

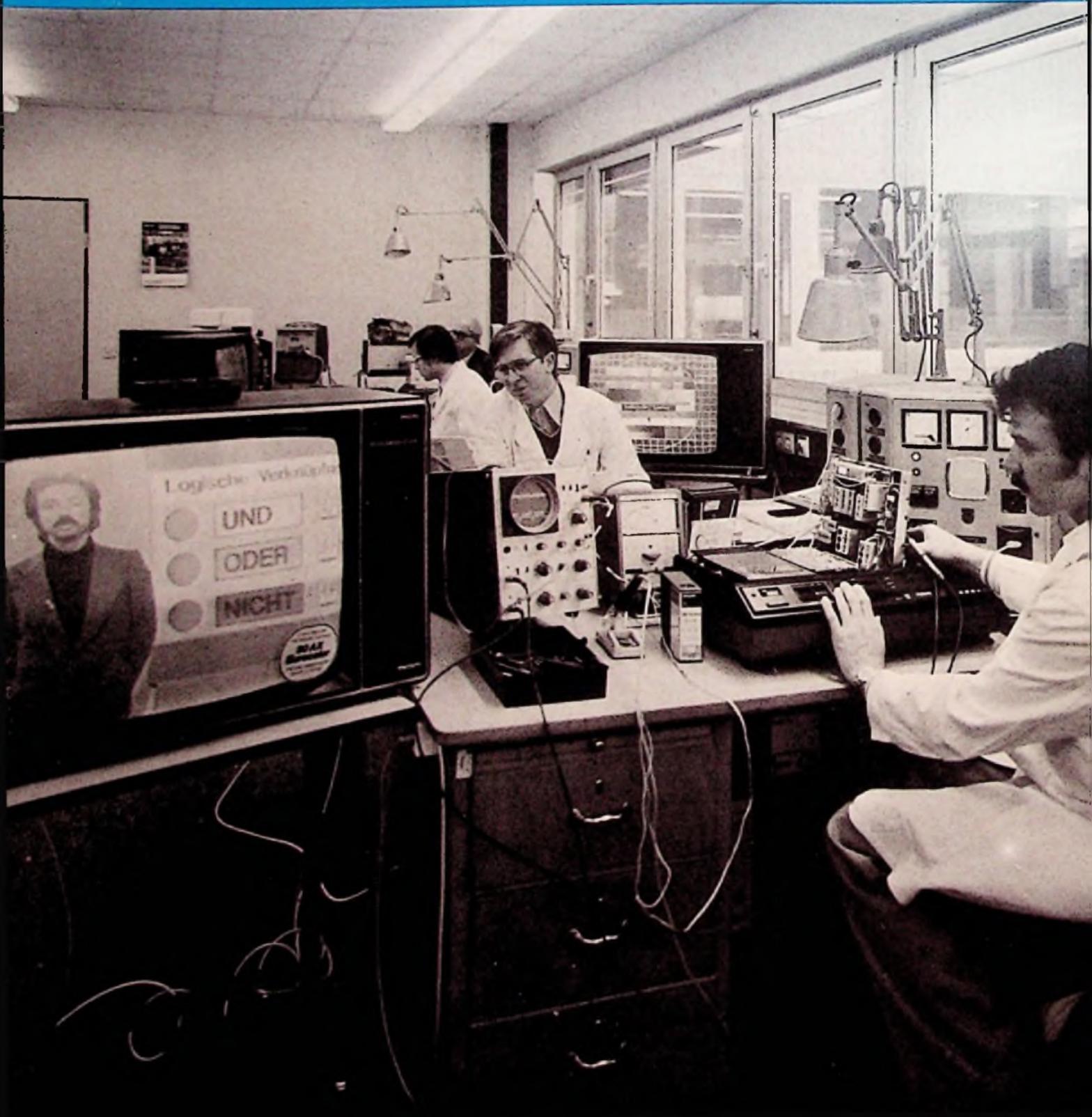
6

2. März-Ausgabe 1977
32. Jahrgang

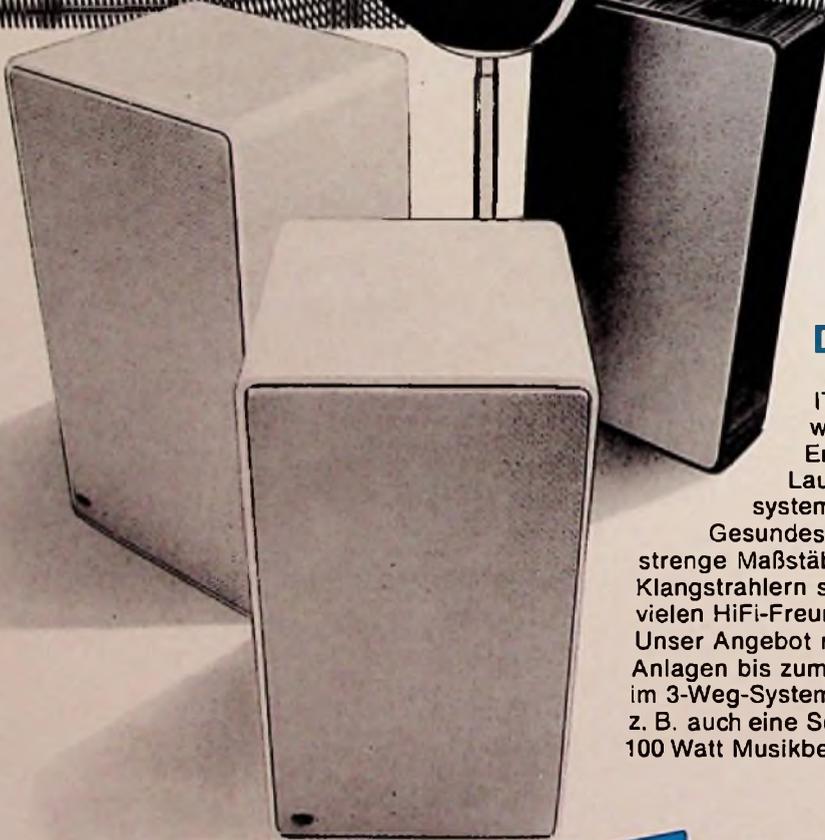
FUNK

TECHNIK

Fachzeitschrift für die gesamte Unterhaltungselektronik



ITT HiFi- Klangstrahler



Das Programm

ITT HiFi-Klangstrahler sind hochwertige Produkte aus jahrzehntelanger Erfahrung (seit 1926) im Bau von Lautsprechern und Lautsprecher-Systemen.

Gesundes Preis-/Leistungs-Verhältnis und strenge Maßstäbe bei der Qualitätsprüfung von HiFi-Klangstrahlern sorgen für die Anerkennung bei so vielen HiFi-Freunden.

Unser Angebot reicht vom 1-Weg-System für kleine Anlagen bis zum anspruchsvollen Studio-Klangstrahler im 3-Weg-System – für Ihre Do-it-yourself-Kunden z. B. auch eine Serie Bausätze zwischen 50 Watt und 100 Watt Musikbelastbarkeit.

Die Verkaufsförderung

Wir bieten mehr als Spitzenqualität. Wir helfen Ihnen auch beim Abverkauf. Mit einem Paket konkreter Verkaufsideen.

Mit bewährten und ganz neuen Ideen zur Umsatzsteigerung im Boxen-Geschäft.

Sie gehören zum Kreis der Fachhändler, die regelmäßig unsere „Exklusiv-Information für den Fachhandel“ mit Verkaufshilfen etc. erhalten.



Kontakt-Coupon

- Ich bitte um die regelmäßige, kostenlose Übersendung Ihrer „Exklusiv-Information für den Fachhandel“.

Bitte adressieren Sie den Briefumschlag so genau, daß Ihre Bestellung und unsere Sendung auf direktem Wege ankommt.

Laborteil: Forschung und Entwicklung

Bauelemente der Elektronik

Garbrecht, Dr.-Ing. K. und Stein, Dr.-Ing. K.-U.: Möglichkeiten und Grenzen der Großintegration

Von besonderem Interesse sind bei LSI-Elementen neben der Innovationsrate der Zeitpunkt der Sättigung sowie die Wirkungen künftiger LSI-ICs auf die verschiedenen Anwendungsgebiete. In diesem Aufsatz wird Vergangenes analysiert, um daraus Schlüsse für künftige Entwicklungen zu ziehen . . . F & E 87

Kanitz, K. Operationsverstärker mit besonders niedrigem Rauschen

Der NF-Operationsverstärker TDA 1034 von Valvo ist speziell für professionelle rauscharme Anwendungen gedacht, die bisher diskret aufgebaut worden sind . . . F & E 104

Kurzberichte über neue Bauelemente . . . F & E 105

Meldungen über neue Bauelemente . . . F & E 107

Nachrichtenübertragung

Maslowski, Dr.-Ing. St. und Krumpholz, Dr.-Ing. O.: Sender- und Koppeltechnik für Lichtleitfaser-Systeme.

Die Autoren erläutern Entwicklungen und Fortschritte bei der Nachrichtenübertragung mit Licht . . . F & E 95

Rubriken

Kurzberichte über Neuheiten für die Fertigung . . . F & E 98

Terminkalender . . . F & E 94

Neue Fachbücher . . . F & E 109

Werkstatteil: Werkstatt und Service

Ausbildung und Weiterbildung

Kilgenstein, Prof. O.: Bauelemente – Grundwissen für Praktiker

In dieser Serie, die in Heft 4 anlief, behandelt der Verfasser die grundlegenden Eigenschaften der Elektronik-Bauteile und ihre praxisorientierte Anwendung . . . W & S 59

Kurse und Lehrgänge . . . W & S 70

Warenkunde

Haase, H.-J.: Keramik-Wandler für Auflagekraft von 30 . . . 40 mN
Der piezokeramische Wandler CDS 660 von

Dual übertrifft die früher sehr populären piezoelektrischen im Übertragungsverhalten bei weitem. Außerdem sind die Einflüsse von Temperatur und Luftfeuchte lang nicht mehr so dominierend . . . W & S 64

Professionelles Vielkanal-Mischpult

Rechner hilft beim Abmischen . . . W & S 63

Antennen-Praxis

Warnung vor Standrohren mit ungenügender mechanischer Festigkeit . . . W & S 66

Elektronische Autoantenne . . . W & S 68

Rubriken

Kurzberichte über neue Hilfsmittel . . . W & S 68

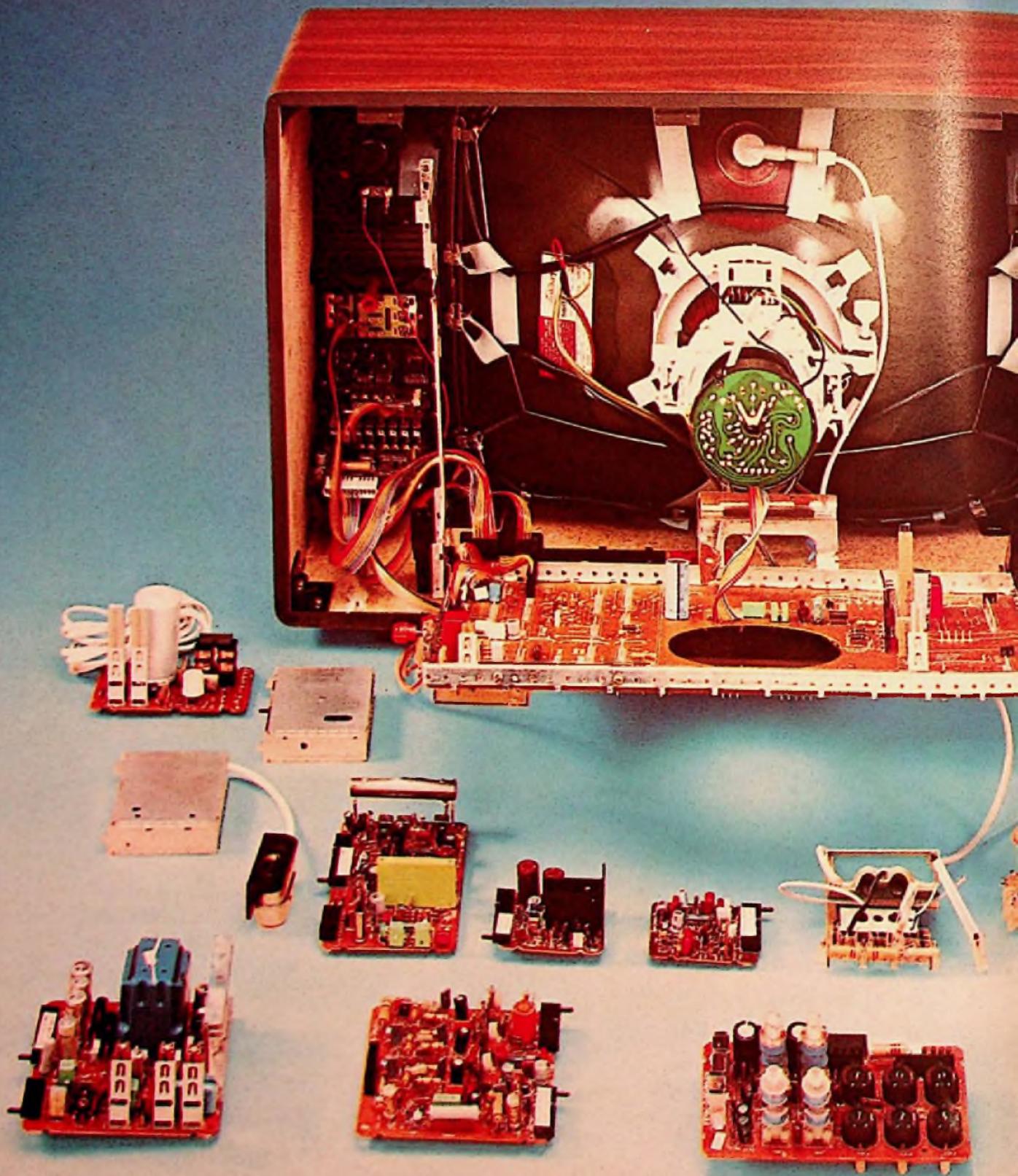
Meldungen für den Service . . . W & S 69

Technische Druckschriften . . . W & S 69

Titelbild

Im Gewerbepark Ludwigsburg hat die Philips GmbH, Unternehmensgruppe Unterhaltungselektronik-Lichtanwendung-Hausgeräte, Anfang März ihr neues „Lieferzentrum Süd“ eingeweiht, in dessen Räumen auch das Verkaufsbüro Stuttgart sowie eine Service-Werkstatt untergebracht sind. Das Bild entstand in der Video-Werkstatt mit Arbeitsplätzen für Fernseh- und VCR-Geräte.
(Bild: Philips)

Wieder kommt der Fo
Dieses neue SABA ULT
nimmt rund 30% we
als konventio



Schritt von SABA:

ULTRACOLOR CM-Chassis

30% weniger Leistung auf konventionelle Chassis.

Verehrter Partner,

ULTRACOLOR CM heißt die neue Farbfernseh-Generation von SABA.

Ein völlig neues, verkaufstarkes Color-Programm. SABA-Ingenieuren ist es gelungen – und zwar durch die Verwertung neuester Erkenntnisse und Erfahrungen modernster Computer-Technologie – Farbfernsehgeräte zu entwickeln und zu bauen, die für Käufer sensationelle Vorteile aufweisen.

Hier die wichtigsten Merkmale in aller Kürze:

- Naturgetreues, in der Brillanz und Helligkeit hervorragendes Spezial-Farbbild. Und zwar durch speziell entwickelte, besonders große kristalline Leuchtstoffe, die in einem Spezial-Verfahren auf die SABA Farbbildröhre aufgestäubt werden.

- Punktgenaues Bild durch die spezielle Bildröhren-Technik.

- Bild und Ton sofort.

- Verzerrungsfreies Farbbild – auch noch nach vielen Jahren – durch neu entwickelte Ablenk-schaltungen.

- Das neue SABA Longlife-Chassis nimmt rund 30% weniger Leistung auf als konventionelle Chassis.

- Diese geringere Leistungsaufnahme verlängert die Lebensdauer aller SABA ULTRACOLOR CM-Geräte entscheidend.

- Auch die Farbbildröhre lebt länger: Durch eine stabilisierte Heizspannung.

- Durch modernste Computer-Technologie konnten viele Bauelemente weggelassen werden. (Was nicht mehr da ist, kann nicht mehr kaputtgehen.)

- Automatischer Sendersuchlauf und Senderspeicher (keine Speichertaste notwendig).

- Neuartige, robuste Infrarot-Fernsteuerung.

- Neuartige Einschaltautomatik (Ihr Kunde versäumt seine Lieblingssendung nicht mehr).

- Einsatz völlig neuer Prüf-Computer bei der Qualitätskontrolle: Je Modul bis zu 450 Kontrollmessungen.

- Zukunftssichere Ausstattung: Audiovisions-Programme und Bildschirmspiele auch über die Video-Buchse möglich.

Mit diesen wichtigen Vorteilen starten wir Anfang März mit der größten Werbekampagne. Und wir sind sicher, daß die neuen SABA ULTRACOLOR CM-Geräte gefragt sein werden. Und daß Sie diese neuen SABA Farbfernsehgeräte empfehlen.

SABA. Ihr Partner.

SABA
Qualität aus Tradition



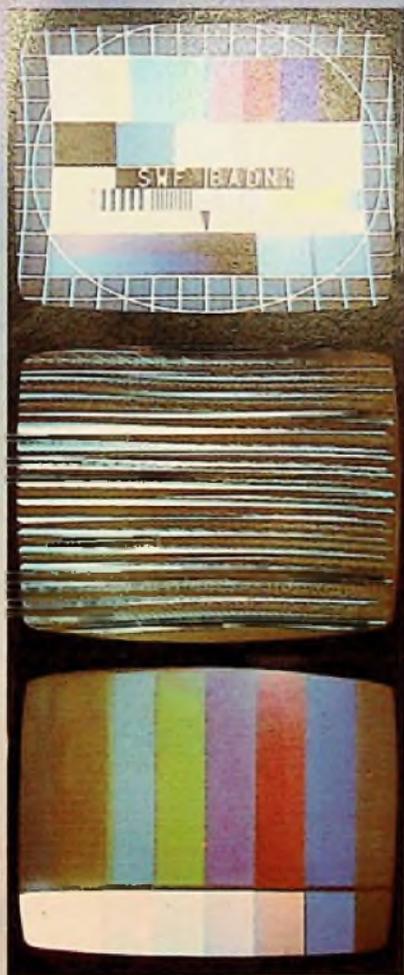
Wieder kommt der Fo

Dieser neue Service-Diag

einmalig in



fortschritt von SABA: Service-Diagnose-Computer ist absolut best in der Branche.



Verehrter Partner,

als SABA 1974 dem Fachhandel den neuen „Service-Diagnose-Tester“ zur Verfügung stellte, war dies ein echter Fortschritt für den Service-Techniker. Der „Service-Diagnose-Tester“ hat sich jahrelang bewährt. Und natürlich Nachahmer gefunden.

Jetzt dokumentiert SABA wieder den Vorsprung seiner Service-Qualität:

Mit dem neuen „Service-Diagnose-Computer“.

Speziell entwickelt für die neue SABA ULTRACOLOR CM-Generation.

Hier in aller Kürze seine Vorzüge:

- Er kann 200 Messungen je Sekunde durchführen.
- Er fragt ständig die Meßpunkte ab.
- Er hat ein Langzeit-Gedächtnis. Denn er zeigt z.B. Aussetzfehler (Fehler, die nur sporadisch auf-

treten) noch nach Stunden an. Oder nach Tagen.

- Er ist eine exakte Einstellhilfe für das geregelte Netzteil und ermöglicht eine Genauigkeit der Einstellung von $\pm 1\%$. Das gab es bisher nicht.

- Er ist eingegliedert in die neue SABA 3-Stufen-Diagnose.

- Und für die neuen Moduln unterbreiten wir Ihnen ein attraktives Einführungsangebot.

Wir sind sicher, daß der neue SABA Diagnose-Computer bei allen Service-Technikern eine große Resonanz findet.

SABA. Ihr Partner.

SABA
Qualität aus Tradition

Das neue SABA ULTRACOLOR CM Programm 1977:

Mit dem neuen Longlife-CM-Chassis.
Mit vielen technischen Neuentwicklungen.
Mit Computer-Qualitätsprüfung.
Von 36- bis 67-cm-Bildschirmdiagonale.

Verehrter Partner,

mit der neuen ULTRACOLOR CM-Generation bietet SABA seinem Partner, dem Fachhändler, ein Colorgeräte-Programm wie noch nie. Neu und fortschrittlich in der Technik. Neu und zukunftssicher in der Ausstattung. Neu und führend in der Service-Unterstützung. Neu und zielgruppengerecht in der Gerätevielfalt.

Neu und verkaufstark ist auch die Werbung, die wir Mitte März bundesweit starten.

In einem allerdings bleibt alles beim alten:

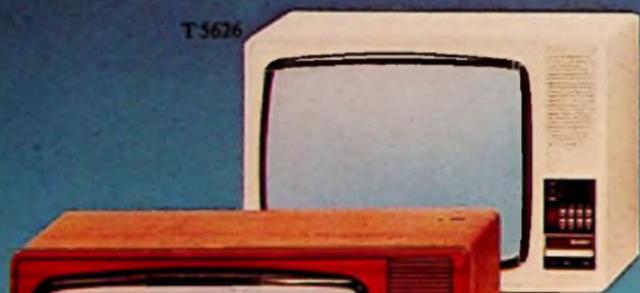
In unserer absoluten Fachhandelstreue. (Hierfür erhielt in einer repräsentativen Umfrage SABA die Goldmedaille zugesprochen).

Das ist für uns Ansporn und Verpflichtung zugleich.

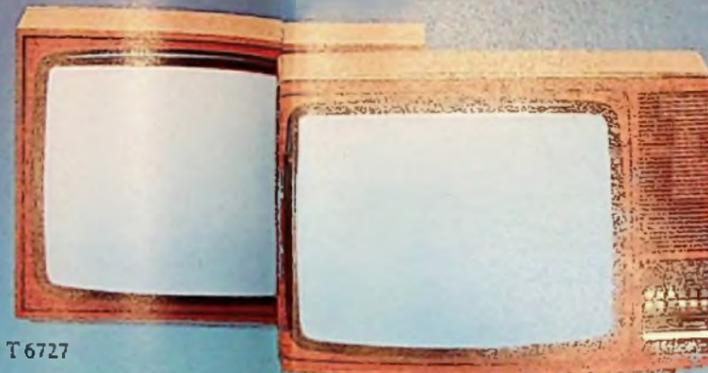
SABA. Ihr Partner.

SABA
Qualität aus Tradition

T 5626



T 6718

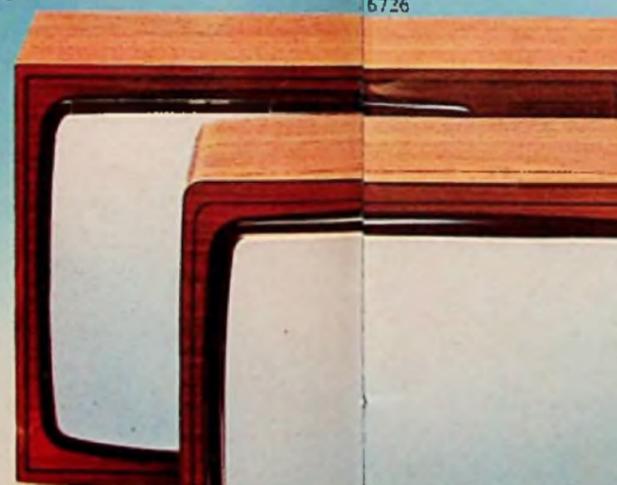


T 6727

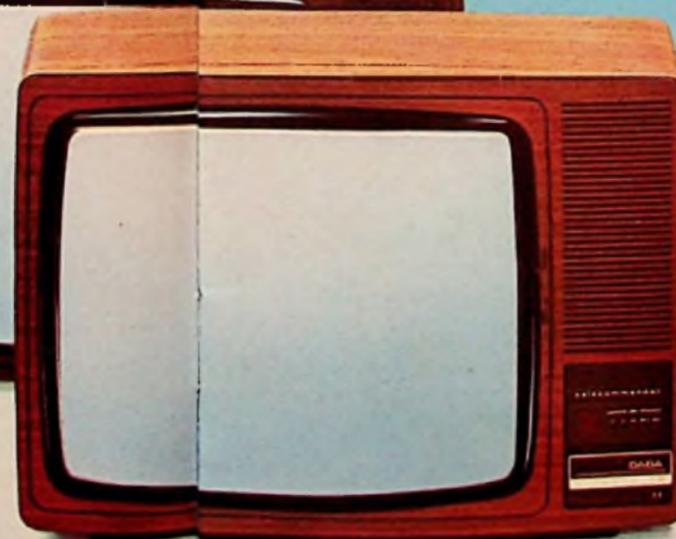


T 6726

T 6755



T 5666



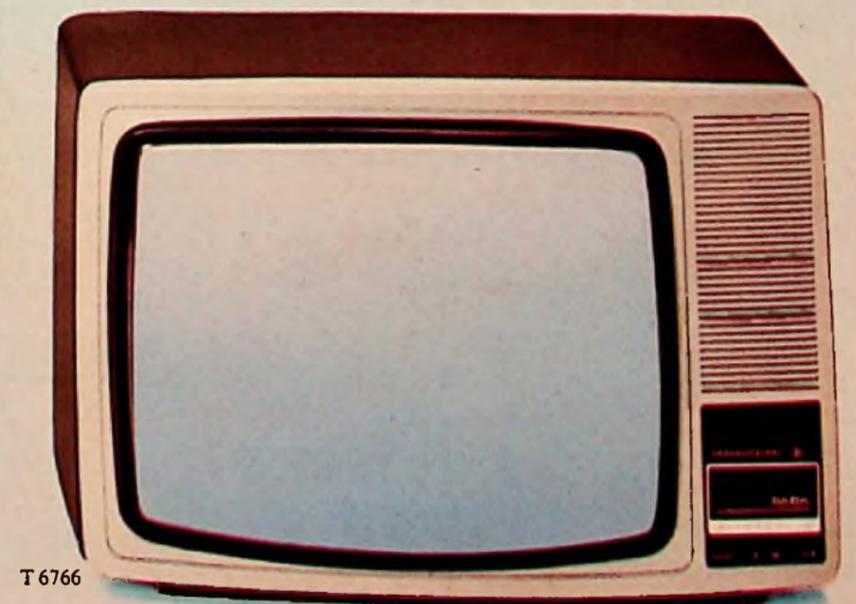
T 6756



P 4626



P 3626



T 6766

Hüthig

Jetzt in 8. Auflage

Dr.-Ing. Alfred Hösl

Die neuzeitliche und vorschriftsmäßige Elektro-Installation

Wohnungsbau
Gewerbe
Landwirtschaft

8., ergänzte und völlig neubearbeitete Auflage 1977. 468 S.
Mit 204 Abbildungen und 63 Tabellen.
Kunststoffeinband DM 23,80 ISBN 3-7785-0400-2

In der 8., ergänzten und völlig neubearbeiteten Auflage des „Hösl“ wurden alle einschlägigen Verordnungen, Normblätter und nationalen sowie internationalen Geräte- und Installations-Bestimmungen bis August 1976, darunter auch die wichtige VDE 0100 in der neuesten Fassung vom Juli 1976, berücksichtigt. Neu hinzu kamen Abschnitte über Begriffe, Stromversorgung von Großbauten, Halbleitersteuerung, Ersatzstromversorgung, Störmeldezentrale, Thyristor-Steuerungen, Tonfrequenz-Rundsteueranlagen, Installation in Sauna-Anlagen, EDV-Anlagen und in Möbeln. Das Sachverzeichnis wurde bedeutend erweitert.

Der weit über den deutschen Sprachraum hinaus bekannte „Hösl“ (soeben ist er auch in norwegischer Sprache erschienen) hat mit dieser Neuauflage eine Gesamtauflage von über 100.000 Exemplaren erreicht.

Dr. Alfred Hüthig Verlag · Postfach 10 28 69 · 69 Heidelberg

Pressestimmen zu früheren Auflagen:

„Der Hösl – 6. Auflage“. Mehr müßte man eigentlich nicht sagen, denn den Männern im Installationsfach ist „Hösl“ ein Begriff.

Für den Installateur ist dieses Buch sozusagen ein „Standard-Werk“, ohne das nicht auszukommen ist, will er die Möglichkeit haben, in allen auf ihn zukommenden installationstechnischen Fragen nachzuschlagen.

Alles in einem Wort: „Hösl“ gehört zu jedem Elektroinstallationsfachmann.“

Elektromeister

„Die „allelektrische Installation“ – eine Forderung für die Zukunft – ist die Grundlage jeder Planung, gleichgültig, ob sie für einen Neubau, für die Modernisierung eines Altbaues, eines Gewerbe- oder Industriebetriebes usw. erfolgt. Der „Hösl“ ist dafür das unentbehrliche Nachschlagewerk für alle Elektrofachleute.“

Elektrizitätswirtschaft

„Der Inhalt des Buches ist sehr gut aufgebaut und zusammengestellt. Es gibt kaum ein Gebiet der Installationstechnik, das nicht so besprochen wäre, daß man danach einwandfrei arbeiten kann und vor allem die Möglichkeit hat, sich weiterzubilden.“

Internationale Zeitschrift für Elektrowärme

„Die Neuauflage des bewährten Buches über die Elektroinstallation kann allen Elektropraktikern und Auszubildenden der Elektroberufe empfohlen werden.“

de/Der Elektromeister + Deutsches Elektrohandwerk

„Diese Publikation kann allgemein empfohlen werden, weil sie unseres Wissens in deutscher Sprache einzig in ihrer Art ist.“

PTT Technische Mitteilungen, Bern

„Es ist als sicher anzunehmen, daß die Neuauflage dieses Buches sich der gleichen Beliebtheit erfreuen wird, wie es bei den vorangegangenen Auflagen der Fall war.“

E & M Elektrotechnik + Maschinenbau, Wien

Bestellcoupon

_____ Hösl, Elektro-Installation, DM 23,80

Name _____

Straße _____

Ort _____

Dr. Alfred Hüthig Verlag · Postfach 10 28 69
6900 Heidelberg 1 · Telefon (062 21) 489-255

Bauelemente

Möglichkeiten und Grenzen der Großintegration

Dr. K. Garbrecht und Dr. K.-U. Stein, München

Die Geschichte der Halbleiter-Großintegration ist kurz, aber folgenreich. In der Zukunft werden die integrierten Schaltungen (ICs) ihren Einfluß auf alle Produktions- und Lebensbereiche noch stärker ausdehnen. Dabei interessiert vor allem, mit welcher Geschwindigkeit die weitere Innovation der ICs verlaufen wird, wann die Sättigung erreicht sein wird und mit welchen Auswirkungen im Anwendungsbereich zukünftiger hochintegrierter ICs zu rechnen ist. Im folgenden werden die bisherigen Trends analysiert, daraus auf die zukünftige Entwicklung geschlossen und deren Auswirkungen auf die Gerätetechnik abgeschätzt.

Allgemeine Entwicklungstendenzen

Die Weltproduktion von ICs nahm, wie Bild 1 zeigt, seit 1968 jährlich im Durchschnitt um 35 % zu. Für den Zeitraum nach 1976 sind in Bild 1 die geschätzten Stückzahlen nach gemittelten Umsatzprognosen namhafter Marktforschungsinstitute gestrichelt eingetragen. Danach wachsen bis 1980 die produzierten Stückzahlen jährlich weiterhin um etwa 30 %. Erst dann kommt es zu einer Abschwächung des Wachstums, wobei diese vor allem die älteren Produktfamilien (z. B. TTL) betrifft.

Der Umfang der Weltproduktion wird jedoch nur dann richtig erfaßt, wenn man neben den Stückzahlsteigerungen den gleichzeitig mit anwachsenden In-

tegrationsgrad berücksichtigt, der durch die Zahl der je Chip integrierten Transistorfunktionen *) ausgedrückt wird. In Bild 2 ist (analog zu Bild 1) die Zahl der

*) Die Zahl der Transistorfunktionen je Chip entspricht der Summe der integrierten Transistoren, Dioden, Widerstände, Kondensatoren oder der entsprechenden Funktionselemente bei verschmolzenen Funktionen wie z. B. Multiemittertransistoren.

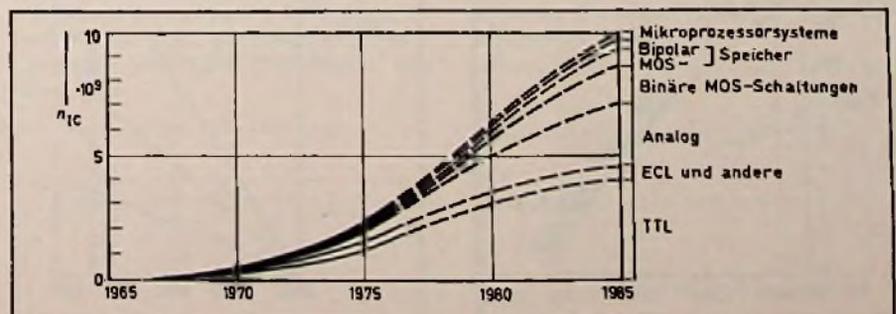
jährlich weltweit produzierten Transistorfunktionen dargestellt. Diese Vorhersage für die Zeit bis 1985 macht deutlich, daß wir heute an der Schwelle einer neuen Entwicklung stehen. Die Zahl der produzierten Transistorfunktionen wird auch in den nächsten zehn Jahren noch exponentiell zunehmen, wobei sie mit 60 % jährlich auch über 1980 hinaus ansteigen wird. Die niedrigintegrierten ICs leisten dann praktisch keinen Beitrag mehr, während MOS-Logik- und MOS-Speicher-Funktionen überwiegen werden.

Der entscheidende Faktor für die bisherigen wirtschaftlichen und technischen Erfolge ist die exponentielle Kostenreduktion je Transistorfunktion bei den jeweils günstigsten ICs. Bild 3 zeigt, daß in der Vergangenheit die Herstellkosten einer Transistorfunktion jährlich um den Faktor 1,5 abgenommen haben.

Nach Erreichen des Röhrenpreises verdrängte in den fünfziger Jahren der Transistor die Vakuumröhre, wodurch die elektronischen Geräte miniaturisiert und verbilligt werden konnten (Feld 1 in Bild 3). Ein typisches Beispiel dieser Entwicklungsstufe ist das tragbare Kofferradio.

In den sechziger Jahren begann der Siegeszug der integrierten Schaltungen; mehrere Transistoren und Widerstände wurden nun in einem einzigen Halbleiterkristall hergestellt und mittels aufgedampfter Leiterbahnen zu einem IC zusammengeschaltet. Die elektronischen Geräte wurden bei gleichzeitiger Steigerung der Komplexität noch weiter

Bild 1. Jährliche Weltproduktion von ICs, aufgeschlüsselt nach verschiedenen Produktlinien



Dr.-Ing. Kurt Garbrecht ist Leiter des Werks für Integrierte Schaltungen der Siemens AG in München; Dr.-Ing. Karl-Ulrich Stein ist Leiter der Grundlagenentwicklung im Unternehmensbereich Bauelemente der Siemens AG in München. Der vorliegende Aufsatz stellt die leicht gekürzte Fassung einer Veröffentlichung in englischer Sprache dar, die im Sonderheft Nr. 6/76 der Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte erschienen ist.

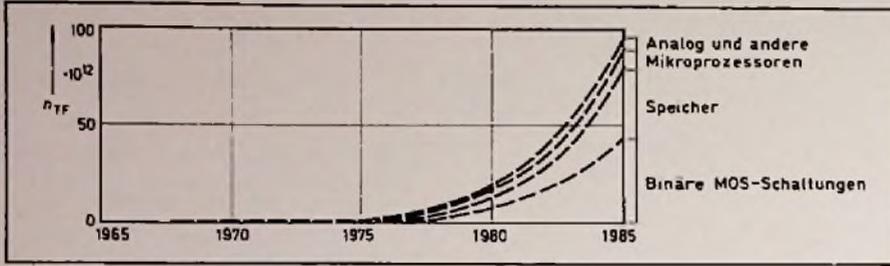


Bild 2. Zahl der Transistorfunktionen in den ICs von Bild 1

miniaturisiert und verbilligt. Ein typischer Vertreter dieser Stufe ist die mit rd. 30 ICs besetzte Leiterplatte, die vor allem im Bereich der Datenverarbeitung Anwendung fand (Feld 2 in Bild 3). In den siebziger Jahren schließlich wurde die Technik der ICs so weit verfeinert, daß es gelang, mehrere tausend Transistoren auf einem Halbleiter-Chip von wenigen Quadratmillimeter Siliziumfläche zu integrieren. Darauf setzte ein stürmisches Vordringen in neue Anwendungsbereiche ein (Taschenrechner); gleichzeitig kam es zur Ablösung bisher angewandter Techniken. Beispiele hierfür sind die Verdrängung der Ferritkernspeicher durch IC-Speicher sowie die Verwendung von ICs anstelle mechanischer Systeme in Armbanduhrn (Feld 3, 4 und 5). Die Analyse der gemeinsamen Faktoren der in Bild 3 verdeutlichten Zusammenhänge zeigt, daß beim Unterschreiten bestimmter Kostenschwellen ganze Anwendungsgebiete „umklappen“, wobei deren bisherige Technik durch die IC-Technik substituiert wird. Für den Gerätehersteller ist aber auch die darauffolgende Phase von großer Bedeutung: Die weitere Verringerung der Kosten je Funktion gestattet ihm, sein Gerät entweder bei gleichen Kosten zu verbessern oder durch eine Kostensenkung neue Märkte zu erschließen. Ein anschauliches Beispiel hierfür bildet die Ablösung des mechanischen Tischrechners durch den billigen Taschenrechner.

menhänge zeigt, daß beim Unterschreiten bestimmter Kostenschwellen ganze Anwendungsgebiete „umklappen“, wobei deren bisherige Technik durch die IC-Technik substituiert wird. Für den Gerätehersteller ist aber auch die darauffolgende Phase von großer Bedeutung: Die weitere Verringerung der Kosten je Funktion gestattet ihm, sein Gerät entweder bei gleichen Kosten zu verbessern oder durch eine Kostensenkung neue Märkte zu erschließen. Ein anschauliches Beispiel hierfür bildet die Ablösung des mechanischen Tischrechners durch den billigen Taschenrechner.

Fortbestehen der Trends und deren Grenzen

Grundlage für die bisherigen wirtschaftlichen und technischen Erfolge der ICs

ist die stetige Verringerung der Kosten je Transistorfunktion. Der wichtigste Beitrag zu dieser Kostenverringerng rührt von der Zunahme des Integrationsgrades her. Dieser Integrationsgrad, d. h. die Zahl der in einem IC auf einem Chip integrierten Transistorfunktionen, hat sich seit Anfang der sechziger Jahre jährlich verdoppelt (Bild 4). Die Erhöhung der Zahl der Transistoren je Chip ist auf die folgenden drei Faktoren zurückzuführen:

- Verringerung der mittleren Abmessungen der Strukturen,
- Vergrößerung der Fläche des Halbleiter-Chips,
- geschickterer Entwurf von Schaltelementen und Schaltungen.

Aufgrund der angenähert reziproken Trends bei der Abnahme der Kosten je Transistorfunktion (Bild 3) und der Zunahme der Zahl von Transistorfunktionen je Chip ist damit zu rechnen, daß die Kostenverringerng bei den ICs solange anhält, wie eine Steigerung des Integrationsgrades möglich ist. Als Grundlage für die möglichen wirtschaftlichen Konsequenzen dient deshalb der voraussichtliche weitere Verlauf der Steigerung des Integrationsgrades.

Zu diesem Zweck werden die genannten drei Faktoren getrennt voneinander behandelt. Die dabei gemachten Extrapolationen sollen helfen, eine ungefähre Vorstellung davon zu entwickeln, wie der heutige Trend aufgrund physikalischer Grenzen vom exponentiellen Wachstum abweicht, in eine langsamere Evolution übergeht und später in eine Sättigung geraten kann.

Bild 3. Die Kostenabnahme je Transistorfunktion und die dadurch bewirkte Ablösung etablierter Technologien. Bereich 1: Transistoren ersetzen Röhren; Bereich 2: SSI-Schaltungen ersetzen aus diskreten Bauteilen bestehende Tore; Bereich 3: Der erste LSI-Rechner ist da; Bereich 4: LSI-Speicher ersetzen Ferritkernspeicher; Bereich 5: Die Quarzarmbanduhren kommen

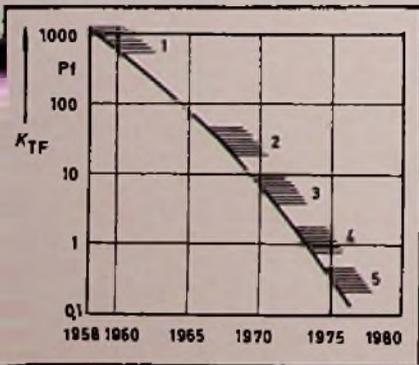
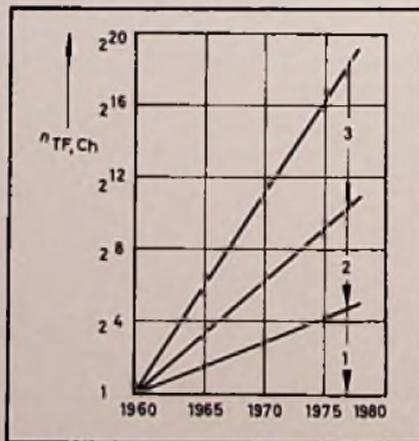


Bild 4. Zahl der Transistorfunktionen je Chip bei den größten ICs. Einfluß der beitragenden Faktoren: Verkleinerung der Chip-Fläche (1), Verringerung der Strukturbreite (2), Verbesserungen im Schaltungsentwurf (3)



Verkleinerung der Strukturabmessungen

Bild 5 zeigt die Verringerung der mittleren Strukturabmessungen (Leiterbreiten und Abstände, Breiten und Abstände von diffundierten Bereichen) der Chips während der letzten neun Jahre [1]. Diese mittlere Strukturbreite betrug 1975 beispielsweise 5 µm.

Zahlreiche Versuche in namhaften Laboratorien an den unterschiedlichsten ICs und Einzelbauelementen haben gezeigt, daß sich funktionierende Schaltungen mit Strukturbreiten um und unter 1 µm noch herstellen lassen. Damit darf man einen Fortschritt zu Strukturdimensionen von 1 µm als gesichert ansehen.

Wallmark [2] hat 1975 eine Untergrenze von 2 µm abgeschätzt. Eine der dabei gemachten Voraussetzungen, daß die Schaltungen ähnlich empfindlich gegenüber Schaltelementstreuungen sind wie

heutige Analog-Schaltungen, berücksichtigte die Möglichkeiten der Weiterentwicklung der Schaltungen nicht. Ferner haben Hoeneisen und Mead [3] 1972 abgeschätzt, daß bei Strukturabmessungen um $0,24 \mu\text{m}$ noch funktionsfähige Schaltungen mit 2-V-Transistoren zu erwarten sind. Swanson und Meindl [4] haben 1975 in theoretischen Untersuchungen an CMOS-Schaltungen bei extrem kleinen Betriebsspannungen ($0,1 \text{ V}$) Strukturbreiten bis herab zu $0,05 \mu\text{m}$ vorausgesagt. Solch extrem kleine Abmessungen setzen jedoch in der Fertigung neuartige Lackbelichtungsverfahren voraus. Bei den übrigen Halbleiterherstellungsverfahren sind bisher noch keine oberhalb $0,05 \mu\text{m}$ liegende Grenzen bekannt. Die Verfahren müssen jedoch gegenüber dem heutigen Stand noch erheblich verbessert werden, oder aber es müssen neue Verfahren entwickelt werden. Eine bekannte Grenze ist durch den Lack in der Photolithographie gegeben. Wenn man für die minimale Strukturbreite das Fünffache der Unsicherheit einer Kantenlage einsetzt, so kommt man nach Wallmark [2] auf eine minimale Strukturbreite von $0,03 \mu\text{m}$.

Als möglicher weiterer Trend wird die Kurve der vergangenen Jahre bis zu dem von Swanson und Meindl [4] für brauchbar befundenen Wert von $0,05 \mu\text{m}$ weitergeführt. Nach der vorliegenden Extrapolation aus 1962 bis 1975 wird diese Strukturbreite im Jahre 2015 erreicht sein.

Vergrößerung der Chip-Flächen

Leider lassen sich bei den Chip-Flächen nicht ganz so klare physikalische Grenzen angeben. Als plausibler Ansatz für eine Grenze des heutigen Trends ist die Darstellung in Bild 6 zu betrachten, in der die Fläche eines Chips bis auf die Gesamtfläche einer Halbleiterschleibe von 10 cm Durchmesser ansteigt. Dieser Wert könnte in Fortsetzung des heutigen Trends im Jahre 2005 erreicht werden.

Verbesserung der Schaltungstechnik

Aussagen über die Grenzen des Beitrags, der von der Geschicklichkeit der Elementenutzung und des Schaltungsentwurfs herrührt, hat Moore 1975 gemacht [1]. Mit dem Hinweis auf die schon heute genutzten CCD-Strukturen, die eine ideale Nutzung der in der Halbleiterplanartechnik gegebenen Oberfläche gestatten, erwartet Moore vom Jahre 1980 an keinen Beitrag mehr aus dieser Richtung.

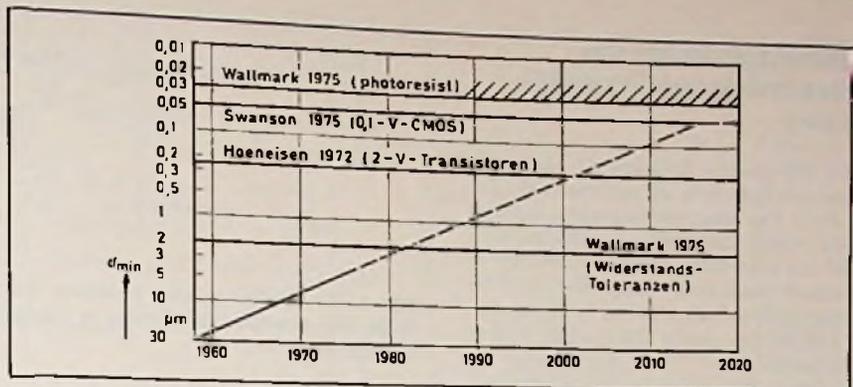


Bild 5. Verringerung der kleinstmöglichen Abmessungen und deren theoretische Grenzen (Werte von 1960 bis 1975 aus [1]; Grenzen aus [2, 3 und 4])

Entwicklung von Integrationsgrad und Kosten je Transistorfunktion

Einen Gesamteindruck von den Grenzen des exponentiellen Wachstums vermittelt Bild 7. Danach wäre eine erste Änderung des Trends nicht vor dem Jahr 1980 zu erwarten. Bis dahin dürfte ein einzelner Chip bereits mehrere Millionen Transistorfunktionen enthalten. Ein möglicher Übergang in eine langsame Evolution oder in eine Sättigung wird erst nach der Jahrtausendwende eintreten. Die Zahl der Transistorfunktionen je Baustein könnte dabei bis in die Größenordnung von 10^9 ansteigen. In dieser Größenordnung liegt auch die Zahl der möglichen Schaltfunktionen des menschlichen Gehirns. Sicher wird dieser fortgeschrittene Entwicklungsstand nur von solchen ICs erreicht werden, bei denen die neuesten technologischen Fortschritte optimal angewandt wurden. Eine weitere Voraussetzung dafür ist, daß überhaupt ein

starkes Interesse an derart hochgezüchteten ICs besteht.

Für die Kostenabnahme je Transistorfunktion in den nächsten zehn Jahren kann aus dieser langfristigen Betrachtung geschlossen werden, daß der Trend zunächst exponentiell weitergehen und der Preis je Transistorfunktion bei den höchstintegrierten Schaltungen gemäß Bild 8 um mehr als eine Zehnerpotenz abnehmen wird. Danach könnte sich der Preisabfall aufgrund der verringerten Beiträge vom Elemente- und Schaltungsentwurf geringfügig abschwächen. Bild 8 zeigt die weitere Extrapolation der Kostenverringering.

Hervorzuheben ist, daß die Bilder 3 und 8 die Änderung der proportionalen Kosten wiedergeben. Die Gesamtproduktionskosten der vergangenen Jahre sind einem ähnlichen Trend gefolgt. Bei relativ kleinen, in LSI-Technik gefertigten Mengen wird jedoch der Anteil der festen Kosten (vor allem für Entwicklung und Erprobung) so hoch im Vergleich zu den proportionalen Kosten sein, daß die letzteren kein Maß mehr darstellen für die Gesamtproduktionskosten.

Bild 6. Zunahme der Chip-Fläche der komplexesten, zwischen 1960 und 1975 erhältlichen ICs [1]. Plattendurchmesser $91,6 \text{ mm}$ entspricht Chip-Fläche von 8100 mm^2

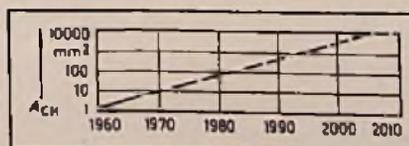
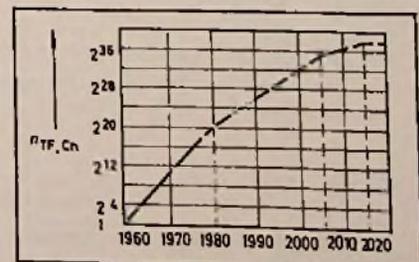


Bild 7. Voraussichtliche Entwicklung der Zahl der Transistorfunktion je Chip bei den jeweils größten ICs



Einsatzperioden der verschiedenen Produktlinien

Die stürmische Entwicklung neuer IC-Technologien und die exponentielle Zunahme des Integrationsgrades verleitet den Anwender leicht zu Fehlschlüssen bei der Einschätzung heute verfügbarer Produktlinien. Bild 1 zeigt, daß die Jahresproduktion aller heute bedeutenden Produktlinien noch über 1985 hinaus zunehmen wird. Dies gilt speziell für Speicher, bei denen der Prozeß der Ablösung durch neue und bessere Produkte besonders schnell verläuft, aber auch für Logik-Produkte, bei denen etablierte Produktlinien (TTL, PMOS) langfristig bestehen bleiben und durch neue ergänzt werden.

Der Ablöseprozeß bei Speichern ist in Bild 9 veranschaulicht. Anstelle der Kosten je Transistorfunktion sind hier die Kosten je Speicherzelle (in Bild 9 in Pfennig je Bit) aufgetragen. Im Jahr 1973 sanken die Bit-Kosten des 1K-MOS-Speichers unter die des bis dahin erfolgreichen Kernspeichers. Der Ablöseprozeß begann und wurde durch die weiter fallenden Kosten des Halbleiterspeichers so beschleunigt, daß heute die Kernspeicherproduktion überall in der Welt ausläuft. Mit einem neuen verbesserten Technologieprozeß gelang es dann 1976, einen 4K-MOS-Speicher mit geringeren Bit-Kosten zu produzieren, der inzwischen den 1K-Speicher schon weitgehend abgelöst hat. Bereits 1978 wird mit der Ablösung des 4K-Speichers durch den 16K-Speicher gerechnet, der wiederum zwei bis drei Jahre später, um 1980, durch den 64K-Speicher ersetzt werden wird. Dieser Prozeß dürfte sich gemäß Bild 7 noch weiter fortsetzen.

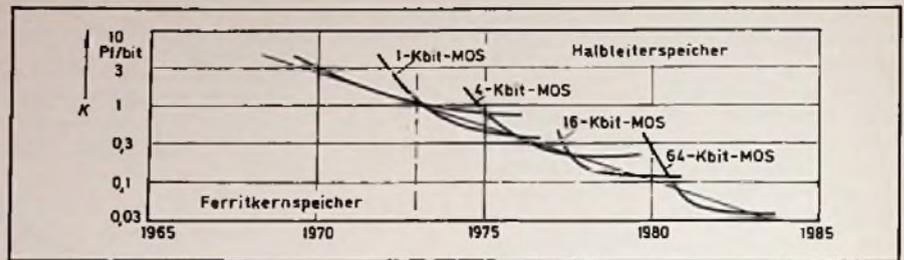


Bild 9. Die Ablösung alter Produkte durch neue mit verbesserter Technologie als Folge der Kostenverminderung je integriertem Transistor (dargestellt am Beispiel der Speicher)

Für den Halbleiterproduzenten ist es wichtig, mit den neuen Speicherprodukten möglichst früh auf den Markt zu kommen, da jede Verspätung die nur kurze Lieferperiode verkürzt und zum Eintritt in einen Markt mit fortgeschrittenem Preisverfall zwingt. Die Entwicklung von Speichern ist für den Halbleiterproduzenten geradezu ein Muß, da die Speicher als Standardprodukte mit hoher Nachfrage bei den jeweils am weitesten entwickelten Produktlinien eine Massenproduktion gestatten. Außerdem befähigt der damit verbundene Lerneffekt den Speicherproduzenten, nachfolgende Logikfamilien kostengünstig anbieten zu können.

Die Betrachtung der Kostenreduktion integrierter Transistorfunktionen verschiedener Produktlinien in Bild 10 zeigt, daß die Kostenreduktion bei den etablierten Produktlinien relativ langsam und nur bei den neueren Produktlinien stürmisch verläuft. Die etablierten Produktlinien lassen nur eine geringe Kostenreduktion zu, da bei ihnen die Kostensenkung durch Steigerung des Integrationsgrades weitgehend entfällt. Sie gestatten jedoch die Herstellung

von ICs mit besonderen Eigenschaften, die sich mit den neuen, höher integrierten Produkten nur teilweise oder auch gar nicht erzielen lassen. Die Folge ist, daß die etablierten Produktlinien noch lange Zeit weiterbestehen werden.

Die Produktlinien durchlaufen, genau wie Einzelprodukte, einen bestimmten Lebenszyklus. Er läßt sich in folgende Phasen unterteilen:

1. Entwicklungsphase: Der Halbleiterhersteller entwickelt die Produktlinie und einige Standardprodukte.
2. Einführungsphase: Die Anwender erkennen die Möglichkeit der neuen Produktlinie und entwickeln gemeinsam mit dem Halbleiterhersteller neue ICs und schöpfen hierbei die Möglichkeiten der Produktlinie voll aus.
3. Revolutionäre Phase: Die neuen ICs führen zu neuen Anwendungen aufgrund der Kostendegression (neben der Substitution älterer Systeme).
4. Evolutionäre Phase: Die sich ausbreitende Umwälzung klingt ab und mündet ein in eine pflegende Weiterentwicklung.
5. Abschwindphase: Ablösung durch neuere Produktlinien.

Bild 8. Mögliche zukünftige Entwicklung der Kosten je Transistorfunktion (über Bild 3 hinaus) bei den größten ICs

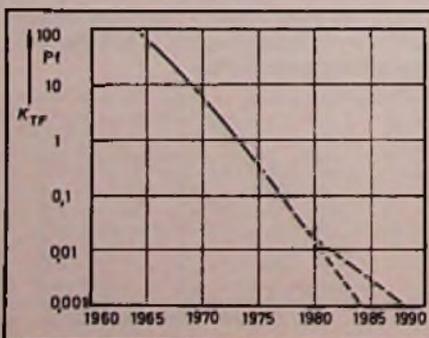
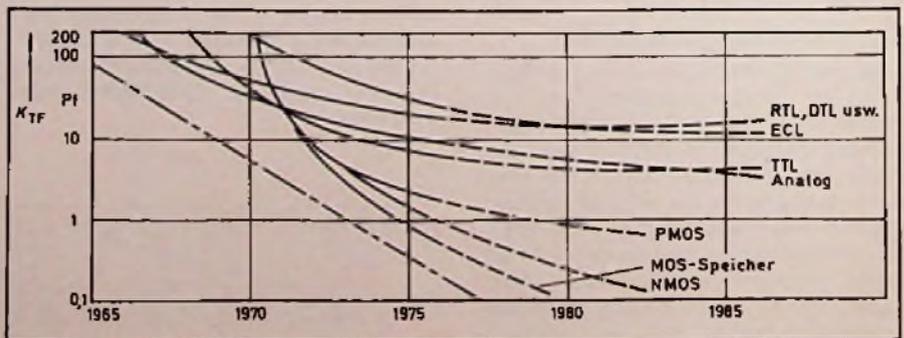


Bild 10. Kostenreduktion je Transistorfunktion bei verschiedenen Produktlinien. Die Kosten beziehen sich auf den jeweils höchstmöglichen Integrationsgrad



Die bipolaren und MOS-Produktlinien

Die bipolaren Produktlinien befinden sich mit einer Ausnahme in der evolutionären Phase. Angesichts der raschen Entwicklung immer neuer Technologien ist es erstaunlich, daß TTL erst ab 1980 in die Abschwungphase eintreten werden. Die Analog-Linien zeichnen sich durch eine langanhaltende evolutionäre Phase aus. Diese wird erst dann unterbrochen werden, wenn eine Ablösung der analogen durch digitale Systeme auf breiter Basis beginnt. Damit ist jedoch nicht vor 1980 zu rechnen. Die große Unbekannte ist die I²L-Technik. Sie steht gegenwärtig in der Einführungsphase und wird, falls sie sich gegenüber den konkurrierenden MOS-Prozeßlinien durchsetzt, etwa ab 1978/79 in die revolutionäre Phase eintreten.

Die MOS-Prozeßlinien stehen zum großen Teil erst in der Einführungsphase. Die heute noch wichtigste Logik-Linie basiert auf dem PMOS-Prozeß. Dagegen steckt die NMOS-Produktlinie auch erst in der Einführungsphase. In Abständen von zwei bis drei Jahren werden neue, durch die Entwicklung der MOS-Speicher ausgelöste Produktlinien nachfolgen. Vermutlich werden die jetzt bekannten MOS-Linien um 1985 soweit maturisiert sein wie die bipolaren Linien (ohne I²L) heute.

Optimale Wahl der Produktlinien

Diese Betrachtungen zeigen, daß der Anwender gut beraten ist, wenn er für Geräteentwicklungen mit unmittelbar anschließender Produktion solche Produktlinien wählt, die bereits in der Evolutionsphase sind, da bei ihnen die Kenntnisse über Technik, Qualität und so weiter schon groß sind. Dadurch werden die Risiken für den Anwender klein, die Entwicklungskosten relativ niedrig und gut kalkulierbar.

Bei der Entwicklung von Geräten, deren Produktion erst für später geplant ist, werden zweckmäßigerweise solche Produktlinien verwendet, die heute noch in der Einführungsphase (z. B. NMOS, I²L) oder noch in der Entwicklungsphase stehen.

Möglichkeiten der ICs in der Zukunft

Die Anwendungsbreite heutiger ICs in Armbanduhren, Taschenrechnern, Fernsehgeräten, in der Nachrichten- und Datentechnik ist beeindruckend. Dabei sind die Anwendungsmöglichkeiten heute herstellbarer ICs mit etwa 50 000 integrierten Transistoren auf einem

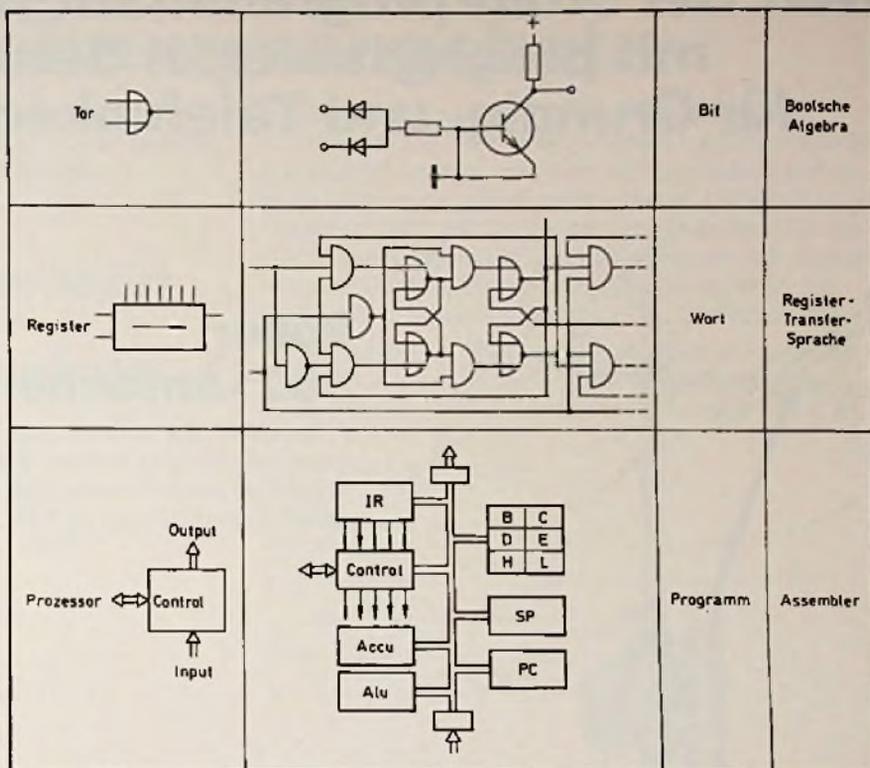


Bild 11. Entwicklung der logischen „Schaltelemente“ hochintegrierter ICs

Tabelle 1. Zahl der Transistorfunktionen verschiedener Geräte im Vergleich zur Zahl der auf einem Chip integrierten Transistorfunktionen. (Die in Klammern angegebenen Werte sind durch lineare Extrapolation aus der Vergangenheit gewonnen.)

	1960	1970	1980	1990
Computer	2 002	4 004	7 750	
Zahl der Gatter-Funktionen in der CPU	6 750	19 000	100 000	
SSI	—	6 000	—	
MSI + LSI	—	—	7 000	
Gesamtzahl der Transistorfunktionen	20 000	100 000	500 000	2 · 10 ⁶
Öffentliches Vermittlungsamt, Ortsamt für 10 000 Teilnehmer				
MSI	—	—	18 000	60 000
LSI	—	—	800	2 600
Gesamtzahl der Transistorfunktionen	—	10 000	8 · 10 ⁶	30 · 10 ⁶
Fernsehgerät				
MSI	—	2	25	—
LSI	—	—	2	10
Gesamtzahl der Transistorfunktionen	—	120	8 000	200 000
Integrierte Schaltung (Chip)				
Höchstzahl der Transistorfunktionen	3	800	10 ⁶	100 · 10 ⁶

Stolle

Neu. Der Stolle programmatic Antennenrotor mit programmierter Senderwahl für Grundig- und Telefunken-Receiver.

Voller 360°-Antennendrehbereich

Die UKW-Stereo-Weitempfangs-Antenne hat eine betont hohe Richtwirkung. Sie wird durch das Antriebssystem von 0-360° in jede vorprogrammierte oder, bei Handeinstellung, zusätzlich gewünschte Richtung gedreht.

7 vorprogrammierte Sender

Der Stolle programmatic Antennenrotor ist elektrisch an den Receiver angeschlossen. Die Antenne wird über die UKW-Senderwahl-Tasten des Receivers gesteuert.

Jeder Taste ist ein entsprechender Einstellregler im programmatic Steuergerät zugeordnet. An diesem Einstellregler an der Unterseite des Steuergerätes wird die Antennenrichtung für optimalen Empfang des vorgewählten Senders einmal eingestellt und damit „gespeichert“.

7 Sender können vorprogrammiert werden.

Am Hauptabstimmungsknopf mit Richtungsskala (an der Oberseite des Steuergerätes) ist zusätzliche Handeinstellung für weitere Sender möglich.

Automatische Antennensteuerung über Senderwahltasten des Receivers.

Mit den Senderwahltasten des Receivers werden die programmierten Sender abgerufen. Die Antenne wird automatisch in die entsprechende optimale Richtung gedreht.

Das Stolle programmatic-Steuergerät kann bei folgenden Receivern angeschlossen werden:

Telefunken: TRX 2000 hifi,
TR 1200 hifi,
opus hifi 7050,
electronic center 6001 hifi,
compact center 6002 hifi,

Grundig: hifi Receiver 40,
hifi Receiver 40 M,
hifi Studio RPC 500

(Weitere Fabrikate in Vorbereitung.)



Das Stolle programmatic Einführungsangebot.

Das ist unser befristetes Vorteils-Angebot zur Einführung des neuen Stolle programmatic Antennen-Rotors. Wenn Sie bis zum 30. 4. 77 bestellen, erhalten Sie:

10% Einführungsrabatt
bei Bezug von zwei Geräten.

5% Einführungsrabatt
bei Bezug von einem Gerät.

Wir freuen uns, Ihnen zu diesen günstigen Konditionen mit dem Stolle programmatic ein Produkt anbieten zu können, das dem wachsenden Trend zu mehr Modernität und Komfort auf dem Gebiet der Heimelectronic voll entspricht. Darüberhinaus ist das Gerät kein Substitutionsprodukt, sondern eine zusätzlich installierbare Einrichtung. Das bedeutet für Sie statt einer Umsatzverlagerung reine Zusatzumsätze.

Zur Bestellung schicken Sie bitte den ausgefüllten Coupon an Ihren Stolle Großhändler oder an eine unserer Niederlassungen. Oder rufen Sie einfach an.

Verkaufs-Büros und Auslieferungslager

Berlin: STOLLE-Auslieferungslager
1000 Berlin 65, Luxemburger Str. 31, Ruf: (030) 4 61 61 38
Bielefeld - Kassel: STOLLE-Auslieferungslager
4800 Bielefeld 14 (Quelle), Eisenstr. 4, Ruf: (0521) 44 33 51
Bremen: STOLLE-Auslieferungslager
2800 Bremen 1, Am Deich 39, Ruf: (0421) 50 05 41
Dortmund: STOLLE-Werkslager,
4670 Lünen/Westf., Scharnhorststr. 11, Ruf: (02306) 10 21
Frankfurt: STOLLE-Auslieferungslager
6374 Steinbach/Taunus, Industriestr. 10, Ruf: (06171) 7 21 23
Hamburg: STOLLE-Auslieferungslager
2000 Hamburg 76, Hohenfelder Str. 9-17, Ruf: (040) 25 30 15
Hannover: STOLLE-Auslieferungslager
3000 Hannover 1, Wörthstr. 18-19, Ruf: (0511) 31 81 55

Köln: STOLLE-Auslieferungslager
5000 Köln 71, Unnauer Weg 25, Ruf: (0221) 79 60 64
Mannheim: STOLLE-Auslieferungslager und
Werksvertretungen Hans Spatz
6800 Mannheim-Feudenheim, Körnerstr. 55, Ruf: (0621) 79 32 48
München: STOLLE-Auslieferungslager
8000 München-Unterföhring, Münchner Str. 20, Ruf: (089) 95 24 43.
Telex: 522 742 (gold)
Nürnberg: STOLLE-Auslieferungslager
8500 Nürnberg, Kraußstr. 4, Ruf: (0911) 22 21 11
Stuttgart: STOLLE-Auslieferungslager
und Werksvertretungen Karl Bayer
7000 Stuttgart, Egererstr. 18, Ruf: (0711) 72 46 96/72 53 96

Zwei attraktive und informative Display-Aufsteller zur Verkaufsunterstützung in Ihrem Geschäft.

Groß-Display

Stellen Sie es bitte zu einem der passenden Receiver und fügen Sie den original programmatic in die ausgestanzten Öffnungen. Für Innenraum und Schaufenster.

Klein-Display

Wird auf bzw. neben einen der passenden Grundig- oder Telefunken-Receiver ins Regal oder Schaufenster gestellt.



Coupon

Ich bestelle hiermit. (Bitte ankreuzen.)

- zwei Stolle programmatic Antennen-Rotore mit 10% Einführungsrabatt
- einen Stolle programmatic Antennen-Rotor mit 5% Einführungsrabatt

- ein Groß-Display
- Klein-Displays

Unterschrift

Stempel



Chip bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Dies und die weitere Zunahme des Integrationsgrades auf 10⁴ Transistoren je Chip ab 1980, 10⁶ Transistoren je Chip ab 1990 und 10¹¹ Transistoren je Chip ab 2015

(Sättigung)

wird den revolutionären Ablöseprozeß zumindest bis 1980 noch beschleunigen. Wie schon oben erwähnt, werden hierbei große Anstrengungen im technologischen und schaltungstechnischen Bereich erforderlich sein. Außerdem wird die Nutzung der höchsten Stufen der Integration nur möglich sein, wenn es gelingt, die bestehenden Konzepte zu erweitern und auf eine höhere Ebene zu übertragen. In der Digital-Technik führt diese Entwicklung vom Transistor über Gatter und Register zum Prozessor (Bild 11, [5]) und im analogen Bereich vom Transistor über Verstärker- und Umsetzestufen zum Differenzverstärker. Dies ist schon deshalb nötig, weil man sich eine IC mit 100 000 und mehr Funktionen nur dann noch vorstellen kann, wenn man sie gedanklich in eine Anzahl sich wiederholender Substrukturen zerlegt.

Wo aber könnten hochintegrierte IC-Systeme mit mehr als 1 Million Transistoren auf einem Chip gebraucht werden? In erster Linie wohl als Speicher. Die Tatsache, daß die Datenverarbeitung in großem Umfang auf leistungsfähige und preisgünstige Speicher angewiesen ist, wird die Entwicklung neuer, extrem hochintegrierter Speicher bei exponentiell abnehmenden Kosten je Bit vorantreiben (Bild 9).

Allerdings wirft der Gebrauch von ICs mit mehr als 1 Million Transistoren je Chip als logisches Subsystem noch viele Probleme auf. Tabelle 1 zeigt, wie sich die Zahl der Transistorfunktionen in der CPU (Central Processing Unit) einer DVA, in einem Vermittlungsamt und in einem Fernsehgerät im Verhältnis zu der Zahl der auf dem Chip integrierten Transistorfunktionen entwickelt hat. Die zukünftigen Bedarfszahlen der Geräte stammen aus Hochrechnungen der Gerätehersteller. Der Vergleich mit der von den ICs angebotenen viel höheren Zahl von Transistorfunktionen zeigt, daß die Gerätetechnik in der Zukunft starken Änderungen unterliegen wird.

Mikroprozessoren

Hierbei werden Mikroprozessoren eine besondere Rolle spielen. Bei ihnen muß gemeinsam von Architektur-, Software- und Halbleiterexperten angestrebt werden, die zukünftig angebotene Fülle zur Verfügung stehender Transistorfunktionen in höhere Flexibilität bei

gleichzeitig einfacher werdender Software umzusetzen. Dies stellt für uns alle eine große Herausforderung dar: denn die Entwicklung solcher Mikroprozessoren samt der dazugehörigen Software muß in relativ kurzer Zeit zu Erfolgen führen, da sonst die fortschreitende Mikroprozessor-Hardware in Softwareproblemen zu ersticken droht.

Ausblick

Die weitere Entwicklung der ICs wird die ganze Elektronik revolutionieren und ihren Anwendungsbereich auf Gebiete ausdehnen, von denen man sich heute noch keine Vorstellung machen kann. Jene Geräte- und Systemhersteller, die sich rechtzeitig auf die kommenden Möglichkeiten einstellen, werden eines Tages den Rahm abschöpfen. Um ein stetiges, von den Fluktuationen des Marktes unabhängiges Fortschreiten der Entwicklung zu erzielen, müssen wir ohne weitere Verzögerung unsere Aufmerksamkeit voll auf die Chancen richten, die die praktisch unbegrenzte Zahl von extrem kostengünstigen logischen Funktionen bietet, die zukünftig in einer einzigen IC enthalten sein werden.

Literatur

- [1] Moore, G. E.: Progress in Digital Integrated Electronics. IEDM Tech. Digest (1975) S. 11... 13.
- [2] Wailmark, J. T.: Fundamental Physical Limitations in Integrated Electronic Circuits. Solid State Devices (1974). Institute of Physics, Conference Series No. 25, London 1975, S. 133... 167.
- [3] Hoeneisen, B. und Mead, C. A.: Fundamental Limitation in Microelectronics - I.MOS Technology. Solid-State Electronics 15 (1972) S.819... 829.
- [4] Swanson, R. M. und Meindl, J. D.: Fundamental Performance Limits of MOS Integrated Circuits. 1975 IEEE Internat. Solid-State Circuits Conference. Digest of Tech. Papers, IEEE New York 1975, S. 110... 111.

Terminkalender für Messen + Tagungen

28. 03.—30. 03. 77
München
NTG-Fachtagung „Digitale Bildverarbeitung“
28. 03.—30. 03. 77
Rom
24th International Scientific Congress on Electronics

31. 03.—06. 04. 77
Paris
Salon International des Composants Electroniques
Parc des Expositions
19. 04.—22. 04. 77
Birmingham
IEC — International Electronic Components Show
19. 04.—24. 04. 77
London
High Fidelity '77 Exhibition
20. 04.—28. 04. 77
Hannover
Hannover Messe '77
06. 05.—08. 05. 77
London
International Radio Communication Exhibition & Conference
17. 05.—18. 05. 77
Garmisch-Partenkirchen
NTG-Fachtagung „Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronenröhren und Bauelemente verwandter Technologie“
17. 05.—20. 05. 77
London
London Electronic Components Show Olympia
23. 05.—25. 05. 77
Nürnberg
VDE-Gemeinschaftstagung „Technische Zuverlässigkeit“
03. 06.—09. 06. 77
Montreux
10. Internationales Fernseh-Symposium
05. 06.—08. 06. 77
Chicago
CES — Consumer Electronics Show (Sommer)
McCormick Place
20. 06.—24. 06. 77
München
Laser — Optoelektronik — 3. Internationaler Kongreß und Internationale Fachmesse
21. 06.—25. 06. 77
Moskau
Weltkongreß für Elektrotechnik
08. 07.—10. 07. 77
Friedrichshafen
ham radio '77
26. 08.—04. 09. 77
Berlin
Internationale Funkausstellung 1977
Berlin
30. 08.—05. 09. 77
Zürich
Fera — Schweizerische Fernseh-, Radio-, Phono- und Tonbandgeräte-Ausstellung
04. 09.—11. 09. 77
Leipzig
Leipziger Herbstmesse
05. 09.—08. 09. 77
Kopenhagen
7. European Microwave Conference

Nachrichtenübertragung

Sender- und Koppeltechnik für Lichtleitfaser-Systeme

Dr.-Ing. Stefan Masłowski, Ulm

Dr.-Ing. Oskar Krumpholz, Ulm

Entwicklungstendenzen und Fortschritte auf Teilgebieten der Nachrichtenübertragungstechnik mit Licht zeigen die Autoren in diesem Bericht auf, den sie anlässlich eines Technischen Presse-Colloquiums von AEG-Telefunken vortrugen.

Die Nachrichtenübertragung mit Licht als Nachrichtenträger und Lichtleitfasern als Übertragungsmedium ist heute – rund zehn Jahre nach der ersten diesbezüglichen Patentanmeldung [1] – eine Realität. Realität nicht etwa nur in dem Sinne, daß ein labormäßiger Nachweis der Realisierbarkeit erbracht worden wäre, sondern Realität insofern, als heute bereits Feldversuchssysteme in großem Stil geplant und durchgeführt werden und am zukünftigen Einsatz dieser neuen Dimension in der Nachrichtentechnik nicht mehr ernsthaft gezweifelt wird. Den Durchbruch, der die Erwartung der Wirtschaftlichkeit voraussetzt, brachte hierbei die erstmals in der zitierten Patentanmeldung formulierte Idee, Halbleiterbauelemente als Sender und Empfänger einzusetzen.

Laserdiode als Sender

Auf der Empfangsseite konnte bereits damals mit Halbleiter-Photodioden gerechnet werden, die heute auch als Avalanche-Photodioden mit interner Photostromverstärkung als voll beherrschtes und kommerziell erhältliches Wandlerelement zur Verfügung stehen. Für die Sendeseite wurde zum damaligen Zeitpunkt vorausgesetzt, daß sich der Halbleiter-Injektionslaser zum geeigneten Wandlerelement entwickeln ließe. Doch diese Entwicklung erwies sich als schwieriger als ursprünglich angenommen: Die Laserdiode widerstande sich spröde zunächst der Forde-

rung nach kontinuierlichem Betrieb bei Zimmertemperatur und danach der Forderung nach ausreichender Lebensdauer.

Da andererseits die Entwicklung der Lichtleitfasern wesentlich schneller voranschritt als die der Laserdiode und die Übertragungsverluste auf wenige dB/km sanken, wurde Ausschau gehalten nach einem Ersatz für die Laserdiode als optischem Sender. Hier bot sich die technologisch bereits besser beherrschte Lumineszenzdiode oder LED (light emitting diode) an. Sie erlangte schnell eine Favoritenstellung, die jedoch in jüngster Zeit durch deutliche Verbesserungen der Lebensdauer von Laserdioden wieder ins Wanken geriet. Zu Recht, denn die Laserdiode ist der LED in einem entscheidenden Punkt klar überlegen: In dämpfungsarmen Lichtleitfasern bietet sie um 10 bis 30 dB höhere Signallicht-Leistungspegel bei deutlich besserem Umwandlungswirkungsgrad von elektrischer in optische Energie. Bei hohen Übertragungsraten treten als weitere Vorteile die bessere Modulierbarkeit und insbesondere die schmalere spektrale Emissionsbreite hinzu, die die der Lichtleitfaser eigene Übertragungsbandbreite weit besser auszunutzen gestatten. Daher ist die Laserdiode zweifelsfrei das gegenüber der LED vorzuziehende Sendeelement für Lichtleitfaser-Systeme mit großen Verstärkerabständen und/oder hohen Übertragungsraten.

Freilich muß die Laserdiode auch hinsichtlich der Zuverlässigkeit – bis vor kurzem ihr wunder Punkt – mit der LED konkurrieren können. Und hier hat sich in letzter Zeit vieles getan: Die Betriebszeit von Laserdioden wird nicht

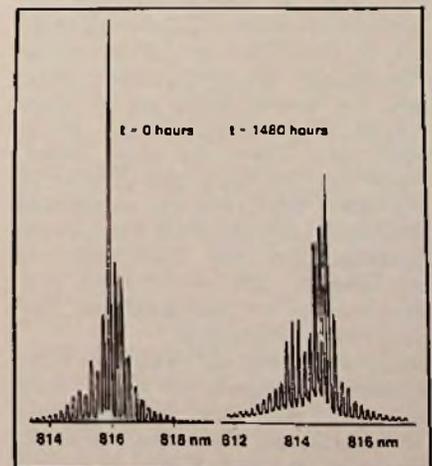
mehr in Stunden, sondern in Jahren gemessen! Auch im Ulmer Forschungsinstitut von AEG-Telefunken laufen Laserdioden eigener Entwicklung in kontinuierlichem Betrieb bereits länger als ein Jahr, teilweise sogar bei erhöhter Temperatur (40 °C Kühlkörpertemperatur). Der für konstante Lichtausgangsleistung erforderliche Betriebsstrom hat sich dabei um nicht mehr als 10 bis 20 % erhöht. Bei gestautem Betrieb bei niedrigen Senderraten werden sogar noch geringere Erhöhungen des benötigten Ansteuerstromes beobachtet. Damit wird die Laserdiode für erste Versuchssysteme einsetzbar, zumal im Laufe der Entwicklung mit weiteren Verbesserungen gerechnet werden kann.

Weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich

Allerdings sind die mit Laserdioden heutiger Bauart erzielbaren Übertragungsraten wegen mangelnder spektraler Reinheit und Schwierigkeiten bei der Modulation über den Ansteuerstrom auf Werte von wenigen hundert Mbit/s begrenzt. Daß hier – neben einer weiteren Erhöhung der Zuverlässigkeit – der Entwicklung noch schwere Aufgaben gestellt sind, mögen die folgenden Beispiele aus der Laborpraxis veranschaulichen.

Ein typisches Spektrum der Ausgangsleistung einer langlebigen Laserdiode in jungfräulichem Zustand und der gleichen Diode nach knapp 1500 Stunden Betriebszeit zeigt Bild 1. Bereits vor Beginn der Alterung emittiert die Diode neben einem dominanten Modus

Bild 1. Typisches Spektrum der Ausgangsleistung einer langlebigen Laserdiode in jungfräulichem Zustand (links) und der gleichen Diode nach knapp 1500 Stunden Betriebszeit (rechts)



Dr.-Ing. St. Masłowski ist Leiter der Hauptabteilung „Physik und Chemie“, Dr.-Ing. O. Krumpholz Leiter des Zentralreferats „Laser- und Glasfaser-Technologie“ im Forschungsinstitut Ulm von AEG-Telefunken

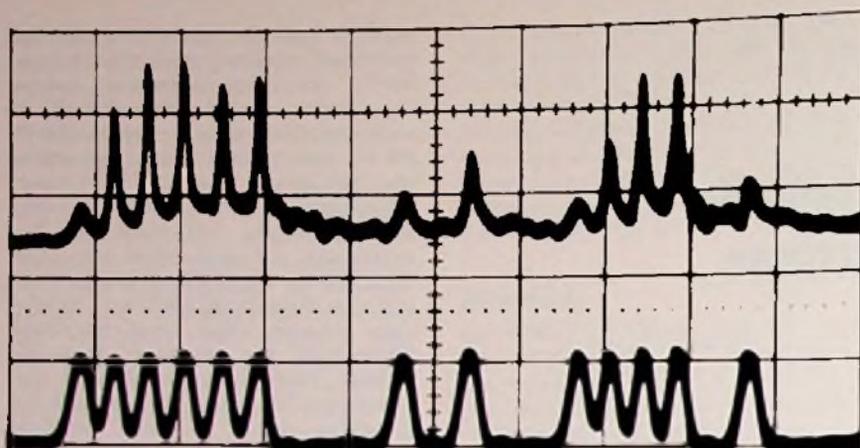


Bild 2. Bit-pattern-Effekt bei Modulation einer Diode mit einem Digitalsignal von 250 Mbit/s;
 untere Spur: das eingeprägte Stromsignal
 obere Spur: optisches Ausgangssignal

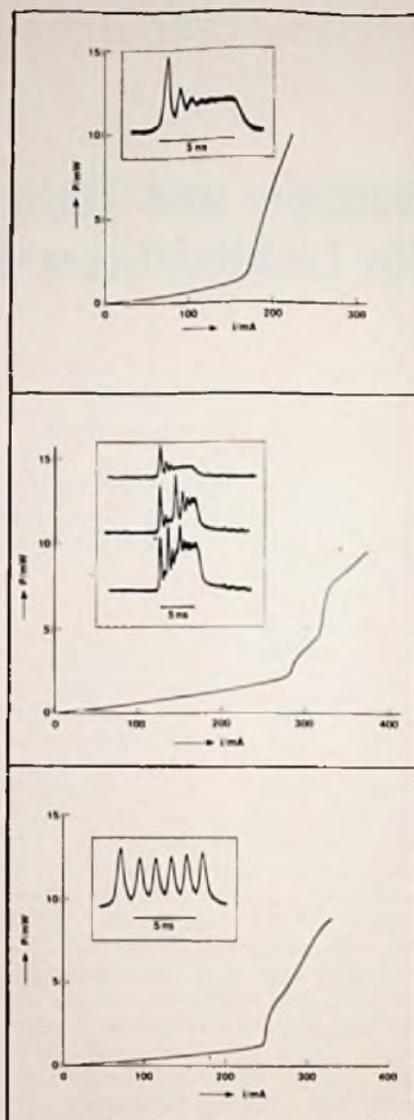


Bild 3. Einschwingverhalten von Laserdioden mit unterschiedlichen Kennlinien beim Ansteuern mit einem Rechteck-Stromimpuls kurzer Anstiegszeit

spiele aus der Laborpraxis lassen erkennen, daß vor der Verwendung von Laserdioden als Sender für höchste Übertragungsraten noch eine Fülle von Schwierigkeiten zu meistern ist. Für Versuchssysteme bei relativ niedrigen Übertragungsraten aber sind sie bereits heute verwendbar.

Koppeltechnik

Nicht nur bei der Weiterentwicklung der Laserdioden als Sendeelement sind in jüngster Zeit wesentliche Fortschritte erzielt worden, sondern auch bei der Lösung der optischen Koppelprobleme,

mehrere zusätzliche Frequenzen. Während der Alterung verbreitert sich das Spektrum deutlich, obwohl sich im vorliegenden Beispiel der für eine konstante Ausgangsleistung erforderliche Ansteuerstrom nur um wenige Prozent erhöht hat. Lichtimpulse aus einer solchen Diode erfahren bei der Übertragung durch eine Lichtleitfaser eine Verbreiterung infolge der Dispersion des Lichtleitfasermaterials, die bei einigen Zehntel Nanosekunden pro Kilometer liegt. Bei mehreren Kilometern Übertragungslänge ist dementsprechend die Übertragungsrate auf wenige hundert Mbit/s beschränkt. Freilich ist auch eine Laserdiode mit derart breitem Emissionsspektrum noch schmalbandig im Vergleich zu einer LED, deren Lichtimpulse durch Materialdispersion in Lichtleitfasern um mehrere Nanosekunden pro Kilometer verbreitert werden.

Der Anwendung von Laserdioden heutiger Bauart für höchste Übertragungsraten stehen außerdem Schwierigkeiten bei der Modulation der Lichtausgangsleistung über den Ansteuerstrom entgegen. Als Beispiel hierfür sei der sogenannte Bit-pattern-Effekt bei Modulation einer Diode mit einem Digital-signal von 250 Mbit/s gezeigt (Bild 2). Die untere Spur stellt das eingeprägte Stromsignal dar, die obere das optische Ausgangssignal der Laserdiode. Es wird deutlich, daß die Höhe der Ausgangsimpulse von ihrer jeweiligen „Vorgeschichte“ abhängig ist.

Dieser Effekt tritt auf, wenn der Pulsabstand des Signals auf Werte verringert wird, die etwa der spontanen Lebensdauer der elektrischen Ladungsträger in der Diode (typischerweise

einige Nanosekunden) entsprechen. In diesem Fall findet jeder Impuls eine von dem vorausgegangenen abhängige Rest-Ladungsträgerdichte vor.

Bei noch kürzeren Impulsabständen bzw. noch höheren Übertragungsraten macht sich ein weiterer Effekt störend bemerkbar: Das Einschwingverhalten der Laserdiode, das auf Wechselwirkungen zwischen den elektrischen Ladungsträgern und der Lichtquelle im Diodeninneren beruht. Es läßt sich am anschaulichsten verdeutlichen, wenn die Diode mit einem Rechteck-Stromimpuls kurzer Anstiegszeit angesteuert wird.

Das Oszillogramm (Bild 3, unten) zeigt eine typische Antwort einer guten Laserdiode auf eine solche Ansteuerung: Das Lichtsignal ist eine Art gedämpfte Schwingung, die erst allmählich in einen stationären Ausgangspegel einmündet. Die Frequenz dieser Schwingung liegt um 1 GHz und ist, ebenso wie die Dämpfungszeitkonstante, von der Höhe des Ansteuerstromes abhängig. In Bild 3 ist außerdem die Dauerstrichkennlinie der in dem Experiment verwendeten Laserdiode eingezeichnet: Oberhalb des Schwellstromes steigt die Ausgangsleistung bei zunehmendem Strom mit im wesentlichen konstanter Steigung an.

Des öfteren aber werden Laserdioden mit weniger geraden Kennlinien beobachtet. Ihr Einschwingverhalten kann recht kompliziert sein (Bild 3, Mitte) oder gar in einer ungedämpften Schwingung bestehen (Bild 3, oben). Dabei können derartige Dioden von der Lebensdauer her oft als ausgezeichnet angesehen werden: Im Ulmer Labor laufen u. a. auch einige Exemplare dieser Art bereits über ein Jahr. Diese Bei-

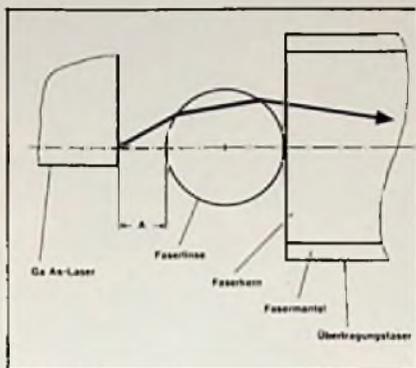


Bild 4. Verfahren zum Erhöhen des Wirkungsgrades einer Laser-Lichtleitfaser-Kopplung

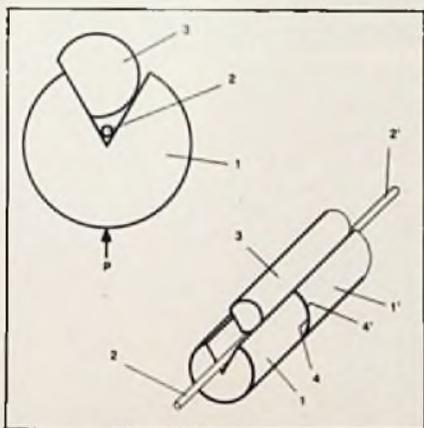


Bild 5. Neuartiges Verbindungsprinzip einer Faser-Faser-Kupplung
 1, 1' - Keramikzylinder
 2, 2' - Faser
 3 - Stahlstift
 4, 4' - Zylinder-Stirnfläche

die bei der Verwendung von Lichtleitfasern als Übertragungsmedium auftreten. Diese Probleme sind dadurch bedingt, daß die Querabmessungen der optisch wirksamen Bereiche aller Komponenten außerordentlich klein sind und mit dementsprechend hoher Genauigkeit zueinander justiert werden müssen, wenn hohe Koppelverluste vermieden werden sollen. Als Beispiele für Fortschritte auf diesem Arbeitsgebiet sollen kurz Lösungsmöglichkeiten für die Kopplung von Laserdioden mit Lichtleitfasern und für die lösbare Kopplung von Fasern untereinander vorgestellt werden.

Laser-Faser-Kopplung

Laserdioden emittieren ihre Ausgangsstrahlung aus einem Bereich der Diodenstirnfläche mit Abmessungen von nur etwa $20 \times 1 \mu\text{m}^2$ in einen Strahlungskegel mit rund $10^\circ/50^\circ$ Öffnungswinkel. Andererseits haben dämpfungsarme Lichtleitfasern mit Gradientenprofil nur Eingangswinkel von höchstens etwa 20° bei Kerndurchmessern um $50 \mu\text{m}$. Infolge dieser Diskrepanz wird nur ein kleiner Bruchteil – nämlich 10 bis 20 % – der vom Laser abgegebenen Leistung von der Faser eingefangen, wenn beide Elemente einfach mit ihren Stirnflächen aufeinander justiert werden.

Mit einem einfachen Trick jedoch läßt sich der Koppelwirkungsgrad erheblich steigern. Das Prinzip ist in Bild 4 dargestellt: Durch eine parallel zum p-n-Übergang der Laserdiode angeordnete zweite Faser in geringem Abstand vom Laserspiegel und unmittelbar vor der eigentlichen Übertragungsfaser wird die starke Strahlaufweitung vermindert. Mit dieser zusätzlichen Querfaser, die die Wirkung einer Zylinderlinse hat, wurden Koppelwirkungsgrade bis zu 70 % erzielt. Allerdings muß der Abstand A zwischen Laser und Faserlinse auf etwa $\pm 5 \mu\text{m}$ eingehalten werden, wenn der Koppelwirkungsgrad mindestens 90 % des Optimalwertes betragen soll.

Faser-Faser-Kopplung

Für die lösbare Kopplung zweier Fasern ist bereits eine Vielzahl von Lösungsvorschlägen bekanntgeworden. Soweit, um die erforderlichen Genauigkeiten für geringe Koppelverluste zu garantieren, eine Justage der Faserenden im Stecker zugelassen wird, scheint sich das bereits früh von AEG-Telefunken vorgeschlagene Doppelaxenzentrierprinzip [2, 3] als einfachster Weg durchzusetzen. Allerdings werden justierbare Steckverbindungen – von Ausnahmefällen abgesehen – wohl nur dort eingesetzt werden, wo die Genauigkeitsanforderungen extrem sind, also bei Monomode-Lichtleitfasern.

Für Lichtleitfaser-Systeme mit Übertragungsraten unter etwa 100 Mbit/s können Multimode-Gradientenfasern Anwendung finden, deren Kerndurchmesser üblicherweise um $50 \mu\text{m}$ liegen. Hier reicht eine Justiergenauigkeit von rund $2 \mu\text{m}$ aus, um die Koppelverluste unter einem halben dB zu halten. Vorausgesetzt, daß der Außendurchmesser der Faser und die Zentrität des Kernes mit dementsprechender Genauigkeit eingehalten werden, werden daher nicht-justierbare Steckverbindungen mit Präzisionslagerung der Fasern möglich. Allerdings bereitet diese



Bild 6. Technische Ausführung der neuartigen lösbaren Multimode-Faser-Faser-Kupplung

Präzisionslagerung erhebliche technische Schwierigkeiten. Alle bisherigen Lösungsvorschläge für praktikable Steckverbindungen mit Koppelverlusten deutlich unter 1 dB leiden daher unter einem der folgenden Nachteile:

- aufwendige Zentrierjustage der Faser bei der Montage des Steckers;
- beide Stecker einer Verbindung sind durch Trennen eines einzigen Präzisionsteiles gefertigt, so daß die Stecker verschiedener Verbindungen nicht untereinander austauschbar sind (matched pairs).

Premiere eines neuen Verbindungsprinzips

Erstmals wurde im Herbst vergangenen Jahres ein Verbindungsprinzip vorgestellt, das diese bisherigen Nachteile vermeidet. Die für die Funktion der Steckverbindung wichtigsten Teile sind in Bild 5 im Querschnitt und in einer perspektivischen Ansicht dargestellt. Das Kernstück des Kupplers bilden zwei Keramikzylinder (1 und 1'), die längs ihrer Oberfläche einen V-förmigen Einschnitt zur Aufnahme der Fasern (2 und 2') aufweisen. Die zu verkopplenden Fasern werden darin mit einem Kleber so befestigt, daß ihre Endflächen mit den Stirnflächen der Zylinder (4 und 4') bündig abschließen. In die Vertiefung greift ein seitlich angeschliffener Stahlstift (3) derart ein, daß die Schlifffläche und eine der Seitenflächen des V-förmigen Einschnittes aufeinander treffen. Keramikzylinder (1') und Stift (3) sind starr im Buchsenteil der Kupplung befestigt, während der Keramikzylinder (1) lose im Steckerteil gehalten ist. Beim Zusammenfügen der beiden Kupplungshälften schiebt sich der über die Stirnfläche (4') des Zylinders (1') etwas hinausragende Stift (3) in den V-förmigen Einschnitt des Zylinders (1). Durch die Kraft (P) einer Feder wird er an den Führungsstift (3) angepreßt und in die gewünschte Lage gebracht. Die Genauigkeit, mit der zwei Zylinder bzw. zwei Fasern in der Kupplung zu-

Forschung und Entwicklung

einander positioniert werden, hängt ausschließlich vom Winkel zwischen den beiden Seitenflächen des Einschnittes ab und nicht vom Zylinder- und Stiftdurchmesser. Dies ermöglicht es, Stecker- und Buchsenteil verschiedener Einzelkupplungen miteinander auszutauschen bzw. ein Steckerteil an verschiedene Buchsen anzuschließen. Bei der Erprobung praktischer Ausführungen der Steckerverbindungen wurden Gradientenfasern mit 45 µm Kern- und 130 µm Außendurchmesser verwendet. Die gemessenen Koppeldämpfungen lagen in allen Fällen unter 0,4 dB. Eine derartige Steckverbindung, die eine Übertragungsfaser mit der Sendeeinheit eines Lichtleitfaser-Systems verbindet, zeigt Bild 6. Sie enthält eine Laserdiode, die nach der vorher beschriebenen Methode mit einer Querfaser an ein kurzes Faserstück angekoppelt ist. Zusätzlich ist in das Gehäuse eine PIN-Photodiode zur Überwachung des Sendepiegels der Laserdiode eingebaut.

Literatur

- [1] DBP 1 254 513 vom 21.12.1966: Mehrstufiges Übertragungssystem für in Pulsmodulation dargestellte Nachrichten. Patentiert für Telefunken, Erlinder Dr. rer. nat. Manfred Börner.
- [2] Lösbare Steckverbindung für Ein-Mode-Glasfaserlichtwellenleiter. AEU 26 (1972) S. 288-289.
- [3] A Simple Connector for Glass Fibre Optical Waveguides. AEU 29 (1975) S. 50-52.

Kurzberichte über Neuheiten aus der Fertigung

Automatisches Testen von Bauteilen bei verschiedenen Temperaturen

Die Temptronic Corporation hat ihre „ThermoSpot“-Familie um das TP250A BCD/TTL erweitert. Das Gerät testet automatisch Bauteile von -80 °C bis +200 °C ohne von außen zugeführte Kühl- oder Wärmedüssigkeiten zu benötigen. Das computergesteuerte Gerät ermöglicht die rasche und genaue Aufnahme der Temperatur-Abhängigkeit der Bauteile-Eigenschaften. Auch große und komplexe Bauteile, wie z. B. Mikroprozessoren, Hybride, LSIs und Speicher können damit getestet werden. Die Meßwertanzeige erfolgt digital.

IC-Lötanlage in Modultechnik

Die Firma Franz Köhler hat für das schnelle und rationelle Löten kleiner und großer Serien von ICs die Lötanlage L 1000 entwickelt. Das Gerät arbeitet mit einer Lötwellenlänge von 140 mm Wellenbreite und nur 40 kg Lötlegierung. Diese wird durch eine Außenbeheizung geschmolzen, um ein Überhitzen und damit Krätzbildung zu verhindern. Eine Schneckenwelle befördert das Lot zur Wellendüse. Als Antrieb



Lötanlage L 1000 der Firma Franz Köhler

dient ein regelbarer Getriebemotor mit Keilriemen. Die bestückten Leiterplatten befördert ein Rundlaufkettentransport mit Mitnehmerzapfen. Alle Gleitschienen und Innenbleche sind aus rostfreiem Edelstahl. Die Lötanlage wird als Tischgerät oder mit Unterbau (siehe Bild 1) geliefert. Eine Absaug-einrichtung steht zur Verfügung.

Systeme für Analog- und Logikprüfungen

Mit den jüngsten Weiterentwicklungen des modularen Prüfsystems „Pegamat“ von Siemens können universelle Analog- und Digital-Automaten zur Prüfung bestückter Leiterplatten und kompletter Geräte aufgebaut werden. Die neuen Bausteine des „Pegamat“ eignen sich auch zum Testen hybrider Schaltungstechniken. Prüfsprache ist „Atlas“ von Siemens, eine adaptierte Version des Standard-„Atlas“. Für die Anschaltung analoger Prüfobjekte steht ein Schaltfeld mit maximal 320 Punkten zur Verfügung. Logikbausteine können mit maximal 360 Anschlußpunkten getestet werden. Zur automatischen Fehlersuche wird ein neuer Tastkopf mit einer außergewöhnlich leistungsfähigen Meßelektronik verwendet.



Weiterentwickeltes „Pegamat“-Prüf-system von Siemens

Automatisches Erfassungssystem für Meßdaten

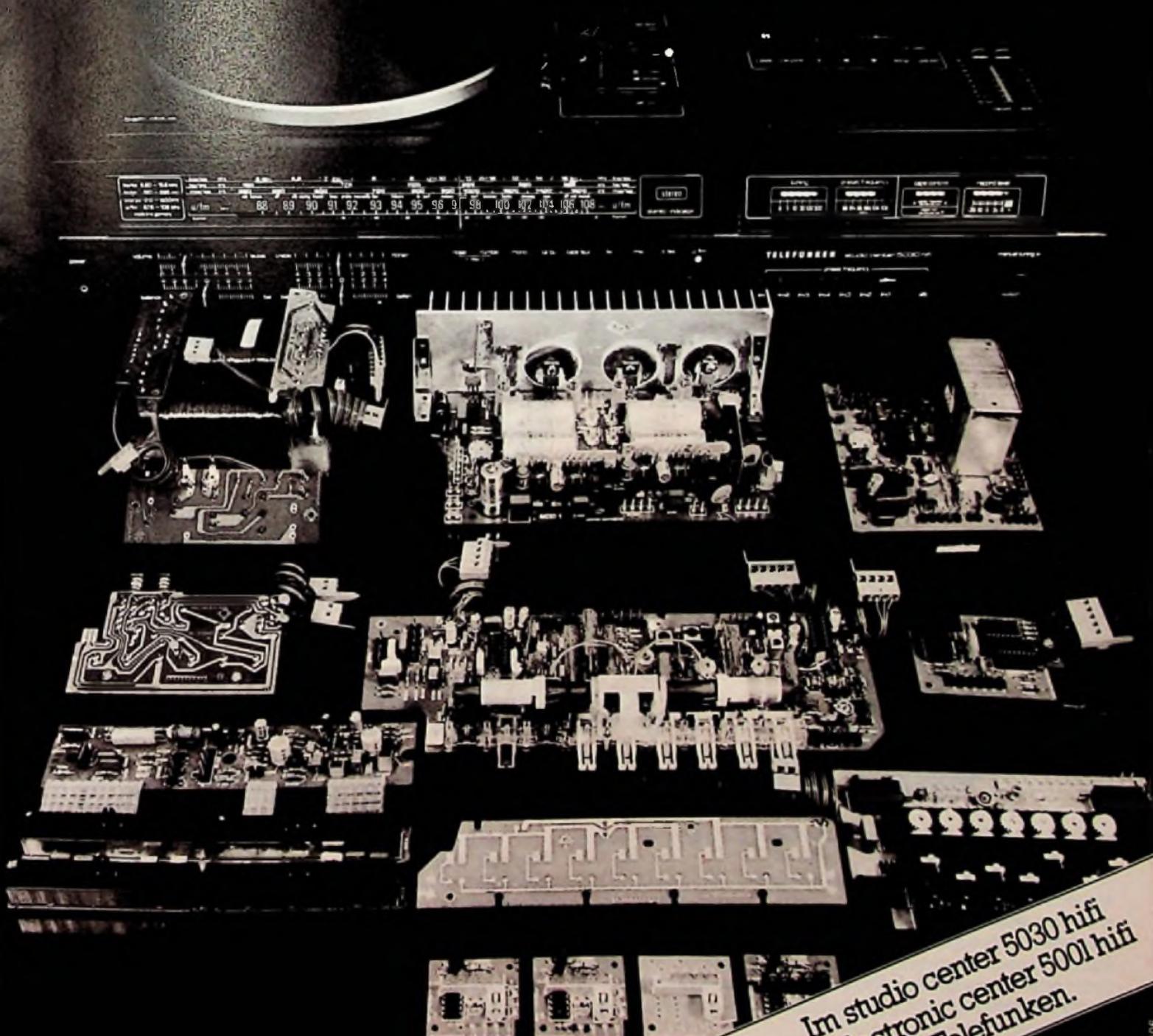
Hewlett-Packards neues Meßdatenerfassungssystem HP 3052 A ist für On-line-Verarbeitung, Prozeßsteuerung, Überwachung, Signalanalyse langsamer elektrischer Vorgänge sowie für Qualitätskontrolle verwendbar. Das Standardsystem besteht aus dem Tischcomputer HP 9825 A als Controller, dem Digitalvoltmeter HP 3455 A, einem schnellen System-Digitalvoltmeter HP



Meßdatenerfassungssystem HP 3052 A von Hewlett-Packard

3437 A und dem Meßstellenumschalter HP 3495 A. Das rasch und genau arbeitende System bietet die gleichen Möglichkeiten wie ein großes, computergesteuertes System.

Die Weltneuheit: Das total-modulisierte HiFi-Chassis 1000. Von Telefunken.



Im studio center 5030 hifi
Im electronic center 5001 hifi
Von Telefunken.

Das interessiert Sie als Techniker:

Total-Modulisierung bei Telefunken heißt: Nichts bleibt drin, Nichts bleibt dran.

Mit dem neuen HiFi-Chassis 1000 bringt Telefunken ein Chassis ohne Kompromisse. Denn es ist nicht nur teil-, sondern gleich total-moduliert.

Das hat zweierlei Vorteile:
 1. Alle Bauteile und Schaltungselemente sind jetzt in funktionsgerechte Moduln gegliedert. Sie sind durch Steckverbindungen untereinander verbunden und liegen in einer Ebene.

Nach dem Lösen des Gehäusedeckels und der Bodenplatte sind alle Moduln von oben und unten problemlos erreichbar.
 2. Bei Telefunken ist nicht nur ein einziges HiFi-Gerät total-moduliert, sondern gleich eine ganze Kompaktanlagen-Familie.

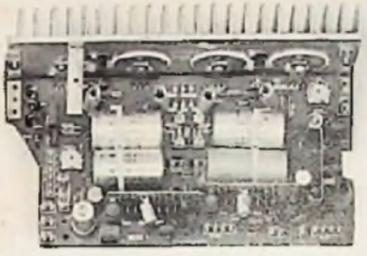
Alle Grund-Moduln sind gleich. Unterschiedlich sind nur solche, die dem jeweiligen Gerät seine spezielle Charakteristik geben. Darum ist alles austauschbar. Und kompatibel mit künftigen Technologien.



Modul 4: Netztrafo mit Sicherungsplatine



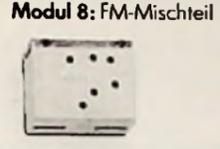
Modul 5: Lautsprecher-Umschaltplatine



Modul 6: NF-Endstufenplatine

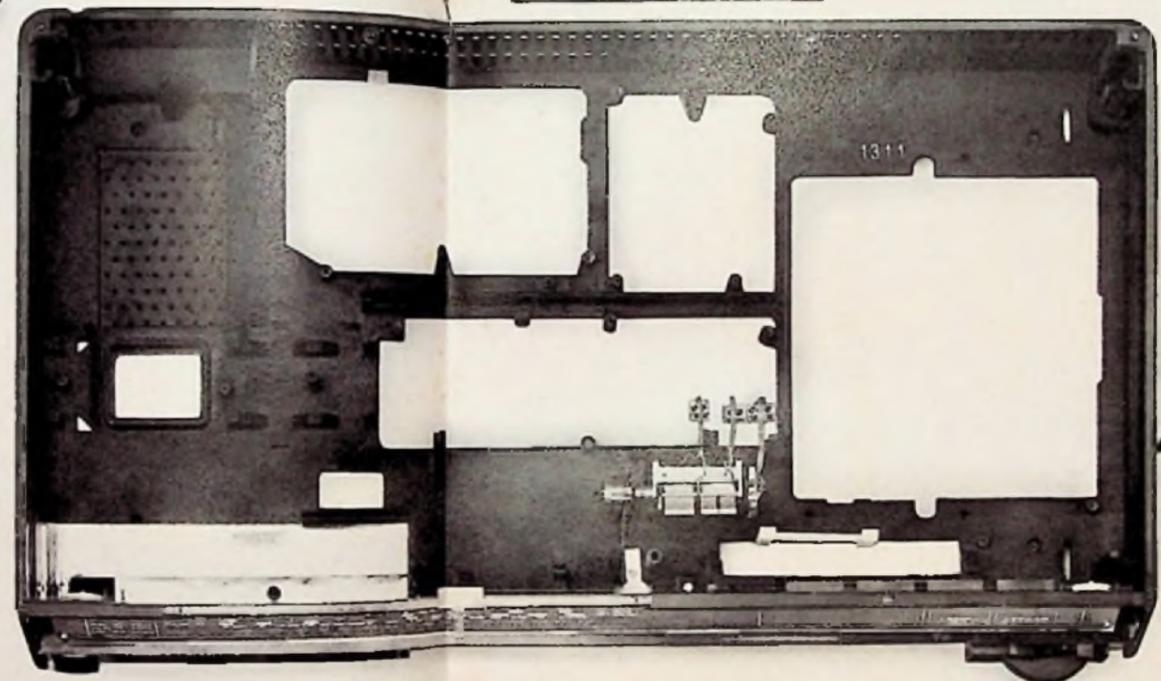


Modul 7: FM-Platine

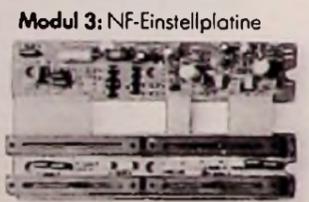


Modul 8: FM-Mischteil

Spieler-Baustein S 400



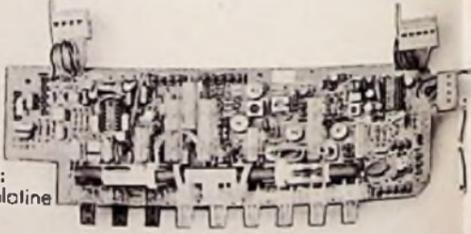
Recorder-Baustein HC 2401



Modul 3: NF-Einstellplatine



Modul 2: Lampenplatine

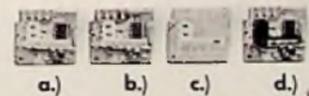


Modul 1: AM-Schalterplatine



Modul 14: FM-Stationssensor

- a.) Modul 9: LED-Feldstärke-Anzeige
- b.) Modul 10: LED-Frequenz-Anzeige
- c.) Modul 11: LED-Aussteuerungs-Anzeige
- d.) Modul 12: LED-Bandlauf-Anzeige



a.) b.) c.) d.)



Modul 13: Steuerplatine für Bandlauf-Anzeige

Das interessiert Sie als Unternehmer:

HiFi-Service lohnt sich wieder, denn in der Werkstatt stimmt es wieder.

1. Weil Sie bestimmen können, ob Sie reparieren wollen. Oder lieber austauschen.
 Drei Arten Moduln lassen Ihnen größtmöglichen Entscheidungs-Spielraum. Es gibt:
a.) Austausch-Moduln. Bei Defekten werden sie ausgetauscht und anschließend entweder bei Ihnen repariert oder bei uns gegen neue ausgetauscht.
b.) Einweg-Moduln für Kleinst-Baugruppen. Werden wie Ersatzteile gehandhabt, weil die Reparatur nicht lohnen würde.

c.) Bausteine. Cassetten-Recorder und Phonoteil sind als Einbau-Chassis konzipiert und können entweder repariert oder komplett im Austausch ersetzt werden.
2. Weil wieder da repariert werden kann, wo repariert werden soll. Bei Ihnen.
Einfacher und schneller: Die Fehlerdiagnose.
 Ein spezielles Modul-Prüfsystem für das HiFi-Chassis 1000 sagt Ihnen zuverlässig, in welchem Modul der Fehler liegt. Wichtig: Die Service-Bedruckung ist da, wo sie gebraucht wird. Auf den Moduln.

Einfacher und schneller: Die Fehlerbeseitigung.
 Defekte Moduln werden einfach gegen intakte getauscht. Bei der Reparatur hilft Ihnen die Telefunken-Service-Anleitung.
3. Weil Sie kein aufwendiges Teilelager anlegen müssen.
 Es gibt keine Modul-Inflation. Denn die Moduln sind innerhalb einer ganzen Geräte-Familie baugleich und damit austauschbar.
4. Weil Sie eine 18-Monate-Teile-Garantie bekommen.
 Innerhalb 18 Monaten nach Herstellungsdatum ersetzen wir alle mit der Code-Nummer gekennzeichneten Moduln kostenfrei. Danach zu einem günstigen Preis.

5. Weil Ihr Kundendienst wieder echten Dienst am Kunden bietet. Lange Wartezeiten sind nun vorbei, denn durch die Telefunken-Total-Modulisierung gehört Ihr HiFi-Service zu den schnellsten.
6. Und weil Telefunken-Total-Modulisierung nicht nur neue HiFi-Service-Qualität bedeutet. Sondern gleichzeitig neue HiFi-Geräte-Qualität. Total-modulierte Geräte lassen sich nicht nur besser warten, sondern auch besser fertigen: Denn je kleiner die Baugruppe, desto einfacher läßt sie sich herstellen. Die Zahl der Fehlerquellen nimmt ab, die Zahl der Prüfungen nimmt zu, und die Qualität wird damit besser.

Das interessiert Ihre Kunden:

Neue Klasse, neue Formen.

Neue Ausstattung, neuer Komfort. Neuer Klang, neuer Spaß. Die ersten Total-Modulisierten von Telefunken.

Telefunken electronic center 5001 hifi

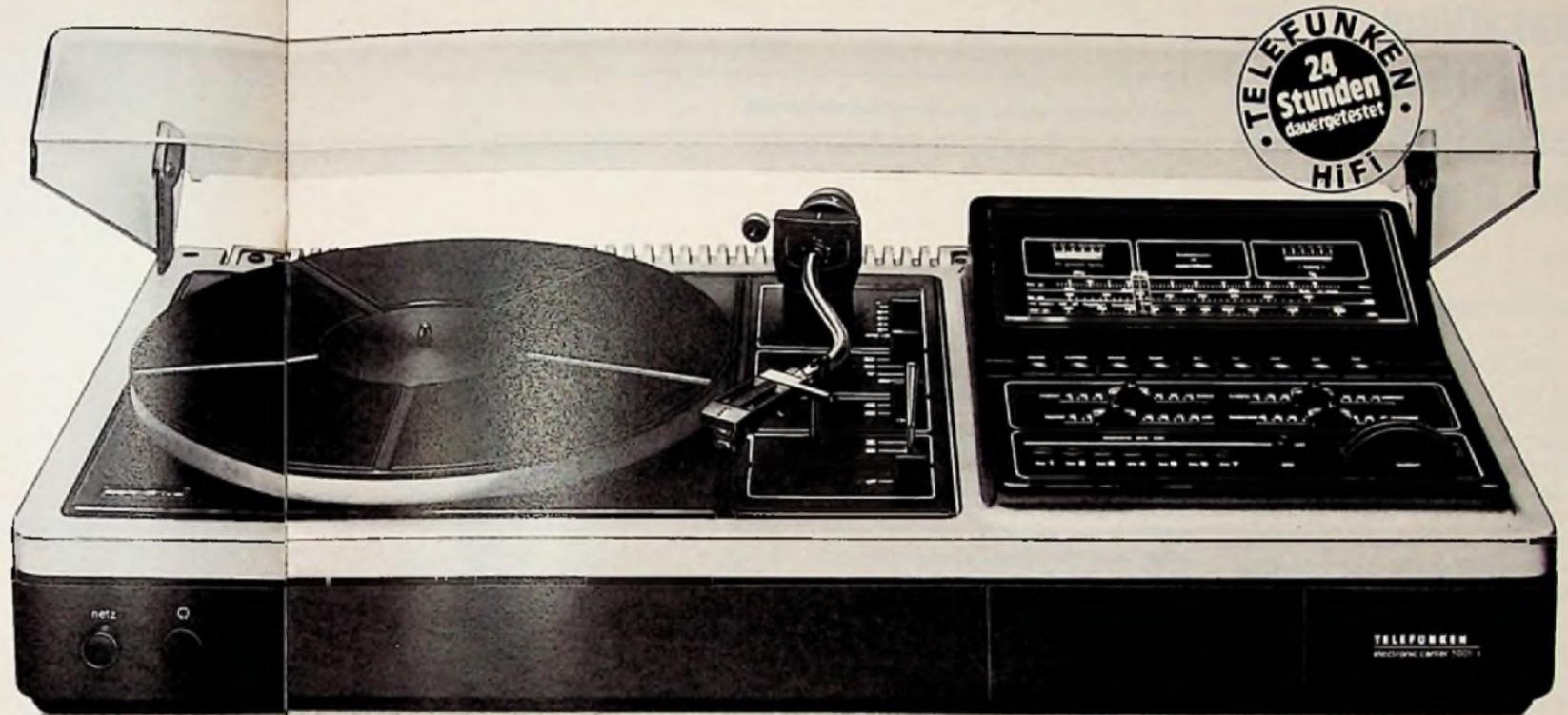
Gehäuse: Kunststoff, Farbe mattschwarz/silber oder nußbaum. Maße (B/H/T): 70,6 x 17,3 x 36,3 cm (inkl. Rauchglas-Abdeckhaube mit Spezial-Drehgelenk). Lieferbar ab Juni 1977.

Phonoteil

- Vollautomatischer HiFi-Plattenspieler mit Riemenantrieb.
- Drehzahlen: 33 $\frac{1}{3}$ und 45 U/min.
- Antriebsart: 16poliger Synchronmotor.
- Tonhöenschwankungen: $\leq \pm 0,12\%$.
- Rumpel-Fremdspannungsabstand: ≥ 40 dB.
- Rumpel-Geräuschspannungsabstand: ≥ 60 dB.
- Magnet-System: Shure M 75 MG Typ 2.
- Antiskating-Einrichtung.
- Tonarm-Handlift.

Receiverteil

- Nennleistung: 2 x 30 Watt an 4 Ω
- Musikleistung: 2 x 50 Watt.
- Frequenzumfang: 20 - 20000 Hz $\pm 1,5$ dB.
- Klirrfaktor: $\leq 0,5\%$.
- FM-Übertragungsbereich: 20 - 16000 Hz (-3 dB).
- FM-Eingangsempfindlichkeit: $\leq 0,9 \mu V$ (160 Ω) $\leq 1,8 \mu V$ (240 Ω).
- 4 Wellenbereiche: UKW, MW, LW, KW.
- 7 UKW-Stationssensoren.
- UKW-Scharfjustierung (AFC), abschaltbar.
- Einstellbare UKW-Stillabstimmung (muting).
- Elektronische Einschaltverzögerung.
- Rausch- und Rumpelfilter.
- LED-Abstimmanzeigen für tuning und preset-frequency.
- 6 Lautsprecheranschlüsse schaltbar: Für 2-Raum-Stereo und Quadro-Raumklang.
- Kopfhöreranschluß nach DIN 45327 an der Frontseite.
- Gehörliche Lautstärkeregelung.
- Eingänge: Phono magn., Reserve (Aux), Band-Aufnahme und -Wiedergabe oder Phono krist.



TELEFUNKEN
24 Stunden
dauergetestet
HIFI

TELEFUNKEN
24 Stunden
dauergetestet
HIFI

Telefunken studio center 5030 hifi

Gehäuse: Kunststoff mit massiver Druckgußblende, mattschwarz. Maße (B/H/T): 70,6 x 19,3 x 39,6 cm (inkl. Rauchglas-Abdeckhaube mit Spezial-Drehgelenk).

Phonoteil

- Vollautomatischer HiFi-Plattenspieler mit Riemenantrieb.
- Drehzahlen: 33 $\frac{1}{3}$ und 45 U/min.
- Antriebsart: 16poliger Synchronmotor.
- Tonhöenschwankungen: $\leq \pm 0,12\%$.
- Rumpel-Fremdspannungsabstand: ≥ 40 dB.
- Rumpel-Geräuschspannungsabstand: ≥ 60 dB.
- Magnet-System: Shure M 75 MG Typ 2.
- Antiskating-Einrichtung.
- Tonarm-Handlift.

Receiverteil

- Nennleistung: 2 x 30 Watt an 4 Ω
- Musikleistung: 2 x 50 Watt.
- Frequenzumfang: 20 - 20000 Hz $\pm 1,5$ dB.
- Klirrfaktor: $\leq 0,5\%$.
- FM-Übertragungsbereich: 20 - 16000 Hz (-3 dB).
- FM-Eingangsempfindlichkeit: $\leq 0,9 \mu V$ (160 Ω) $\leq 1,8 \mu V$ (240 Ω).
- 4 Wellenbereiche: UKW, MW, LW, KW.
- 7 UKW-Stationssensoren.
- UKW-Scharfjustierung (AFC), abschaltbar.
- Einstellbare UKW-Stillabstimmung (muting).
- Elektronische Einschaltverzögerung.
- Rausch- und Rumpelfilter.
- LED-Abstimmanzeigen für tuning und preset-frequency.
- 6 Lautsprecheranschlüsse schaltbar: Für 2-Raum-Stereo und Quadro-Raumklang.
- Kopfhöreranschluß nach DIN 45327 an der Frontseite.
- Gehörliche Lautstärkeregelung.
- Eingänge: Phono magn., Reserve (Aux), Band-Aufnahme und -Wiedergabe oder Phono krist.

Cassettenteil

- Antriebsart: Elektronisch geregelter Gleichstrommotor
- Rauschunterdrückung: IC-DOLBY-Processor.
- Mikrofoneingang.
- Frequenzumfang: 30 - 15000 Hz (CrO₂).
- Gleichlaufschwankungen: $\leq \pm 0,2\%$.
- Fremdspannungsabstand: ≥ 55 dB (Dolby).
- Tonhöenschwankungen: $\leq \pm 0,2\%$.
- Löschdämpfung: ≥ 60 dB (CrO₂).
- Geräuschspannungsabstand: ≥ 64 dB (DOLBY + CrO₂).
- Umschaltmöglichkeit auf FeCr-Bänder.
- Individuelle Aufnahme-Möglichkeiten (automatisch oder manuell).
- Spracheinblendungen (über Mikrofon in die laufenden Aufnahmen möglich).
- LED-Anzeigen für tape-control (Bandlaufrichtung und Umspulgeschwindigkeit) und record-level (Bandaussteuerungs- und Wiedergabe-Anzeige).
- 4-fach Bandend-Abschaltung mit Tastenauslösung.

TELEFUNKEN

High Fidelity für Profis, Fans und Amateure



IC-Technik

Operationsverstärker mit besonders niedrigem Rauschen

Klaus Kanitz, Hamburg

Der NF-Operationsverstärker TDA 1034 von Valvo ist speziell für kritische Anwendungen gedacht, bei denen bisher diskrete Teile notwendig waren. So können mit ihm in der Studiotechnik rauscharme Verstärker, aktive Filter und Mischer aufgebaut werden. Bei einer Leistungsbandbreite von 70 kHz liefert der Baustein an einer Last von 600 Ω eine maximale Ausgangsspannung von 10 V.

Integrierte Operationsverstärker sind lineare ICs, die zur Zeit in besonders großen Stückzahlen produziert werden. Ihre Handhabung ist genauso selbstverständlich geworden wie die Verwendung von diskreten Transistoren und Dioden. Neben Standardprodukten gibt es Sonderschaltungen, die spezielle Eigenschaften aufweisen, wie hohe Anstiegsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung und großen Eingangswiderstand.

Die Schaltung TDA 1034 ist ein Bauelement mit besonders geringen Rauschwerten bei gleichzeitig guten Treibereigenschaften. Sie ist kompatibel zu den meisten Standard-Bauelementen, wie uA 741, TBA 221, LM 307 usw.

Herkömmliche Operationsverstärker bestehen aus drei Gruppen: Eingangsstufe, Zwischen-Verstärkerstufe und Ausgangsstufe. Dieses Schaltungskonzept findet sich bei allen Operationsverstärkern wieder. Das besondere Problem derartiger Schaltungen liegt bei den PNP-Transistoren, die verwendet werden, um die Gleichspannungs-

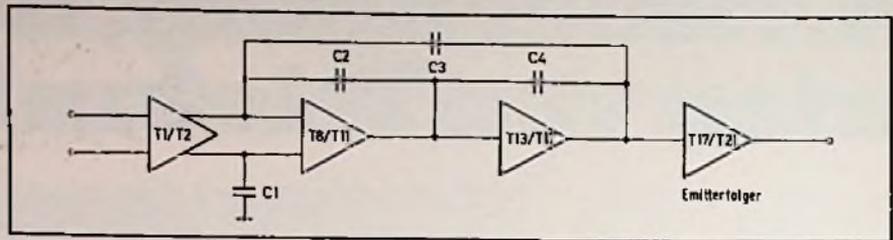


Bild 1. Blockschaltung des Operationsverstärkers

pegel anzupassen. Diese PNP-Strukturen in integrierter Technik haben ein schlechteres Frequenzverhalten als gleichartige NPN-Transistoren, was sich in der ausnutzbaren Bandbreite bemerkbar macht.

Die integrierte Schaltung TDA 1034 ist ein 3stufiger Verstärker (Bild 1) mit einer zusätzlichen Ausgangsstufe. Die erste Stufe besteht aus NPN-, die zweite Stufe aus PNP- und die dritte Stufe aus NPN-Transistoren. Um die Nachteile der PNP-Transistoren auszuschalten, wird ab etwa 200 kHz die zweite Stufe mit dem Kondensator C2 überbrückt. Das Eingangssignal gelangt dann direkt von der ersten Stufe über diesen kapazitiven Nebenschluß zur dritten Stufe. Für Frequenzen kleiner 200 kHz ist also der Verstärker 3stufig, oberhalb 200 kHz jedoch 2stufig.

Das Diagramm der Leerlaufspannungsverstärkung als Funktion der Frequenz zeigt diesen Übergang als Knick in der Kennlinie (Bild 2). Man kann ebenfalls erkennen, daß für einen bestimmten Verstärkungswert die Grenzfrequenz beim TDA 1034 höher als bei üblichen Operationsverstärkern ist.

Die erste Stufe des Verstärkers wird aus den Transistoren T1 und T2 (Bild 3) gebildet, die zweite Stufe aus den Transistoren T8 und T11 und die dritte Stufe aus den Transistoren T13, T16 und T17. Die Endstufe setzt sich aus den Transistoren T21 und T17 zusammen. Um die Kennwerte der Eingangsstufen-Transistoren nicht durch hohe Spannungsspitzen zu verschieben, sind die Schutzdioden D1 und D2 eingefügt. Bei niederohmigen Signalspannungsquellen sind vor die Eingänge K2 und K3 Schutzwiderstände zu schalten um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Die Versorgung der ersten Stufe mit einem Gesamtstrom von 300 μ A wird über den Transistor T3 hergestellt. Die dafür notwendige Regelschaltung wird aus den Stromspiegeln von T4, T6 und T5, T7 zu-

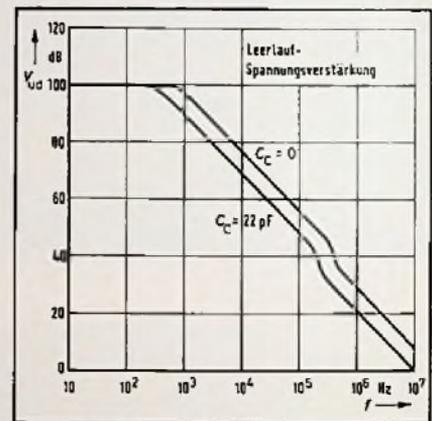


Bild 2. Kennlinie

Daten des IC TDA 1034

Versorgungsspannung	$U_P = 15\text{ V}$ $-U_N = 15\text{ V}$
Großsignalspannungsverstärkung	$V_{ud} = 100\ 000$
Kleinsignalspannungsverstärkung bei $f = 10\text{ kHz}$	$V_{ud} = 6\ 000$
Transitfrequenz	$f_1 = 10\text{ MHz}$
Arbeitsbereich der Ausgangsspannung	$U_q = -13 \dots +13\text{ V}$
Eingangsrauschspannung bei $f = 30\text{ Hz}$	$U_{ir} = 5,5\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
bei $f = 1\text{ kHz}$	$U_{ir} = 3,5\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$

sammen mit den zugehörigen Widerständen gebildet. Diese Stromregelschaltung dient gleichzeitig über den T14 für die Stromerzeugung der Ausgangsstufe. Diese Schaltungsart stellt unabhängig von der Höhe der Speisepannung eine genaue Referenzschaltung zur Verfügung.

Da dieser IC auch für Studio-NF-Anwendungen vorgesehen ist, wird bei normaler Betriebsspannung eine Großsignal-Bandbreite von größer 50 kHz

Ing. (grad.) K. Kanitz ist Mitarbeiter des Valvo Unternehmensbereich Bauelemente der Philips GmbH in Hamburg.

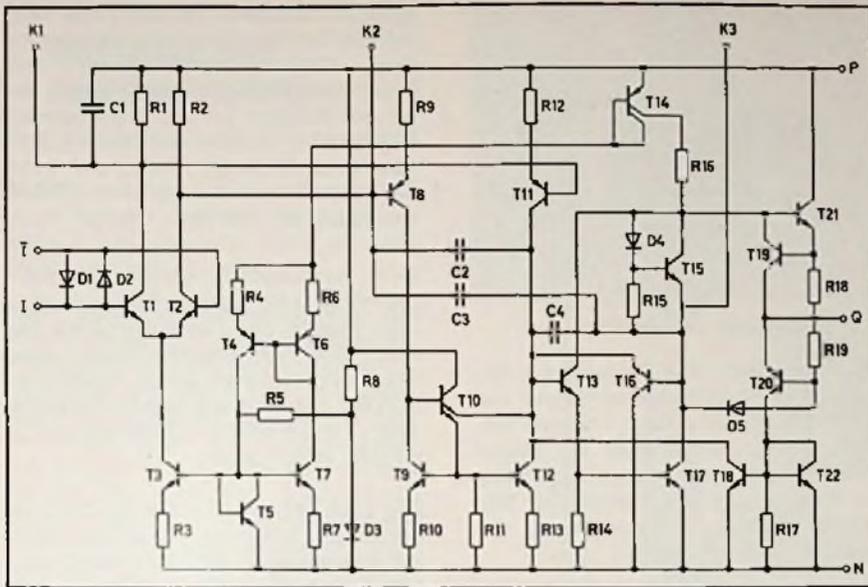
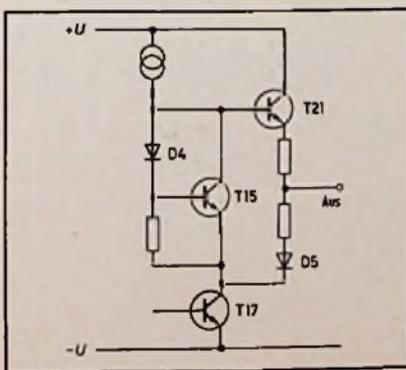


Bild 3. „Innenleben“ des ICs

gefordert. Das erfordert eine sehr hohe Anstiegsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung von mindestens $5 \text{ V}/\mu\text{s}$. Weil gleichzeitig ein geringes Rauschen erwünscht ist, kann eine Emitter-Gegenkopplung zur Vergrößerung der Anstiegsgeschwindigkeit nicht verwendet werden. Die Eingangstransistoren sind aus diesem Grund so bemessen worden, daß dieser Verstärker eine Klein-Signal-Bandbreite (Kompensation der Verstärkung 1) von etwa 10 MHz aufweist. Unsymmetrien des Verstärkers können an den Eingängen K1 und K2 durch Beschaltung kompensiert werden. Die Stromspiegelschaltung arbeitet auf einem geringen Stromniveau, ein sicheres Anlaufen ist darum nicht immer gewährleistet. Deshalb sind die Widerstände R5 und R8 und die Diode D3 notwendig, die den negativen Effekt verhindern.

Bild 4. Ausgangsschaltung (Detail)



Oberhalb einer Frequenz von 200 kHz schließt die Kapazität C2 zwischen dem Kollektor vom Transistor T11 und der Basis des Transistors T8 die zweite Verstärkerstufe kurz. Die zwischen den Eingängen K2 und K3 auf dem Kristall integrierte Kompensationskapazität C3 von 10 pF genügt für eine gegengekoppelte Verstärkung von 3. Für die Verstärkung von 1 muß extern eine Kapazität von 22 pF zugeschaltet werden. Dadurch vermindert sich die Anstiegsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung von $13 \text{ V}/\mu\text{s}$ auf $6 \text{ V}/\mu\text{s}$.

Die Ausgangsstufe (Bild 4), die einen Strom von 38 mA liefert, ist in NPN-Technik aufgebaut. Für positive Halbwellen erfolgt die Verstärkung über einen Emitterfolger (T21); der Strom für negative Halbwellen wird direkt von der dritten Verstärkerstufe (T17) geliefert. Die Gleichstromverstärkung ist trotz dieser Unsymmetrie für beide Halbwellen nicht wesentlich verschieden (100 000).

Gegenüber konventionellen PNP/NPN-Push-Pull-Ausgangsstufen weist eine derartige Schaltung ein besseres Frequenzverhalten bei kapazitiver Last auf. Eine optimale Geometrie des Transistors T17 sichert gutes Frequenzverhalten oberhalb 1 MHz. Die Ausgangsstufe T21 wurde ebenfalls erheblich vergrößert, um Sättigungseffekte auszuschließen.

Neben einer elektrischen Rückkopplung gibt es bei integrierten Schaltungen auch eine thermische Rückkopplung: die Ausgangsstufe wirkt thermisch auf die Eingangsstufe zurück. Man kann aber

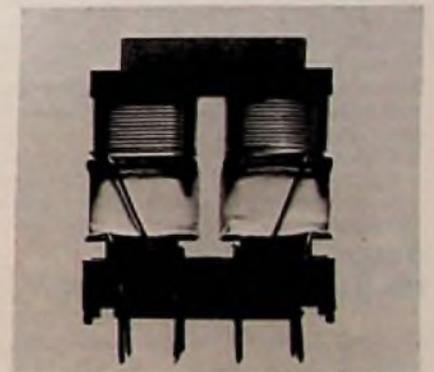
das Layout des ICs so anlegen, daß die thermische Rückkopplung vermieden wird.

Die integrierte Schaltung TDA 1034 wird unter der Bezeichnung TDA 1034 N mit garantierten Rauschwerten geliefert. Diese garantierten Rauschwerte gelten sowohl für 1 kHz als auch für 30 Hz. Sie ist außerdem in drei verschiedenen Gehäusen erhältlich, damit hat der Anwender mehrere Möglichkeiten bei der Geräte-Konstruktion. ■

Kurzberichte über neue Bauelemente

Neue Netzentstördrossel

Die neue Netzdrossel Bauform UU 2 der Vogt & Co. KG ist vielseitig verwendbar, speziell aber für die Netzentstörung von Fernsehgeräten geeignet. Die Drossel hält nicht nur Störspannungen des Netzes vom Gerät fern; bei Stromversorgung über Schaltnetzteile blockt sie auch auftretende Störspannungen gegenüber dem Versorgungsnetz ab. Die Netzdrossel ist für eine Durch-



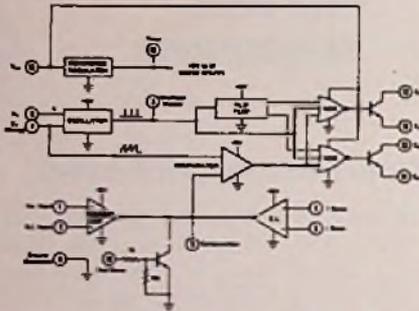
Netzentstördrossel UU 2 von Vogt

gangsleistung von rd. 150 VA ausgelegt. Für Störspannungen bildet sie eine sehr hohe Impedanz. Der Realteil des Scheinwiderstandes ist dagegen extrem klein, um die Wirkverluste so gering wie möglich zu halten. Der Induktivitätswert beträgt je nach Ausführung 10...30 mH. Drosselspulen der Reihe UU 2 sind mit einem U-Kernpaar

U 25 aus dem Vogt-Werkstoff Fi 311 aufgebaut. Die hohe Curie-Temperatur von 220 °C und die mit steigender Temperatur sinkenden Verluste dieser Ferritkerne garantieren einen störungsfreien Betrieb auch bei hohen Temperaturen.

Schaltregler-IC für getaktete Netzteile

Mit den monolithischen Pulsbreiten-Modulatoren SG 1524 J, SG 2534 J und SG 3524 J von Silicon General lassen sich getaktete Netzteile und Gleichspannungswandler mit 80 % Wirkungsgrad aufbauen. Der Baustein, der im 16poligen Keramikgehäuse unterge-

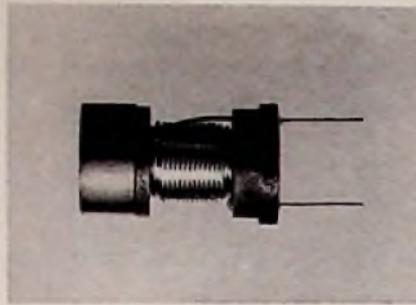


Block-Diagramm des Regler-ICs

bracht ist, verbraucht nur 10 mA Ruhestrom und ist bei 25 °C bis 1 W belastbar. Betrieb bis zu 100 kHz ist möglich, wobei das Tastverhältnis von 0 ... 45 % variiert werden kann. Der Chip enthält alle wichtigen Funktionen, wie 5-V-Referenzspannung, Oszillator, Komparator, Fehlersignal-Verstärker, Start-Schaltung, Strombegrenzungsschaltung, Puls-Modulator, Steuer-Flipflop sowie zwei Ausgangstransistoren.

Neue Linearitätsspule für gedruckte Schaltungen

Die Vogt & Co. KG hat als Neuheit die Linearitätsspule Bauart LS auf den Markt gebracht. Die Spule dient zum Einstellen der Horizontal-Linearität in Schwarz-Weiß- und Farbfernsehgeräten. Die Verwendung verschiedener Magnetwerkstoffe und Wickeldaten führte zu einer Reihe von Spulenvarianten, die an die verschiedenen Horizontalablenkspulen optimal angepaßt sind. Die Linearitätsspule besteht aus einem weichmagnetischen rollenförmigen Kern, der die Wicklung trägt, sowie einer permanentmagnetischen, axial magnetisierten Scheibe, die mit



Lineartätsspule LS von Vogt

einer Stirnseite des Rollenkerne verbunden ist. Der Permanentmagnet bewirkt die gewünschte Vormagnetisierung. Die Linearitätsspule der Bauart LS ist für die Verwendung auf gedruckten Schaltungen vorgesehen. Die Wickelenden bilden gleichzeitig die Anschlußstifte im Raster von 10 mm.

Fernseh-Bauteile

Kombinierter UHF-VHF-Tuner

Mit dem neuen kombinierten UHF-VHF-Tuner F6000 hat GTE Sylvania einen Tuner herausgebracht, der 30 % weniger Raum benötigt als zweiteilige Tuner und außerdem rascher im Fernseh-

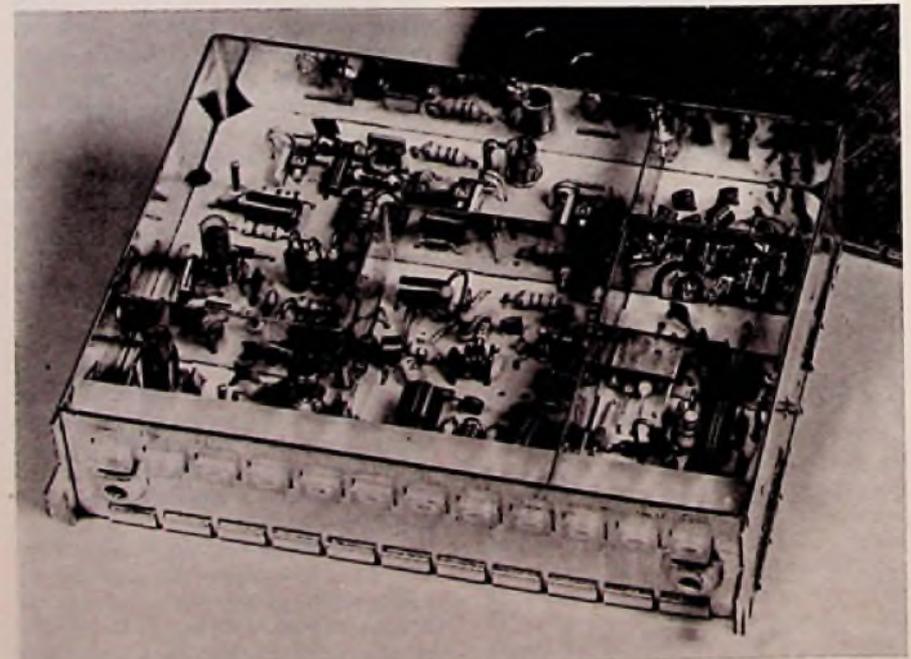
gerät zu installieren ist. Der F6000 paßt auf die üblichen Modul-Steckfassungen und erfüllt die CCIR-Normen. Der Tuner verwendet Varicap-Dioden, wobei das Schalten auf die verschiedenen Bänder durch Ändern der Versorgungsspannungen erfolgt. Außerdem kann der Tuner zusammen mit Sensor-Schaltern betrieben werden.

Sein Eingangsteil enthält ein PIN-Dioden-Dämpfungsglied. Dieses ermöglicht, sowohl das Rauschverhältnis als auch das Stehwellenverhältnis über das ganze VHF-Band so zu reduzieren, daß der jeweils bestmögliche Empfang unter verschiedenen Empfangsbedingungen erzielt wird.

Der UHF-Teil des Tuners ist ganz in gedruckter Schaltung ausgeführt, aber mit diskreten Zwischenstufen-Bandfilterteilen ausgerüstet. Das Fehlen von koaxialen $\lambda/4$ -Resonatoren oder Stripline-Komponenten vereinfacht die Montage erheblich.

Der Tuner umfaßt die Kanäle E21 bis E29 und damit das ganze UHF-Band. Der Abstimmungsbereich liegt zwischen 0,7 V und 28 V. Bei Verringern der AGC-Spannung von 9 V auf 2 V sinkt die Verstärkung um 40 dB.

Kombinierter UHF-VHF-Tuner von GTE Sylvania



Meldungen über neue Bauelemente

Adapter

Neue Adapter von BNC auf Bananen-Stecker und -Buchsen bietet Pomona Electronics an.

Neue Frontplatten-Einbauelemente. Die Firma Mentor hat ihr Programm für Frontplatten-Einbauelemente erweitert. Neu sind ein 19-mm-Cermet-Trimmer mit einem Einstellbereich von 19 Umdrehungen sowie ein 2poliger Druckumschalter mit LED-Anzeige in den Farben Rot, Gelb und Grün, Größe 10 mm X 10 mm. Die Einbauelemente sind in einheitlichen Gehäusen untergebracht und in allen Einschubsystemen verwendbar. Die elektrische Verbindung erfolgt gleichzeitig mit dem maschinellen Einlöten der übrigen Elemente der Leiterplatte.

Gleichspannungs-Regelmoduln. Spirig bietet eine Reihe neuer Gleichspannungs-Regelmoduln der Econo-Klasse für max. 10 A und 1... 40 V an. Die Moduln sind komplett mit dem Kühlkörper vergossen, Aus- und Eingang sind polarisationsgeschützt. Der Ausgang ist zusätzlich überlastgeschützt.

Funktionsmoduln und Schalttafelinstrumente mit Flüssigkristallanzeige. Die von der Data-Modul GmbH angebotenen neuen Flüssigkristallanzeigen (LCD-Moduln) sind flach und raumsparend auf einer gedruckten Schaltung aufgebaut. Die Moduln sind vierstellig und können mit verschiedenen Zifferngrößen ausgerüstet werden. Das Modulspektrum umfaßt vier Serien mit folgenden Funktionseinheiten: Quarzuhren-Moduln in CMOS-Technik, Vorwärtszähler mit BCD-Multiplex-Ausgang, Display-Aufbau mit Speicher, Dekoder und Treiberschalter sowie Digitalvoltmeter mit Autoranging und Autozero für vier Bereiche.

Neue Kondensatoren. Zum Bau von hochwertigen Filtern in der Nachrichtentechnik liefert Valvo jetzt Polystyrol-Kondensatoren der Baureihe 443 in kleinen Bechern. — Funkentstörkondensatoren PMKT der Reihe 330 sind mit axialen und ab sofort auch mit radialen Anschlüssen erhältlich. Der Kapazitätsbereich geht von 0,01... 0,03 µF. — Speziell für Schaltnetzteile hat Valvo Elektrolyt-Kondensatoren der Baureihe 106 SMPS entwickelt. Diese zeichnen sich durch niedrige Werte für ESR sowie durch sehr kleine Reiheninduktivitäten aus.



Stereo- und Quadrofonie ohne Kompromisse - unverkennbar SHURE

„Das Beste aus zwei Welten“, das bietet das neue Shure M24H Tonabnehmersystem dem Musikfreund!

Dieses System ist optimiert für diskrete Quadrofonie (CD-4) ohne Einbußen bei stereofoner Wiedergabe. Es entfällt damit die Notwendigkeit, bei jedem Wechsel der Schallplattenart das Tonabnehmersystem gleichfalls wechseln zu müssen! Die optimale Abstimmung Stereo/Quadro wird bei einer Auflagekraft von 1p bis 1,5p* erreicht, was auch dem Auflagedruck von Stereotonabnehmern der obersten Preisklasse entspricht. Weitere M24H Eigenschaften: ... eine sehr geringe bewegte Masse des Abtaststiftes von 0,39mg ... hyperbolischer Diamantschliff ... ein hochkoerzitiver „Dyonic® X“ Magnet ... ein Frequenzgang mit einer Anhebung des unhörbaren Trägerfrequenzbereiches, so daß optimale Stereowiedergabe und optimale CD-4 Demodulation vereint sind.

Falls Sie Ihre Anlage um Quadro zu erweitern suchen, jedoch Ihre Stereoplattensammlung weiterhin abspielen wollen, dann ist das M24H DAS Tonabnehmersystem für Sie!

* 1 bis 1,5p = 10 bis 15mN (Millinewton).
Neue, internationale Maßeinheit für Kraft.



2+4

MODEL M24H
STEREO +
QUADRI-PHONIC
CARTRIDGE

Meldungen über neue Bauelemente

Thermostatisierter Schwingquarz. AEG-Telefunken hat als Neuheit den thermostatisierten Schwingquarz TQ 02 herausgebracht. Im Vergleich zu früheren temperaturkompensierten Quarzoszillatoren zeichnet er sich durch hohe Frequenzstabilität bei nur geringer Temperaturabhängigkeit aus sowie durch sehr kleines Volumen, größeren Frequenzbereich, niedrige Kosten und extrem hohe Lebensdauer.

LSI-Schaltung mit Logik für Digitalvoltmeter. Von der Plessey Deutschland GmbH kommt mit dem Typ MP 3202 B eine LSI-Schaltung in P-Kanal-MOS-Technik, die für den einfachen Aufbau von 3½-stelligen Digitalvoltmetern geeignet sind. Die ganze Logik ist auf einem Chip untergebracht. Da dieser nach dem „Dual-Slope“-Verfahren arbeitet, hängt die Anzeigegenauigkeit allein von der Stabilität der Referenzspannungsquelle ab.

Integrierter Bild-ZF-Verstärker. Der TDA 2540 und 2541 von Valvo für Farbfernseh- und Schwarz-Weiß-Empfänger ist in den Daten identisch mit den früheren diskreten Lösungen. Der Unterschied zwischen dem TDA 2540 und 2541 liegt allein in der Anpassung an die AFC der verwendeten Tuner. Der erstere hat einen Regelspannungsausgang für NPN-Tuner, der letztere einen für PNP-Tuner.

Neue nichtlineare Widerstände. Valvo bietet seit neuestem Zinkoxydvaristoren mit niedrigen Beta-Werten für Überspannungsbegrenzung an, die statt 1600-V-Diode und RC-Glied mit 800-V-Diode und Schutzvaristor ausgerüstet sind. — Ferner hat Valvo niederohmige Kaltleiter für Überlastungsschutz und Kurzschlußleistungsbegrenzung auf den Markt gebracht, die statt Bimetallschalter jetzt Überlastkaltleiter haben.

Hochspannungskaskaden mit einstellbarer Fokusserspannung. Die neuen Silizium-Hochspannungskaskaden BG 1897 und BG 1898 von Valvo sind Weiterentwicklungen und Ergänzungen des bewährten Modells BG 1895. Der BG 1897 ist ein Bleeder-Widerstand in Dickschichttechnik hinzugefügt. Dieser hat einen Abgriff für die Fokusserspannung; die Einstellung erfolgt über einen veränderlichen, außen angebrach-

ten Widerstand. Vorteile: hohe Bildstabilität, Gleichlauf zwischen Fokussier- und Hochspannung sowie selbsttätige Entladung der Bildröhre. Die BG 1898 hat ein separat gekapseltes Dickschicht-Potentiometer, das mit dem 8,5-kV-Anschluß der Kaskade lösbar verbunden ist.

4½-stelliges A/D-Wandler-Paar. Mit dem ICL 7103 stellt Intersil einen digitalen Schaltkreis vor, der zusammen mit dem ICL 8052 ein 3½-stelliges Digitalvoltmeter bildet. Die A-Typen beider Versionen ergeben ein 4½-stelliges DVM. Gemultiplexte BCD-Ausgänge steuern LED-Anzeigen an. Automatischer Nullabgleich und Polaritätsumschalter sowie Latches und Multiplexer sind auf dem Chip integriert.

Zenamic-Metalloxydvaristoren. Die International Rectifier GmbH hat seine Zenamic-Metalloxydvaristoren-Reihe um den Miniatur-Zenamic Z 7 L erweitert. Die mit Drahtanschlüssen versehenen Bauelemente mit einem Durchmesser von 10 mm gibt es für Spannungen von 150 ... 1000 V (bei 1 mA). Die Stoßenergie liegt zwischen 1 und 8 Joule je nach Typ. Zenamics werden in Schaltkreisen verwendet, wo keine hohen Spannungsspitzen auftreten dürfen.

Neue monolithisch integrierte Schaltung. AEG-Telefunken kündigt eine neue monolithisch integrierte Schaltung (TDA 4180P) an, die als Empfängerverstärker für Fernbedienungssysteme (z. B. Ultraschall- oder Infrarot-Signalübertragung) verwendbar ist. Die Schaltung zeichnet sich aus durch hohe Empfindlichkeit, hohe Verstärkung, externe Wählbarkeit, extern beeinflussbare Bandpaß-Charakteristik sowie Übersteuerungsfestigkeit.

Neue Silizium-Mesa-Dioden. AEG-Telefunken wird demnächst eine Reihe neuer Silizium-Mesa-Dioden herausbringen, nämlich die Typen BYV12 bis 16, BYW 32 bis 36 und BYW 72 bis 76. Es handelt sich hierbei um schnelle Gleichrichter und Schalter speziell für den zeilenfrequenten Betrieb im Fernsehgerät. Ihre besonderen Merkmale sind: Hermetische Glaspasivierung, gute Wärmeableitung über die Anschlußdrähte und kleiner Sperrstrom.

Keramikkondensatoren in Bantamgehäusen. Sprague liefert jetzt Keramikschiebkondensatoren in 4-PIN-DIL-Bantamgehäusen. Diese Reihe wurde speziell für Schaltungen der Hochfrequenz-, Daten- und Signalverarbeitung entwickelt. Sie zeichnet sich durch

niedrige Impedanz bei sehr hohen Frequenzen aus (Induktivität < 4 nH). Die Standardkapazitätswerte sind 0,01, 0,022, 0,047 und 0,1 μ F bei 100 V Gleichspannung.

Neue Fassungen für Transistoren und ICs. Die Firma Fischer-Elektronik hat nun auch 14- und 16polige Fassungen für LED-Anzeige in ihr Fertigungsprogramm aufgenommen. Die Fassungen sind mit verschiedenen Abwinkelungen der Anschlüsse lieferbar, entsprechend den Anzeigewinkeln 90° , 60° und 45° zur Leiterplatte. Präzisionsbuchsen aus Berylliumkupfer, vernickelt und vergolddet, gewährleisten eine ausgezeichnete Kontaktierung. — Für Transistoren und ICs wurden Super-Flach-Fassungen im TO-5-Gehäuse in 3-, 4-, 8- und 10poliger Ausführung entwickelt.

1stellige 14-mm-Sieben-Segment-Anzeigen. Monsanto vervollständigt die Familie von Displays mit 14 mm Symbolhöhe durch zwei neue Sieben-Segment-Anzeigen. Der Typ MAN6660 hat eine gemeinsame Anode, der Typ MAN6680 eine gemeinsame Katode. Der Dezimalpunkt liegt jeweils rechts, die Lichtstärke ist hoch, und der Minimalwert beträgt 510 μ cd bei einem Segmentstrom von 20 mA. Die Anzeigen eignen sich besonders für Meßinstrumente, Digitaluhren und so weiter.

RCM-Keramik-Scheibenkondensatoren. Die Alfred-Neye-Enatechnik liefert kurzfristig RCM-Keramik-Scheibenkondensatoren zur allgemeinen Anwendung (Typ ML-KCG) und solche für Hochspannung (Typ ML-HK-HVS). Den erstgenannten Typ gibt es von 1 pF bis 1 nF und Nennspannungen von 500 V. Der letztgenannte Typ ist erhältlich von 200 pF ... 2200 pF und Nennspannungen von 7,5, 10 und 15 kV. Ein dritter Typ (ML-HK-HV) ist für Anwendungen im HF-Bereich bestimmt. Die Kapazitätswerte liegen zwischen 100 pF und 10 000 pF, die Nennspannungen betragen 2, 3, 4, 5 und 6 kV.

Chip-Widerstände. Die Fa. EMC brachte eine neue Serie von Universal-Chip-Widerständen CR 1 bis CR 7 heraus. Die Größen der Chips variieren zwischen 1,27 mm \times 0,76 mm (75 mW) und 5,1 mm \times 2,5 mm (2 W Belastbarkeit). Sie sind sowohl in Dick- als auch in Dünnschichtschaltungen einsetzbar. Um die Stirnflächen gezogene Anschlußkappen ermöglichen es, den Chip in jeder Lage zu löten oder zu kleben. Lieferbar sind die Widerstandswerte von 5 Ohm bis 100 Megohm mit Toleranzen von 1 bis 20 %.

**Neue
Fachbücher**

Oszilloskopieren leicht und nützlich. Von B. Gruber. Band 302 der Taschenbuchreihe „Wissen und Können“. 2. Auflage. 104 Seiten, 106 Bilder. Balacron-Einband. Preis: 12,50 DM. Richard Pflaum Verlag, München.

Besonders in der Halbleitertechnik sind viele Vorgänge nur noch mit Oszilloskopen zu erfassen. Doch schon vorher war das Oszilloskop das am vielseitigsten zu verwendende Meßgerät. Der vorliegende Band gibt eine unkomplizierte Einführung in den Gebrauch des Oszilloskops, wobei die Beschreibung von Aufbau und Wirkungsweise des Geräts sich auf das unbedingt Nötige beschränkt. Der Schwerpunkt liegt bei den Anwendungsmöglichkeiten des Geräts: Messung von Gleich-, Wechsel und Störspannungen; von Strom, Frequenz und Blindwiderständen; Messung von Phasenverschiebungen, Drehzahlen, Kurzzeit- und Einschaltvorgängen. Auch die Aufnahme von Dioden- und Transistorkennlinien und die Darstellung von Lissajous-Figuren werden erklärt. Daneben erhält der Praktiker gute Tips über die Auswahl des für ihn zweckmäßigsten Oszilloskops sowie Anleitungen zum Bau kleiner Hilfsgeräte. Ratschläge für die Behandlung und Pflege des Oszilloskops bilden Schluß des Bandes.

Lothar Starke: Bauelementelehre der Elektronik. 247 Seiten, 287 Bilder, elf Tabellen. Preis: 24,80 DM. Frankfurter Fachverlag 1975, ISBN 3-87234-021-2

Dieser Band ist der tatsächlich geglückte Versuch, strenge Wissenschaftlichkeit und gute Verständlichkeit zu vereinen. Viel dazu beigetragen haben die Illustrationen, die sehr gut den Text ergänzen. Der Auszubildende sollte damit ebenso angesprochen sein wie Anwärter auf den Elektronikpaß oder Studenten der Erstsemester. Gut eignet sich das Werk außerdem zum Nachschlagen in der Praxis oder zum Selbststudium: es ist didaktisch geschickt aufgebaut. Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Transformatoren, Halbleiterbauelemente, Informationsspeicher und Röhren werden entsprechend dem aktuellen Stand erläutert. Besonders gründlich befaßte sich der Autor mit magnetfeldabhängigen, optoelektronischen und Bauteilen mit Sondereigen-

schaften. Die Lehrerfahrung, die der Verfasser als Leiter einer Elektronikschule sammelte, haben diesem Band gut getan. Er ergänzt den Titel „Schaltungslehre der Elektronik“ vom gleichen Autor. gbw

Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten. Von J. Eisele. Band 301 der Taschenbuchreihe „Elektropraxis“. 2. Auflage. 128 Seiten, 67 Abbildungen. Preis: 12,50 DM. Balacron-Einband. Richard Pflaum Verlag, München.

Die Spürnase für Fehlerursachen, die die meisten Praktiker im Laufe der Zeit entwickeln, versagt manchmal bei unüblichen Störungen oder bei weniger bekannten Geräten. In diesen Fällen ist ein systematisches Vorgehen mit Hilfe von gezielten Messungen und Suchtabellen nötig, um den Fehler schrittweise einzukreisen und zu identifizieren. Der vorliegende, von einem erfahrenen Praktiker geschriebene Band gibt einen Überblick über Fehlerarten, Fehlersuchverfahren und -strategien sowie die Meßgeräte, die zur rationellen und zeitsparenden Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten gebraucht werden. Die Fehlersuchtechniken für Starkstrom- und Fernmeldeanlagen wurden in der zweiten Auflage ergänzt durch solche für Heißwasserbereiter und Antennenanlagen.

Praxis elektronischer Steuerungen in Digitaltechnik. Von O. Kielhorn und L. Müller. Band 207 der Taschenbuchreihe „Wissen und Können“. 115 Seiten, 69 Bilder. Preis: 10,50 DM. Balacron-Einband. Richard Pflaum Verlag, München.

Das Buch ist leicht verständlich geschrieben und ganz auf die Praxis zugeschnitten. Es wendet sich sowohl an Entwickler als auch an Benutzer von elektronischen Steuerungen. Lehrlinge und Studenten, in deren Lehrplan dieses Gebiet oft zu kurz kommt, werden das Buch ebenfalls mit Gewinn lesen. Der Band beginnt mit einer Einführung in die duale Zähltechnik. Digitale Vergleicherschaltungen zeigen, wie diese Technik mit dem Problem des Positionierens zusammenhängt. Danach folgt ein Überblick über Wegmeßverfahren, Richtungserkennungsschaltungen, Spindel spiel, Positionierungsarten und numerische Steuerungen. Im dritten Kapitel wird dargelegt, wie man Steuerungsaufgaben elektronisch lösen kann. Die gegebenen Beispiele umfassen: Steuerungen für Sortierautomaten, Laufkatzen, Drehmaschinen und Bohrvorrichtungen. Das letzte Kapitel enthält nützliche Hinweise zum Thema

„Aufbausysteme“. Der neueste Stand der Normung von elektronischen Schaltschränken (19-Zoll-Schränke), Leiterplatten, Steckverbindern und lötfreien Verdrahtungsarten wird beschrieben. Dieser Band bildet zusammen mit dem anderen Band „Grundlagen elektronischer Steuerungen in Digitaltechnik“ (von den gleichen Verfassern) ein vollständiges Ganzes.

Zierl, Richard: Neue Radiotechnik. 224 Seiten mit 127 Zeichnungen und 35 Fotos. Gebunden 24 DM. Telekosmos-Verlag, Francksche Verlagshandlung Stuttgart 1976. ISBN 3-440-04343-6

Der Verfasser begnügt sich nicht mit der klaren und verständlichen Erklärung der Grundlagen und Zusammenhänge der heutigen Rundfunktechnik, er macht auch Vorschläge für den Eigenbau und für kleine Versuche. Der Leser erfährt, wie Radiowellen entstehen, übermittelt und empfangen werden. Man lernt, Schaltbilder zu lesen, weiß, was ein „Superhet“ ist und wird auch mit den wichtigsten Qualitätskriterien für Hi-Fi-Stereoempfänger bekannt gemacht. Der Autor hat das Buch auch noch mit einem Formelanhang versehen, mit dessen Hilfe die Daten, die für Rundfunkempfänger wichtig sind, selbst berechnet bzw. überprüft werden können. Der Band vermittelt dem Laien einen verständlichen Zugang zur Radiotechnik und ist andererseits auch dem jungen Techniker und dem gestandenen Praktiker nützlich zur Auffrischung oder Erweiterung des Wissens. gbw

Integrierte Schaltungen in Fernsehempfängern. Von O. Krug. Band 108 der Taschenbuchreihe „Wissen und Können“. 120 Seiten, 20 Bilder. Preis: 9,50 DM. Balacron-Einband. Richard Pflaum Verlag, München.

Moderne Schwarz-Weiß- und Farbfernsehgeräte enthalten fast alle integrierte Schaltungen. Für den Fernseh- und Servicetechniker ist es deshalb wichtig, diese ICs genauer zu kennen, da es ihm die Beurteilung erleichtert, ob ein bestimmter IC funktionsfähig oder defekt ist. Der vorliegende Band beschreibt gebräuchliche ICs in ihrer Wirkungsweise und anhand von Schaltungsbeispielen. Der Fachmann findet die Daten, die er zum Durchdenken der Außen-schaltungen benötigt (Verwendungszweck, Sockelschaltungen, Richtwerte usw.). Für den Auszubildenden ist der Stoff leicht faßlich in Fragen und Antworten unterteilt, wobei bei einem Teil der ICs zum besseren Verständnis auch auf die Innenschaltungen eingegangen wird.

Wir bauen Netzgeräte. Geräte zur Gleichstromversorgung für Hobby und Berufsbereich. Von W. Baltinger. Reihe „Telekosmos Hobby-Elektronik“. 100 Seiten, 62 Zeichnungen, 12 Fotos. Preis: 12,80 DM. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

Für die Halbleitertechnik benötigt man Spannungen zwischen 2 und 60 V und somit regelbare Netzgeräte. Wie man sich solche selbst bauen kann, zeigt dieses neu herausgekommene Taschenbuch. Sein Verfasser, ein versierter Praktiker und Pädagoge, gibt mehr als nur einige Bauanleitungen. Von einem einfachen Grundtyp ausgehend, erklärt er schrittweise alle Baustadien bis zum elektronisch stabilisierten und stufenlos regelbaren Labornetzgerät mit Strombegrenzung und Sicherheitsschaltung. Alle Bauteile sind im Handel erhältlich. Die Kosten für die Geräte schwanken zwischen 50 DM und 350 DM.

Glimmdioden und Zifferanzeigeröhren. Von F. Bergtold. Band 103 der Reihe „Wissen und Können“. 116 Seiten, 72 Bilder. Preis: 8,50 DM. Balacron-Einband. Richard Pflaum Verlag, München. Der Band vermittelt in anschaulicher Weise ein solides Grundwissen über die verschiedenen Arten von Glimmröhren und Glimmdioden, deren Funktionsweise, Betriebszustände und Verwendungsmöglichkeiten. Schaltungsbeispiele und -berechnungen werden angegeben für den Bau von Gleichspannungsstabilisierungs- und verschiedenen Überwachungs- und Anzeigeschaltungen. Daneben findet man die Beschreibung eines Zeitschalters mit Glimmdioden und von Impulsgebern mit einstellbarer Impuls- und Pausendauer. Genaue Definitionen der wichtigsten Fachausdrücke runden das nützliche Buch ab.

PIN- und Schottky-Dioden. Technologie, Herstellung, Anwendung. Von E. Renz. 312 Seiten, 347 Abbildungen und 22 Tabellen. Preis: 64,- DM. Kartoniert. Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg.

Dieses praxisnah, lebendig und mit großer Sachkenntnis geschriebene Buch zu lesen macht Spaß. In übersichtlicher und leichtverständlicher Weise informiert es über alles, was Studenten, Entwickler und Prüffeldingenieure über PIN- und Schottky-Dioden wissen sollten, ohne sich dabei in überflüssige Details zu verlieren. Der erste Teil des Buches befaßt sich nur mit PIN-Dioden, der zweite ausschließlich mit Schottky-

oder „Hot-Carrier“-Dioden. Neben Herstellung, Aufbau und Funktionsweise werden Eigenschaften und Betriebsverhalten der Dioden ausführlich erläutert (wie z. B. Schaltzeiten, Rauschfaktor, Belastbarkeit, Leistungsverluste, Impedanz in Fluß- und Sperrrichtung, thermische Zeitkonstanten, Durchbruchspannung sowie Misch- und Modulationsverhalten. Typische Steuer-, Schalt-, Begrenzer-, Tor-, Detektor-, Phasenschieber-, Misch- und Modulations-schaltungen werden besprochen. Die wichtigsten Verfahren zur Messung und Berechnung der Diodenschaltungen und ihrer Eigenschaften sind angegeben. Auch Tips zur Diodenanpassung in den Schaltungen und Einbauhinweise fehlen nicht. Zwei Literaturverzeichnisse enthalten über 150 zum Teil neueste Titel.

Elektronik-Hobby. Erprobte Schaltungen — leicht nachzubauen. Von Werner W. Diefenbach. 2., verbesserte Auflage. 228 Seiten, 200 Abbildungen und Skizzen, 8 Tabellen. Preis: 24,80 DM. Kartoniert. Richard Pflaum Verlag, München.

Das Buch enthält über fünfzig ausführliche Bauanleitungen, vom Detektorempfänger bis zum gebrauchstüchtigen Meßgerät. Anfänger wie Fortgeschrittene finden darin „ihre“ Schaltungen für Rundfunkempfänger, NF-Verstärker, Prüf- und Meßgeräte sowie andere Elektronik-Geräte (z. B. Lichtschranke, Warnsirene, Alarmgerät, Fernthermometer und Geiger-Müller-Indikator). Eine gediegene Zusammenstellung von Halbleiter-Fachausdrücken, Codes, Formeln und Nomogrammen sowie reichhaltige Verzeichnisse über Bezugsquellen und Literatur beschließen den sehr informativen Band.

Anwendung und Funktion von Dioden und Gleichrichtern. Von D. Hirschmann. Band 110 der Taschenbuchreihe „Wissen und Können“. 88 Seiten, 61 Bilder. Preis: 12,50 DM. Balacron-Einband. Richard Pflaum Verlag, München.

Das Buch gibt einen kurzgefaßten aber ausgezeichneten Überblick über die vielen Arten heute verfügbarer Halbleiterdioden (Zener-, Lawinen-, Tunnel-, PIN-, Schottky-, Gunn-, IMPATT-, TRAPATT-, Rückwärts-, Kapazitäts-, Punktkontakt- und Speicherschaltioden, sowie magnetische Dioden, Thyristoren und Hallgeneratoren). Aufbau, Eigenschaften und Kennlinien der Dioden werden angegeben und ihre speziellen Anwendun-

gen besprochen. Prinzipschaltungen zeigen die Funktion der verschiedenen Dioden als Gleichrichter, Schalter, Mischer, Spannungsverdoppler, -begrenzer und -stabilisator, als Schwingungserzeuger und Impulsformer sowie als Modulator und Demodulator. Tabellen, Faustformeln und Diagramme ermöglichen die Berechnung einfacher Schaltungen. Das Buch schließt mit einer kurzen Beschreibung des europäischen und des amerikanischen Bezeichnungssystems für Halbleiterdioden.

Fernsteuern elektronisch. Von der Lichtfernsteuerung bis zur 3-Kanal-Fernlenkanlage. Von R. Zierl. Telekosmos-Reihe „Hobby-Elektronik“. 68 Seiten, 21 Zeichnungen und 10 Fotos. Preis: 8,80 DM. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

Das Taschenbuch enthält die nachbau-sichere Beschreibung einer drahtlosen, aus 3-Kanal-Sender und -Empfänger bestehenden Fernsteueranlage, die sowohl zum Steuern von Modellautos als auch von Modellflugzeugen und -schiffen geeignet ist. Dazu werden Probleme der Entstörung, des Einbaus ins Modell sowie Abgleichvorgänge ausführlich besprochen. Die ersten Kapitel befassen sich mit der Lichtfernsteuerung und dem Bau eines Prüfempfängers für das 27-MHz-Band. Ein Formelanhang, ein Bezugsquellenverzeichnis und ein Sachregister beschließen den Band.

Motorflugmodelle. Praktikum für Freunde des Flugmodellbaus. Von E. Rabe. 2., verbesserte Auflage. 164 Seiten mit 136 Abbildungen. Preis: 18,- DM. Kartoniert.

Richard Pflaum Verlag, München.

Das Buch vermittelt das Wissen über all die Dinge, die den Modellbau so interessant machen. Nach einem kurzen Überblick über die verschiedenen Modelltypen und ihre Eigenheiten werden die Ruderkonstruktionen und der Einbau der Fernsteueranlage ausführlich behandelt; ebenso die Überprüfung des Modells auf einwandfreien Zusammenbau und richtiges Flugverhalten. Auch die Motoren kommen nicht zu kurz. Die physikalischen Grundlagen des Fliegens werden erläutert sowie die Baumaterialien und Bautechniken diskutiert. Ein kleiner historischer Abriss zeigt die Entwicklung der Flugmodelle. Bei der Neuaufgabe wurden die Veränderungen beim Kunstflugprogramm berücksichtigt. Dazu wurden solche Modelle neu aufgenommen, die sich in der Praxis besonders gut bewährt haben.

Für den jungen Techniker

Bauelemente — Grundwissen für Praktiker

Teil 3

Welche grundlegenden Eigenschaften die Bauelemente der Elektronik haben und wie sie in der Praxis für verschiedene Anwendungen dimensioniert werden, behandelt Otmar Kilgenstein, Professor an der Fachhochschule Nürnberg, in dieser Serie für den jungen Techniker. Einen Überblick über die Gliederung der gesamten Serie gibt der Kasten auf Seite W & S 62.

1.2.3 Drahtwiderstände

Sollen große Leistungen bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen des Widerstandskörpers abgeführt werden, empfiehlt sich die Verwendung von Drahtwiderständen. Typen mit glasierter Oberfläche sind besonders günstig. Da der Draht nicht beliebig dünn gemacht werden kann, sind solche Widerstände nur bis zu einem Wert von etwa 100 k Ω lieferbar. Um keine großen Änderungen des Widerstandswertes bei Vollast zu bekommen (laut Datenbuch zwischen 3% und 6%), soll die Über-temperatur 200...250 °C möglichst nicht überschreiten. Diese liegt aber dann doch wesentlich höher als die zulässige Temperatur für Schichtwiderstände. Ein ebenso hoch belastbarer Schichtwiderstand hat wesentlich

größere Abmessungen als ein vergleichbarer Drahtwiderstand. Werden Drahtwiderstände bis zum Grenzwert belastet, muß beachtet werden, daß die dabei auftretende Temperatur kein Unheil in Halbleiterschaltungen anrichten kann.

Bild 1.12 und 1.13 zeigen die Lastminderungskurve sowie die Über-temperatur der Drahtwiderstände.

1.2.4 Einstellbare Widerstände

Für viele Anwendungen wird ein Widerstand gefordert, dessen Wert stetig veränderbar ist. Widerstandstrimmer, oft offene Bauweise, weil für versteckten Einbau und damit für seltene Betätigung, werden meist mit einem Schraubenzieher eingestellt. Muß der Widerstandswert häufig während des Betriebs nachgestellt werden (beispielsweise die Lautstärke eines Rundfunkempfängers), verwendet man als Einstellwiderstände Potentiometer. Diese sind geschlossen und haben eine Einstellachse, auf der ein Drehknopf befestigt werden kann.

Die Widerstandsschicht besteht in der einfachsten Ausführung aus einer Kohleschicht auf einem Hartpapierträger (Anwendungsklasse JSG). Bei höheren Anforderungen (Anwendungsklasse GND) ist die Kohleschicht auf einem Keramikkörper aufgebracht. Noch bessere Ausführungen haben eine Metallglasurschicht auf Keramik (Cermet) oder eine Metallfilmschicht auf Keramik. Einstellbare Widerstände für höhere Leistungen sind als Drahtwiderstände ausgeführt; die Drahtwicklung ist oft bis auf die Schleiferbahn durch eine eingebrannte Glasur geschützt. Die einstellbaren Widerstände werden nur in wenigen Werten und deren Zehnerpotenzen gefertigt: von etwa 10 Ω bis zu 5 M Ω (Drahtwiderstände von 1 Ω bis 100 k Ω). Lieferbare Werte: 1,0; 2,2 (2,5) und 4,7 (5,0) mit den entsprechenden Zehnerpotenzen.

Toleranzen der Kohleschichtwiderstände: bis 100 Ω +50 %/– 30 %; 100 Ω bis 1 M Ω \pm 20 %; 1 M Ω bis 5 M Ω \pm 30 %. Metallfilm- und Cermet-Einstellwiderstände sind mit kleineren Toleranzen (bis zu \pm 1 %) herstellbar.

Die üblichen Ausführungen einstellbarer Widerstände haben eine im Kreisbogen aufgebrachte Widerstandsschicht mit einem Drehwinkel bis zu

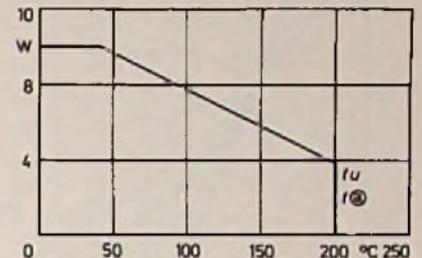


Bild 1.12. Lastminderungskurve des Drahtwiderstands

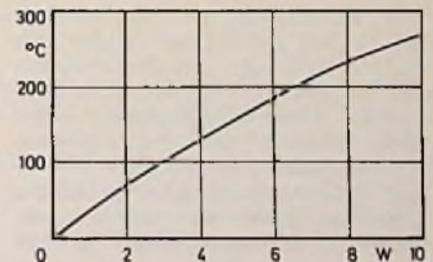


Bild 1.13. Über-temperatur des Drahtwiderstands

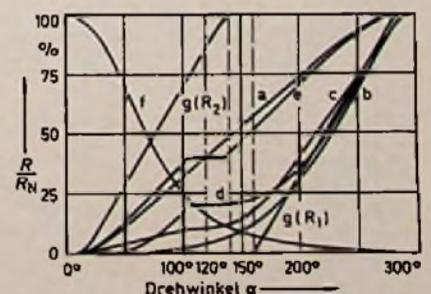


Bild 1.14. Kennlinienverlauf von einstellbaren Widerständen a – linearer Verlauf, g – linearer Verlauf bei Tandemausführung, b – positiv logarithmischer Verlauf, c, d – positiv logarithmischer Verlauf mit Anzapfungen, e – linearer Verlauf mit Anzapfung

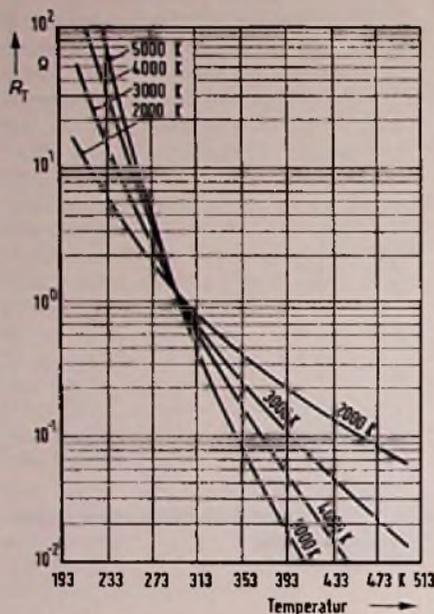


Bild 1.15. Widerstands-Temperatur-Kennlinien mit B als Parameter (Siemens)

270°. Es gibt aber auch Ausführungen mit 15 und mehr Umdrehungen, die dadurch eine sehr gute Einstellbarkeit und Reproduktion gewährleisten. Für manche Verwendungszwecke werden auch Einsteller mit einer geraden Widerstandsschicht verwendet. Der Widerstandswert kann in Abhängigkeit vom Drehwinkel linear, logarithmisch oder sonstwie verlaufen. Bild 1.14 zeigt verschiedene Widerstandsverläufe in Abhängigkeit vom Drehwinkel.

1.2.5 Temperaturabhängige Widerstände

Widerstände, deren Wert sich bei steigender Temperatur vermindert, nennt man NTC-Widerstände (Negativer Temperatur-Koeffizient). Widerstände, deren Wert sich bei steigender Temperatur erhöht, sind PTC-Widerstände (Positiver Temperatur-Koeffizient). Beide Arten werden in temperaturabhängigen Schaltungen der Elektronik und Elektrotechnik verwendet.

1.2.5.1 NTC-Widerstand (Heißleiter)

Die Abhängigkeit eines NTC-Widerstandes von der Temperatur kann näherungsweise durch folgende Gleichung angegeben werden

$$R_T = A \cdot e^{B/T} \tag{1.1}$$

R_T Widerstandswert des Heißleiters bei der Temperatur T (Ω); A Konstante (Ω); B Materialkonstante des Heißleiters (K); T absolute Temperatur (K)

In Bild 1.15 sind typische Widerstandskurven für verschiedene Werte der Materialkonstante B in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur dargestellt. Bild 1.16 zeigt die statische Strom-Spannungs-Kennlinie mit drei Umgebungstemperaturen als Parameter.

Für Heißleiter verwendete man früher Urantioxid; sie bezeichnete man als Urdox-Widerstände. Heute stellt man NTC-Widerstände aus Oxiden von Nickel und Magnesium her, denen Kobalt zugegeben wird.

Soll die Widerstandsänderung eines NTC-Widerstandes nur von der Tempe-

ratur der Umgebung abhängen (z. B. temperaturabhängige Steuerung einer Heizung), dann darf die zugeführte elektrische Leistung nur so klein sein, daß die damit verbundene Temperaturerhöhung des NTC-Widerstandes vernachlässigbar klein bleibt. Dies gilt für die Kurven aus Bild 1.16 so lange, wie sich in Abhängigkeit von Strom und Spannung der Widerstand nicht verändert. Die Kennlinie des Heißleiters muß also parallel zu den eingezeichneten Widerstandslinien verlaufen und darf noch nicht abbiegen. Bei Strömen unter 1 mA und bei Spannungen bis zu 3...5 V trifft dies für die Kennlinien nach Bild 1.16 zu.

Eine andere Verwendung des NTC-Widerstandes wird durch die starke Widerstandsänderung bei Selbsterwärmung erzielt. Dieser Bereich ist nach Bild 1.16 bei Strömen größer als 2 mA und bei Spannungen zwischen 5 V und 10 V erreicht. Wird solch ein eigengeheizter NTC-Widerstand abgekühlt (beispielsweise durch Eintauchen in eine kühlende Flüssigkeit), dann wird dem Bauteil selbstverständlich mehr Wärme entzogen. Damit ändert sich dessen Widerstand sehr stark; in elektronischen Schaltungen wird dieser Effekt oft ausgewertet.

1.2.5.2 PTC-Widerstand (Kaltleiter)

Dieser Widerstand zeigt genau das umgekehrte Verhalten des Heißleiters: bei höherer Temperatur steigt der Widerstandswert an. Die Temperaturabhängigkeit kann näherungsweise durch diese Gleichung beschrieben werden

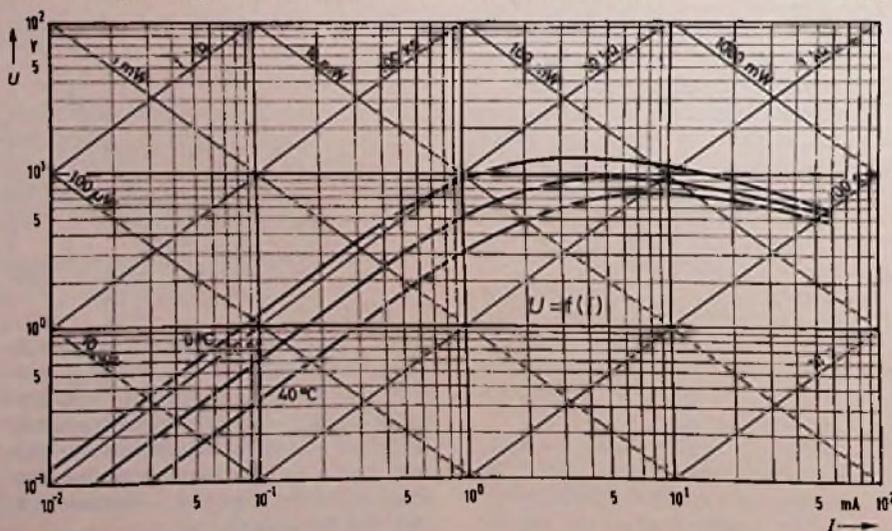
$$R_T = A + G \cdot e^{H \cdot T} \tag{1.2}$$

A , G und H sind Konstanten des Widerstandstyps; sie sind oft nicht angegeben.

In Bild 1.17 sind die Kennlinien von PTC-Widerständen mit unterschiedlicher Ansprechtemperatur als Funktion der Umgebungstemperatur (bei sehr kleiner elektrischer Leistung) angegeben. Gegenüber dem NTC-Widerstand zeigt der PTC-Widerstand eine viel stärkere Temperaturabhängigkeit, ist jedoch erst von einer bestimmten Temperatur an (steigende Widerstandskennlinie) brauchbar.

Bild 1.18 zeigt die statische Strom-Spannungs-Kennlinie des Kaltleiters; sie hat den umgekehrten Verlauf der Kennlinie in Bild 1.16. In Bild 1.19 ist die Verwendung eines Kaltleiters im selbstbeheizten Betrieb in zwei verschiedenen wärmeleitenden Medien gezeigt. Für eine übersichtliche Darstellung wurde hier ein lineares Raster verwendet. Die beiden Kennlinien be-

Bild 1.16. Spannungs-Stromkennlinien eines NTC-Widerstandes (Siemens)



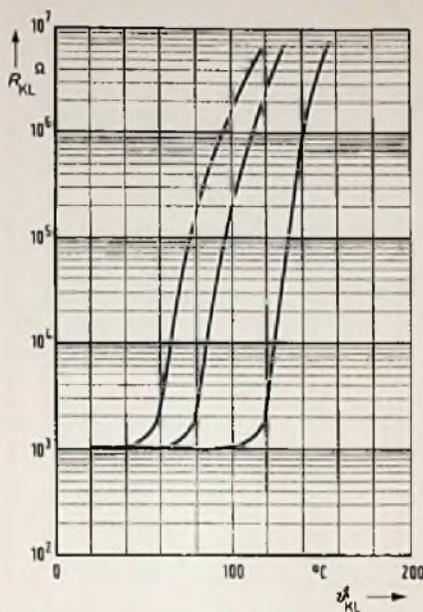


Bild 1.17. Kaltleiterwiderstand als Funktion der Kaltleitertemperatur:
 $R_{KL} = f(\theta_{KL})$ Mittelwerte ($U \leq 1,5 \text{ V}$)
 (Siemens)

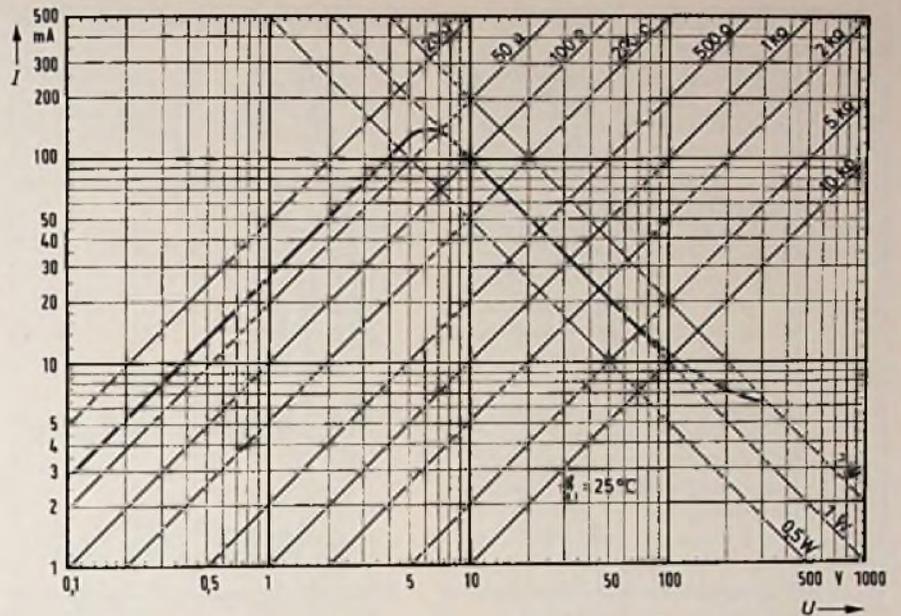


Bild 1.18. Strom-Spannungs-Kennlinie des Kaltleiters im logarithmischen Maßstab (Valvo)

rücksichtigen den ungünstigsten Fall, der auftreten kann. Bei höherer Lufttemperatur und niedrigerer Öltemperatur liegen die Kennlinien noch weiter auseinander. Aber selbst im ungünstigsten Betriebsbereich ist der über den dargestellten Spannungsumfang fast konstante Abstand der beiden Kennlinien (etwa 6 mA) genügend groß, um beispielsweise zur Füllstandsüberwachung herangezogen zu werden. Die Widerstandskennlinien gelten für Meßspannungen $U \leq 1,5 \text{ V}$, um die Einflüsse von Varistoreffekt und Eigenerwärmung möglichst gering zu halten. So lange die angelegte Spannung nicht über 2V hinausgeht, kann man die Eigenerwärmung vernachlässigen. Unter „Varistoreffekt“ versteht man die Abhängigkeit des Widerstandes von Feldstärken: es bilden sich Sperrschichten. Diese sind beim Kaltleiter besonders im hochohmigen Zustand stark ausgeprägt. Wegen der Sperrschichten im Kaltleitermaterial zeigt der Widerstand auch ein kapazitives Verhalten. Das bedeutet, daß der Kaltleiterwiderstand bei steigender Frequenz abnimmt. Diese Erscheinung tritt schon bei verhältnismäßig niedrigen Frequenzen auf. In Bild 1.20 ist die Abhängigkeit des Kaltleiterwiderstandes von der Temperatur bei verschiedenen Frequenzen als Parameter gezeigt. **Beispiel:** Mit einem Kaltleiter soll eine Motorschutzschaltung so aufgebaut

werden, daß bei 90 °C die Schutzschaltung anspricht; keinesfalls dürfen jedoch Temperaturen über 120°C (noch zulässig für Silicon-Isolation) erreicht werden. Außerdem soll sie eigensicher sein: bei eventuellem Bruch der Leitung zum Kaltleiter soll die höchste

Temperatur signalisiert werden; maximale Umgebungstemperatur: 45 °C. In Bild 1.21 ist die mit einem NPN-Transistor aufgebaute Schaltung gezeigt. Damit die Spannung am Kaltleiter klein bleibt, wurde als Betriebsspannung +5 V gewählt.

Bild 1.19. Strom-Spannungs-Kennlinie des Kaltleiters im linearen Maßstab bei zwei verschiedenen wärmeleitenden Medien
 (Siemens)

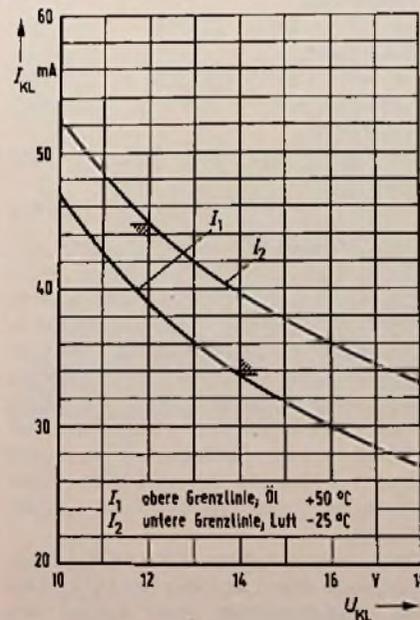
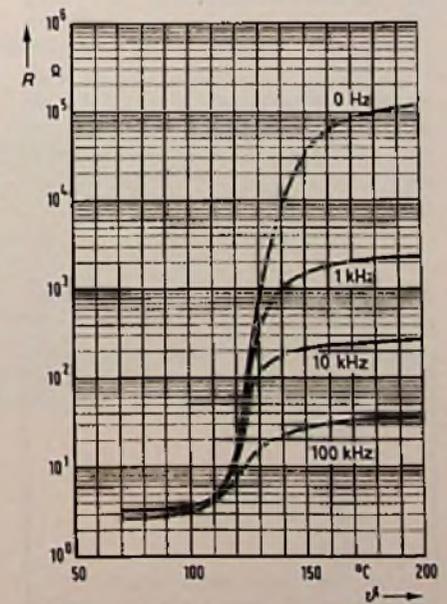


Bild 1.20. Kaltleiterwiderstand in Abhängigkeit von Temperatur und Frequenz
 (Siemens)



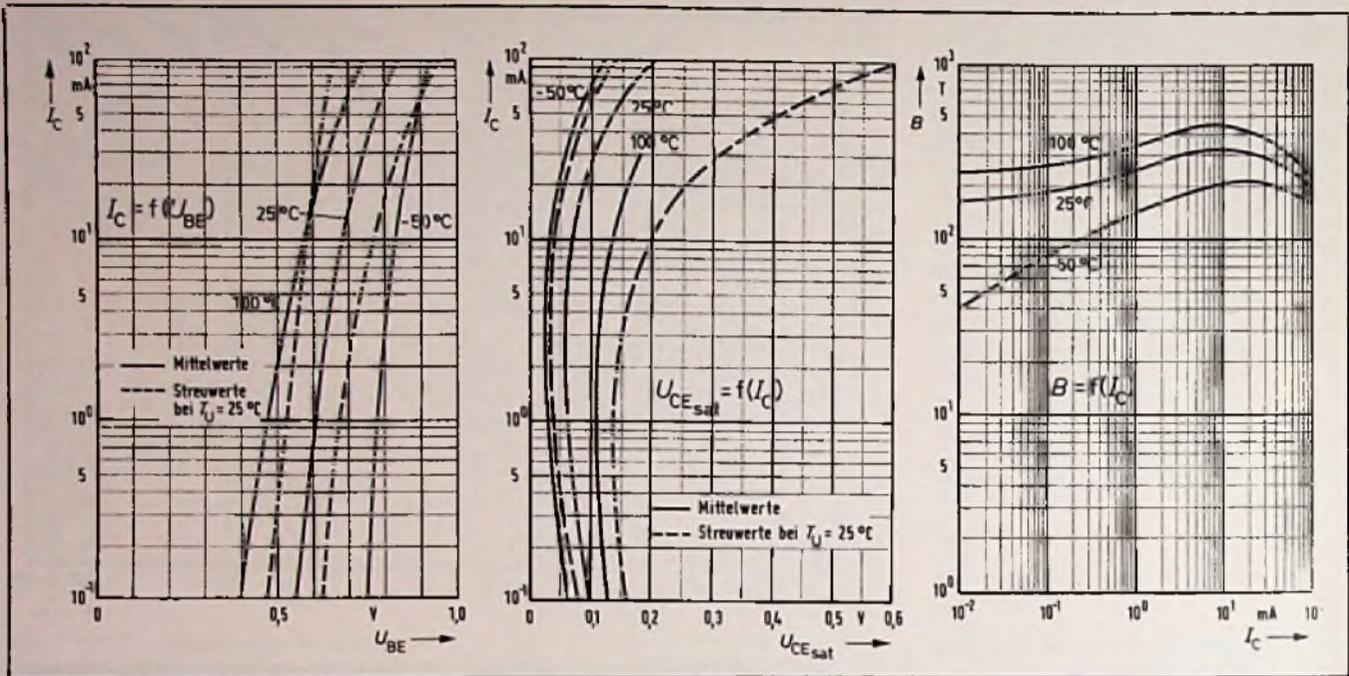
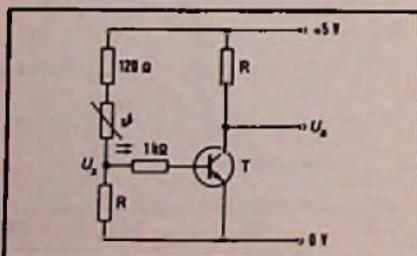


Bild 1.22. Kennlinienfelder von links: $I_c = f(U_{BE})$; $I_c = f(U_{CE(sat)})$ und $B = f(I_c)$ des Transistors BC 237 (Siemens)

Wenn die Grenztemperatur des Kaltleiters erreicht ist oder die Zuleitung gebrochen, dann steht an der Basis nicht mehr genügend Spannung und der Transistor sperrt. Damit wird die Ausgangsspannung U_o etwa gleich der Betriebsspannung von +5 V.

Bei der maximalen Umgebungstemperatur von 45 °C und darüber soll der Kaltleiterwiderstand so niedrig sein, daß der Transistor voll durchsteuert. An seinem Kollektor ist dann nur noch die Kollektorrestspannung von etwa 0,2 V wirksam. Zwischen Durchsteuern (Temperatur niedrig) und Sperren (Temperatur hoch) ergibt sich am Kollektor ein Spannungshub von mehr als 4 V. Mit diesem Signal läßt sich eine Folgeschaltung sicher steuern. Man kann z. B. mit einem Magnetschütz den Motor abschalten.

Bild 1.21. Regelschaltung mit Kaltleiter und Transistor



Der Transistor ist ein Kleinsignaltyp, beispielsweise ein BC 237. Bild 1.22 zeigt die wichtigsten Kennlinien des Transistors: $I_c = f(U_{BE})$; $I_c = f(U_{CE(sat)})$ und $B = f(I_c)$. Als Kaltleiter wird aus dem Datenbuch der Typ P361-C521 mit einer Nennansprechtemperatur von 90 °C ± 5 % ausgesucht.

Kenndaten des Kaltleiters

Nennansprechtemperatur NAT	=	90 °C
Widerstand bei NAT - 20 °C (70 °C)	≤	100 Ω
Widerstand bei NAT + 23 °C (113 °C)	≥	10 kΩ
Kaltwiderstand (25 °C)	≤	100 Ω
Widerstand bei NAT - 5 °C (85 °C)	≤	570 Ω
Widerstand bei NAT + 5 °C (95 °C)	≥	570 Ω

Der Kaltleiterwiderstand ist damit nur bei Temperaturen bis 70 °C kleiner als 100 Ω und bei einer von Temperaturen von 113 °C größer als 10 kΩ definiert. Wie es bei zwischenliegenden Temperaturen aussieht, ist je nach Toleranz verschieden. Die Schaltung muß demnach so dimensioniert werden, daß der Transistor bei Kaltleiter-Temperaturen über 113 °C sicher sperrt und bei Temperaturen unter 70 °C sicher durchsteuert.

Entsprechend dem I_c/U_{CE} -Kennlinienfeld nach Bild 1.22 fließt bei $U_{BE} ≤ 0,4$ V ein Kollektorstrom, der kleiner als

Gliederung der Serie

1. Passive Bauelemente
 - 1.1 Allgemeine Grundlagen
 - 1.1.1 Anwendungsklassen
 - 1.1.2 Toleranzreihen
 - 1.1.3 Kennzeichnung
 - 1.2 Widerstände
 - 1.2.1 Kohleschichtwiderstände
 - 1.2.2 Metallschichtwiderstände
 - 1.2.3 Drahtwiderstände
 - 1.2.4 Einstellbare Widerstände
 - 1.2.5 Temperaturabhängige Widerstände
 - 1.2.6 Spannungsabhängige Widerstände
 - 1.2.7 Magnetfeldabhängige Widerstände
 - 1.2.8 Lichtempfindliche Widerstände
 - 1.3 Kondensatoren
 - 1.3.1 Keramik Kondensatoren
 - 1.3.2 Kunstfolienkondensatoren
 - 1.3.3 Elektrolytkondensatoren
 - 1.3.4 Luftkondensatoren
 - 1.4 Spulen
 - 1.4.1 Luftspulen
 - 1.4.2 Spulen mit magnetisierbarem Kern
- 1.5 Schwingkreise
2. Halbleiter-Bauelemente
 - 2.1 Dioden
 - 2.2 Transistoren
 - 2.3 Thyristoren, Triacs
 - 2.4 Unijunktions-Transistoren, Feldeffekttransistoren
 - 2.5 Optoelektronische Bauelemente
 - 2.6 Analoge ICs
 - 2.7 Digitale ICs

0,1 mA ist. Im durchgeschalteten Zustand soll ein mittlerer Kollektorstrom von 10 mA fließen. Gegenüber dem Kollektorstrom von 10 mA sind 0,1 mA vernachlässigbar klein. Allerdings kann der Sperrzustand ($I_c \leq 0,1 \text{ mA}$) bei hochohmigem Kaltleiter auftreten, in diesem Fall wird die maximale Temperatur von 113 °C erreicht. Daraus berechnet sich der Querstrom im Spannungsteiler I_q und der Widerstand R . Unter Vernachlässigung des 120-Ω-Widerstands und des Widerstands R in Bild 1.21 ergibt sich

$$I_q \approx \frac{5 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 0,5 \text{ mA}$$

$$R \leq \frac{0,4 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} \leq 80 \Omega;$$

Normwert $75 \Omega \pm 5\%$ (71,25 ... 78,75 Ω)

Da der Widerstand R sehr viel kleiner als 10 kΩ ist, konnte er in diesem Ansatz vernachlässigt werden. 10 kΩ hat der Kaltleiter bei 113 °C. Im durchgeschalteten Zustand des Transistors, also mindestens 70 °C am Temperaturfühler, ist der Kaltleiterwiderstand $\leq 100 \Omega$. Da errechnet sich die Spannung U_x dann aus dieser Beziehung

$$U_x = 5 \text{ V} \cdot \frac{75}{295} = 1,27 \text{ V}$$

Diese Spannung reicht aus, um den Transistor durchzusteuern. Der Basisstrom ergibt sich zu

$$I_B = \frac{1,27 \text{ V} - 0,68 \text{ V}}{1000 \Omega} = 0,59 \text{ mA}$$

An sich würde ein kleinerer Basisstrom reichen, um durchzuschalten: Aus dem Kennlinienfeld $B = f(I_c)$ nach Bild 1.22 erhält man bei $I_c = 10 \text{ mA}$ einen Gleichstromverstärkungsfaktor B von rd. 330. Damit ergibt sich der Basisstrom zu

$$I_B = \frac{10000 \mu\text{A}}{330} = 30 \mu\text{A}$$

Da aber 0,59 mA (590 μA) fließen, ist der Transistor stark übersteuert. Dies ist im Schaltbetrieb durchaus erwünscht, weil damit die Kollektorsättigungsspannung stark zurückgeht. Nach dem Kennlinienfeld $I_c = f(U_{CEsat})$ in Bild 1.22, das für $B = 20$ gilt, ergibt sich bei $I_c = 10 \text{ mA}$ eine maximale Sättigungsspannung von nur 0,2 V. $B = 20$ bedeutet, daß der Basisstrom ein Zwanzigstel des Kollektorstromes von 10 mA beträgt, also 0,5 mA. Das entspricht in etwa dem berechneten Basisstrom von 0,59 mA.

Der Kollektorwiderstand berechnet sich zu

$$R_c = \frac{5 \text{ V} - 0,2 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 480 \Omega$$

Normwert $470 \Omega \pm 5\%$ (446,5 ... 493,5 Ω)

(Wird fortgesetzt)

Professionelles Vielkanal-Mischpult

Rechner hilft beim Abmischen

Schallplattenaufnahmen für die Pop- und Unterhaltungsmusik werden mehr und mehr in Mehrspur-Aufzeichnungstechnik produziert. Auch bei Funk und Fernsehen gewinnt die Mehrspuraufnahme zunehmend an Bedeutung. Um diesen Anforderungen in der Musikproduktion entgegenzukommen, entwickelte die Firma Harrison, Nashville, ein Konzept für Mischpulte, das sich durch aufschlußreiche Neuerungen und Schaltungskünfte auszeichnet.

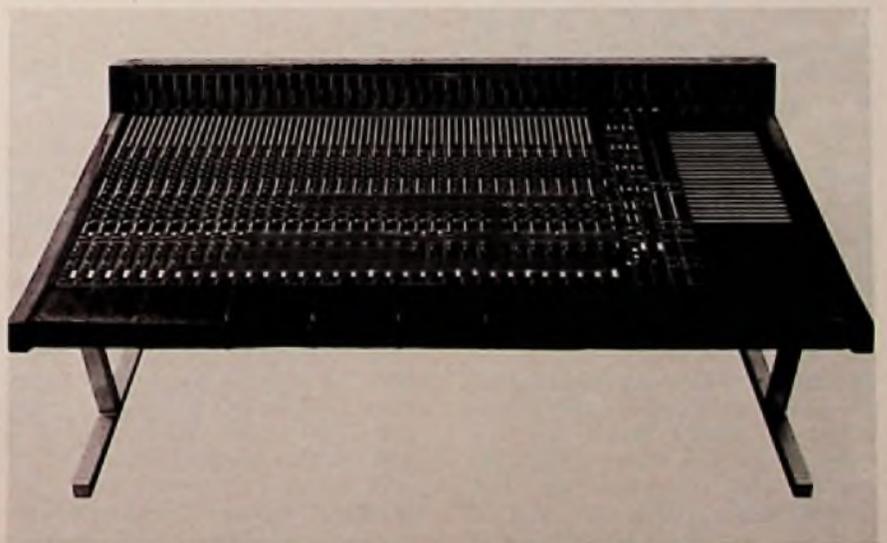
Bei den Harrison-Mischpulten gibt es keinen Unterschied zwischen Ein- oder Ausgängen. Außerdem wurde auf spezielle Mikrofon-, Gruppen-, Summen- oder Leitungsverstärker verzichtet. Die

Folge: das Pegeldiagramm hat keine Berg- und Talbahnen mit Zacken, die oben oder unten an Grenzen stoßen. Jede Eingangseinheit enthält den vollständigen Verstärkungszug vom Mikrofon- bis zum Leitungspegel. Alle Mittel, mit denen der Klang beeinflusst wird, befinden sich im Verstärkungszug. Bis zu 40 Verstärkereinheiten sind möglich, was gleichbedeutend mit 40 Ausgängen ist.

Weitere Vorteile des neuen Mischpult-Konzepts: Die Flachbahneinsteller führen keine Tonfrequenz; geregelt wird über Gleichstromsteuerung. Damit ist jede denkbare Verkopplung von Einheiten zu Gruppen möglich, eines der Potentiometer kann dann als Gruppeneinsteller verwendet werden. Die Gleichstromwerte können in einem anschließbaren Rechner eingegeben und gespeichert werden; somit ist für optimale Einstellungen mehrmaliges Durchfahren der Aufnahme mit programmiertem Abmischen ohne weiteres möglich.

Die Abhörsimulation wird mit einer Zentralschaltung erreicht, die auf alle oder einen herausgreifbaren Teil der Verstärker-Einheiten wirkt. Die Mittel zur Klangbeeinflussung (Filter, Hallwege usw.) können, um deren Wirkung zu simulieren, aus dem Aufnahmezug gelöst und in den Abhörzug eingeschleift werden. Dies ist vor, während oder nach der Aufnahme möglich. Parametrische Filter und Entzerrer, Panorama-Potentiometer für Stereo und Quadrophonie, Einsteller und Schienen für Hall, Einspielen und Taktspur, um nur einige der Ausstattungsmerkmale herauszugreifen, runden den Aufwand ab. Der „Kabelsalat“ wird über lötfreie Klemmleisten angeschlossen. ■

Mischpult von Harrison in der neuen Konzeption



Tonabnehmer Dual CDS 660

Keramik-Wandler für Auflagekraft von 30... 40 mN

Hans-Joachim Haase, Aschau

Piezokeramische Wandler in Tonabnehmern übertreffen die früher weit verbreiteten piezoelektrischen in ihrem Übertragungsverhalten bei weitem. Außerdem spielt unter mitteleuropäischen Klimabedingungen Temperatur und Feuchte keine große Rolle mehr. Speziell in Plattenspielern für einfache Stereoanlagen sind die piezokeramischen Systeme heute häufig zu finden.

Piezo-Abtaster findet man heute nur in den Plattenspielern der Stereoanlagen mittlerer und unterer Preisklasse. Dabei konnte der Piezo-Abtaster hinsichtlich Bandbreite, Frequenzgang und Abtastverzerrungen erheblich verbessert werden, seit man als Wandlermaterial nicht mehr das empfindliche Kristall-System, sondern die in Temperatur und Feuchtigkeit stabile Piezokeramik verwendet. Allerdings ist deren Biegesteife auch dann noch hoch, wenn die Wandlerplättchen sehr dünn und lang sind. Dadurch ist die Compliance des Nadelträgers fünf- bis sechsmal kleiner als die von magnetischen und dynamischen Abtastern, was deshalb notwendigerweise eine Tonarmauflegekraft von 30... 40 mN erfordert. Die Übertragungseigenschaften eines modernen Stereo-Keramiksystems sind nachfolgend am Beispiel des Tonabnehmers CDS 660 von Dual beschrieben.

Aufbau und Bestückung

Die technischen Daten des neuen Keramik-Stereo-Tonabnehmers CDS 660 von Dual (Bild 1) machen die erzielten Fortschritte deutlich. Bild 2 zeigt den Abtaster, der nach dem Prinzip des Biegeschwingers aufgebaut ist. Zwei Keramikplättchen (jeweils 1,6 mm × 15 mm × 0,6 mm) sind rechtwinklig

zueinander am hinteren Ende einer Halterung so befestigt, daß ein Verbiegen der Plättchen durch eine jeweils auf den vorderen Teil wirkende Kraft nur aus der übernommenen Auslenkung der rechten oder linken Rillenanlage erfolgt. Die gegenseitige Entkopplung der Bewegungen (Übersprechen) wird durch die Formgebung, das Verhalten des vorderen Kopplungsteils sowie durch die Position des Achsenkreuzes des Systems zur Plattenoberfläche bestimmt. Das Übersprechen ist also sowohl mechanisch als auch elektrisch (kapazitiv) bedingt.

Aufbau und Halterung des Nadelträgers zeigen die Bilder 1 und 2. Die Anordnung kann um 180° in der Längsachse gedreht werden. In der Betriebsstellung wird ein metallenes Plättchen von einem mit dem Systemgehäuse fest verbundenen Ferritmagneten gehalten. Zum Bereitstellen der zweiten Abtastnadel (bei Duplo-Ausführungen) wird die Anordnung umgeklappt. Zwecks Austausch hebt man — bei senkrecht gestelltem Hebel — die ganze Anordnung aus den beiden Führungslagern einfach heraus.

Das CDS 660 hat eine Einrast-Halterung und kann deshalb dem Tonkopf ohne Werkzeug entnommen werden. Die Ausführung CDS 661 ist für das Halb-Zoll-Befestigungsrastr hergestellt; es kann deshalb in allen Tonarmen mit Halb-Zoll-Befestigungen verwendet werden. Drei Nadelträgerbestückungen stehen zur Auswahl: DN 8 mit zwei 15-µm-Saphiren, DN 83 mit je einem 15/60-µm-Saphir zum Abtasten von Mikro- und Normalrillen-Platten sowie der mit einer 15-µm-Diamantnadel besetzte Nadelträger DN 85. Für die Freunde alter Schallplatten gibt es die Nadel-Kombination DN 87. Hier sind am Nadelträger ein 15-µm-Diamant (LP/S) und ein 60-µm-Saphir (N) montiert.

Übertragungsbereich und Frequenzgang

Der Übertragungsbereich ist weiter als der in dieser Gerätekategorie ausgenutzte Tonfrequenzbereich von rd. 20 Hz bis 16 kHz. Zwischen diesen Eckfrequenzen schwankt der Frequenzgang um maximal ± 3 dB, wobei allerdings eine mit etwa 6 dB sehr kräftige Resonanzüberhöhung bei 13 kHz vorhanden ist (Bild 4, 5 und 6). Daraus ist zu schließen, daß die bewegte, effektive dynamische Masse des Abtasters (mit der Nadel DN 8) recht hoch ist.

Eine zweite Resonanz wurde im Bereich zwischen 300 Hz und 400 Hz festgestellt. Diese kann jedoch nicht nur vom Abtaster verursacht sein, weil ihre

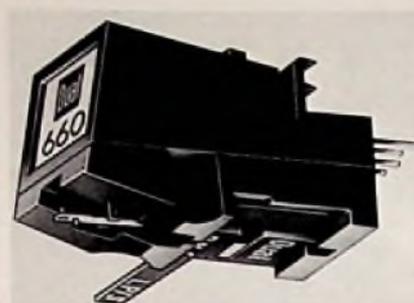


Bild 1. Das keramische Piezo-Stereo-System CDS 660 von Dual

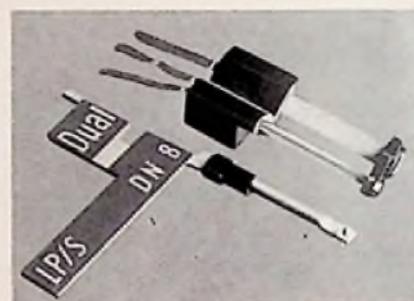


Bild 2. Systemaufbau und Nadelträger

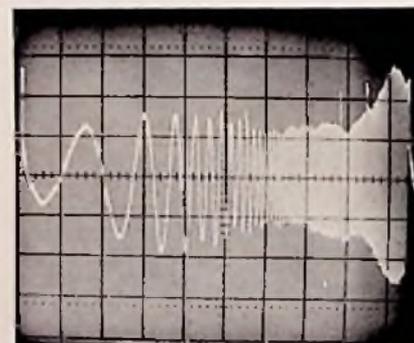


Bild 3. Frequenzgang beim Abtasten einer Sweep-Platte mit 30 mN Auflagekraft (Plps bei 1, 3, 5, 7 und 10 kHz). Laufwerk PE 3046, Nadel DN 8

Lage und Intensität weitgehend vom Tonarm (PE 3046) mitbestimmt wird. Da das CDS 660 relativ leicht ist, schiebt sich bei dieser Kombination die Resonanz leider in einen ungünstigen Wiedergabebereich [1]. Nachteilig ist das vor allem auch deshalb, weil hier das damit verbundene Übersprechen stark ansteigt. Auch im Sweep-Bild [2] ist die Resonanzüberhöhung deutlich zu erkennen (Bild 3).

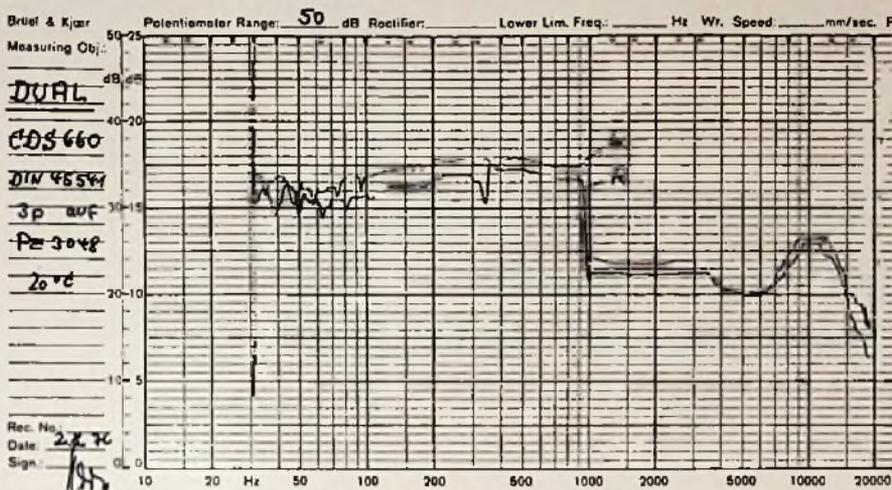


Bild 4. Übertragungsbereich und Frequenzgang der beiden Stereo-Kanäle L und R des CDS 660 bei 30 mN Auflagekraft

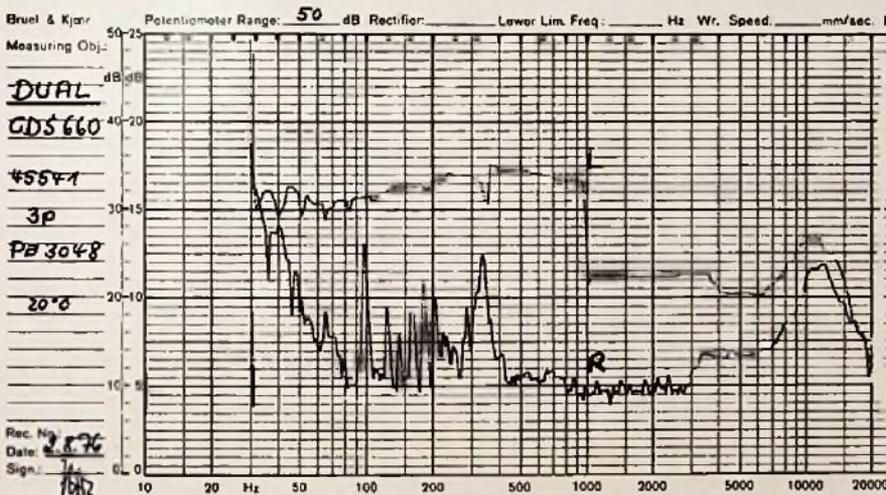


Bild 5. Frequenzgang des Übersprechens vom Kanal L in den Kanal R bei 30 mN Tonarm-Auflagekraft

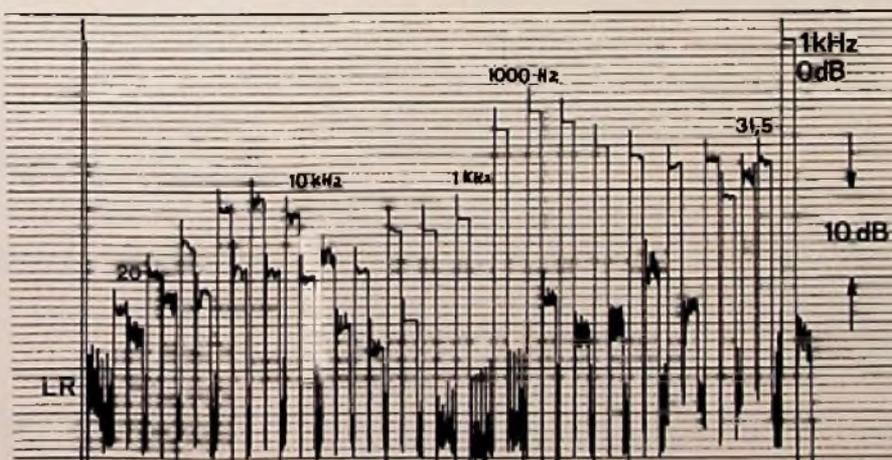


Bild 6. Frequenzgang des Übersprechens vom Kanal L in den Kanal R bei 30 mN Tonarm-Auflagekraft (Pegelsprung von 10 dB zwischen 1 kHz und 1000 Hz!)

Nach Erhitzen des Abtasters auf 60 °C fiel die Ausgangsspannung unterhalb 2 kHz um rd. 4 dB ab. Der Resonanzüberhöhungsbereich bei 10 kHz verbreiterte sich, wobei sich sein Maximum von 13 kHz nach 10 kHz verschob. Dies ist möglicherweise auf das Verhalten des vorderen Ankopplungsstückes zurückzuführen, das aus Weich-PVC besteht.

Eine Erhitzung auf 60 °C ist aber – zumindest in Europa – nicht zu befürchten, solange man den Plattenspieler nicht der prallen Sonne aussetzt. Während das CDS-660-Abtastsystem bei 60 °C noch voll benutzungsfähig blieb und nach Abkühlung auf Zimmertemperatur wieder die ursprünglichen Übertragungseigenschaften annahm, endete der Parallelversuch mit einem anderen Kristallsystem mit dem Totalausfall des Abtasters.

Übersprechen

Bei Vollaussteuerung eines Kanals wurde bei 1 kHz und 8 cm/s am Ausgang des anderen Kanals ein Übersprechabstand von 33 dB gemessen. Solche Werte werden sonst nur noch von Magnetsystemen erreicht. Allerdings ist die Übersprechdämpfung stark frequenzabhängig, siehe Bild 5 und 6. Zwischen 300 Hz und 3 kHz (dem zur Stereo-Ortung wichtigsten Bereich) beträgt der mittlere Übersprechabstand 15...18 dB. Eine Verbesserung der Übersprechdämpfung an den Enden des Übertragungsbereichs wäre im Sinne der Verzerrungsfreiheit wünschenswert.

Abtastfähigkeit und nichtlineare Verzerrungen

Hier wurden bei den Piezo-Abtastern die größten Fortschritte erzielt. Mit optimaler Tonarm-Auflagekraft wird eine sinusförmige Aufzeichnung bis zur normmäßigen Vollaussteuerung noch erstaunlich verzerrungsfrei abgetastet. Der quadratische Klirrfaktor betrug dabei 4%, die Klirrfaktoren höherer Ordnung sogar nur Bruchteile von einem Prozent.

Beim Abtasten der überlagerten Tonfrequenzen (1+1,5) kHz von der Shure-Meßplatte TTR 103 [3] blieb bei 35 mN die Spurführung bis zu einer Schnelle von 20 cm/s akzeptabel (Bild 7). Wesentlich höhere Anforderungen an Abtastfähigkeit und Verzerrungsfreiheit stellt ein 10,8-kHz-Tonburst. Wie Bild 8 zeigt, setzen hier bei 35 mN Auflagekraft bereits bei 15 cm/s die Unsauberkeiten ein. Bei 19 cm/s ist die Abtastfähigkeit nicht mehr gewährleistet.

Antennen-Anlagen

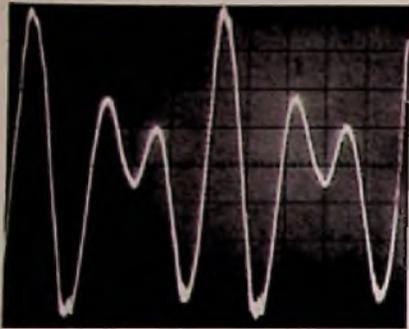


Bild 7. Beginnender Verzerrungseinsatz bei (1+1,5) kHz mit 35 mN auf PE 3046 mit Meßplatte Shure TTR 103

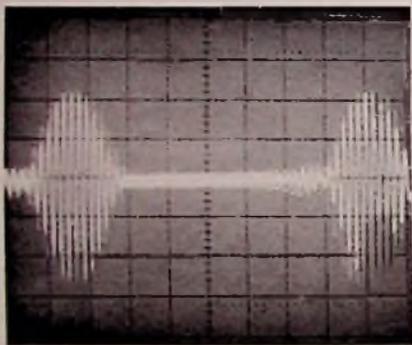


Bild 8. Abtastung eines 10,8-kHz-Tonbursts mit 30 mN auf Laufwerk PE 3046

Weitere Daten

Der Übertragungsfaktor beträgt 100 mVs/cm (gemessen an einem Lastwiderstand von 470 kΩ bei 1 kHz). Die Gleichmäßigkeit der beiden Kanäle zwischen 150 Hz und 8 kHz liegt innerhalb 1 dB, unter 150 Hz und über 8 kHz innerhalb 2 dB.

Die Compliance, statistisch gemessen, beträgt vertikal $5,6 \cdot 10^{-5} \text{cm/1 mN}$, horizontal $10 \cdot 10^{-5} \text{cm/1 mN}$.

Literatur

[1] Haase, H.-J.: Beeinflussung des Frequenzgangs von Tonabnehmer-systemen durch mechanische und elektrische Resonanzen bei der Schallrillenabtastung. Funk-Technik 23 (1968) Heft 5, S. 169–171.

[2] Haase, H.-J.: Tonabnehmerprüfung mit der Sweep-Platte. Funk-Technik 21 (1966) Heft 7, S. 241.

[3] Haase, H.-J.: Zwei praktische Meßschallplatten zur schnellen Ermittlung der Kenndaten sowie der Überprüfung der Abtasteigenschaften von Stereo-Tonabnehmern, Funk-Technik 29 (1974) Heft 8 und 9, S. 271–325. ■

Warnung vor Standrohren mit ungenügender mechanischer Sicherheit

Ein Leser wies uns darauf hin, daß in einem Beitrag in der Funk-Technik ein mechanisch unzureichendes Antennenstandrohr erwähnt wurde und untermauerte seinen Hinweis durch eine Kontrollrechnung. Da häufig zu schwach dimensionierte Standrohre verwendet werden, veröffentlichen wir die Zuschrift ungekürzt.

Der Beitrag „Rotor für Rundfunk- und Amateurfunkantennen“ von Egon Koch, Fellbach, in Heft 24/76 kann wegen fehlender mechanischer Sicherheit der dort beschriebenen Antennenanlage nicht ohne Widerspruch hingenommen werden. Ich möchte alle warnen, diese Anordnung so nachzubauen, und den Verfasser bitten, seine Anlage sofort zu ändern.

Der mechanische Aufbau entspricht in keiner Weise den Vorschriften des VDE und den einschlägigen DIN-Normen. So müssen nach VDE 0855, Teil 1, § 5 d, Antennenstandrohre eine gewährleistete Streckgrenze haben; Gas- und Wasserrohre erfüllen diese Bedingung nicht. Wie die unten gemachten Berechnungen zeigen, ist das zulässige Biegemoment im oberen Stützlager mehr als 2mal so hoch wie maximal zulässig. Die Biegespannungen sind im oberen Rohr 3,7mal, im unteren Rohr sogar 5mal so hoch wie zulässig.

Hinweise zur Berechnung

Die Windlasten der verwendeten Amateur-Antennen sind mir nicht bekannt. Ich habe daher für die Berechnung die Windlasten ähnlicher Antennentypen (B-III- und B-IV-Yagiantennen) genommen. Die Abstände der Antennen habe ich aus den Längenangaben des Verfassers in Verbindung mit dem Foto abgeschätzt.

1. Biegemoment M_{b1} am oberen Stützlager

2-m-Antenne vertikal

$$M_b = 50 \text{ N} \times 5,25 \text{ m} = 263 \text{ Nm}$$

2-m-Antenne horizontal

$$M_b = 100 \text{ N} \times 3,50 \text{ m} = 350 \text{ Nm}$$

70-cm-Antenne horizontal

$$M_b = 100 \text{ N} \times 2,00 \text{ m} = 200 \text{ Nm}$$

UKW-Antenne horizontal

$$M_b = 100 \text{ N} \times 0,50 \text{ m} = 50 \text{ Nm}$$

38-mm-Rohr

$$M_b = 109 \text{ N} \times 1,75 \text{ m} = 191 \text{ Nm}$$

$$M_{b1} = 1054 \text{ Nm}$$

Das zulässige Biegemoment beträgt 500 Nm und wird um 111% überschritten!

2. Biegemoment M_{b2} am oberen Einspannpunkt unter Dach

2-m-Antenne vertikal

$$M_b = 50 \text{ N} \times 8,05 \text{ m} = 402 \text{ Nm}$$

2-m-Antenne horizontal

$$M_b = 100 \text{ N} \times 6,30 \text{ m} = 630 \text{ Nm}$$

70-cm-Antenne horizontal

$$M_b = 100 \text{ N} \times 4,80 \text{ m} = 480 \text{ Nm}$$

UKW-Antenne horizontal

$$M_b = 100 \text{ N} \times 3,30 \text{ m} = 330 \text{ Nm}$$

Rotor

$$M_b = 50 \text{ N} \times 1,80 \text{ m} = 90 \text{ Nm}$$

Rohr oben

$$M_b = 200 \text{ N} \times 3,55 \text{ m} = 710 \text{ Nm}$$

Rohr unten

$$M_b = 139 \text{ N} \times 1,40 \text{ m} = 195 \text{ Nm}$$

$$M_{b2} = 2837 \text{ Nm}$$

Laut VDE 0855 müssen Antennenanlagen bezüglich ihrer mechanischen Festigkeit den örtlichen Bauordnungen

entsprechen. Ausgenommen sind Antennenanlagen mit Standrohren, die eine freie Länge von 6 m und ein Einspannmoment von 1 650 Nm nicht überschreiten. Das Einspannmoment beträgt 2837 Nm. Es ist also ein statischer Nachweis für diese Antennenanlage gegenüber der Baubehörde notwendig.

Nachfolgend habe ich die vorhandenen Spannungen (nur Biegespannungen aufgrund der Windlasten) ausgerechnet und mit den zulässigen Spannungen verglichen. Für die Berechnung habe ich u. a. folgende DIN-Normen verwendet:

- DIN 4131 Antennentragwerke aus Stahl
- DIN 1055 Lastannahmen im Hochbau – Verkehrslasten – Windlasten
- DIN 1050 Zulässige Spannungen im Stahlbau
- DIN 2410 Rohre

3. Überprüfung der Spannung des oberen Rohres am oberen Stütz-lager

Biegemoment: $M_{b1} = 105,4 \text{ kNcm}$

Rohrdurchmesser:

$D = 3,8 \text{ cm}, d = 3,28 \text{ cm}$

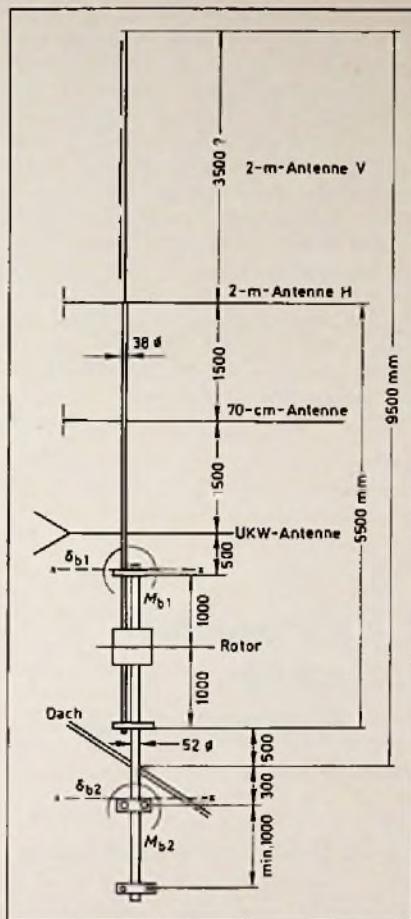
Widerstandsmoment:

$$W = \frac{(D^4 - d^4)}{32 \cdot D} = 2,39 \text{ cm}^3$$

Biegespannung:

$$\sigma_{b1} = \frac{M_{b1}}{W} = 44,1 \text{ kN/cm}^2 > \sigma_{zul}$$

Die zulässige Spannung nach DIN 1050 für St 00 \cong St 33 beträgt 12 kN/cm^2 . Sie wird um 268% überschritten (die Spannung aufgrund des Eigengewichts ist vernachlässigt)!



Skizze der Antennenanlage. Die Maße wurden geschätzt, soweit sie nicht vom Verfasser in seinem Beitrag erwähnt wurden (alle Maße in mm).

4. Überprüfung der Spannung des unteren Rohres am oberen Einspannpunkt unter der Dachhaut

Biegemoment: $M_{b2} = 283,7 \text{ kNcm}$

Rohrdurchmesser:

$D = 5,2 \text{ cm}, d = 4,68 \text{ cm}$

Widerstandsmoment:

$$W = \frac{(D^4 - d^4)}{32 \cdot D} = 4,74 \text{ cm}^3$$

Biegespannung:

$$\sigma_{b2} = \frac{M_{b2}}{W} = 59,85 \text{ kN/cm}^2 > \sigma_{zul}$$

Die zulässige Spannung wird auch im unteren Rohr überschritten; hier sogar um fast 400%.

Ich möchte meine Berechnungen hiermit zur Diskussion stellen.

Werner Rosenmeyer

Stellungnahme des Autors

Mein Beitrag behandelt, wie schon der Titel sagt, „einen Rotor für Rundfunk- und Amateurfunkantennen“ und stellt keine „Bauanleitung“ für die im Bild gezeigte Antennenanlage dar. Dies wäre auch wenig sinnvoll, weil sich jeder seine Antennenanlage nach eigenen, persönlichen Wünschen und den örtlichen Erfordernissen aufbaut. Bewußt fehlen daher in meinem Beitrag die zum Nachbau erforderlichen Angaben über die genauen Maße von Antennentrag- und Maststandrohr, die Abstände der Antenne zueinander. Und was das Wichtigste ist, es wurden von mir keine Angaben über die Qualität der verwendeten Stahlrohre gemacht.

**Anzeigenschluß
für
FUNK-TECHNIK
Heft 9/77
ist am
14. April 1977**

für Kfz., Maschinen, Werbung
PVC-Klebeschilder
FUNKEN-, BAL- u. Magnet-Schilder
BICHLMEIER 82 Ro-Kastenau
Erlenweg 17, Tel. 08031/31315-71925

0-2330 Eckernförde Postfach 1444
TONACORD
Ihr Schlüssel
zum guten
Ton

Das Gütezeichen für Tonnadeln
& Plattenspieler-Systeme, Ton-
bandköpfe und Pflegezubehör.

ZEITGENAU

Universal-Schaltzeituhren
zur zeitlichen Vorbestimmung
»Programmierung« von
Aufnahmen und Wiedergaben.
»tun 22« 1 Schaltkreis
»tun 23« 2 Schaltkreise getrennt
Schaltgenauigkeit ± 30 Sekunden

»ZUS« Dazu Zusatzgeräte für viele relais- oder
elektronischgesteuerte Tonbandmaschinen

Zu beziehen in jedem guten Fachgeschäft!

PEZET GmbH, Planzeit-Spieltechnik Postfach 669
D-7452 Halgerloch 1 Tel. 07474/8319

wobei das in Klammern gesetzte Wort „Wasserleitungsrohr“ nur ein Hinweis gegenüber den nicht verwendbaren Stahlpanzerrohren sein sollte. Ich habe es aus diesem Grunde weiter nicht für nötig gehalten, auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen über Antennenanlagen, noch auf bestehende bauliche Vorschriften hinzuweisen, die je nach Bundesland und Gemeinde verschieden sind. Um der Form zu genügen, sei dies hiermit nachgeholt.

Herr Rosemeyer baut seine ganzen Berechnungen nur auf Schätzungen auf, ohne genaue Angaben über die Qualität der verwendeten Stahlrohre, über die Länge der Antennentrag- und Mastrohre, sowie über Windlast und Abstände von den einzelnen Antennen zu haben. Die nach Schätzungen aufgestellten Berechnungen sind falsch. Auch hier liegt die freie Länge des Standrohres nach Abzug der Antennenrute an der Spitze des Tragrohres nicht über 6 m. Da der verwendete Antennenrotor nur ein Antennentragrohr bis 38 mm ϕ und für das Standrohr von max. 52 mm zuläßt, konnten die von der Antennenindustrie angebotenen Rohre nicht benutzt werden. Es wurde kein „Wasserleitungsrohr“, sondern nahtloses Stahlrohr nach DIN 2448 aus Stahl St 52 nach DIN 1629 mit der Streckgrenze 3600 kg/cm², für das Antennentragrohr mit 4 mm Wanddicke und für das Standrohr mit 6,3 mm Wanddicke benutzt.

Die Berechnungen wurden auf dieser Grundlage ausgeführt:

Tragrohr: 38 mm ϕ , Wanddicke 4 mm beträgt das zulässige Biegemoment nach VDE 0855/1

$M_{zul} = 3,29 \times 3600 \times 0,9 \times 10^{-2} = 107 \text{ kpm}$
Das wirksame Biegemoment M_b mit den verwendeten Antennen bei dem Tragrohr ist 95,4 kpm; der maximal zulässige Wert wurde um 11,6 kpm unterschritten.

Standrohr: Außendurchmesser 51 mm, Wanddicke 6,3 mm; zulässiges Biegemoment:

$M_{zul} = 8,83 \times 3600 \times 0,9 \times 10^{-2} = 286 \text{ kpm}$
Bei der Antennenanlage beträgt das tatsächliche Biegemoment $M_b = 239 \text{ kpm}$. Der maximal zulässige Wert wird hier um 47 kpm unterschritten. Der Antennenaufbau erfüllt die Bestimmungen der örtlichen Bauordnung, wie es für solche Fälle in VDE 0855 verlangt wird. Wählt man das Standrohr um 0,5 m und das Tragrohr um etwa 1 m kürzer, dann wird auch der von Herrn Rosemeyer genannte Wert für das Biegemoment von 165 kpm nicht überschritten. Unter dieser Voraussetzung braucht nach VDE 0855 die Einhaltung der örtlichen Bauordnung (z. B. Württemberg-Baden) nicht nachgeprüft zu werden.

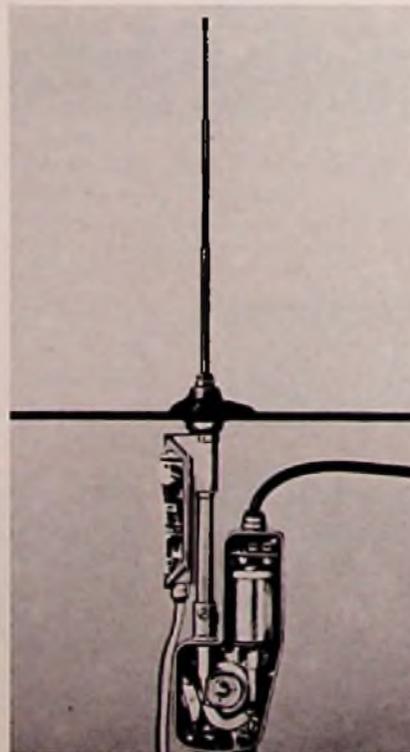
Die Antennenanlage hat im verfloßenen Jahr die Frühlingsstürme und den orkanartigen Sturm im Herbst ohne Schaden überstanden, obwohl in unmittelbarer Nachbarschaft einige nach VDE 0855 aufgebaute Antennen beschädigt wurden. Unbeschädigt blieb auch der Rotorantrieb. Inzwischen wurde die im Bild gezeigte Antennenanlage abgebaut und es wird eine neue mit japanischem Rotor errichtet, der die Verwendung von Trag- und Standrohren bis maximal 60 mm ϕ gestattet. An diese kommt ein Kurzwellen-Yagi. Die VDE-Bestimmungen und Bauvorschriften werden hier eingehalten.

Egon Koch

Kurzberichte aus der Antennentechnik

Elektronische Autoantenne

Die „Hitromatic“ der Firma Richard Hirschmann ist eine elektronische



Motorbetriebs Autoantenne „Hitromatic“

Rundfunk-Empfangsantenne mit eingebautem 2-Kanal-Verstärker, der den LMK- und den UKW-Bereich getrennt verstärkt. Störungen durch Funkdienste werden durch die Auftrennung ausgeschaltet. Die Antenne wird aus dem 12-V-Bordnetz betrieben. Das Stromversorgungskabel für den Verstärker wird am besten am Autoradio angeschlossen. Die meisten Geräte haben eine besondere Klemme zum Anschluß einer automatisch ausfahrenden Antenne, der Anschluß ist aber auch an der Tonband-Buchse möglich bzw. am Abgang des Empfängerschalters. Wird das Radio über das Zündschloß geschaltet, so kann die „Hitromatic“ auch an dieser Klemme angeschlossen werden. Die Stromaufnahme des Verstärkers ist verschwindend gering (etwa 7 mA). Die Antenne wird wie jede andere Versenk- oder Motor-Antenne eingebaut. Für die Betätigung des Antriebs wird am Armaturenbrett ein Kippschalter montiert. Schalterdruck nach oben: Antenne fährt aus; Schalterdruck nach unten: Antenne fährt ein. Das Teleskop ist maximal 40 cm lang.

Kurzberichte über neue Hilfsmittel

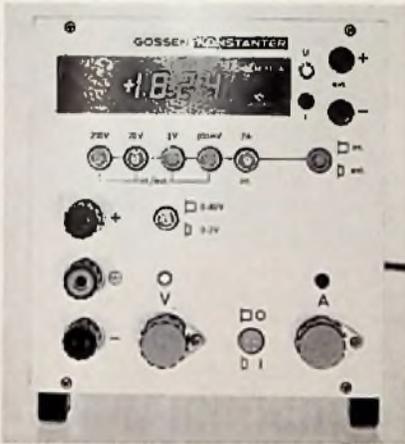
Labornetzgerät mit unabhängigen Ausgängen

Für gehobene Ansprüche gedacht ist das Dreifach-Netzgerät LPT-7202-FM der Lambda Netzgeräte GmbH. Die Ausgangsspannungen von 0... 7 V 5 A; sowie 2 x 0... 20 V, 1,5 A, die jeweils getrennt über Volt- und Amperemeter gleichzeitig abgelesen werden können, machen das Gerät besonders für Labors, Schulen, Institute und Entwicklungsabteilungen interessant. Der Regelfaktor der Ausgänge beträgt 0,01 % für Netz (187–242 V) und Last (Null auf Voll-Last), die Restwelligkeit maximal 1,5 mV. Jeder Ausgang geht auf Stromregelung über mit einem Regelfaktor von 0,2 %, sobald der auf 6 mA genau einstellbare Strombegrenzungswert überschritten wird. Die Ausgänge sind fernneinsetzbar, Tragegriff und Aufstellbügel sind serienmäßig vorhanden. Als besonders wirksam hat sich die zusätzlich zu elektronischer Strombegrenzung und Sicherungselement

noch vorhandene thermische Überwachung des Gerätes erwiesen, die das Gerät bei Überlastung vom Netz trennt und sich nach einer Erholphase wieder schließt. Auf die Netzgeräte wird eine Garantie von 5 Jahren gewährt.

Meß-Konstanter

Dieses Gleichstromversorgungsgerät von der Gossen GmbH besteht aus einem Digitalvoltmeter „Digem Ifl“ und einem Versorgungsmodul. Das Gerät erfüllt zwei Aufgaben: Stromversorgung (die für jeden Schaltungsaufbau in Fertigung, Labor und Prüffeld notwendig ist) und Spannungs- bzw. Strom-Viel-fachmeßgerät. Spannung und Strom der Versorgungseinheit sowie externe Spannungen werden auf einer 3/4-stelligen LED-Anzeige dargestellt. Diese in einem Gerät kombinierten Funktionen



Der Konstanter mit digitalem Meßgerät der Gossen GmbH

führen zu mehr Platz auf dem Arbeitstisch und erhöhtem Bedienungskomfort, ohne auf die Vorteile von Einzelgeräten zu verzichten. Die Stromversorgung ist zwischen 0...80 V bzw. 0...20 V umschaltbar; der Strom beträgt bis 1,6 A. Das Multimeter hat vier Spannungsmeßbereiche von 0...199,9 mV bis 0...199,9 V; der Strom ist bis 1,999 A meßbar.

Meldungen für den Service

Grundig-Lehrgänge 1977. Das Kundendienstzentrum in Nürnberg-Langwasser führt 1977 64 Lehrgänge für insgesamt 1700 Teilnehmer durch. Von März bis November sind diese Lehrgänge vorgesehen: Farbfernsehen (27mal), VCR-Videorecorder (17mal), Hi-Fi-Geräte (16mal), Tonbandgeräte (7mal), Diktiergeräte (6mal) und Autosuper einmal. Bei Bedarf schiebt das Unternehmen weitere Schulungen ein. Die Kenntnisse werden mit Begleitmaterial vertieft, das bei der Arbeit in der Werkstatt helfen soll. Anmeldungen nehmen die Grundig-Niederlassungen und Werksvertretungen entgegen. Während der Kurse – jeweils von Montag bis Donnerstag – wohnen die Teilnehmer kostenlos im Gästehaus, auch für die Verköstigung entstehen tagsüber keine Kosten.

Schulung bei Loewe-Opta. Im 1. Halbjahr 1977 veranstaltet der Kundendienst in Kronach für die Techniker des Handels wieder seine zwei- bis dreitägigen Kurse. Der Stoff ist auf die Reparatur-

praxis abgestimmt. Schulungsunterlagen mit Servicehinweisen helfen bei der späteren Arbeit. Die Teilnahme ist kostenlos; Übernachtung, Frühstück und Mittagessen trägt das Unternehmen. Anmeldungen nehmen die Geschäftsstellen und Werksvertretungen von Loewe-Opta entgegen. Hier die Termine für Farbfernsehtechnik: 8.3. bis 10.3., 29.3. bis 31.3., 13.4. bis 15.4., 19.4. bis 21.4., 26.4. bis 28.4., 10.5. bis 12.5., 31.5. bis 2.6., 14.6. bis 16.6. und 21.6. bis 23.6. Ein Kurs für Hi-Fi-Geräte findet am 17.5./18.5. statt.

Technische Druckschriften

Autoantennen. Die Firma Richard Hirschmann beschreibt in ihrem 60seitigen Katalog DS1 1977/78 Autoantennen, die das Werk herstellt: Anbau- und Versenkantennen, motorbetriebene und vollautomatische, elektronische Antennen sowie Zubehör. Ergänzt wird die Broschüre mit Einbauvorschlägen für mehr als 180 Wagentypen. Adresse: Postfach 110, 7300 Esslingen.

Elektronische Meßgeräte. In dem Kurzkatalog 1977 ist das gesamte Programm der Firma Brüel & Kjaer erfaßt. Neue Meßgeräte finden sich unter den Stichworten Audiometrie, Analyse, Akustik, Elektronik, Elektroakustik und Schwingungstechnik. Bezugsadresse: Reinhard Kühl KG, Postfach 1160, 2085 Quickborn/Hamburg.

DAS GRÖSSTE FILMANGEBOT DER WELT
 Über 15.000 Super-8 Spielfilme u. Das aller Interessengebiete
 Wir verschenken **5.000 Colorfilme** im Werte von je **DM 69,-**
 Wir erfüllen **ALLE Filmwünsche** zu absoluten **Niedrigstpreisen**
 Preislisten + Prospekte kostenlos
 300seitige Farbkataloge gegen DM 10,- (Schein) Schutzgebühr
 Jedem 20 Katalogbesteller schenken wir zusätzlich einen Int. S-8 Color-Spielfilm im Werte von DM 69,-
 VERSA GmbH, Abt. 82/15 Sonnenberger Str. 22, 6200 Wiesbaden

Filmoriginale aller Fachgebiete in 16/35 mm mit Rechten, dringend zu kaufen gesucht.
 Zuschriften an
FBT Film-Bild-Ton GmbH
 Postfach 24 21, 6200 Wiesbaden, Telefon (0 61 21) 37 65 22

MÜTER BMR
 hergestellt mit der längsten Erfahrung in der Regeneriertechnik

BMR 6
 Bildröhren-Meßplatz und Regenerierautomat mit Regenerierprogramm und Schlußautomatik; Bildschirmdaten mit dem Diffusionsbild ohne Ablenkheit (Pat. angem.);
 Maße: 47x29x23 cm.

BMR 7
 Bildröhren-Meß-Regenerator; regeneriert mit Erfolg und beseitigt Schlüsse; Emissionen – Kennlinienaufnahme – Schlußmessungen;

Gew.: 15 kg; Preis: 1690,- DM + MWSI.

Maße: 23x14x18 cm; Gew.: 4,5 kg; Preis: 490,- DM + MWSI.

Kabel für S/W-mini + 110°, Color-Dickhals, -Dünnhals und -IN-LINE sind im Preis enthalten. Lieferung direkt durch den Hersteller oder den Fachgroßhandel.
Ulrich Müter, Spezialhersteller f. Bild-Röhren-Meß-Regeneratoren
 Krlkedillweg 38, 4353 Oer-Erkenschwick, Telefon (0 23 68) 20 53

Kurse und Lehrgänge

13. 5. 1977

Rechnergestütztes Forschen (CAR)

Ort: Essen

Veranstalter: Haus der Technik

Leitung: K. H. Walter

Inhalt: Notwendigkeit von CAR, neue Erkenntnisse (Begriffe, Urteile, Schlüsse) finden, Aufbau einer Datenbank für die Forschung

Gebühr: 185 DM, Mitglieder 170 DM

16. bis 18. 5. 1977

Operationsverstärker-

Anwendungen (Teil 2)

Ort: Ostfildern-Nellingen

Veranstalter:

Technische Akademie Eßlingen

Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. A. Gottwald

Zielgruppe: Ingenieure, Physiker und Techniker aus Nachrichten-, Regelungs- und Meßtechnik

Inhalt: Unterdrückung der Nullpunktfehler durch Gegenkopplung, periodische Driftgegenkopplung in Meßverstärkern, Störungsunterdrückung bei der Meßwertaufnahme, aktive Zweipolwand-

ler, Schaltungsbeispiele mit Dimenslonierungen, Stabilisieren von Gleichspannungen und -strömen, Analyse rückgekoppelter Schaltungen, aktive Filter, DA/AD-Wandler
Gebühr: 409 DM

16. 5. 1977

Numerische Verfahren

zur Auflösung linearer

Gleichungssysteme und Anwendungen

aus dem technischen und

wirtschaftlichen Bereich

Ort: Essen

Veranstalter: Haus der Technik

Leitung: Gisela Jordan-Engel

Inhalt: Motivation, Matrixen und Determinanten, Definition für Matrixen, direkte

Verfahren zur Auflösung linearer Gleichungssysteme, iterative Verfahren zur

Auflösung linearer Gleichungssysteme

Gebühr: 175 DM, Mitglieder 160 DM

16. bis 18. 5. 1977

Die VDE-Bestimmungen für elektrische Meßgeräte – in der Praxis

Ort: Ostfildern-Nellingen

Veranstalter:

Technische Akademie Eßlingen

Leitung: Prof. Dr.-Ing. L. Weichert

Zielgruppe: Alle, die mit Meßgeräten an den verschiedensten Stellen zu tun

haben

Inhalt: Zielsetzung der VDE-Bestimmungen; Zusammenhang mit nationalen und internationalen Festlegungen; praktische Durchführung der Prüfungen nach VDE 0410, 0411, 0413; die Vorschriften aus der Sicht der Hersteller und aus der Sicht des Anwenders; Probleme der meßtechnischen Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Reparaturen und zur Kontrolle der Betriebssicherheit; Bestimmungen nach VDE 0413, Teile 1 bis 6; Anwendung und Realisierung der Vorschriften in großen Meßwertverarbeitungssystemen; elektromagnetische Störungen und ihr Einfluß auf Geräte und Verfahren
Gebühr: 409 DM

31. 5. bis 24. 6. 1977

Bauelemente der Elektronik

Ort: Lauterbach

Veranstalter:

Bildungszentrum für Elektrotechnik

Zielgruppe: Elektrohandwerker

Inhalt: Einführungslehrgang mit den

Teilen 1 bis 4

27. 6. bis 22. 7. 1977

Grundschaltungen der Elektronik

Ort: Lauterbach

Veranstalter:

Bildungszentrum für Elektrotechnik

Zielgruppe: Elektrohandwerker

Inhalt: Aufbaulehrgang, Teil 1 bis 4

Verlag und Herausgeber

Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co.
Fachliteratur KG, München und Heidelberg

Verlagsanschriften:

Lazarettstraße 4 8000 München 19 Tel. (0 89) 18 60 51 Telex 5 29 408	Wilckensstraße 3-5 6900 Heidelberg 1 Tel. (0 62 21) 4 89-1 Telex 4 61 727
---	--

Gesellschafter:

Hüthig & Pflaum Verlag GmbH, München,
(Komplementär),
Hüthig GmbH & Co. Verlags-KG,
Heidelberg,
Richard Pflaum Verlag KG, München,
Beda Bohlinger, München

Verlagsleiter:

Ing. Peter Elblmayr, München,
Dipl.-Kfm. Holger Hüthig, Heidelberg.

Verlagskonten:

PSchK München 8201-800
Deutsche Bank Heidelberg 01/94 100
(BLZ 672 700 03)

Druck

Richard Pflaum Verlag KG
Lazarettstraße 4
8000 München 19
Telefon (0 89) 18 60 51
Telex 5 29 408

**FUNK
TECHNIK**

Fachzeitschrift für
die gesamte Unterhaltungselektronik

Erscheinungsweise: Zweimal monatlich.
Die Ausgabe „ZV“ enthält die regelmäßige
Verlegerbeilage „ZVEH-Information“.
Vereinigt mit „Rundfunk-Fernseh-
Großhandel“

Redaktion

Chefredakteur:
Dipl.-Ing. Wolfgang Sandweg

Redakteure:

Dipl.-Ing. Paul J. Muenzer, Curt Rint,
Margot Sandweg, Gerhard Wolski

Redaktion Funk-Technik

Lazarettstraße 4
8000 München 19
Telefon (0 89) 18 60 51
Telex 5 29 408 pflv

Außenredaktion Funk-Technik
Redaktionsbüro W. + M. Sandweg
Weiherfeld 14
8131 Aufkirchen über Starnberg
Telefon (0 81 51) 56 69

Nachdruck ist nur mit Genehmigung der
Redaktion gestattet.
Für unverlangt eingesandte Manuskripte
wird keine Gewähr übernommen.

Anzeigen

Anzeigenleiter:
Walter Sauerbrey
Hüthig & Pflaum Verlag
Anzeigenabteilung „Funk-Technik“
Postfach 20 19 20
8000 München 2
Telefon (0 89) 16 20 21
Telex 5 216 075 pfla

Paketanschrift:
Lazarettstraße 4
8000 München 19

Gültige Anzeigenpreisliste:
Nr. 10 b vom 1. 10. 1976



Vertrieb

Vertriebsleiter:
Peter Bornscheuer
Hüthig & Pflaum Verlag
Vertriebsabteilung
Wilckensstraße 3-5
6900 Heidelberg 1
Telefon (0 62 21) 4 89-1
Telex 4 61 727

Bezugspreis zuzüglich Versandkosten:
Jahresabonnement 80,- DM (im Inland
sind 5,5% Mehrwertsteuer eingeschlossen)
Einzelheft 3,50 DM
Kündigungsfrist:
Zwei Monate vor Quartalsende (Ausland:
Bezugsjahr)
Bei unverschuldetem Nichterscheinen keine
Nachlieferung oder Erstattung.

Richard Pflaum Verlag KG München

Elektronik · Elektrotechnik · Gesamtprogramm

ELEKTRONIK - ELEKTRO-TECHNIK AUSBILDUNG · FORTBILDUNG

Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik an der Technischen Universität Hannover (Hrsg.)

Elektronik-Testaufgaben I
Elektrotechnische Grundlagen der Elektronik
1976, 3., verbesserte Auflage, 400 Testaufgaben als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 34,- ISBN 3-7905-0270-7

Elektronik-Testaufgaben II
Bauelemente der Elektronik
1976, 4., überarbeitete Auflage, 400 Testaufgaben als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 34,- ISBN 3-7905-0260-X

Elektronik-Testaufgaben III
Grundschaltungen der Elektronik
1976, 2., verbesserte Auflage, 400 Testaufgaben als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 34,- ISBN 3-7905-0260-2

Elektronik-Testaufgaben III
Grundschaltungen der Elektronik
Praktischer Teil
1977, 132 Seiten, 25 Grundschaltungen, 100 Aufgaben, DIN A 4, cellophanierter Einband, Spiralbindung, DM 19,80 ISBN 3-7905-0268-5

Dazu
Arbeitstransparente
(Unterlichtfolien) 1977, 30 Folien im Format DIN A 4, davon 25 Folien Grundschaltungen entsprechend Elektronik-Testaufgaben III, Praktischer Teil, und 5 Folien als Raster. Sammlung komplett DM 140,-

Praktische Elektronik, Teil I
1976, 4., überarbeitete Auflage, 72 Seiten mit zahlreichen Bildern, Schaltplänen, Verdrahtungsplänen und Tabellen, DIN A 4, kartoniert, DM 7,- ISBN 3-7905-0202-2

Praktische Elektronik, Teil II
1976, 2., durchgesehene Auflage, 72 Seiten mit zahlreichen Bildern, Schaltplänen, Verdrahtungsplänen und Tabellen, DIN A 4, kartoniert, DM 7,- ISBN 3-7905-0203-0

Anton Knilling
Testaufgaben Elektrotechnik
1972, 2x210, Testaufgaben mit Lösungen als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 24,80 ISBN 3-7905-0182-4

Franz Havel
Testaufgaben zu VDE-Bestimmungen
1974, 200 Testaufgaben mit Lösungen zu den VDE-Bestimmungen 0100, 0101, 0105, 0107, 0108, 0113, 0130, 0132, 0134, 0141, 0165, 0190, 0211, 0293, 0701, 0800, 0855, 0871, als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 30,- ISBN 3-7905-0218-9

ELEKTROTECHNIK FÜR DEN PRAXISBEREICH

Werner H. Bartek
Elektrische Meßgeräte und ihre Anwendung in der Praxis
1973, 224 Seiten mit 225 Abb., kartoniert in Polyolefin, DM 28,- ISBN 3-7905-0192-1

Fritz Bergtold
Die große Elektro-Fibel
Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium - Nachschlagewerk für den Elektro- und Elektronik-Praktiker.
1973, 8., verbesserte Auflage, überarbeitet von J. Eiseit.
424 Seiten mit 505 Abb., 2 Tafeln und 94 Aufgaben mit ausführlichen Lösungen, kartoniert in Polyolefin, DM 32,- ISBN 3-7905-0201-4

Fritz Bergtold
Antennen-Handbuch
1977, 2. Auflage, völlig neu überarbeitet und ergänzt von Dipl.-Ing. Erhard Graff. Ca. 350 Seiten mit etwa 400 Abbildungen, Kunststoff-Einband, ca. DM 45,- ISBN 3-7905-0261-8

Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL), Hrsg.
Lichtenwendung
1976, 284 Seiten, durchgehend farbig bebildert, Format 21x30 cm, Umschlag vierfarbig, gebunden in Polyolefin, DM 52,-. Eine Sammlung der 9 Hefte „Licht zum Leben“, herausgegeben von der FGL.

Alfred Hösl
Bilderfibel zur Elektroinstallation
Herausgegeben von der Bayerischen Versicherungskammer München.
1973, 116 Seiten mit 286 Abbildungen, kartoniert in Polyolefin, DM 16,- ISBN 3-7905-0200-6

Hösl, Zähe, Aumeler
Blindschutz-Fibel
Planung, Errichtung, Prüfung und Kalkulation von Blindschutzanlagen für Gebäude aller Art.
1970, 136 Seiten mit 97 Abbildungen, kartoniert, DM 15,- ISBN 3-7905-0154-9

Landesinnungsverband für das Bayerische Elektrowerk (Hrsg.)
Kaufmännisches Handbuch für den Elektrohandwerker
Kalkulation und Bauzeiten für die Praxis
1977, 3., völlig neu überarbeitete und verbesserte Auflage, ca. 130 Seiten als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, ca. DM 32,- ISBN 3-7905-0244-8

Elektromaschinenbau

Rudolph Wessel
Die neue Schule des Elektromaschinenbauers
Mit einem Anhang Aufgaben und Lösungen
1976, 4., völlig neu bearbeitete Auflage, 400 Seiten mit 215 Abbildungen, Kunststoff-Einband, DM 44,- ISBN 3-7905-0248-0

HOBBY Elektronik, Modellbau

Werner W. Diefenbach
HIFI-Hobby
Mono-, Stereo- und Quadrophonie
1975, 3., verbesserte und ergänzte Auflage, 220 Seiten mit 190 Abbildungen, kartoniert, DM 24,80 ISBN 3-7905-0232-4

Werner W. Diefenbach
Fernseh-Hobby
Heimpraktikum für Fernsehfreunde
1974, 160 Seiten mit 142 Abbildungen, DM 19,80 ISBN 3-7905-0221-9

Werner W. Diefenbach
Tonband-Hobby
Heimtongeräte in der Praxis, Die- und Schmalfilm-Vertonung, Heimstudio, Trickaufnahmen in Zusammenarbeit mit der Internationalen Tonjäger-Föderation (FICS) und den deutschen Tonband-Clubs.
1974, 11., völlig neu überarbeitete und erweiterte Auflage, 176 Seiten mit 168 Abbildungen, Skizzen und Tabellen, kartoniert DM 19,80 ISBN 3-7905-0225-1

Werner W. Diefenbach
Elektronik-Hobby
Erprobte Schaltungen - leicht nachzubauen
1976, 2. Auflage, überarbeitet und aktualisiert von W. Knobloch.
228 Seiten, 200 Abbildungen, kartoniert, DM 24,80 ISBN 3-7905-0247-2

Werner W. Diefenbach
Handfunksprechgeräte in der Praxis
1977, 3. Auflage, überarbeitet, ergänzt und aktualisiert von Winfried Knobloch.
Ca. 130 Seiten mit etwa 90 Abbildungen, Konstruktionsplänen und Tabellen, kartoniert, ca. DM 24,80 ISBN 3-7905-0265-0

Werner W. Diefenbach
Subminiatur-Sender für Hobby und Funksport
1970, 10., völlig neu bearbeitete Auflage, 192 Seiten mit 177 Abb. und 17 Tab., kartoniert, DM 16,- ISBN 3-7905-0151-4

Werner W. Diefenbach
Elektronik für Auto und Motorrad
1973, 88 Seiten mit 69 Abb., kartoniert, DM 9,50 ISBN 3-7905-0195-6

Winfried Knobloch
Modellisenbahnen - elektronisch gesteuert
Band 1: Anfahr-, Brems- und Blockstreckensautomatiken
1977, 6., überarbeitete und erweiterte Auflage.
Ca. 128 Seiten mit etwa 104 Abbildungen, kartoniert, ca. DM 16,80 ISBN 3-7905-0259-6

Band 2: Impulssteuerungen, NF-Zugbeleuchtung und Peripherie-Elektroniken
1975, 4., verbesserte und ergänzte Auflage, 128 Seiten, 84 Abbildungen, kartoniert, DM 15,- ISBN 3-7905-0210-3

Band 3: Tonfrequenzsteuerungen für unabhängigen Mehrzughetrieb
1976, 4., durchgesehene Auflage, 148 Seiten, 104 Abbildungen, kartoniert, DM 15,- ISBN 3-7905-0233-2

Herbert G. Mende
Polliz, Radar und Signale
Elektronik im Straßenverkehr
1975, 120 Seiten mit 77 Abbildungen, kartoniert, DM 16,- ISBN 3-7905-0229-4

Erich Rabe
Segelflugmodelle
Praktikum für Freunde des Flugmodellbaus.
1976, 2., überarbeitete und verbesserte Auflage.
152 Seiten mit 124 Abbildungen, kartoniert, DM 18,- ISBN 3-7905-0254-5

Erich Rabe
Motorflugmodelle
Modellbau-Praktikum
1976, 2., überarbeitete und verbesserte Auflage, 164 Seiten mit 136 Abbildungen, kartoniert, DM 18,- ISBN 3-7905-0251-0

Erich Rabe
Fernsteuer-Hobby
Praktikum für Freunde der Fernsteuerung
Flugmodelle - Schiffsmodelle - Automodelle
perfekt ferngesteuert
1976, 3., überarbeitete und verbesserte Auflage, 192 Seiten mit 129 Abbildungen, kartoniert, DM 18,- ISBN 3-7905-0246-4

Erich Rabe
Automodelle - ferngesteuert
1977, ca. 128 Seiten mit 89 Abbildungen, kartoniert, ca. DM 18,- ISBN 3-7905-0262-8

Erich Rabe
Elektroflugmodelle
1977, ca. 130 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, kartoniert, ca. DM 21,- ISBN 3-7905-0263-4

Dieter Suhr
Hubschraubermodelle
1977, ca. 130 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, kartoniert, ca. DM 18,- ISBN 3-7905-0264-2



Elektronik
Benadikt Gruber Band 101
Elektronik studiert und probiert
ISBN 3-7905-0198-0

Fritz Bergtold Band 102
Photo-, Kalt- und Heißleiter sowie VDR
ISBN 3-7905-0135-2

Fritz Bergtold Band 103
Glimmrohren- und Ziffernanzelgeräten
ISBN 3-7905-0142-5

Fritz Bergtold Band 104
Glimm-Relaisröhren
ISBN 3-7905-0143-3

Fritz Bergtold Band 105
Elektronikschaltungen mit Triacs, Diacs und Thyristoren
ISBN 3-7905-0204-9

Fritz Bergtold Band 106
Schalten mit Transistoren
ISBN 3-7905-0236-7

Fritz Bergtold Band 107
Integrierte Schaltungen im praktischen Einsatz
ISBN 3-7905-0183-2

Otto Krug Band 108
Integrierte Schaltungen in Fernsehempfängern
ISBN 3-7905-0206-5

Hanns-Peter Siebert Band 109
Optoelektronik in der Praxis
ISBN 3-7905-0212-X

Dieter Hirschmann Band 110
Anwendung und Funktion von Dioden und Gleichrichtern
ISBN 3-7905-0226-X

Steuer- und Regeltechnik
Hans Schmitter Band 201
Vom Schaltzeichen zum Schaltplan
ISBN 3-7905-0178-6

Hans Schmitter Band 202
Bauelemente der Schutz-Steuerungen
ISBN 3-7905-0147-6

Hans Schmitter Band 200
Grundschaltungen allgemeiner Steuerungsaufgaben
ISBN 3-7905-0253-7

Hans Schmitter Band 204
Steuerschaltungen für Antriebe
ISBN 3-7905-0167-0

Hans Schmitter Band 205
Grundschaltungen für Anlagensteuerungen
ISBN 3-7905-0173-5

Kleinhorn/Müller/Seck Band 206
Grundlagen elektronischer Steuerungen in Digitaltechnik
ISBN 3-7905-0184-0

Kleinhorn/Müller Band 207
Praxis elektronischer Steuerungen in Digitaltechnik
ISBN 3-7905-0205-7

Elektropraxis
Josef Eiseit Band 301
Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten

Benedikt Gruber Band 302
Oszilloskopieren leicht und nützlich
ISBN 3-7905-0227-5

Alfred Hösl Band 304
Elektroinstallation in feuergefährdeten und landwirtschaftlichen Betriebsstätten
Physik des elektrisch gezündeten Brandes
ISBN 3-7905-0213-8

Herbert Jänich Band 305
Raumklimatisierung für den Elektropraktiker
ISBN 3-7905-0214-6

Kührt/Pointner Band 306
Grundlagen des Explosionsschutzes elektrischer Anlagen
ISBN 3-7905-0228-8

Kührt/Pointner Band 307
Errichtung explosionsgeschützter elektrischer Anlagen
ISBN 3-7905-0238-3

Enno Folkerts Band 308
Elektrotechnische Grundlagen für den Praktiker
1977, ca. 100 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, Balacron-Einband, ca. DM 12,50 ISBN 3-7905-0266-9

Heinrich Moog Band 309
Elektrische Ausrüstung von Bearbeitungs- und Verarbeitungsanlagen
1977, ca. 100 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, Balacron-Einband, ca. DM 12,50 ISBN 3-7905-0267-7

Alle Bände in Balacron-Einband, Umfang zwischen 80 bis 150 Seiten, Preise von DM 7,50 bis DM 12,50. Ausführliche Informationen über unser Programm vermittelt Ihnen der Prospekt Fachbücher Elektrotechnik / Elektronik

Alle Titel mit Ca.-Angaben erscheinen Frühjahr '77

Richard Pflaum Verlag KG
Lazarettstraße 4
8000 München 19
Telefon (089) 18 60 51

mitglied der Informationsgemeinschaft elektro

98329

Mickan, G.

Z L 15933

1255 Woltersdorf
125 Goethestr. 11

Jetzt das meistgekaufte System in Europa: **20 AX-Selbstkonvergenz**

Im Wettbewerb der Bildwiedergabe-
systeme ist 20 AX bei den großen Formaten
die Nummer Eins:

Allein in Deutschland sind mehr als
1,5 Mio. 66cm-Geräte mit VALVO
Eurocolor 20 AX-Bildröhren ausgerüstet.

Auch bei den 56cm-Geräten hat
20 AX Eurocolor in kurzer Zeit eine
führende Position erlangt.

Es zahlt sich aus, auf 20 AX
zu setzen. Jetzt und in Zukunft.

VALVO Eurocolor ist
das Gütesymbol für
Farbbildröhren, die dem
hohen europäischen
Qualitätsniveau ent-
sprechen und die auch auf
dem Weltmarkt zunehmend
an Bedeutung gewinnen.



VALVO – Europas größter Hersteller von Farbbildröhren



MS 11/76 WPI