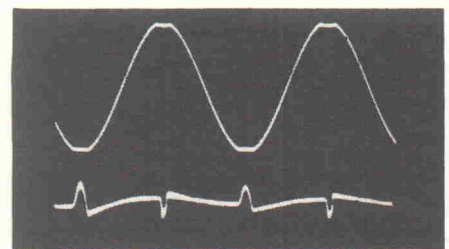


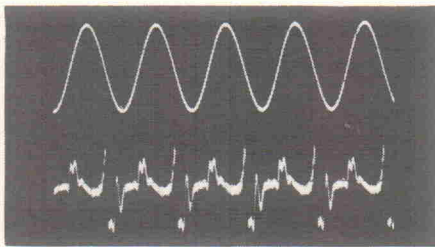
Bild 12

Transiente Intermodulationsverzerrungen (TIM)

Der zweite Fall, der zur Sättigung der Gegenkopplungsschleife führt, tritt dann auf, wenn die Steilheit des Signals die Slew-rate des Verstärkers überschreitet, der Verstärker den Potentialänderungen also nicht schnell genug folgen kann. Da die Gegenkopplungsschleife in diesem Fall ein anderes Signal führt, als der Signaleingang des Differenzverstärkers, wird die Gegenkopplung wirkungslos, und der Verstärker arbeitet wie ein open-loop-Verstärker. Wie schon erwähnt, ist dieses einer der kontroversen Aspekte, unter denen gegengekoppelte Verstärker betrachtet werden müssen.

Die Erfahrung zeigte, daß die Gegenkopplung eines Verstärkers ihn für TIM anfälliger macht. Solange bipolare Endtransistoren der langsamste Teil eines Verstärkers sind, wird es wohl kaum vorkommen, daß das NF-Eingangssignal eine solch hohe Steilheit besitzt, daß schon in den Eingangsstufen TIM auftreten. Sobald

jedoch das Signal durch die Trägheit der Endstufe verzögert wird, steigt die Fehler-spannung so weit an, bis die Spannungsspitzen abgeschnitten und starke Verzerrungen verursacht werden.



Ein schwerer Fall von TIM: Es sind das 25 kHz Ausgangssignal (oben) und die Verzerrungen (unten) dargestellt. Beachten Sie, daß die größten Verzerrungen im mittleren Teil der Sinuswelle auftreten, genau dort, wo die Flankensteilheit am größten ist.

Es ist ziemlich einfach, das Vorhandensein solcher Erscheinungen durch Experimente zu demonstrieren, und es stimmt, daß eine Gegenkopplung das Problem verschlimmert. Eine Gegenkopplungsschleife vergrößert auch die Verzerrungen, die durch Amplitudenbegrenzung entstehen. Eine einmal übersteuerte Gegenkopplung benötigt eine gewisse Zeit, sich wieder zu erholen und verursacht so hörbare Verzerrungen des Ausgangssignals.

Es ist daher wichtig, daß ein hochwertiger Verstärker niemals oberhalb seiner Slew-rate betrieben wird.

Der wirksamste und auch übliche Weg, das zu erreichen, ist das Einfügen eines Tiefpasses in die Eingangsstufe, wodurch die maximale Steilheit begrenzt wird. Durch eine solche Maßnahme ist es unmöglich, daß irgendein Signal die Slew-rate des Verstärkers erreicht oder überschreitet.

Erreicht die Steilheit des Eingangssignals die durch das Filter begrenzte Slew-rate, nehmen die Verzerrungen zwar zu, genauso als wenn die Endstufe übersteuert würde, aber das ist dann 'normaler' Klirrfaktor und keine Intermodulations-Verzerrung.

Ein guter Indikator für das Vorhandensein von TIM ist das Rechteckverhalten eines Verstärkers. Wie schon in Abb. 1 (Elrad 8/81) dargestellt, sollte ein 10 kHz-Rechtecksignal, das einen 30 kHz Tiefpaß passiert, keine rechteckige Form mehr aufweisen. Das Filter verleiht der ansteigenden sowie der abfallenden Flanke einen exponentiellen Verlauf und begrenzt so eindeutig die Steilheit des Signals. Da das menschliche Ohr wie ein Tiefpaß mit einer Grenzfrequenz von etwa 20 kHz wirkt, ist der Unterschied gegenüber einem exakt rechteckigen Signal nicht hörbar.

Ein Leistungsverstärker, der frei ist von TIM, sollte ein 10 kHz-Rechtecksignal so wiedergeben, wie es in Abb. 1 dargestellt ist. Es gibt einige besonders schnelle Verstärker, deren Rechteckausgangssignal auch bei 10 kHz noch rechteckig aussieht. Die Analyse mit Hilfe eines High-Speed-Oszilloskops zeigt aber, daß auch hier der Flankenverlauf exponentiell ist.

In dieser Betrachtung verwendeten wir den Begriff Slew-rate nur in bezug auf die langsamsten aktiven Bauteile. Wenn ein Verstärker aber durch die Verwendung eines Tiefpasses die maximale Steilheit des Eingangssignals begrenzt wird, die Slew-rate von diesem Filter bestimmt. Deshalb ist eine vom Hersteller angegebene Slew-rate nutzlos, wenn nicht darauf hingewiesen wird, ob sie durch aktive Bauteile oder durch ein passives Eingangsfilter bestimmt wird.

Stabilität gegengekoppelter Verstärker

Das bei weitem größte Problem ist die Stabilität eines gegengekoppelten Verstärkers. Ein Differenzverstärker bildet die Differenz seiner beiden Eingangssignale durch Addition des invertierten Signals mit dem nichtinvertierten. Es wird also eine Phasenverschiebung von 180° oder π rad benötigt. Sobald z. B. eine Blindlast eine Phasenverschiebung von mehr als $\pm 90^\circ$ ($\frac{\pi}{2}$ rad) verursacht, wird aus

dem Differenz- ein Summiervverstärker mit oscillatorähnlichem Verhalten. Die wilden Schwingungen werden unweigerlich starke Verzerrungen verursachen, auch wenn ihre Frequenz über 20 kHz (typisch ist 50...1000 kHz) liegt. Im schlimmsten Fall kann die durch das Schwingen mit voller Ausgangsleistung entstehende Hitze eine Zerstörung der Endstufe sowie evtl. auch eine Beschädigung der Lautsprecher bewirken.

Es gibt Verstärker, die Hochtöner mit monotoner Regelmäßigkeit zerstören. Sie neigen von Natur aus zu instabilem Verhalten, können aber meistens durch Änderungen in ihrer Schaltung kuriert werden.

Eine Grundregel für die Stabilität von Gegenkopplungen ist das Stabilitätskriterium nach Nyquist. Es sagt aus, daß ein Verstärker stabil ist, wenn der Gegenkopplungsgrad bei einer Phasenverschiebung von 180° kleiner als 1 ist. Die Polardiagramme in Abb. 13 sollen eine Hilfe sein, sich dieses gut vorstellen zu können. Da sowohl Phasenlage als auch die Höhe des Gegenkopplungsgrades von der Frequenz abhängig sind, wird der Gegenkopplungsgrad durch die

Vektorgröße \underline{T} dargestellt. Während die Phasenlage dem Winkel zwischen dem Vektor \underline{T} und der positiven X-Achse entspricht und als $\text{arc } \underline{T}$ bezeichnet wird, gibt die Länge des Vektors, die die Bezeichnung $|\underline{T}|$ oder T trägt, die Höhe des Gegenkopplungsgrades an. Durch die Änderung von Phasenlage und Gegenkopplungsgrad beschreibt die Spitze des Vektors eine Kurve, die im Nyquist-Diagramm dargestellt ist. Wenn die Kurve den Punkt $-1+j0$ einschließt, ist $|\underline{T}|$ bei $\text{arc } \underline{T} = \pi$ rad nicht kleiner als 1, und der Verstärker ist instabil. Einen Verstärker, dessen Nyquist-Kurve den Punkt $-1+j0$ schneidet, ist nur bedingt stabil, während die Kurven stabiler Verstärker diesen Wert nicht erreichen.

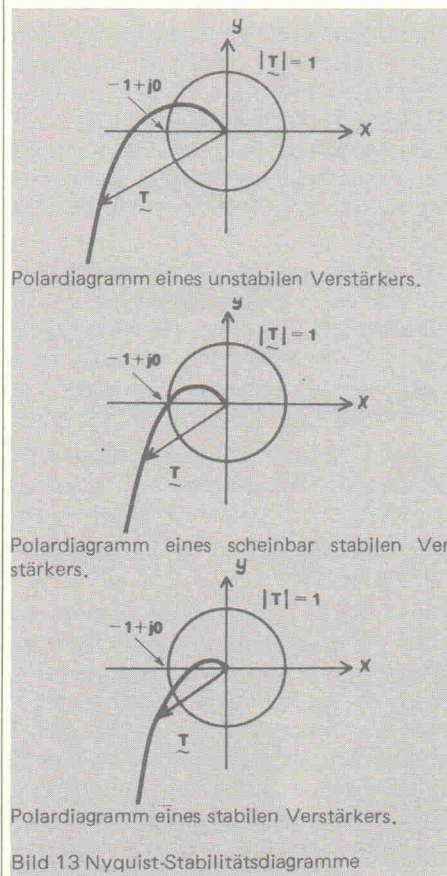


Bild 13 Nyquist-Stabilitätsdiagramme

Abb. 14 zeigt das Nyquist-Diagramm unseres MOSFET-Leistungsverstärkers, und man erkennt deutlich, daß der Wert $-1+j0$ nicht erreicht wird.

Wir konnten nur einige der Vor- und Nachteile eines gegengekoppelten Verstärkers, wie dem in Abb. 11 skizzierten, streifen. Es wurde aber deutlich, daß Endstufe, Differenz- und Spannungsverstärker gut aufeinander abgestimmt werden müssen und man der Phasenverschiebung, der Leerlaufverstärkung sowie der Slew-rate besondere Bedeutung schenken muß, um einen stabilen Verstärker zu konzipieren. Da es der Differenzverstärker ist, der die Ein- und Ausgangsspannung miteinander vergleicht, muß diese Stufe so

linear wie nur irgend möglich sein. Hier bietet sich die in Abb. 15 skizzierte Schaltungsart an, nach der viele Differenzverstärker aufgebaut sind.

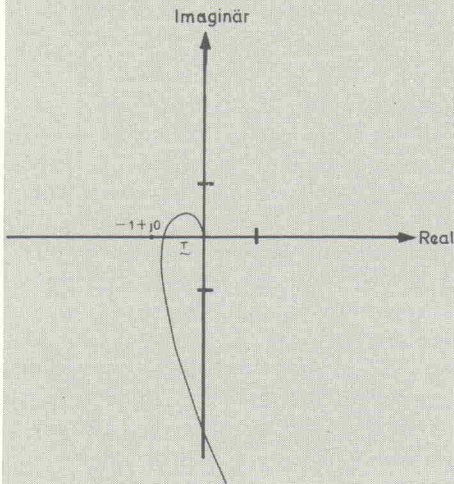


Bild 14

Der Differenzverstärker

Die meisten Differenzverstärker bestehen aus zwei Transistoren (siehe Abb. 15 Q1 und Q2), die in ihren Werten soweit wie möglich identisch sein sollen. Auch die Werte der Kollektorwiderstände sind gleich. Im Idealfall sollten beide – den Differenzverstärker bildende Transistoren – auf einem Chip untergebracht sein. Deshalb fertigen einige Halbleiterproduzenten Differenzverstärker, die lediglich aus zwei aufeinander abgestimmten Transistoren bestehen, die sich in einem Gehäuse befinden. Jedoch zeigt die Praxis, daß zwei hochwertige, separate Transistoren bei fast allen Anwendungen ihrer Aufgabe in einem Differenzverstärker voll gerecht werden können.

In der in Abb. 15 dargestellten Schaltung bestimmt der Widerstand RE den Emitterstrom, der sich auf beide Transistoren aufteilt. Da diese normalerweise eine Gleichstromverstärkung von etwa 200 haben, wird der Basis-Emitterstrom maximal 1/200 des Emitterstroms betragen. Beide Basisanschlüsse der Transistoren sind über RS1 und RS2 mit Masse verbunden. Die Transistoren sind somit in Durchlaßrichtung vorgespannt. Der Spannungsabfall über den Widerständen RS1 und RS2 beträgt in den seltensten Fällen mehr als 50 mV, da nur ein geringer Basisstrom fließt.

Die Basisspannung von Q1 und Q2 wird also etwa 0 V betragen oder etwas negativer sein. Die Spannung am Emitter läßt sich berechnen, indem man 0,6 V von der Basisspannung subtrahiert. Sie beträgt also -0,6 V. Nach dem Ohmschen Gesetz läßt sich nun der Strom durch RE bestimmen:

$$I_{RE} = \frac{U - 0,6 \text{ V}}{R_E}$$

wobei IRE den Absolutwert des Stromes, der durch RE fließt, und U den Absolutwert der negativen Versorgungsspannung darstellt.

Da die Basis-Emitterspannung beider Transistoren gleich ist und der Spannungsabfall über RS1 und RS2 vernachlässigt werden kann, verzweigt sich der Strom IRE in zwei gleiche Kollektorströme:

$$I_{C1} = I_{C2} = 1/2 I_{RE}$$

woraus sich für den Spannungsabfall über RC1 und RC2 folgende Gleichung ableiten läßt:

$$U_{RC1} = I_{C1} \cdot R_{C1} \text{ und } U_{RC2} = I_{C2} \cdot R_{C2}$$

Daraus läßt sich schließen, daß die Spannung an beiden Kollektoren und somit an beiden Ausgängen gleich ist.

Nun stellen wir uns vor, was passiert, wenn die Spannung UE1 etwas ansteigt, während UE2 konstant bleibt. Die größere Basisspannung an Q1 bewirkt, daß dieser Transistor weiter aufsteuert als Q2. Da der Grundstrom jedoch durch RE begrenzt ist, muß der Strom durch Q2 zwangsläufig kleiner werden, wenn der durch Q1 ansteigt. Daraus folgt, daß URC1 größer und URC2 kleiner wird, was eine Verringerung von UA1 und ein Ansteigen von UA2 mit sich bringt (bezogen auf Masse). Ein Potentialanstieg von UE1 verursacht also einen Potentialabfall von UA1 und einen Potentialanstieg von UA2. Sollte UE2 größer sein als UE1, verhalten sich die Ausgangsspannungen entsprechend.

Es wurde in dieser Beschreibung zwar eine Gleichspannung benutzt, um die Auswirkungen der Eingangsspannungen auf die Ausgänge zu verdeutlichen, jedoch gilt obiges auch bei Wechselspannung. Einige Operationsverstärker besitzen zwei Ausgänge (wie z. B. der in Abb. 15), während bei der größeren Anzahl nur ein Ausgang benutzt werden kann (unsymmetri-

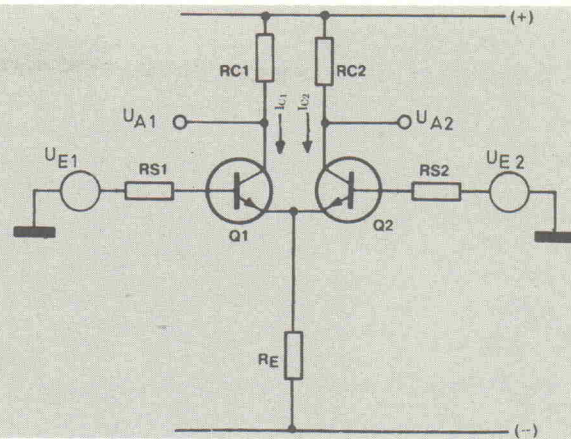
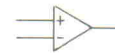


Bild 15

scher Ausgang). Diese unsymmetrischen Differenzverstärker werden in Schaltbildern oft durch dieses Symbol dargestellt:



Das Symbol kann sowohl für den Differenzverstärker alleine stehen als auch für integrierte Operationsverstärker oder für mehrere Stufen eines Leistungsverstärkers zusammen. Es kommt lediglich darauf an, daß ein invertierender und ein nichtinvertierender Eingang sowie ein Ausgang vorhanden ist.

Wie wir schon erwähnten, ist es die Differenz zwischen den Basisspannungen, die eine Ausgangsspannungs-Änderung verursacht. Im Idealfall sollten bei gleichzeitiger Ansteuerung beider Eingänge mit identischen Signalen die Kollektorströme beider Transistoren gleich sein und keine Ausgangsspannung entstehen. Im Gegensatz zum idealen Differenzverstärker werden im realen auch Gleichtakt-Eingangssignale etwas verstärkt. Die Fähigkeit eines Differenzverstärkers, Gleichtaktsignale zu unterdrücken, wird als Gleichtaktunterdrückungsverhältnis angegeben. Die dafür verwendete Abkürzung CMRR ergibt sich aus der englischen Bezeichnung 'common mode rejection ratio'. Sie berechnet sich aus der Gleichtaktverstärkung Vc und der Differenzsignalverstärkung Vd

$$CMRR = 20 \log \frac{V_d}{V_c} [\text{dB}] \quad (6)$$

Um Vd und Vc berechnen zu können, müssen wir uns zunächst mit der Spannungsverstärkung der Eingangssignale UE1 und UE2 beschäftigen. Bei der in Abb. 15 dargestellten Schaltung legen wir UA2 als Ausgangsspannung fest. Dementsprechend ist die Basis von Q1 der nichtinvertierenden und die von Q2 der invertierenden Eingang.

Das Signal UE1 wird zunächst durch den Widerstand RS1 und den Basiswiderstand von Q1 gedämpft. Weiterhin arbeitet Q1 als Emitterfolger, was bedeutet, daß die Spannungsverstärkung kleiner ist als 1. Das

Signal wird dann dem in Basisschaltung betriebenen Transistor Q2 zugeführt, der eine hohe Spannungsverstärkung besitzt. Den Verstärkungsfaktor des nichtinvertierenden Signals nennen wir V1. Er berechnet sich wie folgt:

$$V1 = \frac{UA2}{UE1}$$

Daraus ergibt sich folgende Gleichung:

$$V1 = \frac{(RE \parallel Re) (Rc2)}{(Re + RE \parallel Re) (Re)} \quad (7)$$

wobei Re den Emitterwiderstand darstellt.

Auch das am invertierenden Eingang anliegende Signal wird gedämpft, und zwar durch RS2. Es gelangt dann direkt auf die Basis von Q2, der für dieses Signal in Emitterschaltung arbeitet. Den Verstärkungsfaktor dieses Signals bezeichnen wir mit V2.

$$V2 = \frac{UA2}{UE2}$$

oder

$$V2 = - \frac{Rc2}{Re + RE \parallel Re} \quad (8)$$

Es ist augenscheinlich, daß die Ausdrücke für V1 und V2 nicht identisch sind. Dieser Unterschied ist der Grund für die Verstärkung des Gleichtaktsignals.

Die Ausgangsspannung UA2 setzt sich in Wirklichkeit aus Gleichtakt und Differenzsignal zusammen.

$$UA2 = VC \cdot UEC + Vd \cdot UED \quad (9)$$

UEC ist das Gleichtakt-Eingangssignal, UED das Differenzeingangssignal.

Wenn nun Vd durch den identischen Faktor $\frac{UA2}{UEd}$ ersetzt wird, ergibt sich folgende Gleichung:

$$Vd = 1/2 (V1 - V2)$$

Entsprechend gilt bei $VC = \frac{UA2}{UEC}$

$$VC = V1 + V2$$

Unter Verwendung der Gleichungen (7) und (8) ergibt sich folgendes:

$$VC = V1 + V2 = \left(\frac{RE}{Re + RE \parallel Re} \right) \left(\frac{Re}{RE + Re} \right) \quad (9)$$

und $Vd = 1/2 (V1 - V2)$

$$= 1/2 \left(\frac{RC}{Re + RE \parallel Re} \right) \left(\frac{2 RE + Re}{RE + Re} \right) \quad (10)$$

Die Ausdrücke (9) und (10) werden in die Gleichung (6) eingesetzt:

$$CMRR = 20 \log \frac{1/2 \left(\frac{RC}{Re + RE \parallel Re} \right) \left(\frac{2 RE + Re}{RE + Re} \right)}{\left(\frac{RC}{Re + RE \parallel Re} \right) \left(\frac{Re}{RE + Re} \right)}$$

entsprechend

$$CMRR = 20 \log \frac{(2 RE + Re) (RE + Re)}{2 (RE + Re) \cdot Re} \quad (11)$$

Wenn wir nun annehmen, daß RE bedeutend größer ist als Re, kann Gleichung (10) bedeutend vereinfacht werden:

$$CMRR = 20 \log \frac{2 RE \cdot RE}{2 RE \cdot Re} = 20 \log \frac{RE}{Re} \quad (12)$$

Durch diese Gleichung wird bewiesen, daß es notwendig ist, RE so groß wie möglich zu machen, um ein gutes CMRR zu erreichen. Das Problem besteht nur darin, daß Q1 und Q2 einen bestimmten Emitterstrom benötigen, um linear und ohne starkes Rauschen zu arbeiten. Da Differenzverstärker im NF-Verstärker dort eingesetzt werden, wo die Signalpegel ziemlich niedrig sind, würde ein zu kleiner Emitterstrom den Signal/Rauschabstand deutlich verschlechtern. Wenn also die Versorgungsspannung feststeht und der minimale Emitterstrom durch Faktoren wie Rauschen und Verzerrungen bestimmt wird, kann für eine CMRR-Verbesserung wenig getan werden, da der Wert des Widerstandes RE sich nach dem minimalsten Emitterstrom richten muß.

Das Problem läßt sich nur dadurch lösen, daß RE durch eine Konstantquelle ersetzt wird, wie in Abb. 16 dargestellt.

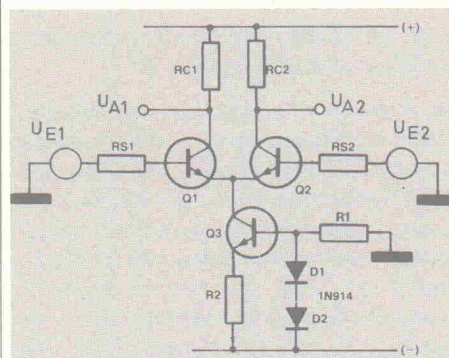


Bild 16

Der Widerstand R1 begrenzt den Strom, der von Masse über die Dioden D1 und D2 zum negativen Pol der Betriebsspannung fließt. Bei einer Betriebsspannung von -50 V würde durch einen 10 kΩ-Widerstand ein Strom von etwa 5 mA fließen. Die Dioden werden in Durchlaßrichtung betrieben. Da über ihnen je 0,7 V abfallen, ist die Basis des Transistors Q3 1,4 V positiver als die negative Betriebsspannung, was (auf Masse bezogen) einer Spannung von -48,6 V entspricht. Da die Basis-Emitter-Spannung von Q3 ungefähr 0,6 V beträgt, fallen über R2 die restlichen 0,8 V ab. Diese 0,8 V bleiben immer konstant, unabhän-

gig von Betriebsspannungsschwankungen. Sollte die negative Betriebsspannung durch starke Belastung zeitweise auf -40 V absinken, würde es sich nicht auf die Basis-Spannung von Q3 auswirken, da über den Dioden weiterhin jeweils 0,7 V abfallen. Deshalb bezeichnet man diese Schaltungsart als Konstantstromquelle.

Die konstante Spannung über dem konstanten Wert des Widerstandes R2 hat einen konstanten Strom zur Folge. Dieser Strom teilt sich auf die Transistoren Q1 und Q2 auf, da der Basisstrom von Q3 vernachlässigt werden kann. Der Arbeitspunkt der Transistoren des Differenzverstärkers wird ausschließlich von R2 bestimmt. Weiterhin bleiben Brumm- und Störspannungen, die der Versorgungsspannung überlagert sind, ohne Wirkung auf den konstanten Strom des Differenzverstärkers, denn der Kollektorstrom von Q3 ist von diesem Faktor unabhängig.

Bei genauer Betrachtung stellt man fest, daß Q3 in Basisschaltung betrieben wird. Das bedeutet, daß seine Ausgangsimpedanz sehr hoch ist (1 MΩ oder mehr). Dieser Wert, der nun RE bildet, ist eine Gewähr für ein gutes CMRR.

In der Praxis ist es so gut wie unmöglich, zwei total gleiche Transistoren zu finden. Deshalb wird ein Transistor des Differenzverstärkers mehr Strom ziehen als der andere. Diese Unsymmetrie würde starke Verzerrungen verursachen, jedoch ist die Lösung dieses Problems recht einfach: beide Transistoren (Q1 und Q2) werden mit jeweils einem Emitterwiderstand versehen. Durch die dadurch auftretende Gegenkopplung wird der Eingangswiderstand der Stufe erhöht und die Spannungsverstärkung unabhängiger von den Parametern der Transistoren. Bei einer so linearisierten Übertragungskennlinie treten nur noch sehr geringe Verzerrungen auf.

Manchmal findet man für Differenzverstärker auch die Bezeichnung 'Transconductance Amplifier', da die Ausgangsimpedanz der Stufe ziemlich hoch ist und das Eingangssignal in Wirklichkeit eine Veränderung des Ausgangsstroms verursacht. Die Ausgangsspannung UA2 entsteht dadurch, daß dieser Strom durch einen Widerstand (Rc2) fließt und dort die Ausgangsspannung entsteht. Schon bei einer Belastung mit einer geringen Kapazität würde die Beziehung zwischen Ein- und Ausgangssignal nicht mehr linear sein. Der Differenzverstärker ist eine Konstantstromquelle, die durch das Eingangssignal beeinflusst werden kann.

Spannungsverstärkerstufen

Wie wir schon feststellten, muß die Leerlaufverstärkung eines Verstärkers so hoch

sein, damit durch die Gegenkopplung eine wirksame Linearisierung der Verstärkungseigenschaften möglich ist. Da die Spannungsverstärkerstufen für den größten Teil der Verstärkung verantwortlich sind, ist es notwendig, die benötigte Leerlaufverstärkung zu berechnen, um daraus die Verstärkung der Spannungsverstärkerstufe zu ermitteln. Hierzu betrachten wir noch einmal den Einfluß der Gegenkopplung auf die verschiedenen Parameter des Verstärkers.

Der in Abb. 11 dargestellte Verstärker besteht aus Endstufe, Differenz- und Spannungsverstärker. Jedoch kann jede dieser drei Stufen eine Spannungsverstärkung vornehmen, es hängt nur von der jeweiligen Schaltungsart ab. In Abb. 17 ist ein Verstärker dargestellt, bei dem die Stufen ihrer Funktion nach aufgeschlüsselt sind.

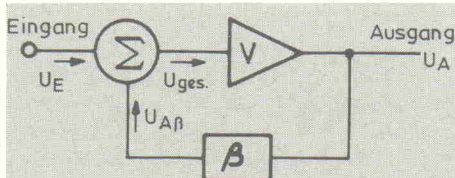


Bild 17
Symbolische Darstellung eines rückgekoppelten Verstärkers, die für die meisten Verstärker typisch ist.

Das Symbol 'V' repräsentiert die Gesamt-leerlaufverstärkung des Verstärkers, während β den Rückkopplungsfaktor darstellt. An die Verstärkerstufe 'V' gelangt nur das Signal $U_{ges.}$, das sich aus dem Eingangssignal U_E und einem Teil des Ausgangssignals $U_A \cdot \beta$ zusammensetzt.

$$U_A = V \cdot U_{ges.}$$

$$= V \cdot (U_E + \beta \cdot U_A)$$

daraus folgt: $U_A \cdot (1 - \beta \cdot V) = V \cdot U_E$

$$\text{oder: } U_A = \frac{V}{1 - \beta \cdot V} \cdot U_E \quad (13)$$

Bei Gegenkopplung ist β jedoch negativ:

$$U_A = \frac{V}{1 + \beta \cdot V} \cdot U_E \quad (14)$$

Dieses ist die für einen einfachen Rückkopplungsverstärker (Abb. 17) geltende Gleichung. Es wird sowohl die Leerlaufverstärkung als auch der Rückkopplungsfaktor β berücksichtigt.

Bitte verwechseln Sie dieses β nicht mit dem Verstärkungsfaktor von Transistoren! β gibt hier den Teil der Ausgangsspannung an, der rückgekoppelt wird, und das Symbol hierfür stand schon fest, bevor Transistoren auf den Markt kamen. Die Berechnung von β ist recht einfach:

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

R_1 und R_2 sind die Widerstände des in Abb. 11 dargestellten Spannungsteilers.

Dieser Ausdruck wird in Gleichung (14) eingesetzt:

$$U_A = \frac{V \cdot U_E}{1 + \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot V}$$

Zähler und Nenner werden mit $(R_1 + R_2)$ multipliziert:

$$U_A = \frac{V (R_1 + R_2) \cdot U_E}{(R_1 + R_2) + V \cdot R_2}$$

und anschließend durch V geteilt:

$$U_A = \frac{R_1 + R_2}{\left(\frac{R_1 + R_2}{V} \right) + R_2} \cdot U_E$$

Wenn wir nun bedenken, daß der Zahlenwert für die Leerlaufverstärkung V bedeutend größer ist als der Zahlenwert für $(R_1 + R_2)$, können wir $(R_1 + R_2)/V$ gleich Null setzen, und es ergibt sich die Näherungsgleichung

$$U_A = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot U_E \quad (15)$$

die identisch ist mit der schon erwähnten Gleichung (5). Es handelt sich daher um eine nützliche Näherungsformel, die bei hoher Leerlaufverstärkung zutrifft. Beachten Sie, daß

$$U_A = \frac{1}{\beta} \cdot U_E$$

lediglich eine andere Schreibweise ist und die Closed-loop-Verstärkung somit dem Kehrwert von β entspricht.

Die Linearisierung der Übertragungseigenschaften wird also dadurch erreicht, daß die Abhängigkeit der Gesamtverstärkung von den Verstärkungsfaktoren der einzelnen Transistoren verringert wird, was Gleichung (15) untermauert.

Jetzt untersuchen wir das Verhalten der Closed-loop-Verstärkung bei variierender Leerlaufverstärkung. Wir nehmen für $V = 10^5$ an und führen $1/100$ der Ausgangsspannung zurück an den Differenzverstärker ($\beta = 10^{-2}$).

Setzen wir die Werte in Gleichung (14) ein, ergibt sich ein Verstärkungsfaktor von

$$\frac{10^5}{1 + 10^{-2} \cdot 10^5} = \frac{10^5}{1 + 10^3} = 99,9$$

Bei Verminderung der Leerlaufverstärkung um den Faktor 100, was bei einem Leistungsverstärker recht unwahrscheinlich ist, beträgt die Closed-loop-Verstärkung noch

$$\frac{10^3}{1 + 10^{-2} \cdot 10^3} = \frac{10^3}{1 + 10} = \frac{10^3}{11} = 90,9$$

Die enorme Veränderung der Leerlaufverstärkung wird durch die Gegenkopplung auf etwa 10% reduziert. Es dürfte jedem einleuchten, daß die so erzielte Stabilisierung des Verstärkungsfaktors enorm ist.

Gegenkopplung und Verzerrungen

Durch die Gegenkopplung werden auch Ein- und Ausgangsimpedanz sowie das Kleinsignalverhalten des Verstärkers beeinflusst. Verzerrungen werden vermindert und — wie schon festgestellt — ist die Gegenkopplung eine der wenigen Möglichkeiten, die durch die Endstufe entstehenden Verzerrungen zu reduzieren.

Wenn ein Signal U_E an den Eingang eines nicht-gegengekoppelten Verstärkers gelegt wird, ist das Ausgangssignal, das wir als U_{Ao} (von 'open loop') bezeichnen, ein Resultat der Leerlaufverstärkung V und den Verzerrungsanteilen D .

$$U_{Ao} = V \cdot U_E + D$$

Bei Hinzufügen einer Gegenkopplung muß der Wert des Eingangssignales erhöht werden, um ein gleiches Ausgangssignal zu erhalten. Das Ausgangssignal im Closed-loop-Betrieb bezeichnen wir mit U_{Ac} . Es wird durch die Closed-loop-Verstärkung v und den Verzerrungsanteil d bestimmt.

$$U_{Ac} = V \cdot U_E + d$$

Die Closed-loop-Verstärkung ergibt sich aus

$$V = \frac{U_{Ac}}{U_E}$$

$$U_{Ac} = \left(\frac{V}{1 + \beta \cdot V} \right) \cdot U_E + d$$

Zwischen U_{Ao} und U_{Ac} besteht folgendes Verhältnis:

$$U_{Ac} = \frac{U_{Ao}}{1 + \beta \cdot V}$$

daraus folgt:

$$\frac{U_{Ao}}{1 + \beta \cdot V} = \left(\frac{V}{1 + \beta \cdot V} \right) \cdot U_E + d$$

Jetzt ersetzen wir U_{Ao} durch den Ausdruck

$$U_{Ao} = V \cdot U_E + D$$

was folgende Gleichung ergibt:

$$\frac{V \cdot U_E + D}{1 + \beta \cdot V} = \left(\frac{V}{1 + \beta \cdot V} \right) \cdot U_E + d$$

$$V \cdot U_E + D = V \cdot U_E + d (1 + \beta \cdot V)$$

$$D = d (1 + \beta \cdot V)$$

$$d = \frac{D}{1 + \beta \cdot V}$$

Die Höhe der Verzerrungen wird also um den Faktor $1/(1 + \beta \cdot V)$ vermindert. Wenn also die Leerlaufverstärkung V oder der Rückkopplungsfaktor β vergrößert werden, nehmen die Verzerrungen ab. Das heißt jedoch nicht, daß es vorteilhaft ist, Leistungsverstärker mit sehr hoher

Leerlaufverstärkung und starker Gegenkopplung zu entwerfen, solange die Stabilität der Gegenkopplung ein Problem darstellt.

Wenn Verstärker mit einer niedrigen Verzerrung im Open-loop-Betrieb arbeiten, kann eine Gegenkopplungsschleife diese Verzerrungen zu vernachlässigbar kleinen Pegeln absenken, ohne unnötig hohe Gesamtgegenkopplungen zu verwenden.

Wenn ein Verstärker einen nur geringen Verzerrungsgrad aufweisen soll, wie z. B. der MOSFET-Leistungsverstärker, ist es wichtig, daß jede einzelne Stufe so wenig Verzerrungen wie nur irgend möglich erzeugt. Bei einer zusätzlichen Gegenkopplung ergibt das dann einen Verstärker hervorragender Qualität.

In wohl jedem Verstärker wird der größte Teil der Leerlaufverstärkung in der Spannungsverstärkerstufe erzeugt. Zwar wird der Differenzverstärker auch zur Spannungsverstärkung beitragen, jedoch ist seine wesentliche Aufgabe das Produzieren des Differenzsignals. Bei einigen Verstärkern werden die Endtransistoren in Emitterschaltung betrieben und tragen so zur weiteren Signalverstärkung bei. Bei unserem Modul arbeiten diese Transistoren jedoch in Drainschaltung und besitzen somit eine Spannungsverstärkung, die kleiner ist als 1.

Da einige durch Gegenkopplung entstehende Probleme ausführlich behandelt wurden, ist es einzusehen, daß die Spannungsverstärkerstufe hohe Leerlaufverstärkung mit geringen Verzerrungen und minimaler Phasenverschiebung verbinden muß, um die Stabilitätsprobleme beim Verstärkerbau so klein wie möglich zu halten.

Eine Untersuchung von Verzerrungsgraden von Differenzverstärkern zeigt, daß dieser bedeutend besser ist, als der von in Emitterschaltung betriebenen Transistoren. Wenn wir voraussetzen, daß die Verzerrungen bei bipolaren Transistoren ausschließlich durch die exponentielle Beziehung zwischen Kollektorstrom und Basis-Emitterspannung entstehen, lassen sich die Verzerrungen von Differenzverstärkern und einem einzelnen Transistor in Emitterschaltung mit Hilfe der Fourier-Analyse vergleichen. Das Ergebnis dieser Analyse ist in Abb. 18 aufgezeichnet, wobei der Differenzverstärker mit einer Unsymmetrie von 10% betrieben wurde.

Es ist eindeutig zu erkennen, daß die Daten des Differenzverstärkers besser sind, was der Grund dafür ist, daß der Spannungsverstärker des MOSFET-Leistungsverstärkers nach diesem Prinzip arbeitet.

Außer dem Vorteil der niedrigen Ver-

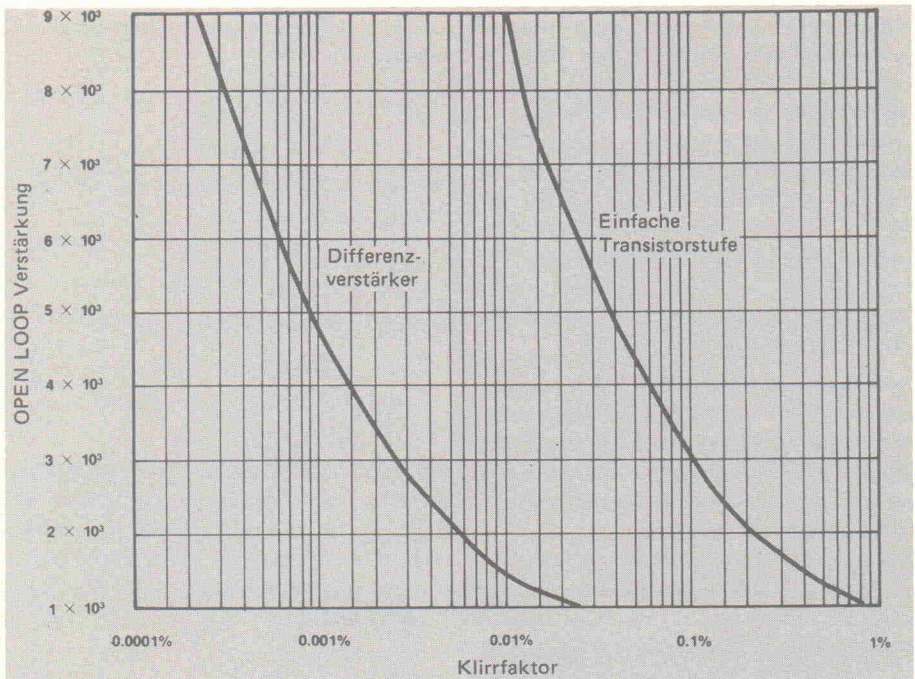


Bild 18

zerrung besteht hier die Möglichkeit, beide Ausgänge des Differenzverstärkers gleichmäßig zu belasten, wodurch eine asymmetrische Belastung des Differenzverstärkers vermieden wird.

Abb. 19 zeigt das Schaltbild des Spannungsverstärkers, der für den MOSFET-Leistungsverstärker entwickelt wurde. Bei genauer Betrachtung stellt man fest, daß es sich um zwei Differenzverstärker und einen Stromspiegel handelt. Die Transistoren Q1 und Q2 bilden den ersten Differenzverstärker mit R1 als gemeinsamen Emittterwiderstand. Beide Ausgänge sind direkt mit dem zweiten Differenzverstärker (Q3 und Q4) gekoppelt, der sein Ausgangssignal an den unsymmetrischen Eingang der Endstufe abgibt. Dieses weitgehend verzerrungsfrei zu ermöglichen, ist die Aufgabe des Stromspiegels, der aus den Bauteilen Q5, 6 und R5, 6 besteht. Der Transistor Q5 arbeitet als Diode, und zwar mit gleichen Kenndaten wie die Basis-Emitterdiode von Q6. Seine Basis-Kollektorstrecke ist kurzgeschlossen. Die Basisanschlüsse von Q5 und Q6 sind miteinander verbunden, die Basisspannung beider Transistoren ist gleich. Da Q5 ein 'Spiegelbild' der Basis-Emitter-Strecke von Q6 ist, sind auch die Spannungsabfälle über beiden Transistoren ungefähr gleich, je nachdem, wie gut die beiden Transistoren ausgesucht worden sind. Aus identischer Basisspannung sowie gleicher Basis-Emitterspannung ergibt sich zwangsläufig, daß auch die Spannungen über den Widerständen R5 und R6 gleich sind. Da die Werte dieser Widerstände miteinander übereinstimmen, fließt durch beide ein Strom gleicher Stärke, woraus folgt, daß

der Kollektorstrom von Q3 gleich dem von Q4 ist. Dadurch ist gewährleistet, daß beide Transistoren auch bei unsymmetrischer Belastung symmetrisch arbeiten.

Die sehr hohe Verstärkung der Stufe ergibt sich dadurch, daß der Kollektor von Q3 direkt mit der Basis von Q6 verbunden ist und Q6 und Q4 einen Gegenkopplungsverstärker bilden.

Die Transistoren, die in dieser Stufe eingesetzt werden, müssen die hohe Versorgungsspannung vertragen können und dabei auch noch mit geringer Verzerrung arbeiten. Weiterhin müssen sie kurze Schaltzeiten besitzen, um Verzögerungen in der Gegenkopplungsschleife sowie TIM zu vermeiden.

Wir wählten für unseren Leistungsverstärker die Transistorentypen BF469 und BF470, die in Videoendstufen Verwendung finden. Ihre maximal zulässige Kollektor-Emitterspannung beträgt etwa 250 V, und ihre Schaltzeit ist sehr kurz.

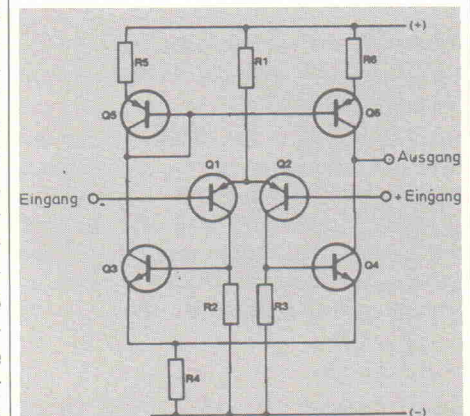


Bild 19

Um die Güte der Stufe auch bei einer leicht kapazitiven Last zu gewährleisten, ist es notwendig, einen relativ hohen Strom durch den Spannungsverstärker, speziell durch die Ausgangsstufe und den Stromspiegel, fließen zu lassen. Er beträgt bei unserem Modul etwa 16 mA, wodurch in den Transistoren eine Verlustleistung von etwa 0,8 W entsteht. Deshalb werden die Transistoren ziemlich heiß (etwa 60°C), jedoch liegt die Temperatur unterhalb eines gefährlichen Grenzwertes.

Bei einem wie in Abb. 19 skizzierten Spannungsverstärker kann man also mit einer akzeptablen Linearität sowie einem hohen Verstärkungsfaktor rechnen. Das gute Zusammenwirken von Eingangs-differenzverstärker und der speziellen Ausgangsstufe vereinfacht es sehr, einen total stabilen Verstärker aufzubauen.

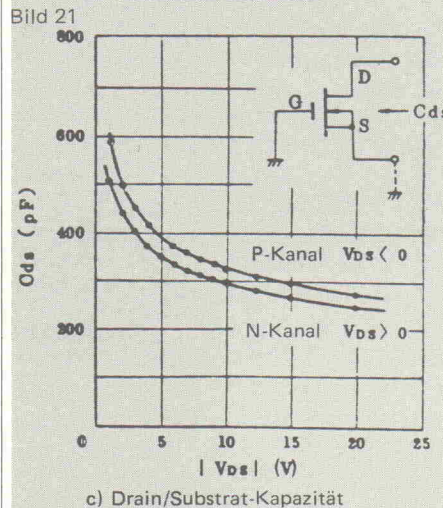
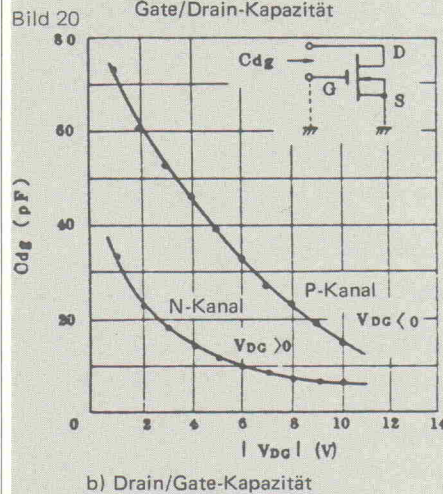
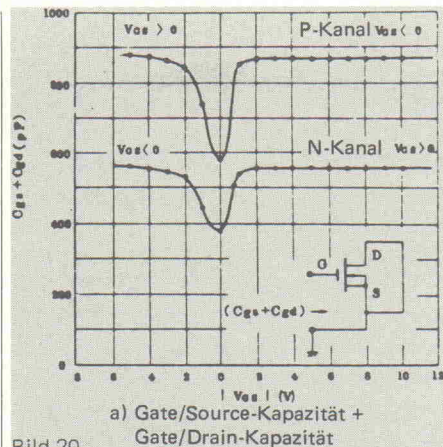
Die MOSFET-Endstufe

Wegen des niederohmigen Ausgangs des Spannungsverstärkers, der die Endstufe ansteuert, ergeben sich durch die Verwendung von MOSFETs keine weiteren Probleme. Wie im Schaltbild des Moduls dargestellt, kann die benötigte Vorspannung der Endtransistoren durch Einfügen eines Potentiometers zwischen die Kollektoren der in Abb. 19 mit Q4 und Q6 bezeichneten Transistoren erzeugt werden.

Die Gate-Anschlüsse der MOSFETs sind über die Widerstände R21...24 beidseitig des Potentiometers mit dem Ausgang des Spannungsverstärkers verbunden. Wie schon erwähnt, erhöhen diese Widerstände die Zeitkonstante der MOSFETs in Verbindung mit der Gate-Kapazität. Die obere Grenzfrequenz des MOSFETs wird dadurch zwar etwas gesenkt, die Schwingneigung des Bauteils jedoch erheblich verringert.

Eine Betrachtung der Kennlinien in Abb. 20 bis 22 zeigt, daß es zwischen den inneren Kapazitäten des N-Kanal- und denen des P-Kanal-MOSFET Unterschiede gibt, wobei die Differenz der Gate-Source-Kapazitäten besonders zu beachten ist. Sollte diese Differenz nicht ausgeglichen werden, ist ein stabiler Betrieb des Verstärkers wegen der auftretenden asymmetrischen Blindkomponente nicht mehr gewährleistet. Eine Möglichkeit, hier Abhilfe zu schaffen, ist die Verminderung der Leerlaufverstärkung bei gleichzeitiger Verkleinerung des Gegenkopplungsfaktors. Der daraus entstehende Anstieg der Verzerrungen müßte in Kauf genommen werden.

Zu diesem Zweck wird meistens der Wert des Emitterwiderstandes in der Eingangsstufe des Verstärkers vergrößert, wodurch



die Spannungsverstärkung verringert und gleichzeitig das Kleinsignalverhalten verbessert wird. Wendet man diese Methode jedoch bei MOSFET-Leistungsverstärkern an, ist das Ergebnis ein nur mittelmäßiger Verstärker, da die schwache Gegenkopplung nicht in der Lage ist, die Verstärkungscharakteristik der Endstufe ausreichend zu linearisieren.

Die Verwendung eines Emitterwiderstandes erzeugt eine lokale Gegenkopplung, durch die fast jeder Parameter eines Transistors verbessert wird. Das günstigste Verhältnis zwischen lokaler und Gesamt-(Overall-)Gegenkopplung muß beim

Entwerfen eines jeden Verstärkers unter Berücksichtigung der in der Endstufe entstehenden Verzerrungen, der Schnelligkeit, Linearität und Verstärkung aller Stufen des Verstärkers ermittelt werden. Formeln und Konstanten, die das optimale Verhältnis zwischen lokaler und Gesamtgegenkopplung für jeden Verstärker universell angeben, halten wir für eine zu starke Vereinfachung.

Wir lösten das Problem der Asymmetrie der Gate-Source-Kapazitäten durch Hinzufügen der Kondensatoren C7 und C8, wie aus dem Schaltbild ersichtlich ist. Außer diesen Kondensatoren und den Widerständen R21...24 werden lediglich die RCL-Kombination (R29, C9, R30, L1) und die Kondensatoren C10...13 benötigt, um eine totale Stabilität der Endstufe zu gewährleisten.

Wird z.B. ein Rechtecksignal in eine reine kapazitive Last gespeist, wird der Endstufe ein praktisch kurzgeschlossener Ausgang vorgetäuscht, da die kapazitive Last für die hochfrequenten (>100 kHz) fourierschen Anteile des Signals eine sehr niedrige Impedanz darstellt.

Um diesem Effekt entgegenzuwirken, ergänzten wir den Verstärker mit der Induktivität L1, deren Impedanz mit steigender Frequenz zunimmt. Der Widerstand R30, der zu der Spule parallel liegt, verhindert ein übermäßiges Absinken der Grenzfrequenz des Verstärkers.

Die Spule kann sehr leicht angefertigt werden. Sie besteht aus 20 Windungen 0,8 mm starken Kupferdrahtes, die auf einen Spulenkörper gewickelt werden, wie man sie bei Schalenkernen verwendet. Beim Prototyp betrug der äußere Durchmesser 12 mm und die Höhe 10 mm. Beim Bewickeln mit zwei Lagen à 10 Windungen erhält man die gewünschte Induktivität von 5 µH.

Die übrigen Bauteile dieses Netzwerks (R29 und C9) belasten den Verstärker nur bei hohen Frequenzen. Würde R29 fehlen, könnte die Endstufe durch kapazitive Kopplung der einzelnen Bauteile zueinander sehr leicht schwingen.

C9 macht den Widerstand für die niederfrequenten Audiosignale unwirksam, da sonst die hohe Verlustleistung, die an diesem Bauteil entstehen würde, zur Zerstörung des Widerstandes führt. Sie sollten beachten, daß R29 heiß wird, wenn Sie den Verstärker bei voller Leistung mit Rechteck- oder Sinussignalen hoher Frequenz testen. Unter normalen Bedingungen tritt dieser Zustand jedoch kaum ein.

Die Widerstände R25...28 bewirken eine schwache Gegenkopplung in der Endstufe.

Sie sind als weitere Linearisierungsmaßnahme zu sehen, die auch die Stabilität der Endstufe verbessert. Bei der Parallelschaltung bipolarer Transistoren haben diese Widerstände die Aufgabe, für eine gleichmäßige Verteilung des Laststroms zu sorgen. Bei der Verwendung von MOSFETs ist dieses jedoch nur zweitrangig, denn der positive Temperaturkoeffizient der Transistoren gleicht unterschiedliche Lastströme automatisch aus.

Weitere Bauteile, die zur Stabilität der Endstufe beitragen, sind die Kondensatoren C10...13. Die 100µF-Elkos C12 und 13 schließen der Betriebsspannung überlagerte NF-Signale kurz, jedoch haben sie nur wenig Einfluß auf Frequenzen um 1 MHz, bei denen MOSFETs zu wilden Schwingungen neigen. Deshalb sind die kleineren Kondensatoren C10 und C11 besonders wichtig. Sie müssen sehr nah an den Endtransistoren montiert werden, da jeder zusätzliche Zentimeter Leiterbahn ihre Effektivität verschlechtert. In unserem Leistungsverstärker befinden sich die Kondensatoren auf der Platinenrückseite direkt an den Drain-Anschlüssen der MOSFETs.

Ebenfalls auf der Platinenrückseite befinden sich die Gate-Widerstände R21...24 und die schon besprochenen Kondensatoren C7 und C8. Die Bauteile werden direkt an die MOSFETs gelötet.

Wenn Sie manchmal mit MOSFET-Schaltungen experimentieren, können Ihnen einige grundsätzliche Vorsichtsmaßnahmen beim Layout eine Menge Kopfschmerzen ersparen. Z. B. ist die Länge des Kabels, das an dem Gate-Anschluß befestigt wird, besonders kritisch. Hitachi gibt als Zuleitung eine maximal zulässige Länge von 50 mm an, und auch das wird in einigen Applikationen als noch zu lang bezeichnet.

Aus diesem Grund entschlossen wir uns, die MOSFETs direkt auf der Platine zu befestigen und sahen von einer Freiluftverdrahtung zwischen MOSFETs und Platine ab. Sollten Sie jemals in die Lage kommen, MOSFETs über freie Leitungen betreiben zu müssen, geben wir Ihnen den Rat, die Gate-Widerstände so nah wie möglich an die Gate-Anschlüsse zu löten und die Verbindungskabel zwischen Platine und Gate-Widerständen so kurz wie möglich zu halten. Beachten Sie das als grundsätzliche Regel, falls sich Ihnen das Problem einmal stellt.

Die noch nicht besprochenen Bauteile der Endstufe sind die Z-Dioden (ZD1, ZD2) und die mit ihnen verbundenen Dioden D3 und D4 sowie RV1, mit dem die Vorspannung der MOSFETs eingestellt wird. Wir erwähnten schon, daß die maximal

zulässige Gate-Source-Spannung dieser MOSFETs 14 V beträgt. Bei Überschreiten dieses Wertes können die Transistoren zerstört werden. Deshalb begrenzen die Dioden die Spannung zwischen dem Gateanschluß und dem Verstärkerausgang auf max. $\pm 12,6$ V (bezogen auf den Verstärkerausgang).

Dieser Zustand tritt dann ein, wenn der Ausgang kurzgeschlossen wird oder eine große kapazitive Last einen Kurzschluß vortäuscht. In diesem Fall kann die Ausgangsspannung nur wenig von 0 V abweichen. Die Gegenkopplung versucht jedoch, den Fehler auszugleichen, weshalb die Spannungsverstärkerstufe ein schon übersteuertes Signal liefert. Die Gate-Source-Spannung würde auf etwa ± 50 V ansteigen, was den zulässigen Maximalwert deutlich überschreitet.

Die Dioden D3 und D4 verhindern einen Kurzschluß des Nutzsignals durch die Z-Dioden bei Normalbetrieb.

Der durch RV1 fließende Strom erzeugt einen Spannungsabfall über diesem Potentiometer, der einstellbar ist und als Vorspannung an den Endtransistoren liegt. Bei Fehlen der Dioden D3,4 könnten z. B. die Gate-Spannungen bei positiver Ansteuerung von Q10 und Q12 niemals mehr als 0,6 V größer sein als die Ausgangsspannung, was durch die Durchlaßspannung der Z-Diode ZD2 bedingt ist. Wenn wir nun annehmen, daß über RV1 eine Spannung von 1 V abfällt, kann die Spannung an den Gate-Anschlüssen des Transistorpaares Q9, 11 niemals einen Wert überschreiten, der die Summe dieser beiden Spannungen (in diesem Fall also 1,6 V) entspricht. Ähnlich verhält sich die Schaltung bei Ansteuerung mit einem Signal negativen Potentials. Hier würde die Durchlaßspannung von ZD1 wirksam werden.

Durch die Berücksichtigung all dieser technischen Feinheiten gelang es, eine Endstufe zu konzipieren, die frei ist von jeglicher Instabilität und die eine Bandbreite von 5 MHz vorweisen kann. Verstärkungseigenschaften und Phasengang sind so hervorragend, daß es einfach war, die erforderliche Stabilität der Gegenkopplung zu verwirklichen.

Der Spannungsverstärker unseres Moduls, der ähnlich wie in Abb. 19 aufgebaut ist, besteht aus den Transistoren Q3...8 und den dazugehörigen passiven Bauteilen.

Die bisher noch nicht erwähnten Bauteile R31 und C14 bilden ein RC-Glied. Sie bewirken durch die Verringerung der Impedanz zwischen Kollektor und Basis von Q6 eine lokale Gegenkopplung am Ausgang des Spannungsverstärkers. Wie wir schon feststellten, beträgt die Phasen-

differenz zwischen den Signalen an Kollektor und Basis bei einer Emitterschaltung 180°. Der Sinn dieser Gegenkopplung besteht darin, die Leerlaufverstärkung für Frequenzen, die weit außerhalb des Audibereichs liegen, zu verkleinern.

Der Eingangsdifferenzverstärker besteht aus den Transistoren Q1 und Q2. Die Emitterwiderstände R10 und R13 sorgen für eine leichte Gegenkopplung.

Q3, R8, R12 und die Dioden D1 und D2 versorgen die Eingangsdifferenzverstärker mit einem konstanten Strom von 240µA. Dieser relativ niedrige Wert wurde gewählt, um in der ersten Stufe des Verstärkers ein besonders gutes Signal-Rausch-Verhältnis zu erzielen.

Durch den Kondensator C4 wird die Impedanz zwischen den beiden Eingängen des Spannungsverstärkers vermindert. Er liegt zwischen den Basisanschlüssen von Q3 und Q4 und verkleinert somit den Verstärkungsfaktor für hohe Frequenzen. Gleichzeitig wird durch diesen Kondensator eine Kompensierung etwaiger Phasenverschiebung vorgenommen.

Der Closed-loop-Verstärkungsfaktor wird durch den Gegenkopplungsspannungsteiler R16, 19 bestimmt.

Der Elko C5 hat die Aufgabe, die Impedanz zwischen der Basis von Q2 und Masse für Frequenzen unterhalb des Audibereichs zu erhöhen.

Bei Gleichstrom weist C5 theoretisch einen unendlichen Widerstand auf, wodurch die Gegenkopplung erhöht wird und die Closed-loop-Verstärkung auf einen Faktor unter 1 absinkt. Das bedeutet, daß am Ausgang auftretende Gleichspannung direkt zur Basis von Q2 geleitet und so mit der Eingangsgleichspannung verglichen wird. Diese wiederum wird bestimmt durch den Wert der Reihenschaltung der Widerstände R2, 4, 5 und den Strom, der durch diese Widerstände fließt.

Da der Kollektorstrom des Transistors Q1 etwa 120µA beträgt und Q1 ein h_{fe} von ungefähr 250 besitzt, ergibt sich daraus ein Basisstrom von

$$\frac{120\mu A}{250} = 0,48\mu A$$

Daraus resultiert eine Basisspannung von

$$0,48\mu A \cdot (47k + 4,7k + 1k) = 0,48\mu A \cdot 52,7k = 25,3 \text{ mV}$$

Ein Vergleich zeigte, daß der an unseren Prototypen gemessene Wert der Basisspannung von Q1 (–25 mV) nur geringfügig von dem errechneten Wert abweicht. Bei korrekter Arbeitsweise der Gegenkopplung muß dieser Betrag mit der am Ausgang liegenden Gleichspannung übereinstimmen.

Wie wir früher schon erwähnten, ist die einzige Möglichkeit, TIM zu verringern, das Begrenzen der Steilheit des Eingangssignals auf einen Wert unterhalb der Slewrate des Verstärkers. Diese Aufgabe wird hier durch ein passives Tiefpaßfilter (12 dB/Oktave) wahrgenommen. Es besteht aus den Bauteilen R4, C2 und R5, C3. Beide RC-Glieder haben die gleiche Grenzfrequenz, jedoch wurde der Wert des Widerstandes R5 vergrößert, damit das erste RC-Glied nicht zu stark belastet wird. Dementsprechend wurde der Wert von C3 verkleinert. Wir wählten ein Zweikreis-Bandfilter, weil die Dämpfung bei Signalen hoher Steilheit größer ist als bei einem einkreisigen.

Die Dämpfung des Filters beträgt bei 20 kHz nur 0,2 dB. Berücksichtigt man auch noch die Dämpfung des Ausgangsfilters (L1, R30) ergibt sich daraus bei dieser Frequenz eine Gesamtdämpfung von etwa 0,4 dB. Sowohl der Frequenzgang als auch die Slew-Rate des Verstärkers werden durch passive Bauteile be-

stimmt, die auch das Problem der TIM lösen.

Auch die untere Grenzfrequenz sollte durch passive Bauteile bestimmt werden. In diesem Fall bedienen wir uns eines Hochpasses, der aus C1 und R2 besteht. Würden der Kondensator und C5 fehlen, wäre der gesamte Verstärker gleichstromgekoppelt und würde selbst Gleichspannungen verstärken. Da es aus den schon erwähnten Gründen unmöglich ist, auf C5 zu verzichten, müssen Maßnahmen getroffen werden, daß die über ihm abfallende Spannung gerade bei niedrigen Frequenzen nicht zu hoch wird.

Bei Frequenzen im Infraschallbereich könnte UC5 den Wert der Betriebsspannung annehmen, der dann auch am invertierenden Eingang des Differenzverstärkers liegt. Aus diesem Grunde ist es kritisch, die untere Grenzfrequenz des Verstärkers durch diesen Kondensator bestimmen zu lassen.

Abhilfe schaffen hier R2 und C1, die

einen Hochpaß mit höherer Grenzfrequenz als R16, C5 bilden und somit für die untere Grenzfrequenz des Verstärkers maßgebend sind.

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R2 \cdot C1} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,47 \cdot 10^{-6} \cdot 47 \cdot 10^3} \approx 7 \text{ Hz}$$

Wogegen die Grenzfrequenz des RC-Gliedes in der Gegenkopplungsschleife

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R16 \cdot C5} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} \approx 1,6 \text{ Hz}$$

beträgt.

Der Widerstand R1 verhindert ein Aufladen des Kondensators C1 durch Gleichstrom. Würde er fehlen, wäre bei Beschaltung des Eingangs während des Betriebes ein lautes Knacken im Lautsprecher unumgänglich.

Wie funktioniert's?

Um alle Funktionen des Leistungsverstärkers so einfach wie möglich zu erklären, beschränken wir uns hier auf eine Gleichstromanalyse.

Das Eingangssignal passiert zunächst ein Filternetzwerk, das aus den drei RC-Gliedern C1, R2; R4, C2; R5, C3 besteht. Durch den Hochpaß (C1, R2) wird die untere Grenzfrequenz des Verstärkers bestimmt. Sie liegt bei etwa 7 Hz. Die Steilheit des Hochpasses beträgt 6 dB/Oktave. Die Grenzfrequenz der beiden Tiefpässe liegt bei etwa 30 kHz, wodurch die obere Grenzfrequenz des Verstärkers festgelegt ist. Gleichzeitig wird die Steilheit des Eingangssignals auf einen Wert begrenzt, der niedriger ist als die Slewrate der aktiven Bauelemente. Das Filter bietet auch einen Schutz vor HF-Einstreuungen. R1 stellt sicher, daß der positive Pol des Elkos C1 immer auf einem gleichstrommäßigen Null-Potential liegt. Näheres wird im Text erläutert.

Die Konstantstromquelle des Eingangs-Differenzverstärkers wird durch den Transistor Q13 sowie die dazugehörigen Bauteile R8, 12 und D1, 2 gebildet. Sie stabilisiert den Strom auf etwa 240 µA, der sich je

zur Hälfte auf Q1 und Q2 aufteilt, wenn kein NF-Signal anliegt. Die Parallelschaltung aus R9, 14 mit den dazugehörigen Eingangswiderständen der Transistoren Q3 und Q4 verringert den effektiven Lastwiderstand des Eingangs-Differenzverstärkers auf etwa 15 k. Die Spannungen über R9 und R14 sollten etwa 1,8 V betragen. Subtrahiert man von diesem Wert die Basis-Emitter-Spannung von Q3 bzw. Q4 (0,6 V), erhält man einen Spannungsabfall über R15 von 1,2 V, der einen Strom von 12 mA verursacht. Dieser Strom fließt je zur Hälfte über Q3 und Q4 und läßt über R7 und R18 Spannungen von 1,7 V abfallen. Auch hier liegen den Widerständen R7, 18 die Eingangs-impedanz der Transistoren Q5 und Q6 parallel. Dieses können wir jedoch bei der Gleichstromanalyse außer acht lassen, da die Widerstände bedeutend kleiner sind als die Eingangs-impedanz der Transistoren. Subtrahiert man von U_{R7} bzw. U_{R18} die UBE der Transistoren, erhält man für U_{R17} einen Wert von 1,3 V. Der 32 mA-Strom durch diesen Widerstand teilt sich zur Hälfte auf beide Zweige des Ausgangsdifferenzverstärkers auf, dessen Lastwiderstand durch den Stromspiegel (Q7, 8) gebildet wird.

Dadurch ist gewährleistet, daß die Ströme durch Q5 und Q6 identisch sind. Die Transistoren Q4 und Q5 bilden den Spannungsverstärker unseres Moduls. Ihr typischer Kollektorstrom beträgt 16 mA. Nach dem Einstellen des Ruhestroms der Endstufe müßte über RV1 eine Spannung von etwa 1 V abfallen.

Auch die Funktion der Dioden D3, 4 und der Z-Dioden ZD1 und ZD2 wurde im Text schon ausführlich behandelt. Sie schützen die MOSFETs vor einer zu großen Gate-Source-Spannung.

Durch das RC-RL-Netzwerk am Ausgang der Endstufe wird nicht nur gewährleistet, daß der Verstärker bei allen Frequenzen gleichmäßig belastet wird, sondern es werden auch die Schwingneigungen der Endstufe unterdrückt.

Diese sehr knapp gehaltene Darstellung soll lediglich eine Hilfe sein, die Beziehungen zwischen Schaltbild und Funktion leichter zu verstehen. Die Spannungswerte wurden aus Messungen an mehreren Prototypen ermittelt, und es können selbstverständlich leichte Abweichungen auftreten. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Baugruppenfunktionen entnehmen Sie bitte dem Text.

Nach diesem theoretischen Höhenflug wollen wir uns im nächsten Heft wieder den praktischen Niederungen des Bohrens, Sägens und Feilens widmen. Es erwartet Sie die Beschreibung vom Zusammenbau von zwei Endstufenmodulen inklusive Stromversorgung in einem gemeinsamen Gehäuse.

Englisch für Elektroniker

Essentials

Guide to instructions, manuals and similar documents

Essential terms:

instructions	Anweisungen, Instruktionen
operating instructions	Betriebsanweisungen
mounting instructions	Bauanleitungen
ordering instructions	Bestellungsanweisungen
to instruct	instruieren, unterweisen
directions	Anleitung, Richtlinien (direction sonst: Richtung)
to give directions	Anleitung geben, anleiten, vorschreiben, Richtlinien geben
regulations	Vorschriften
standards	Normen, Standardvorschriften
manual	Handbuch, Jahrbuch
description	Beschreibung
Instructions (or directions), for instance, can be given for:	
how to operate a device	wie ein Gerät zu bedienen (zu betreiben) ist
how to assemble a device	wie ein Gerät zusammenzubauen ist

For example, instructions may be titled:

"Assembly of a transistor" or "Assembling a transistor".

Häufig verwendete Verben:

zusammenbauen	to put together
	to fit together
	to assemble
montieren, anbauen	to mount
	to fit
auseinandernehmen	to take apart
	to strip down
	to dismantle
	to disassemble
verwenden	to use; to utilize
verbinden	to connect
verdrahten	to wire-up
überprüfen	to check
prüfen	to test, to examine

Es wird Ihnen auffallen, daß im Englischen Instruktionen im allgemeinen im Imperativ gegeben werden. Die Formulierung von allgemeinen Hinweisen jedoch entspricht der deutschen Version.

Also:

1. Allgemeine Hinweise bzw. Ratschläge

Der Transistor ist auf einem Kühlkörper zu befestigen.	The transistor is to be mounted on a heat sink.
Alle Lötstellen sollten vor Inbetriebnahme des Bausatzes noch einmal überprüft werden.	All solder points should be checked over again before taking the assembly into operation.

2. Unumgängliche Maßregeln (Imperativ)

Alle Lötarbeiten sind gründlich zu überprüfen.	Check all soldering work thoroughly.
Es ist sicherzustellen, daß die Verdrahtung genau dem Schaltplan entspricht.	Ensure that the wiring conforms exactly to the circuit diagram.

oder:

Schritt-für-Schritt-Instruktionen (Imperativ)

Ein 2 mm dickes Aluminiumblech ist als Kühlkörper zu verwenden und eine dünne Glimmerscheibe zwischen Aluminiumblech und Transistor einzulegen. In das Befestigungsloch wird eine Isolierhülse eingesetzt, ehe die Geräteanordnung mit einer 2-mm-Schraube und Mutter zusammengeschaubt wird (siehe Bild 1).

Use a 2 mm thick aluminium as heat sink and place a piece of thin mica between aluminium plate and transistor. Insert an insulating bushing into the fixing hole before bolting the assembly together with a 2 mm screw and nut (see Fig. 1).

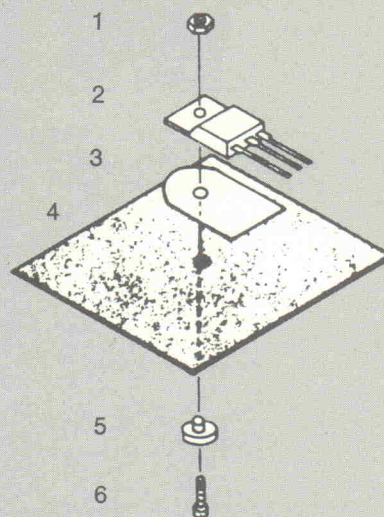


Fig. 1

Fig. 1 Mounting a transistor on a heat sink

- 1 nut
- 2 transistor
- 3 slice of mica
- 4 aluminium sheet
- 5 insulating bushing
- 6 screw

Anbringen eines Transistors auf einer Kühlplatte

- Mutter
- Transistor
- Glimmerscheibe
- Aluminiumblech
- Isolierhülse
- Schraube

Eine weitere Möglichkeit: Wo im Deutschen das Passiv-Präsens verwendet wird, gebraucht man im Englischen normalerweise das Passiv-Futur:

3. Hinweise/Angaben (statements) im Passiv:

Die Entstörspule wird mit 35 Windungen aus 0,5 mm starkem Kupferdraht gewickelt.

Der Netztrafo wird mittels kurzer Drahtstücke mit der Platine verbunden.

The noise coil will be wound with 35 turns from 0.5 mm thick copper wire.

The mains transformer will be connected to the circuit board by means of short wire ends.
(Or: Short wire ends will be used to connect the mains transformer with the circuit board).

Some further examples

First, the main circuit board will be equipped.

Use only parts easily obtainable.

All parts are commercially available.

The input signal is applied to an amplifier stage.

The output signal is rectified by bridge RF4.

Wire-up all capacitors separately.

Use short wire ends when connecting the mains transformer with the circuit board.

Einige weitere Beispiele

Zuerst wird die Hauptplatine bestückt.

Es sollten nur leicht erhältliche Teile verwendet werden.

Alle Teile sind handelsüblich erhältlich.

Das Eingangssignal wird auf eine Verstärkerstufe geführt.

Das Ausgangssignal wird durch die Brücke RF4 gleichgerichtet.

Alle Kondensatoren sind getrennt zu verdrahten.

Der Netztrafo muß mit der Platine mit kurzen Drahtstücken verbunden werden.



Platinen

Elrad-Platinen sind aus Epoxid-Glashartgewebe, bei einem * hinter der Bestell-Nr. jedoch aus HP-Material. Alle Platinen sind fertig gebohrt und mit Lötack behandelt bzw. verzinkt. 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	Verbrauchsanzeige (Satz)	020-111	9,30	Schienen-Reiniger	110-168*	3,40
Buzz-Board	128-60*oB	2,40	Ereignis-Zähler (Satz)	020-112*	12,50	Drum-Synthesizer	120-169*	9,00
Dia-Tonband Taktgeber	019-63*	7,70	Elektr. Frequenzweiche	020-113*	14,80	Eier-Uhr	120-170*	4,00
Kabel-Tester	019-64*	8,80	Quarz-Thermostat	020-114*	9,55	Musiknetz-System (Satz)	120-171	18,80
Elektronische Gießkanne	029-65*	4,60	NF-Nachbrenner	020-115	4,95	Weintemperatur-Meßgerät	120-172*	4,20
NF-Begrenzer-Verstärker	029-66*	4,40	Digitale Türklingel	020-116*	6,80	Entzerrer Vorverstärker	120-173*	4,60
Strom-Spannungs-Meßgerät	029-67*	12,85	Elbot Logik	030-117	20,50	AM-Fernsteuerung (Satz)	011-174	10,40
500-Sekunden-Timer	128-60*oB	2,40	VFO	030-118	4,95	Gitarrenvorverstärker	011-175	21,40
Drehzahlmesser für Modellflugzeuge	039-68	15,20	Rausch- und Rumpelfilter	030-119*	3,90	Brumm-Filter	011-176*	5,50
Folge-Blitz	039-69*	3,90	Parkzeit-Timer	030-120*	2,30	Batterie-Ladegerät	011-177	9,70
U x I Leistungsmeßgerät	039-70	21,20	Fernschreiber Interface	030-121	10,80	Schnellader	021-179	12,00
Temperatur-Alarm	128-60*oB	2,40	Signal-Verfolger	030-122*	13,25	OpAmp-Tester	021-180*	2,00
C-Meßgerät	049-71*	4,25	Elbot Licht/Schall/Draht	040-123	12,15	Spannungs-Prüfstift	021-181*	2,20
2m PA, V-Fet	068-33oB	5,50	Kurzzeit-Wecker	040-124	2,60	TB-Testgenerator	021-182*	4,30
Sensor-Organ	049-72oB	31,50	Windgenerator	040-125	4,10	Zweitongenerator	021-183	8,60
2 x 200 W PA Endstufe	059-73	20,70	60 W PA Impedanzwandler	040-126	3,70	Bodentester	021-184*	4,00
2 x 200 W PA Netzteil	059-74	12,20	Elbot Schleifengenerator	050-127	5,60	Regenalarm	021-185*	2,00
2 x 200 W PA Vorverstärker	059-75*	4,40	Baby-Alarm	050-128*	4,30	Lautsprecher-Rotor (Satz)	031-186*	29,90
Stromversorgungen 2 x 15V	059-76	6,80	HF-Clipper	050-129	7,80	Sustain-Fuzz	031-187	6,70
723-Spannungsregler	059-77	12,60	Ton-Burst-Schalter	050-130*	4,60	Drahtschleifenspiel	031-188*	7,30
DC-DC Power Wandler	059-78	11,20	EPROM-Programmiergerät	050-131	8,90	Rauschgenerator	031-189*	2,80
Sprachkompressor	059-80*	8,95	AM-Empfänger	050-132*	3,40	IC-Thermometer	031-190*	2,80
Licht-Organ	069-81oB	45,00	Digitale Stimmgabel	060-133	3,70	Compact 81-Verstärker	041-191	23,30
Mischpult-System-Modul	069-82	11,80	LED Drehzahlmesser	060-134*	5,20	Blitzauslöser	041-192*	4,60
NF-Rauschgenerator	069-83*	3,70	Auto-Voltmeter	060-135*	3,00	Karrierespiel	041-193*	5,40
NiCad-Ladegerät	079-84	21,40	Ringmodulator	060-136*	3,95	Lautsprecherschutzschaltung	041-194*	7,80
Gas-Wächter	079-85*	4,70	Eichspannungs-Quelle	060-137	3,75	Vocoder I	051-195	17,60
Klick Eliminator	079-86	26,50	Lin/Log Wandler	060-138	9,80	(Anregungsplatine)	051-196*	6,50
Telefon-Zusatz-Wecker	079-87*	4,30	Glücksrad	060-139*	4,85	Stereo-Leistungsmesser	051-197*	2,60
Elektronisches Hygrometer	089-88	7,40	Pulsmesser	070-140	6,60	FET-Voltmeter	051-198	13,30
Aktive Antenne	089-89	5,40	EMG	070-141	13,95	Impulsgenerator	051-199*	2,90
Sensor-Schalter	089-90	5,80	Selbstbau-Laser	070-142	12,00	Modellbahn-Signallupe	051-199*	2,90
SSB-Transceiver	099-91oB	34,80	Reflexempfänger	070-143*	2,60	FM-Tuner	061-200	6,60
Gitarreneffekt-Gerät	099-92*	4,40	Auto-Alarmanlage (Satz)	070-144*	7,80	(Suchlaufplatine)	061-200	6,60
Kopfhörer-Verstärker	099-93*	7,90	Leitungssuchgerät	070-145*	2,20	FM-Tuner	061-201*	9,50
NF-Modul 60 W PA	109-94	10,50	Gitarrenübungs-Verstärker	080-146	19,60	(Pegelanzeige-Satz)	061-201*	9,50
Auto-Akku-Ladegerät	109-95*	5,10	Wasserstands-Alarm	080-147*	2,60	FM-Tuner	061-202*	6,90
NF-Modul Vorverstärker	119-96	30,80	80m SSB Empfänger	080-148	9,40	FM-Tuner (Netzteil)	061-203*	4,00
Universal-Zähler (Satz)	119-97	26,80	Servo-Tester	080-149*	3,20	FM-Tuner	061-204*	4,20
EPROM-Programmierer (Satz)	119-98	31,70	IR 60 Netzteil	090-150	6,20	(Vorwahl-Platine)	061-204*	4,20
Elektr. Zündschlüssel	119-99*	4,20	IR 60 Empfänger	090-151	6,50	FM-Tuner	061-205*	4,60
Dual-Hex-Wandler	119-100*	12,20	IR 60 Vorverstärker	090-152	6,20	(Feldstärke-Platine)	061-205*	4,60
Stereo-Verstärker Netzteil	129-101	15,60	Fahrstrom-Regler	090-153	14,20	Logik-Tester	061-206*	4,50
Zähler-Vorverstärker	129-102	8,40	Netzsimulator	090-154	3,70	Stethoskop	061-207*	5,60
10 MHz	129-103	12,20	Passionsmeter	090-155*	12,90	Roulette (Satz)	061-208*	12,90
Zähler-Vorteiler 500 MHz	129-104	4,10	Antennenrichtungsanzeige (Satz)	090-156	16,00	Schalldruck-Meßgerät	071-209	11,30
Preselektor SSB	129-105*	10,60	300 W PA	100-157	16,90	FM-Stereotuner	071-210*	3,60
Transceiver	129-106*	47,60	Aussteuerungs-Meßgerät	100-158*	6,20	(Ratio-Mitte-Anzeige)	071-211*	7,00
Mini-Phaser	010-107	16,50	RC-Wächter (Satz)	100-159	13,50	Gitarren-Tremolo	071-212	5,90
Audio Lichtspiel (Satz)	010-108	22,00	Choraliser	100-160	42,70	Milli-Ohmmeter	071-213*	3,30
Moving-Coil VV	010-109*	5,80	IR 60 Sender (Satz)	100-161	12,30	Ölthermometer	081-214	14,40
Quarz-AFSK	010-110*	3,70	Lineares Ohmmeter	100-162	3,70	Power MOSFET	081-215*	3,60
Licht-Telefon	010-111*	3,70	Nebelhorn	100-163*	2,60	Tongenerator	081-215*	3,60
Warnblitzlampe	010-112*	3,70	Metallsuchgerät	110-164*	4,40			
			4-Wege-Box	110-165	25,90			
			80m SSB-Sender	110-166	17,40			
			Regelbares Netzteil	110-167*	5,40			

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

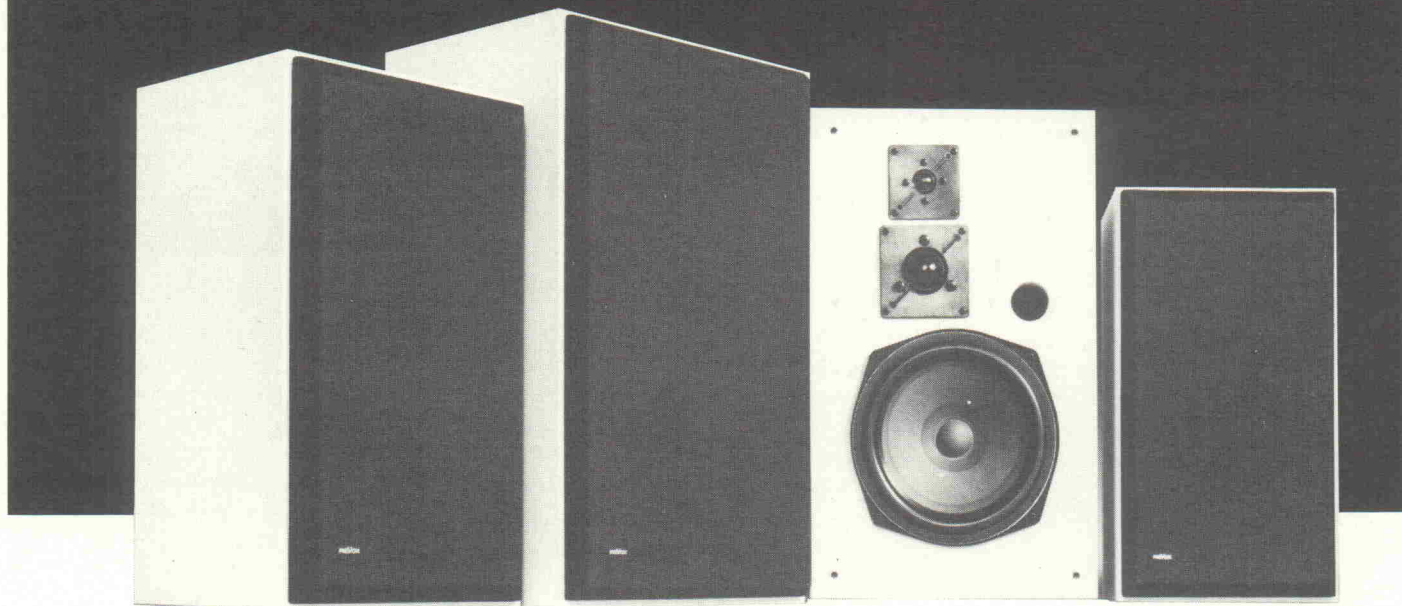
Elrad Versand Postfach 2746-3000 Hannover 1

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:

Neue Meßmethoden für Lautsprecher

Neuheiten



HIFI

Neue Meßmethoden für Lautsprecher

In den letzten zehn Jahren hat sich eine Meßmethode durchgesetzt, mit der unter Berücksichtigung des menschlichen Hörverhaltens die elektroakustischen Eigenschaften eines Lautsprechers genau bestimmt werden können. Der zu untersuchende Lautsprecher wird mit Pulsen (z. B. Tonbursts) angeregt und seine Impulsantwort analysiert. Das Prinzip und die Vorgehensweise wird im folgenden beschrieben.

In den letzten zehn Jahren wurden viele Versuche unternommen, die Testmethoden für Lautsprecher zu verbessern. Die Gründe dafür liegen zum einen im Bestreben der Hersteller von Lautsprechern, die Qualität ihrer Produkte nachweisbar zu steigern und zum anderen auch im Wunsch, die mit einem sinnvollen Meßverfahren ermittelten Lautsprechereigenschaften in Zeitschriftenartikeln und in Werbeprospekten angeben zu können.

Es zeigte sich jedoch, daß die mit unterschiedlichen Meßverfahren bestimmten Ergebnisse stark voneinander abweichen. Insbesondere zwischen subjektiven und objektiven Testmethoden können erhebliche Unterschiede auftreten. Aus diesen Unsicherheiten entstand der Wunsch nach objektiven Prüfverfahren, die es ermöglichen, die Ergebnisse subjektiver und objektiver Methoden in Beziehung zu bringen.

Die meßtechnische Bestimmung von Lautsprechereigenschaften ist keine Angelegenheit, die 'so nebenbei' erledigt werden kann. Viele Ingenieure, Akustiker und Hersteller in allen Ländern haben lange daran gearbeitet, objektive und aussagekräftige Meßverfahren zu entwickeln. Ein Lautsprechertest erfordert eine Anzahl von 'Standard'-Messungen und 'Standard'-Einrichtungen. Dazu gehören Sweep-Oszillatoren, synchronisierte Pegel-

Neue Meßmethoden für Lautsprecher

schreiber, Präzisionsmikrophone, geeignete Meßverstärker, Bandpaßfilter und Leistungsverstärker hoher Qualität. Damit kann das Meßobjekt in geeigneter Weise angesteuert und der erzeugte Schalldruck gemessen, analysiert und registriert werden. Ein typischer Meßaufbau ist in Bild 1 dargestellt. Außer diesen Geräten, die eine korrekte Untersuchung ermöglichen, ist aber auch ein geeigneter Meßraum notwendig. In den meisten Fällen wird ein 'schallarmer' Raum bevorzugt. In diesem Raum treten per Definition oberhalb einer unteren Grenzfrequenz keine Schallreflexionen mehr auf. Da im 'schallarmen' Raum nur der direkt vom Lautsprecher abgestrahlte Schall gemessen wird, beschreibt diese Messung sehr genau (wenn auch nicht mit den normalen Aufstellungsbedingungen vergleichbar) das akustische Verhalten des Testobjektes. Ein anderer, häufig verwendeter Raumtyp wird als 'halbhalliger' Raum bezeichnet. Es handelt sich um einen 'schallarmen' Raum mit jedoch gut reflektierendem Boden. Dieser Raumtyp wird dann verwendet, wenn Lautsprecher getestet werden sollen, die nur in Verbindung mit einer reflektierenden Bodenfläche normal arbeiten. Schließlich sind auch Messungen im Hallraum möglich. Der Hallraum besitzt eine äußerst geringe Schallabsorption und entsprechend lange Nachhallzeiten. Unter Anwendung des sogenannten Hallraumverfahrens kann in solchen Räumen sehr viel einfacher als in schallarmen Räumen die von Lautsprechern abgestrahlte Schalleistung und daraus auch der elektroakustische Wirkungsgrad bestimmt werden. Allerdings beschränken sich die Untersuchungen in Hallräumen im wesentlichen auf Speziallautsprecher. Zur Überprüfung konventioneller Lautsprecher werden Hallräume selten benutzt.

Es gibt eine Reihe von Parametern, die in jedem 'ordentlichen' Lautsprechertest bestimmt werden sollten. Dazu gehören: Klirrfaktor bei unterschiedlichen Eingangsleistungen, Richtdiagramm, Phasengang, Impedanz und elektroakustischer Wirkungsgrad. Diese Werte werden entweder in Meßschrieben als Funktion der Frequenz oder als Einzahlenwerte bei definierten Frequenzen angegeben. Die Bestimmung dieser Größen ist seit mehr als 40 Jahren das Rückgrat des Lautsprechertests schlechthin, aber diese Größen reichen zur vollständigen Beschreibung des Lautsprecherhaltens nicht aus.

Betrachten wir es einmal aus einer anderen Sicht: Wenn alle oben genannten

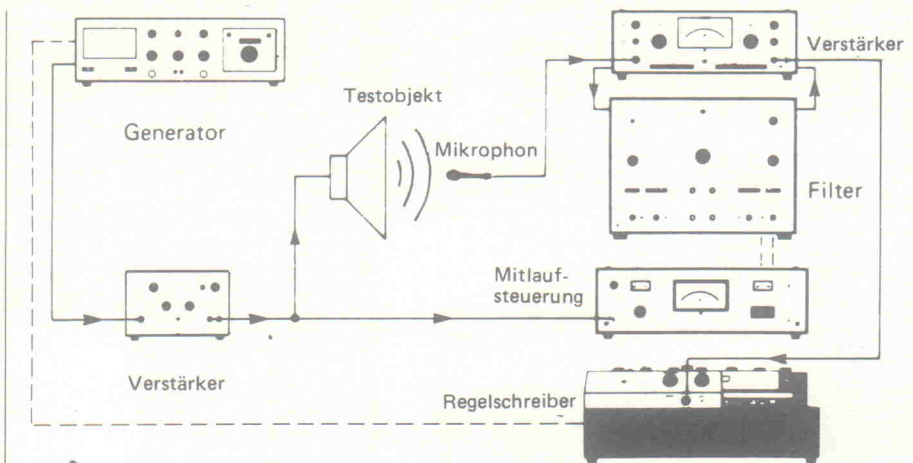


Bild 1. Ein typischer Versuchsaufbau zur Frequenzanalyse von Impulsantworten.

Größen eines Lautsprechers schlecht sind, wird er höchstwahrscheinlich auch wirklich schlecht für unsere Ohren klingen. Sind die Testwerte jedoch alle gut, so bedeutet das noch lange nicht, daß der Lautsprecher gut klingen 'muß'.

Betrachtet man die genannten Parameter genauer, dann fällt auf, daß es sich ausschließlich um Meßwerte handelt, die bei stationärer Anregung ermittelt werden. Lautsprecher werden aber nur selten mit rein stationären Signalen angesteuert. Um einen Schritt in Richtung realistischer Prüfmethode zu machen, sollte die normalerweise instationäre Lautsprecheranregung dabei berücksichtigt werden.

Vor ungefähr zwanzig Jahren kamen einige Ingenieure darauf, das Impulsverhalten ihrer Lautsprecher zu überprüfen. Dazu steuerten sie das Testobjekt mit einem Tonburst-Generator an. Dieser erzeugt ein sinusförmiges Signal, das plötzlich eingeschaltet und nach kurzer Zeit (der Pulsdauer) wieder abgeschaltet wird. Das Ergebnis dieser Anregungsart wurde auf einem Oszillographen dargestellt. Um 'stehende' Bilder zu erhalten, mußte der Oszillograph mit der Pulsfolgefrequenz extern getriggert werden. Die auf diese Weise dargestellten schalldruckproportionalen Signale wiesen eine Reihe interessanter und bis dahin nicht bekannter Eigenarten auf. Einer dieser Effekte war, daß bei Messungen im schallarmen Raum verschiedene Lautsprecher besonders auf hochfrequente Anregungen stark unterschiedlich reagierten. Die Ergebnisse waren abhängig von der gewählten Frequenz, vom Aufbau der Lautsprecherweiche und von anderen Faktoren, die derzeit nicht völlig erklärbar waren.

In der darauffolgenden Zeit wurde diese Prüfmethode von Lautsprecherherstellern und Anwendern häufig benutzt.

Das Problem der Tonburst-Anregung liegt darin, daß ein nicht gerade einfach zu erfassender zusätzlicher Signalinhalt, hervorgerufen durch das plötzliche Ein- und Ausschalten der Sinusfunktion, in der Lautsprecheranregung enthalten ist. Diese zusätzlichen Signalanteile stifteten bei der Auswertung der Meßsignale häufig mehr Verwirrung als Nutzen und überdeckten in vielen Fällen die eigentlich interessierenden Informationen. Einige Zeit nach Bekanntwerden des Ton-Burst-Tests konnte man dann auch die Meinung hören, daß die Prüfmethode ungenau und fehlerbehaftet sei und durch Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung von Fehlern jede Objektivität verlieren würde.

Anfang der siebziger Jahre beschrieb Laurie Fincham, ein wohlbekannter Teilnehmer an den Sitzungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (TC 29) eine neue Methode zur Bestimmung von Lautsprechereigenschaften. Die von ihm angegebene Vorgehensweise wurde erst durch Verwendung leistungsfähiger Rechenanlagen in Verbindung mit entsprechenden Fast-Fourier-Analysatoren möglich. Mit dieser Ausrüstung konnten analoge Signale erzeugt, digitalisiert, gespeichert und so für die nachfolgende Verarbeitung im FFT-Rechner aufbereitet werden. Das Grundprinzip dieser Testmethode besteht darin, einen Lautsprecher mit einer Folge von speziellen Impulsen anzusteuern und den vom Lautsprecher aufgrund dieser Anregung erzeugten Druck-Zeitverlauf mit einem Meßmikrophon aufzunehmen und zu speichern. Das Meßmikrophon besitzt im Frequenzbereich von 20 Hz bis über 25 kHz einen flachen Frequenzgang und einen genau bekannten Phasengang. Die Impulsantworten des Lautsprechers werden gespeichert, gemittelt und dann mit Hilfe

Neue Meßmethoden für Lautsprecher

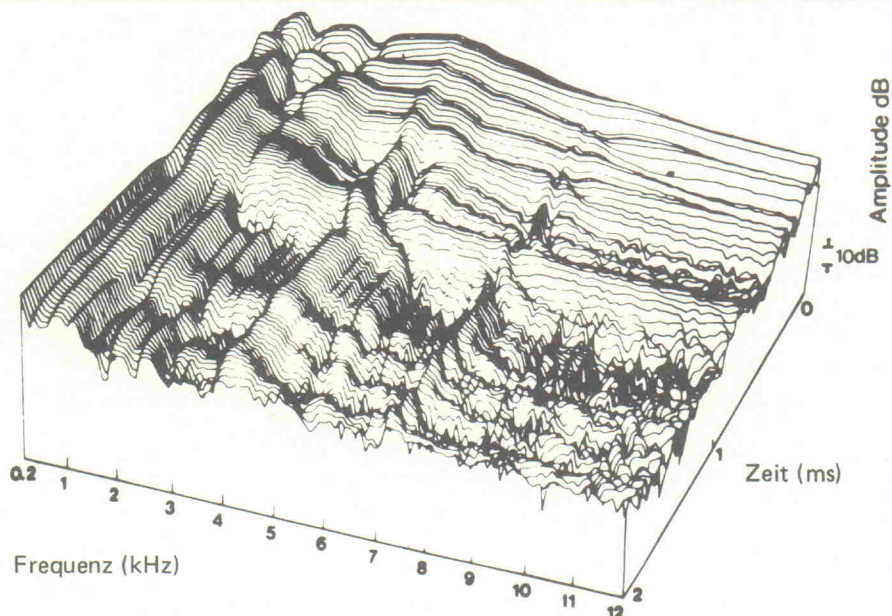
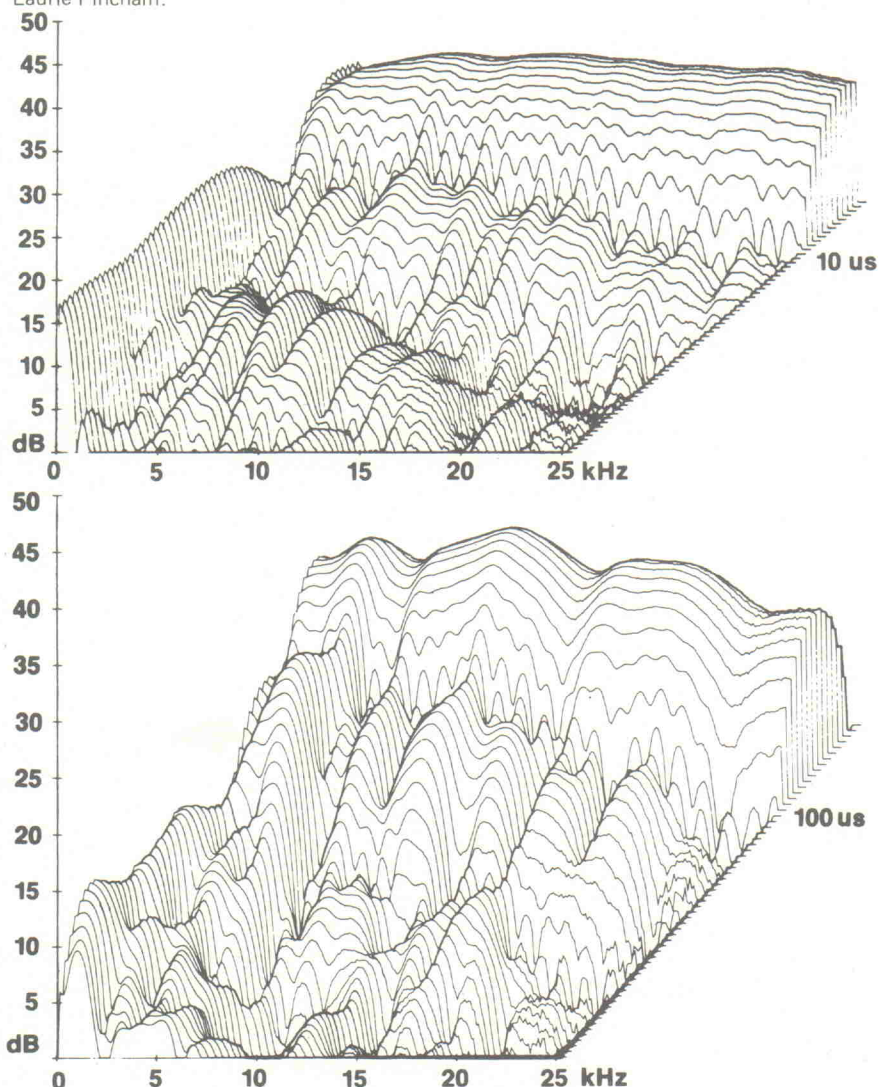


Bild 2. Dreidimensionales Plotterdiagramm eines Lautsprechers, getestet nach der Methode von Laurie Fincham.



Zwei mit unterschiedlichen Lautsprechern bestimmte Folgen von Abklingspektren. Sie sehen etwas anders aus als die Darstellung Finchams. Trotzdem sind alle Details deutlich darin erkennbar.

des FFT-Algorithmus im Rechner (oder Analysator) frequenzanalysiert. Genau genommen findet eine große Anzahl von separaten FFT-Analysen innerhalb unterschiedlicher Zeitintervalle statt. Die erste Analyse beginnt zum Zeitpunkt $t = 0$, identisch mit der beginnenden Lautsprecheranregung, die letzte Analyse erfolgt einige Zeit nach dem Abklingen der gemittelten Impulsantwort. Die Leistungsfähigkeit eines Rechners in Kombination mit einem Digitalplotter macht es also möglich, den zeitlichen Auf- und Abbau des Frequenzspektrums einer Impulsantwort in dreidimensionaler Darstellung zu verfolgen. Das ist übrigens die einzige Darstellungsweise, in der die Ergebnisse der beschriebenen Prüfmethode auf einfache Weise lesbar sind.

Finchams Interesse war nicht akademischer Natur. Als Direktor von KEF in Großbritannien suchte er eine Prüfmethode, die ihm und anderen Herstellern sichere objektive Informationen über das dynamische Verhalten von Lautsprechern geben konnte; ein Wunsch, der schon seit Jahrzehnten existierte.

Was er entwickelt hat, war in der Tat die erste objektive Testmethode mit graphischer Darstellung des Impulsverhaltens von Lautsprechern unter Berücksichtigung sowohl der Frequenz als auch der Zeit (siehe Bild 2).

Eine typische Analyse Finchams vermittelt das fremdartige und nahezu unglaubliche Frequenz-Zeitverhalten der Schall-emission eines üblichen Lautsprechers nach Anregung mit einem kurzzeitigen Impuls.

Zur Zeit $t = 0$ besitzt der Lautsprecher einen nahezu gleichmäßigen Frequenzgang (mit linearer Frequenzskala). Er beschreibt das Frequenzverhalten des Testobjekts bei stationärer Anregung. Mit wachsender Zeit, insbesondere aber, nachdem die elektrische Erregung des Lautsprechers vergangen ist, treten Frequenzabhängige Abklingvorgänge auf, die im wesentlichen auf das Eigenschwingverhalten des 'mechanischen Systems Lautsprecher' zurückzuführen sind. Die graphische Darstellung dieser Meßergebnisse macht es möglich zu 'sehen', was bis dahin nur 'gehört' werden konnte und bei stationärer Anregung des Lautsprechers nicht zu ermitteln war. Die typischen 'Gebirgszüge und Täler' bei diskreten Frequenzen geben die Amplituden und das Abklingverhalten von Resonanzen an, die entweder von der Lautsprechermembran, dem Lautsprecherkorb oder dem Gehäuse

Neue Meßmethoden für Lautsprecher

selbst erzeugt werden. In diesen Eigenfrequenzen ist die Systemdämpfung zu meist geringer als außerhalb der Resonanzen. Damit sind erheblich längere Abklingzeiten verbunden, die sich als Tonalitäten und 'Klangfarbe' subjektiv bemerkbar machen. Dieses frequenzabhängige Abklingverhalten kann hervorragend zur Beurteilung der Lautsprecherqualität verwendet werden.

Als Laurie Fincham seine ersten Arbeiten zu diesem Thema veröffentlichte, wurden

alle Betroffenen aufmerksam. Durch weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet bewies Fincham den Wert seiner Arbeiten, und auch die Firma, für die er arbeitet, übernahm seine Methode.

Nun stand endlich eine Testmethode zur Verfügung, die es nicht nur ermöglichte, den Lautsprecher zu beurteilen, sondern ihn auch gezielt und überprüfbar in Übereinstimmung mit dem subjektiven Eindruck zu verbessern. Zur gleichen Zeit wie Fincham arbeitete ein halbes Dut-

zend anderer Hersteller, zumeist in Japan, an ähnlichen Prüfmethode, weil es offensichtlich war, daß der hier beschriebene Weg zum Erfolg führen würde.

Es ist kein Geheimnis, daß die neueste Generation von KEF-Qualitätslautsprechern ein direktes Ergebnis der Fincham-Technik ist und daß einige wenige der besten japanischen Lautsprecher ebenfalls unter Verwendung einer 'östlichen' Version dieser Prüfmethode entwickelt wurden.

Die Erläuterung zeitabhängiger Abklingspektren

Eine zeitliche Abfolge von Übertragungsfunktionen (Fouriertransformierte der Impulsantworten in aufeinanderfolgenden Zeitinkrementen) kann dreidimensional dargestellt werden. Sie kann im Digitalrechner ermittelt werden und beschreibt, wie eine breitbandige Lautsprecheranregung nach ihrem Abschalten im Lautsprecher abklingt.

Die zwei zueinander senkrechten Axen besitzen in den hier gezeigten Darstellungen 5 dB-Inkrementen auf der y-Achse und 5 kHz-Inkrementen auf der x-Achse. Es sollte darauf hingewiesen werden, daß hier anstatt der häufig verwendeten logarithmischen Frequenzskalierung eine line-

are Frequenzaufrtragung erfolgt. Die Z-Achse ist nicht dargestellt, weist aber 10 μ s-Inkrementen pro vollständiger Breitbandanalyse von 0 Hz – 25 kHz auf. Die durchgezogenen Linien der Darstellung geben die Frequenzanalyse der Impulsantwort an, und die Abfolge hintereinander angeordneter Frequenzverläufe macht deutlich, wie die Impulsantwort bei unterschiedlichen Frequenzen abklingt. (Zeitinkrementen hier: 10 μ s).

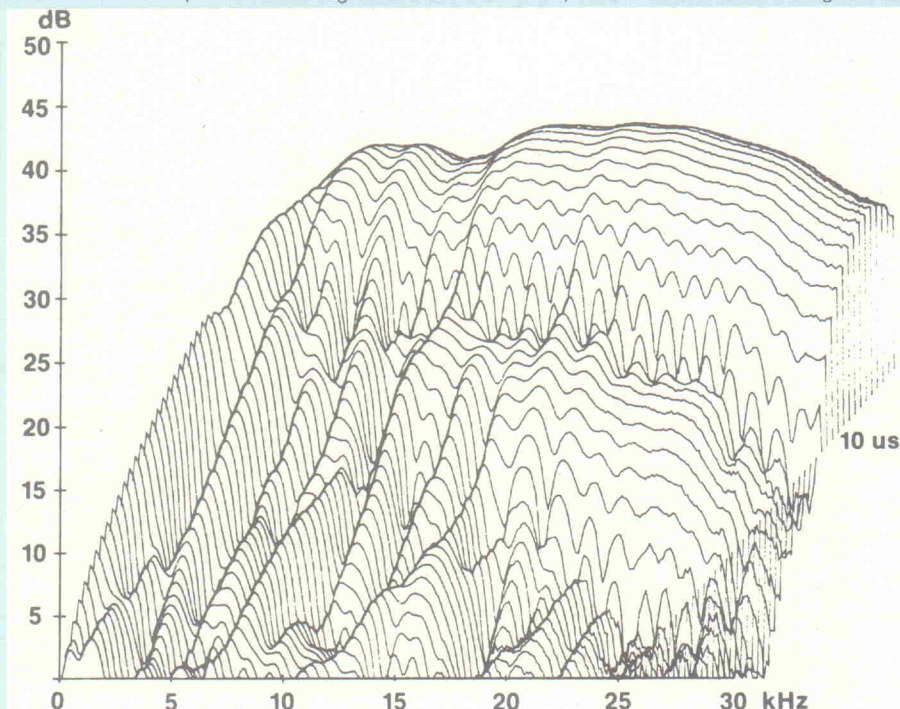
Wenn der Lautsprecher eine bestimmte Klangfärbung aufgrund ausgeprägter Eigenfrequenzen, Reflexionen oder Nichtlinearitäten besitzt, so machen sich diese in der dreidimensionalen Darstellung als 'Bergrücken' bei diskreten Frequenzen bemerkbar, die auf hohem Pegelniveau

(kleinen Zeiten) beginnen und mit wachsender Zeit immer weiter in ihre Amplitude absinken. Die Steilheit des Abfalls ist ein Maß dafür, wie schnell die betreffende Eigenfrequenz abklingt. Ist eine solche Resonanz über den gesamten Zeitbereich der Analyse deutlich erkennbar, handelt es sich um eine ausgeprägte Klangverfärbung des Lautsprechers, die aller Wahrscheinlichkeit nach deutlich hörbar sein wird.

Um so mehr Resonanzen sichtbar werden, um so stärkere Klangverfärbungen treten auf. Sind die Resonanzen sogar im Frequenzgang für die stationäre Anregung (in der dreidimensionalen Darstellung entspricht dem $t = 0$) erkennbar, dann erfolgt mit Sicherheit schon bei der Wiedergabe gleichmäßiger Signale eine Klangverfärbung und erst recht dann, wenn der Lautsprecher mit zeitlich schnell veränderlichen Signalen angesteuert wird. Das vielfache und im Rhythmus der Zeitinkrementen erscheinende Auf und Ab am linken Rand der Darstellung ist nicht auf das Ansteigen und Abklingen einer Eigenfrequenz zurückzuführen, sondern stellt den Gleichspannungsanteil des jeweils analysierten Zeitsignalausschnittes dar ($f = 0$).

In den Abklingspektren besonders 'sauber' klingender Lautsprecher konnten wir nach ca. 300 μ s leichte Schallreflexionen am Boden unseres 'schallarmen' Raumes feststellen. Solche Störeinflüsse müssen demnach bei der Interpretation solcher Darstellungen berücksichtigt werden.

Generell kann gesagt werden, daß gute Lautsprecher eine Folge von Abklingspektren ohne ausgeprägte und lange andauernde Resonanzüberhöhungen besitzen und daß schlechte Lautsprecher Spektren erzeugen, deren Abfolge wie eine 'Kraterlandschaft auf dem Mond' aussieht.



Das spektrale Bild eines Peerless PAS 30-Lautsprechers zeigt sehr kleine anfängliche Klangverfärbungen. Mit wachsender Zeit bilden sich bei 5 kHz, 7 kHz und 11 kHz Resonanzen aus, die allerdings keine erheblichen Amplituden besitzen. Die Klangverfärbung des Hochtöners ist ausgesprochen gering.



Neues LUXMAN Reineisen-Kassettendeck K 115

Das neue reineisenkompatible LUXMAN Kassettendeck K 115 schließt die Lücke zwischen den bereits existierenden Modellen K 5 A und K 8.

Der K 115 zeichnet sich durch eine auf leichtesten Fingerdruck reagierende Tipptastenbedienung aus. Der Bedienungskomfort wird erhöht durch die 'one-touch'-Aufnahmefunktion, d.h., um das K 115 in den Aufnahmebetrieb zu versetzen, ist nur noch das Betätigen einer Taste erforderlich. Zu den weiteren Ausstattungs-

merkmalen zählen Fluoreszenz-Spitzenwert-Aussteuerungsanzeige, Vormagnetisierungsfeineinsteller zur optimalen Anpassung an jede verwendete Bandsorte, Memory-Zählwerk, Mikrofoneingänge und Kopfhörerausgang sowie Ausgangspegelinsteller, Dolby und eine 'Rec-Mute'-Taste zur Ausblendung unerwünschter Programnteile. Das K 115 eignet sich insbesondere zur Kombination mit dem neuen Duo-Beta-Verstärker L 114 A und dem Accutouch-Tuner T 112 und ist sofort lieferbar.

Weitere Informationen:
all-akustik
Vertriebs-GmbH & Co KG,
Eichsfelder Straße 2,
3000 Hannover 21.

Technische Daten:

Köpfe	2, 1 Kombikopf Aufnahme/Wiedergabe, 1 Löschkopf
Gleichlaufschwankungen (WRMS)	<0,05%
Geräuschspannungsabstand	Metal-Tape: 58 dB o. Dolby 65 dB m. Dolby CrO ₂ -Band: 56 dB o. Dolby 63 dB m. Dolby LH-Band: 50 dB o. Dolby 60 dB m. Dolby
Frequenzgang	Metal-Tape: 30...20.000 Hz CrO ₂ -Band: 30...18.000 Hz LH-Band: 30...16.000 Hz
Gesamtklirrfaktor	<1,5%, Normalband bei 1 kHz und 0 dB
Eingänge:	Line: 100 mV Mikrofon: 0,45 mV (empf. Mikrofonimpedanz) 600 Ohm...10 kOhm 1 mV/1 kOhm
Abmessungen (BxTxH)	DIN: 460 mm Kopfhörer: 1 mW/8 Ohm
Leistungsaufnahme	438x245x140 mm
Gewicht	15 Watt 5,5 kg

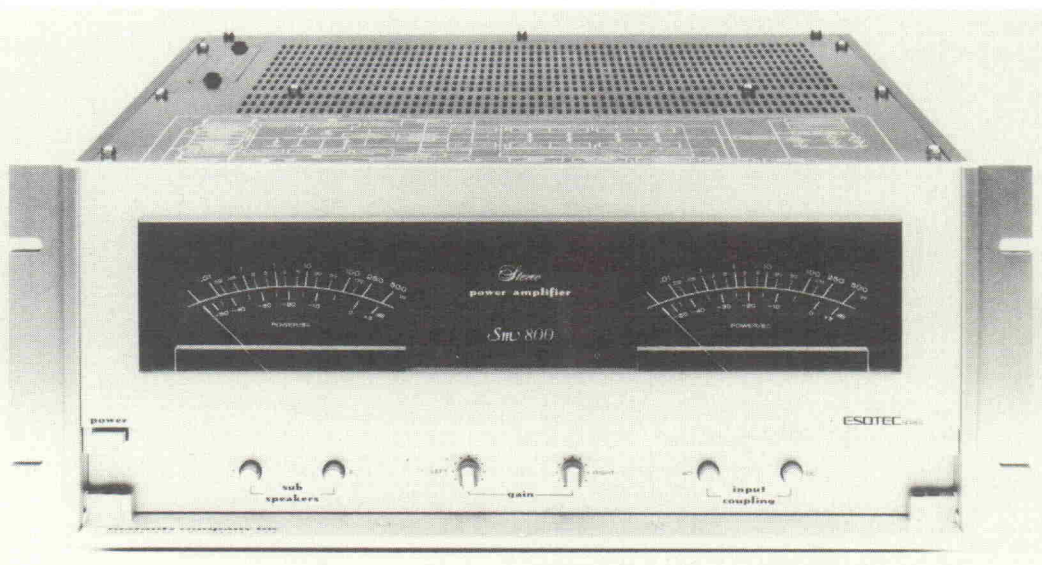
Unverbindliche Preisempfehlung
DM 798,-

SM 800-Hochleistungs- endverstärker aus der Esotec-Serie von Marantz

Dieser zur HiFi-Luxusklasse zählende Stereo-Endverstärker wurde mit äußerster Präzision von Hand gefertigt, die einzelnen Bauteile mehrfachen Prüfungen unterzogen.

Ein Blick auf die technischen Daten dokumentiert die Spitzenposition des SM 800 aus der Esotec-Serie von Marantz:

Ausgangsleistung 2x265 Watt/Sinus an 8 Ohm, Klirrfaktor 0,01%, Intermodulation 0,01%, Frequenzgang 0 Hz—100 kHz +0/-1 dB, 20 Hz—20 kHz +0/-0,2 dB, Eingangsempfindlichkeit und -impedanz 1,5 V an 27 kOhm, Abmessungen 483x178x550 mm.
Preis: ca. DM 9 150,-



Weitere Informationen:
Marantz GmbH,
Max-Planck-Str. 22, 6072 Dreieich.

„ham-radio '81“

Die Erwartungen wurden übertroffen.

Rund 13000 Funkamateure aus ganz Europa trafen sich vom 3.—5. Juli 1981 bei strahlendem Wetter zu ihrem großen Meeting auf dem Messegelände in Friedrichshafen. Verbunden mit dem Bodenseetreffen des Deutschen Amateur Radio Club e. V. (DARC) stand die Amateurfunk-Fachausstellung 'ham-radio' im Mittelpunkt des Interesses. Philipp Lessing, 1. Vorsitzender des DARC, konnte in diesem Jahr Delegationen der Amateurfunkverbände aus Belgien, England, Luxemburg, Schweden und Ungarn zu einem fachlichen Gedankenaustausch begrüßen.

Volle Zufriedenheit herrschte wiederum bei den 'ham-radio'-Ausstellern, die Erzeugnisse von 175 international führenden Firmen auf 96 Ständen anboten.

Die Firma Richter bot die Erstvorstellung einiger neuer Geräte auf dem Weltmarkt. Voran steht hier das neue YAESU FT-290R, 2-m-Portabel für alle Betriebsarten. Es bietet unter anderem USB, LSB, CW und FM im gesamten Frequenzbereich von 144–146 MHz.

Das neue FM-Handfunksprechgerät YAESU FT-708 R vereinigt auf kleinstem Raum eine Reihe von Eigenschaften, wie sie bislang bei derartigen Funkgeräten im 70-cm-Band nicht anzutreffen waren. Die Frequenzeinstellung (durchgehend von 430 bis 440 MHz) steuert ein 4-bit-Mikroprozessor in 25-KHz- und 50-KHz-Schritten. Dieser ermöglicht auch die Frequenzeingabe über ein Tastenfeld. Für Repeaterbetrieb lassen sich neben dem üblichen Versatz von $\pm 7,6$ MHz beliebige Frequenzablagen eingeben; ein Tonruf ist ebenfalls eingebaut. Der Frequenzspeicher für 10 Memories verdient besondere Beachtung: durch eine Lithium-Batterie bleiben eingegebene Werte über mehr als 5 Jahre lang erhalten!

Besonders interessant: Im Scan-Betrieb kann ein beliebiger Bereich zwischen frei programmierbaren Eckfrequenzen automatisch nach aktiven oder freien Kanälen abgesucht werden. Ein Vorzugskanal, z. B. die OV-Frequenz, kann ebenfalls eingegeben werden. Bei Aktivität auf diesem Kanal wird sofort durchgeschaltet.

Extra aus Urbana, Illinois, kam Mr. George W. (Bill) Henry, Direktor der HALL COMMUNICATIONS CORP, der auf einem Unterstand bei Firma Richter das neue RTTY/CW-Terminal CT-2100 von HAL dem deutschen Publikum vorführte.

Eigensperger, Offenbach, stellte den neuen Sende-Empfänger von 1–30 MHz für den kommerziellen Bereich von der Firma DRAKE USA, der auch über alle Amateurfunkbänder verfügt, vor.

Mit einer Wetter-Satelliten-Empfangsanlage für Meteosat und die umlaufenden Satelliten sowie dem ersten 1252-MHz-ATV-Sender, neuen Portabel-Antennen nach log-periodischem Prinzip und einem Fernschreiber mit Video-Display auf UHF-Fernseher bot die Firma UKW-Technik, Baiersdorf, gleich vier Weltneuheiten dem deutschen Markt an.

Dynacord, Straubing, hat mit dem DYNIMEX SS 105 S einen preiswerten Kurzwellen-Transceiver in ihrem Programm. Das gleiche gilt für den neuen ATV-Transmitter und Receiver, für den Dynacord selbst als Hersteller zeichnet.

Firma Sommer brachte mit der Periodic 40/50/70 einen Multiband-Beam nach dem Patent von DJ2UT. Diese Konstruktion stellt eine neue Typenreihe einer Richtstrahlantenne dar, die für alle Bänder ausgelegt ist.



Ein Blick in die Messehalle.

Communications-Electronic Belser stellte neben neuen Transistor-Linearverstärkern für das 2-m und 70-cm-Band einen farb-tüchtigen ATV-Sender mit Tonübertragung vor, der kaum größer als eine Postkarte ist.

Eine breite Palette an Neuheiten bot auch der Zubehörmarkt. Er reichte von den neu erschienenen Fachbüchern bis zur Sofortherstellung von QSL-Karten.

Als absoluter Renner für die Funkamateure entpuppte sich weiter der 'Flohmarkt' auf der 'ham-radio 81'. Hier brachten die Funker ihre gebrauchten Amateurfunkgeräte und Zubehörteile in der Halle 2 an den Mann. In Spitzenzeiten wurden hier nahezu 200 Anbieter für kauflustiges Publikum gezählt.

Die nächste internationale Amateurfunkausstellung 'ham-radio 82' findet vom 9.—11. Juli 1982 auf dem Messegelände in Friedrichshafen statt.



Bauteile gehörten zu den gefragten Artikeln.

TOP-SOUND

Spitzenorgeln zum Selbstbau
in modernster Digitaltechnik

Dr. Böhm



Farbkatalog gratis anfordern!

Postfach 21 09/40, 4950 Minden

Telefon (05 71) 5 20 31

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 Briefm.

C. PIRANG HiFi • Disco • P.A.
HOCHWEG 1 8951 INGENRIED

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 Fertigbauteile **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 Grundplatte.
Maße: 10x135 mm
Grundgenauigkeit: 0,3%
Bausatz komplett **DM 154,50**
Passendes Gehäuse **DM 39,50**
Fertigerzeugnis in Gehäuse **DM 257,40**

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

Karl Schöta ELEKTRONIK

Spitalmühlweg 28 • 8940 Memmingen
Tel.: 083 31/6 16 98
Ladenverkauf: Kempter Str. 16
8940 Memmingen • Tel. 083 31/8 26 08

Elrad-Oszilloskop

Spezialbauteile

preiswert

schnell

von **Elektronik**
DIESSELHORST

Oszi-Röhre DG 7-32	DM 167,40
MU-Metallzyl. 55530	DM 49,80
SEL Schalter SM 25	DM 53,50
Schalter Typ 7211	DM 7,20
Dreheschalter	
12 Stellungen 2 Ebenen	DM 3,90
Valvo Folientrimmer	
65 p 5...20 p/400V	DM 2,25

Halbleiter

BC 252 C. -35	µA 733	2,60
BC 172 C. -25	SN 74132 N	1,99
BF 199	E 430	18,35
BF 245 A -95	2N 5551	2,45

Stückpreise inkl. MwSt.

Versand per NN
Mindestbestellwert DM 20,-

Stemmer Weingarten 13 **4950 Minden**
Telefon 0571/48742

Neuheit:

Die sprechende Uhr!

Digital-Uhr mit Sprach-Synthesizer
Zeitansage alle 1/2 Stunde oder auf
Knopfdruck • gesprochener Alarm mit
Melodie • Ansage der vergangenen
Zeit • Stopp-Uhr-Ansage
Maße 114 x 22,4 x 61 mm **149,95** inkl. MwSt.
per NN.



Abt. 3, Pf. 1266
profil-electronic D 8872 Burgau, (08222) 30 21

Die ganze Welt des Lautsprecherbaus Gehäuse, Systeme, Weichen, Zubehör von A-Z

KEF, Lowther, Shackman R.A.E. modifiziert, Jordanov, Decca, Emit, Wharfedale, Dr. Podszus, Dynaudio, Volt, Scan-Speak, Valvo, Pioneer, Becker, Audax, Electro-Voice, JBL, Celestion, Luftspulen bis 16 mH/0/02, 1 mm/0,7 Ohm MP-Kondensatoren, Folienkondensatoren, Elkos, Langfaserwolle für T.L., Spezialweichen 1. Güte.



Wharfedale E90 DM 994,- incl. Weiche

ELRAD Transmission Line (2/79)
DM 598,- incl. Weiche.
ELRAD Vierweg 4000/S
(1/80) DM 598,- incl. Weiche/
Holz,
KEF Calinda DM 395,-
incl. Weiche
KEF 101 DM 282,50
incl. Weiche.

Wharfedale E50 DM 497,20
incl. Weiche

Wharfedale E70 DM 678,-
incl. Weiche

RÖMER-E.L.S.-Horn
DM 820,- incl. Weiche
Spendor BC1 DM 650,-
incl. Weiche

50seitigen Katalog mit bisher in Deutschland unveröffentlichten 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 12 97
Baustraße 45, 41 Duisburg 12

Wir haben ständig Selbstbauboxen vorrätig, denn
Lautsprecherbau ist nicht nur Vertrauenssache.

TOPP

Buchreihe Elektronik

Aus mehr als 100 Bänden

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



finden Sie immer das

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



Richtige für Ihr Hobby,

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



zum Nachschlagen und zur

Best.-Nr. 47
94 Seiten
89 Abb.
kart.



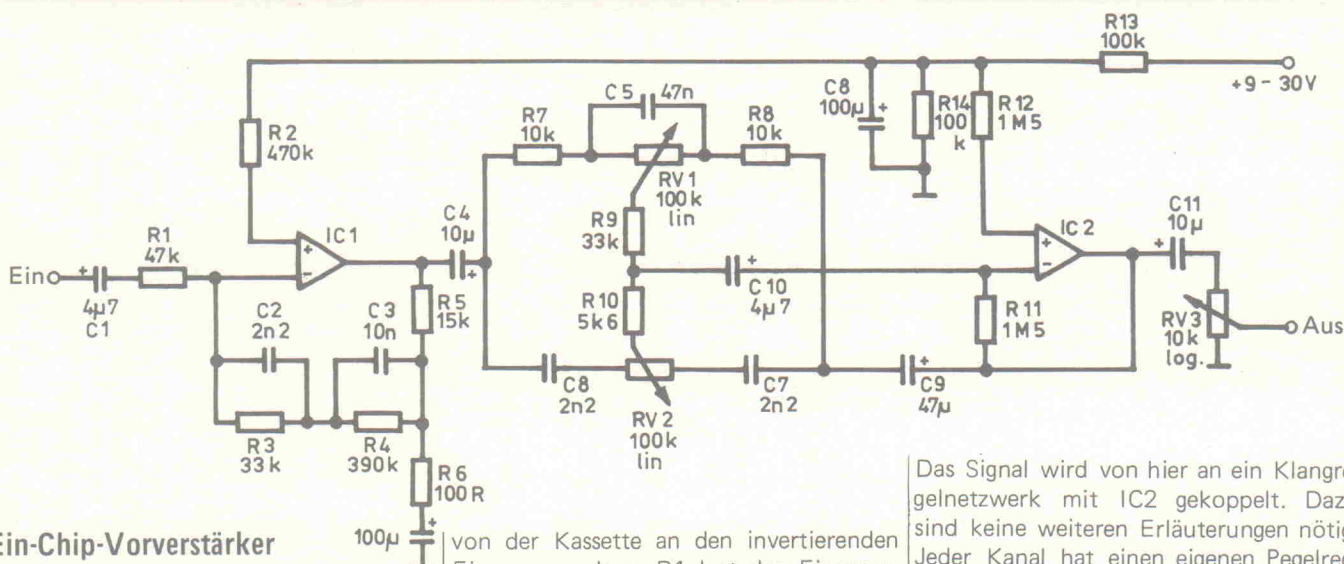
beruflichen Weiterbildung.

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

Tech-tips



Ein-Chip-Vorverstärker

In der hier gezeigten Schaltung werden die vier Op-Amps des Norton ICs LM3900 benutzt, um einen Stereovorverstärker aufzubauen, wie er für Kassettenspieler gebraucht wird.

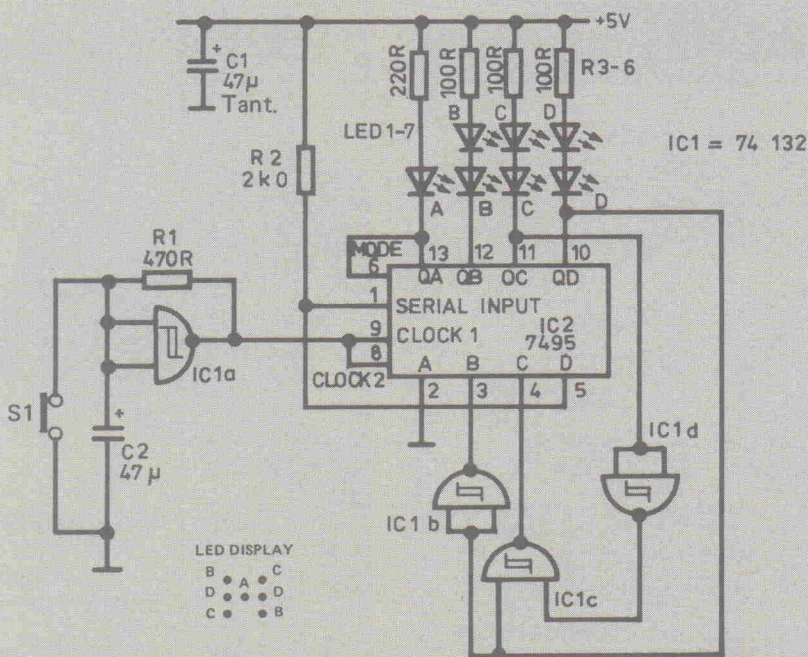
IC1 arbeitet invertierend. Über den Kopplungskondensator und R1 werden die Signale

von der Kassette an den invertierenden Eingang gegeben. R1 legt den Eingangswiderstand fest und bildet die richtige Anpassung für den Kassettenspieler.

R5 und R6 legen die Verstärkung im mittleren Frequenzbereich fest. Das Netzwerk aus R3, R4, C2, C3 sorgt für die RIAA-Entzerrung.

Das Signal wird von hier an ein Klangregelnetzwerk mit IC2 gekoppelt. Dazu sind keine weiteren Erläuterungen nötig. Jeder Kanal hat einen eigenen Pegelregler. Dadurch wird nicht nur das Übersprechen verringert, sondern durch die Verwendung von Einzelpotis spart man auch Kosten.

Die Daten sind recht gut. Klirrfaktor unter 0,1%. Signal-Rauschverhältnis -67 dB bei 500 mV Ausgangsspannung.



Elektronischer Würfel

Mit nur zwei ICs erzeugt diese Schaltung eine volle Würfelanzeige. Der 7495 ist ein 4-Bit-Parallel-Schieberegister. Es kann entweder als Schieberegister arbeiten oder an den Eingängen A-D parallel gespeist werden. Am Eingang 'mode control' wird zwischen diesen beiden Betriebsarten ausgewählt.

Wenn Pin 6 auf 'H' ist, werden bei der nächsten negativen Taktflanke die Signale von A-D nach QA bis QD übernommen. Liegt Pin 6 auf Null, dann werden sie bei der nächsten positiven Flanke nach QA bis QD übernommen. Eingang 6 wird mit QA verbunden, so daß das Register dauernd zwischen Laden und Schieben wechselt. Das Eingangssignal wird dadurch vom Ausgangssignal abhängig. Mit einigen einfachen logischen Funktionen arbeitet das Register so als Zähler und steuert LEDs auf einem Würfel-Display an. Die LEDs leuchten, wenn die Ausgänge auf 'L' sind. IC1a ist als herkömmlicher Rechteckgenerator geschaltet und liefert die Clock-Impulse an das Register. S1 stoppt den Oszillator und hält den Zählerstand fest. Nach dem Einschalten braucht das Register erst einige Taktzyklen, bis es richtig zählt.

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)

Larsholt-UKW-Modul		BA 158	DM	—,34
7254	DM 123,50	BAV 20	DM	—,54
2 SK 134	DM 15,30	SN		
2 SJ 49	DM 15,30	74132	DM	1,27
BC 167	DM —,32	74 LS 132	DM	1,55
BC 172 C	DM —,30	Röhren		
BC 258	DM —,41	DG 7—32	DM	168,00
BC 550	DM —,23	Metallagschir.		
BF 469	DM 1,20	f. DG 7—32	DM	28,00
BF 470	DM 1,25	Fassung	DM	6,50
BF 199	DM —,35	Trimmer		
BF 244 C	DM 1,28	Typ PT 10 H (stehend)		
BF 245	DM 1,05	RM 2,5 x 5 mm	DM	—,45
E 430	DM 5,85	Typ PT 10V (liegend)		
TIP 30 A	DM 1,23	RM 5 x 10 mm	DM	—,45
BD 135	DM 1,20	Werte 100—5 mOhm		

ELRAD — Platinen zu Verlagspreisen
Versand per NN Liste anfordern

K.-H. Müller Elektrotechnische-Anlagen, Wehden 294
4995 Sternwede 3 Tel. 057 73/16 63

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

TOPP

Buchreihe
Elektronik
immer aktuell!

Neuerscheinung:

Best.-Nr. 174/175

Günter Wahl
Minispione V

128 Seiten, 149 Abb., kart. DM 17,-

Ein hochaktuelles Buch! Nur wer Geräte und Technik kennt, kann sich vor Abhör-Manipulationen schützen!

frech

7000 Stuttgart 31
Turbinestr. 7

Benutzen Sie für
Bestellungen die grünen
Kontaktkarten

Aktuelle
Elektronik
ist Trumpf
im

DM 14,-

RIM
Elektronik-
Jahrbuch '81

Jetzt mit über 1100 Seiten,

40mm dick, ca. 1,5 kg
schwer, mit ca. 4500
Abbildungen und er-
weiterten techn. In-
formationen, Schalt-
pläne, Anschlußbilder,
Tabellen, Skizzen.

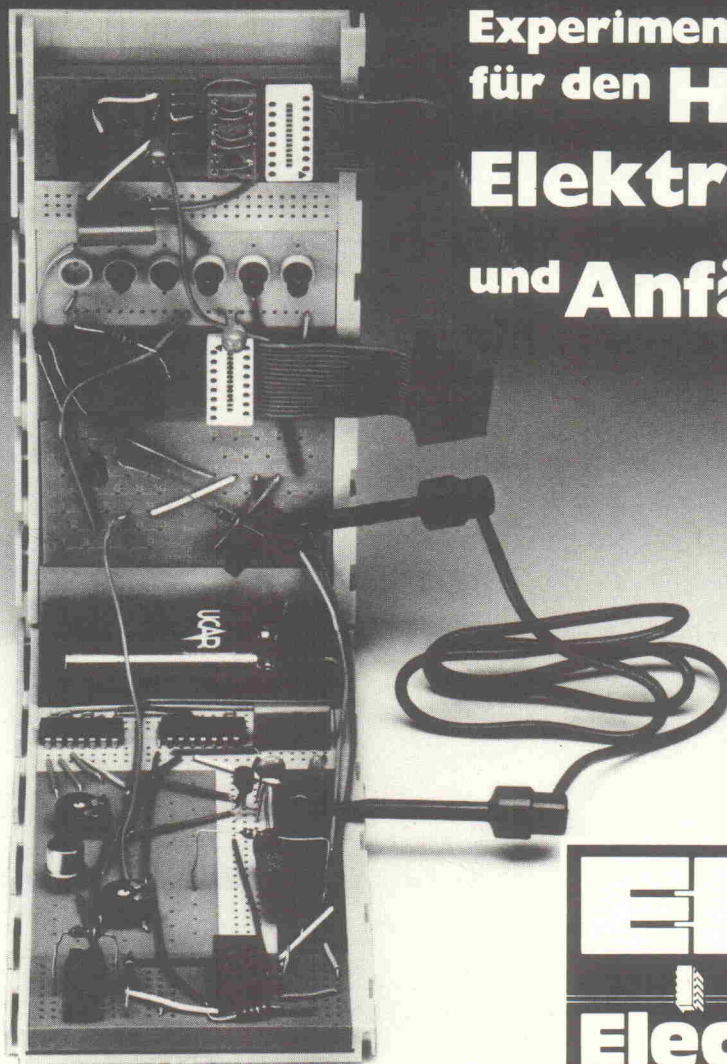
Vorkasse Inland: Für Päckchen-
porto DM 2,30
Vorkasse Ausland: Drucksachen-
porto DM 4,40

(Auslandsversand nur
gegen Vorauszahlung
des Betrages + Porto-
spesen)

Postscheckkonto
München
Nr. 244822-802
Nachnahmegebühr In-
land DM 3,80

RIM
electronic

8000 München 2,
Postfach 20 20 26,
Bayerstraße 25 am Hbf.



Experimentierplatten für den **Hobby-** **Elektroniker** und **Anfänger**

EB30
Electronic

das ganz neue lötfreie Steck-System für Anfänger und Fortgeschrittene

Bis jetzt mußten Elektronik-Interessierte „industrielle“ lötfreie Experimentierplatten zu „industriellen“ Preisen kaufen, um Schaltkreise aufzubauen. Jetzt aber bringt AP Products, **EBBO das Steck-System** zu erschwinglichen Preisen auf den deutschen Markt.

EBBO-Vorteile:

Alle handelsüblichen elektronischen Bausteine wie Transistoren, Widerstände u. s. w. können problemlos in unser **EBBO-Elektronik Steck-System** eingebaut werden.

In einer **EBBO-Startpackung** sind zehn elektronische Projekt-Anleitungen beigelegt.

Erhältlich im Elektronik-Fachhandel und
Hobby-Shops.

Name _____

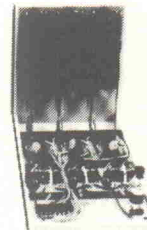
Straße _____

Ort _____



AP Products GmbH · Bäumlesweg 21
7031 Weil im Schönbuch

Patents
Pending ©
AP Products



Elektronik-Einkaufsverzeichnis

Aalen

Aalens führende Bastlerzentrale



Wilhelm-Zapp-Strasse 9, 7080 Aalen. Tel. 07361/62686

Berlin

Arlt 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

Elektronische - elektronische Geräte,
Bauelemente - Werkzeuge

Stresemannstr. 95
Berlin 61 ☎ (030) 261 1164



ELEKTRONIK-FOERSTER

Mehringdamm 91

1000 Berlin 61

Tel. (0 30) 691 41 53

Sharp MZ 80, Sorcerer, Commodore, 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 0184 528 wab d und Uhlend-
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

Bochum

marks electronic

Hochhaus am August-Bebel-Platz

Voedestraße 40, 4630 Bochum-Wattenscheid

Telefon (0 23 27) 1 57 75

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)



P+M elektronik

Bottrop

eurolitronik
die gesamte elektronik



4250 bottrop, essener strasse 69-71 · fernsprecher (02041) 200 43

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. 4 41 79

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



Vertriebsgesellschaft für
Elektronik und Bauteile mbH

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:

Bausätze, elektronische Bauteile
und Meßgeräte von
Radio-Fern Elektronik GmbH
Kettwiger Straße 58 (City)
Telefon 02 01/2 03 91

Funk-o-thek Essen

Ihr **elfa** Fachberater

Ruhrtalstr. 470

4300 Essen-Kettwig

Telefon: 0 20 54/1 68 02

PFORR Electronic



Groß- und Einzelhandel
für elektronische Bauelemente
und Baugruppen, Funktechnik

Gansemarkt 44/48, 4300 Essen 1
Telefon 02 01/22 35 90

Frankfurt

Arlt Elektronische Bauteile

GmbH u. Co. KG · 6 FRANKFURT M. Münchner Straße 4-6
Telefon 06 11 · 23 40 91/92 23 41 36

Giessen



elektronik-shop

Grünberger Straße 10 · 6300 Gießen

Telefon (06 41) 3 18 83

Hagen



electronic

5800 Hagen 1, Elberfelder Str. 89

Telefon 0 23 31/2 14 08

Hamburg

Funkladen Hamburg

Ihr **elfa** Fachberater

Bürgerweide 62

2000 Hamburg 26

Telefon: 040/2 50 37 77

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

Heilbronn

KRAUSS elektronik

Turmstr. 20 Tel. 071 31/68191
7100 Heilbronn

Kaiserslautern

HRK-Elektronik

Bausätze · elektronische Bauteile · Meßgeräte
Antennen · Rdf u. FS Ersatzteile
Logenstr. 10 · Tel.: (06 31) 6 02 11

Kaufbeuren



JANTSCH-Electronic
8950 Kaufbeuren (Industriegebiet)
Porschestraße 26, Tel.: 0 83 41/1 42 67
Electronic-Bauteile zu
günstigen Preisen

Koblenz

hobby-electronic-3000 SB-Electronic-Markt

für Hobby — Beruf — Industrie
5400 KOBLENZ, Viktoriastraße 8–12
2. Eingang Parkplatz Kaufhof
Tel. (02 61) 3 20 83

Köln

Fachgeschäft für:

antennen, funkgeräte, bauteile
und zubehör

2x in Köln **P+M** elektronik

5000 KÖLN 80, Buchheimer Straße 19
5000 KÖLN 1, Aachener Straße 27

Pöschmann

Elektronische
Bauelemente

Wir
versuchen
auch gerne
Ihre



speziellen
technischen
Probleme
zu lösen.

5 Köln 1 Friesenplatz 13 Telefon (0221) 231673

Lippstadt



elektronik

4780 Lippstadt, Erwitter Str. 4
Telefon 0 29 41/1 79 40

Lüdenscheid

LS elektronik center gmbh
rge + michael hampf

Bauteile, Baugruppen u. Platinenherstellung für den
HOBBYELEKTRONIKER
5880 Lüdenscheid
Hochstraße 2 Tel. (02331) 23132

Memmingen

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



Minden

Dr. Böhm

Elektron. Orgeln u. Bausätze
Kuhlenstr. 130–132, 4950 Minden
Tel. (05 71) 5 20 31, Telex 9 7 772

Moers



Uerdinger Straße 121
4130 Moers 1
Telefon 0 28 41 / 3 22 21

München



RADIO-RIM GmbH

Bayerstraße 25, 8000 München 2
Telefon 0 89 / 55 72 21
Telex 5 29 166 rarim-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

Vordere Sternstraße 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, HiFi-
Laden
Tanusstraße 105 · 6370 Oberursel
Tel. 0 61 71/5 63 38

Offenbach

rail-elektronik 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
Woehrdstraße 7, Telefon 09 41/5 79 24

Remscheid-Lennep



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 80 54
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



Ufergarten 17, 5650 Solingen 1,
Telefon (0 21 22) 2 72 33 und
Nobelstraße 11, 5090 Leverkusen,
Telefon (02 14) 4 90 40
Ihr großer Electronic-Markt

Stuttgart

Art Elektronik OHG

Das Einkaufszentrum für Bauelemente der
Elektronik, 7000 Stuttgart 1, Kathäri-
nenstraße 22, Telefon 24 57 46.

sesta tron

Elektronik für Hobby und Industrie

Walckerstraße 4 (Ecke Schmidner Straße)
SSB Linie 2 — Gnesener Straße
7000 Stuttgart-Bad Cannstatt, Telefon (07 11) 55 22 90

Velbert

PFORR Electronic



Groß- u. Einzelhandel für elektroni-
sche 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



ELECTRONIC W. PFEIFFER
LUZERNERRING 122
4056 BASEL
Tel. (061) 43 80 46

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, Marzilistrasse 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



ELECTRONIC CENTER
1211-Genève 4, Rue Jean Violette 3
Téléphone (022) 20 33 06 - Téléc 2 8 546

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 - bauteile
ALBERT GUT - HÜNENBERGSTRASSE 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. Skorpil
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



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



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

Scanner-Empfänger

Mittellung für
Auslandskunden!
Betrieb in Deutsch-
land verboten.

Regency Touch M 400 E

Europaausführung

4 m 68-88 MHz
2 m 144-174 MHz
70 cm 435-470 MHz

Preis DM 1098.-

Neuer DIGITAL-COMPUTERSCANNER

Das brandneue Nachfolgemodell des bewährten M 100 E hat jetzt 30 anstatt bisher nur 10 speicherbare Kanäle und zusätzlich eine eingebaute Digitaluhr. Sonst ist er, wie der M 100 E als PLL-Synthesizer mit Mikroprozessor aufgebaut, für alle Bedienungsfunktionen. Quarze werden nicht benötigt. Search Scan für das Auffinden von unbekannten Frequenzen (Sendeschlauf), Priority-Kanal für die Vorzugsabstimmung von Kanal 1. Delay für die Abtastverzögerung.

Geringe Maße von 14,5 x 6 x 23,5 cm.

Daher auch als Mobil-Station verwendbar!

Hervorragende Empfindlichkeit u. Nachbarkanal-Selektion.

Wichtig: 5-kHz-Abtastschritte.

Daher genaueste Frequenzprogrammierung möglich.

Außerdem weiterhin ab Lager lieferbar:

Regency Touch M 100 E DM 849.-
EXPORTGERÄTE, Postbestimmungen beachten!

Hohloch electronic, Herm.-Schmid-Straße 8
7152 Aspach 2/Kleinasbach, Tel. (0 71 48) 63 54

WHARFEDALE

Britain's most famous speakers

Originalgetreue Kopien engl. HiFi Boxen
der Superlative, jetzt als Bausatz mit
deutscher Garantie!!
Nur Originalteile:
Chassis, Weiche, Bauplane, Regler!



L60	217,-	E50	498,-
L80	296,-	E70	645,-
L100	345,-	E90	998,-



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

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

Anzeigenschluß für die
nächsterreichbare Ausgabe, Heft 11/81,
ist der 24. 9. 81

Scanner-Empfänger

Modell SX 200

Europaausführung
AM/FM umschaltbar
4 m, 26-88 MHz
2 m, 108-180 MHz
70 cm, 380-514 MHz
Preis nur
DM 1189.-
inkl. MwSt.



Brandneuer Digital-Computerscanner mit dem größten
Frequenzumfang und der besten Ausstattung inkl. Flugfunk
und zusätzlich auf allen Bereichen AM/FM umschaltbar.
16 Kanäle programmierbar, Vorwärts-/Rückwärtslauf
(UP+Down-Schalter), Feinregulierung ± 5 kHz, 3 Squelch-
Stufen, zusätzlich Feinregulierung, 2 Empfindlichkeitsstufen,
Digitaluhr mit Dimmer für Hell/Dunkel, Senderschleife, Priori-
tätstufen, interner und Hochantennenanschluß, Tonbandan-
schluß, 12/220 V, Speicherschutz u. v. a.

Außerdem ab Lager lieferbar:

Puma 20, Kanäle programmierbar, quarzlos DM 498.-
Bearcat 220 FB mit Flugfunk DM 1149.-
Bearcat 250 FB mit 50 Festspeichern DM 1179.-
(Scannerkatalog DM 5.-, Frequenzliste DM 10.-, bitte als
Schein zusenden.) Versand erfolgt völlig diskret.
Diese Scanner-Angebote sind nur für unsere Kunden im Aus-
land bestimmt, der Betrieb ist in Deutschland nicht erlaubt.

Hohloch electronic, Herm.-Schmid-Straße 8
7152 Aspach 2/Kleinasbach, Tel. (0 71 48) 63 54

KDM - Heizölcontroller



Heizölcontroller

für alle Ölheizungen einbaufertig
mit allem Zubehör für Selbstmontage

Gerät 58.04. DM 298,50

Meßbereich 9000 - 90000 kcal/h
Momentananzeige 1 - 10 l/h
Zählwerk v. 0 - 9999.9 l in 0,1 l Schritte zählend mit Rückstellung

Gerät 58.05. DM 299,50

Meßbereich 9000 - 180000 kcal/h
Momentananzeige 0 - 20 l/h
Zählwerk v. 0 - 9999.9 l in 0,1 l Schritte zählend mit Rückstellung

Zum Lieferumfang gehören Elektronik mit Anzeige, Netzgerät, Durchfluß-
Impuls-Geber mit Kabel, Filter, Verschraubungen, Bedienungsanleitung.
Lieferung ab Werk per NN.

KDM-elektronik-gmbh, Postfach 9105 68, 8500 Nürnberg 91, Telefon (09 11) 57 32 21, Telex 6 23 483

Elektronik kopieren durch Experimentieren

Für das Verständnis der elektronischen
Techniken hat sich der Laborversuch
als überlegener Lernweg erwiesen.
Durch selbst erlebte Versuche be-
greift man schneller und behält die
gewonnenen Erkenntnisse dauer-
haft im Gedächtnis. Das ist der
erfolgreiche Weg der Laborlehr-
gänge nach der seit 50 Jahren
bewährten Methode Christiani:

Lesen + Experimentieren + Sehen = Verstehen = Anwenden können.

Sie erhalten kostenlos Lehrpläne und ausführliche Informationen über erwachsenen-
gerechte 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 Schnellste Information: ☎ 07531-54021 · Telex 0733304



Österreich: Ferntechnikum 6901 Bregenz 9 · Schweiz: Lehrinstitut Onken 8280 Kreuzlingen 6.

- Elektronik-Labor
- Digital-Labor
- IC-Labor
- Mikroprozessor-Labor
- Oszilloskop-Labor
- Fernseh-Labor

NEU!

100seitiger
Electronic-Katalog
gegen 2,00 DM
(Briefmarken)
Brigitte Lüdemann
Electronic
2720 Rotenburg
Postfach 1470

HAMEG-Oszilloskope:
HM 307-3, 1 x 10 MHz;
HM 312-8, 2 x 20 MHz;
HM 412-5, 2 x 20 MHz;
HM 512-8, 2 x 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!

4 Geräte in Einem

· NGS 3 ·
Analog - Labor

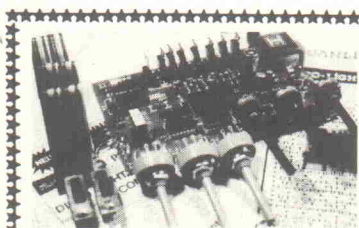


- 3 Festspannungen -15, +5, +15 Volt
- 1 var. Spannung 0.7 - 25 Volt
- 1 Digitalvoltmeter ± 1 mV bis ± 1000 V
- 1 MKS-Prof.-Set 1560 Kontakte
mit sämtl. Zubehör

Preis incl. MwSt. DM 532,80

BEKATRON

D-8907 Thannhausen
Tel. 08281-2444 Tx. 531 228



NEU! DISCO-LIGHT-COMPUTER

Jetzt mit noch mehr Funktionen!
Prozessorgesteuertes Profilitsteuergerät f. d. Discodauereinsatz. 8 Kanäle m. e. Ge-
sambelastb. von ca. 34A/220V m. eingeb. 10A Dimmer jetzt m. üb. 3400 Pro-
gramm-Möglichkeiten (Festprogramme) z. B. Lauflicht/Lichtweller/Lichtfahl/
Lichttrah/Broadway-Licht/Sound-Lichtsäule/Digitallichttorgel/Progr. Inverter/ usw.
Sowie unzählige Sound-Programme freilaufend u. programmierb./Pausenlicht/
Pseudo-Programme/ usw. Taktfreq. regelb. v. ca. 0-15 Hz/sec/Power- u. Normal
Nf. Eing. n. VDE entkoppl./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



AKW

Atomkraftwerk

Kürzel, das bei einer großen Volks- und Politikergruppe den Fortschritt der künftigen Energieversorgung beinhaltet, bei einer anderen Gruppe aber als Symbol für Umweltverseuchung oder gar Beeinträchtigung künftigen Lebens angesehen wird. Während die deutsche AKW-Industrie riesige Kraftwerksblöcke mit Leistungen zwischen 100 und 1000 Megawatt baute (und weiter bauen möchte), setzen französische und kanadische Gruppen auf dezentralisierte Energieerzeugung mit Einheiten zwischen 2 und 10 MW.

GDV

Graphische Datenverarbeitung

Von GDV spricht man erst, wenn zusätzlich zur Computer-Graphik (graphische Darstellungen auf dem Bildschirm oder einem Plotter) die bequeme Bearbeitung dieser Darstellungen oder z. B. die Dateneingabe von der Graphik selbst möglich ist, z. B. mit einem Lichtgriffel oder einem Digitizer.

ATC

Air Traffic Control

(Luftverkehrskontrolle)

Bezeichnung für Verfahren bzw. Einrichtungen der Luftverkehrsüberwachung bzw. -steuerung. Das sind heute rechnergesteuerte Systeme mit Sprachdigitalisierung und PCM-Übertragung. Den Übertragungskanal nennt man auch Voice Operated Carrier (VOX). Durch modularen Aufbau können weitere PCM-Sprachkanäle ergänzt und so das ATC-System ausgebaut werden.

MPU

Micro Processing Unit

(Mikroprozessor-Einheit)

Von Motorola eingeführte Abkürzung für 'Mikroprozessor'. Möglicherweise sollte darum das M auch für Motorola stehen.

CRU

Communications Register Unit

(Kommunikationsregister-Einheit)

Die Texas-Instruments-Mikroprozessoren 9900 wickeln Daten-Ein- und -Ausgaben primär über eine programmierbare serielle Schnittstelle ab, die CRU genannt wird. Es existieren dafür spezielle Befehle, mit denen auf sehr bequeme und effektive Weise einzelne Bits oder Datenworte variabler Länge ein- und ausgegeben werden können.

PCXO

Pulse Controlled Crystal Oscillator

(Pulsgesteuerter Kristall-Oszillator)

Bei einer analogen PLL-Schaltung wird der Quarz-Kristall durch eine analoge Spannung eingestellt (s. VCO oder VCXO). Beim digitalen PLL sollte man korrekterweise PCXO sagen, weil nur zu diskreten Zeitpunkten die Phasenabweichung gemessen wird.

DES

Data Encryption Standard

(Datenverschlüsselungsstandard)

Bezeichnung für eine Empfehlung aus den USA für die Sicherung von Daten durch Verschlüsselung. Es wird behauptet, daß der zugrundeliegende Code nicht zu knacken ist. Es existieren die Versionen Civilian/007 (einfachere Zivilversion) und Federal/007 (staatliche Version).

VCXO

Voltage Controlled Crystal Oscillator

(Spannungsgesteuerter Kristall-Oszillator)

Ein VCXO ist eigentlich nichts anderes als ein VCO, nur ist hier die Tatsache betont, daß ein Quarz-Kristall (XTAL) vorhanden ist. In jedem Fall ist mit einer Steuerspannung die Schwingfrequenz einstellbar.

DIL

Dual-in-line

(Zweifach in Reihe)

Kurzbezeichnung für das derzeit allgemein übliche Verfahren der Anordnung von Anschlußstiften bei integrierten Schaltungen. Es gibt z. B. DIL-Schalter oder allgemein DIL-Gehäuse, die dann in der Regel DIP heißen (s. dort). In Zukunft werden häufiger Pinanordnungen auftauchen, die mit QUIL bezeichnet sind.

VHD

Video High Density

(Videoaufzeichnung mit hoher Dichte)

Mit 'VHD-System' bezeichnet man ein Gerät zum Abspielen von Bildplatten. Dabei handelt es sich um ein von JVC und Matsushita entwickeltes Verfahren, wobei die VHD-Platte kapazitiv und ohne Spurführung bei 900 U/min abgetastet wird. Mit Spurführung ähnlich wie bei der Schallplatte arbeitet dagegen das RCA-System Selectavision (450 U/min).

FFT

Fast Fourier Transform

(Schnelle Fourier-Transformation)

Stark vereinfacht ausgedrückt: Durch Fourier-Transformation erhält man aus einer 'Schwingung' $f(t)$ — Funktion der Zeit t , z. B. Sinuskurve — die Frequenzliniendarstellung, also beim Sinus z. B. eine Linie auf der Frequenzachse, darstellbar als $f(\omega)$ — als Funktion der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$. $f(\omega)$ heißt Fourier-Transformierte oder auch Spektralfunktion von $f(t)$. Unter FFT versteht man eine spezielle Methode (Algorithmus) der computergerechten Darstellung der Fourier-Transformation.

VOX

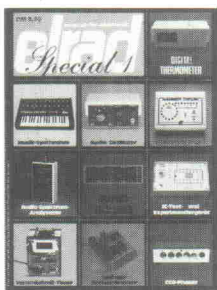
Voice Operated Carrier

(Sprachbetriebener Träger)

Übertragungsstrecken für Sprache (und Musik) werden immer häufiger digital ausgelegt, nämlich mit PCM. Beispiele sind der Verkehr über Satelliten und moderne Luftverkehrskontrollen. Im letzteren Fall vor allem ist die Sprache nicht nur das Übertragungsmedium, sondern ist Bestandteil der Abwicklung → VOX.

Die Specials:

Special 1 Bauanleitungen

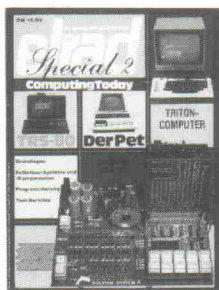


Aus dem Inhalt:

Musik-Synthesizer, Graphic-Equaliser, Digital-Thermometer, Frequenz-Shiftter, CCD-Phaser, IC-Test- und Experimentiergerät, Audio-Spektrum-Analysator, Morse-Tutor, Rauscht Ihr Recorder?, Inhalt eines PROMs, Transistor- und Dioden-Tester, Audio-Oszillator, Funktionsgenerator, Digitaltrainer Digimax, Verschluszeit-Timer, Digitaler Drehzahlmesser, Aquarium-Thermostat, Morse-Piepmatz. 128 S.

DM 9,80*)

Special 2 Computer-Heft



Aus dem Inhalt:

Grundlagen: Der Mikroprozessor — nahegebracht, Speichersysteme 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

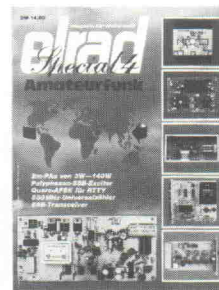


Aus dem Inhalt:

2x 200WPA, Universal-Zähler, Stereo Verstärker 2x 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, 2m PA, Morse-Piepmatz, 2m/10m Transverter, Quarz-Thermostat, Kurzwellen-Audion, Quarz-AFSK. 120 S.

DM 14,80*)

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

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. Zähl-schaltungen, Zeitmesser oder die Steuerung einer Ampelanlage, werden besprochen.

DM 7,80*)

magazin für elektronik
elrad

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

Unser Special-Heft 5

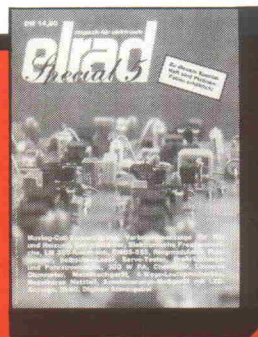
Das Sonderheft mit den beliebtesten Bauanleitungen aus dem Elrad-Jahrgang 1980.

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

Elrad-Versand, Postfach 27 46, 3000 Hannover 1



144 Seiten
DM 14,80

Zu diesem Heft sind
Platinen-Folien erhältlich
DM 8,—

magazin für elektronik
elrad

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

Das Dynamikwunder selbstgebaut: Die WHARFEDALE E-Serie



- Schalldruckstärkste Lautsprecherreihe 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.

HI
SERIES

Membran Polinow + Hosenit
Silbersteinstraße 62
1000 Berlin 44

La Difference
Baustraße 45
4100 Duisburg

BLACKSMITH
Richard-Wagner-Str. 78
6750 Kaiserslautern

C. Pirang
Hochweg 1
8951 Ingenried

Statronic
Inh. Stapelfeld
Eppendorfer Weg 244
2000 Hamburg 20

RAE GmbH
Adalbertsteinweg 253
5100 Aachen

NF-Laden Vertriebs-GmbH
Sedanstraße 32
8000 München 80

L & S Schaulandt GmbH
Neederfeld 98
2000 Hamburg 54

Stereophil Hanisch GmbH
Deutscherrenrufer 29
6000 Frankfurt 70

A + O Oberhage
Leubachstraße 14
8130 Starnberg

SCOPE ACOUSTICS GMBH
GENERALVERTRETUNGEN FÜR
BRD UND WESTBERLIN
CURSCHMANNSTRASSE 20
2000 HAMBURG 20
TEL. 040/47 42 22 + 4 60 30 71
TX 02-11699 RUWEG

SCOPE