

- [20] *Tawada, Y.*, u. a.: Valency electron control in a glow discharge produced a-SiC: H and its application to a-Si solar cells. *J. de Phys.* 42 (1981), S. 471–474
- [21] *Hamakawa, Y.* (Hrsg.): Amorphous semiconductor, JARECT. Tokyo: Ohm und North-Holland, 1982
- [22] *Nakamura, G.*, u. a.: Tandem type amorphous solar cells. *J. Non-Cryst. Solids* 59/60 (1983), S. 1111–1114
- [23] *Okuda, K., Okamoto, H., Hamakawa, Y.*: A-Si/poly-Si stacked solar cell having more than 12 % conversion efficiency. *Jap. J. Appl. Phys.* P2 (1983), S. 605–608
- [24] *Sugata, M.*, u. a.: A TFT-addressed liquid crystal color display. Proc. Third International Display Research Conference (JAPAN DISPLAY), Tokyo, 1983, S. 210–212
- [25] *Richard, J.*, u. a.: Large LCD panel by 320 × 320 TFT array. Proc. Fourth Display Research Conference (EURODISPLAY), Paris, 1984, S. 251–254
- [26] *Yamano, M., Ikeda, H., Takesada, H.*: Amorphous Si TFT active matrix LCTV. Proc. Third International Display Research Conference (JAPAN DISPLAY), Tokyo, 1983, S. 356–359
- [27] *Stroemer, M. V. C., Powell, M. J., Chapman, J. A.*: An a-Si: H TFT array to address a dyed phase change LCD. Proc. Third International Display Research Conference (JAPAN DISPLAY), Tokyo, 1983, S. 348–350
- [28] *Thompson, M. J.*: Thin film transistors for large area electronics. *J. Vac. Sci. Technol.* B2 (1984) 4, S. 827–834
- [29] *Haiduk, A., Legler, R.*: Feldeffektmessungen an hydrogeniertem a-Silizium. 19. Fachkolloquium Informationstechnik der TU Dresden, Dresden, 1986
- [30] Sanyo to produce pocket size LCD TVs in '83. *Journal of the electronics industry* 30 (1983) 1, S. 52
- [31] *Powell, M. J.*: Amorphous silicon thin film transistors: performance and material properties. Proc. Fourth Display Research Conference (EURODISPLAY), Paris, 1984, S. 131–136
- [32] *Janai, M.*, u. a.: Optical properties and structure of a-Si films prepared by CVD. *Solar Energy Mat.* 1 (1979) 1/2, S. 11–27
- [33] *Kaneko, S.*, u. a.: Correlation of photoelectric properties of a-Si: H image sensor with compositional distribution of Si₃N₄ blocking interface. *J. Non-Cryst. Solids* 59/60 (1983), S. 1227–1230
- [34] *Snell, A. J.*, u. a.: The characteristics of optimized a-Si-FETs and their application in integrated imagesensors. *J. Non-Cryst. Solids* 59/60 (1983), S. 1187 bis 1190
- [35] *Glass, A. M.*, u. a.: Periodically structured amorphous silicon detectors with improved picosecond responsivity. *Appl. Phys. Lett.* 44 (1984) 1, S. 77–79
- [36] *Yumoto, J.*, u. a.: Amorphous silicon photovoltaic detectors for guided-wave optics. *Appl. Phys. Lett.* 40 (1982) 7, S. 632–633

Prof. Dr. sc. techn. *Klaus Schade*, Dr.-Ing. *Achim Haiduk*, Dr. sc. techn. *Alfred Köttwitz*, Dr.-Ing. *Jürgen Kuske*, Technische Universität, Sektion Informationstechnik, 8027 Dresden, Mommsenstr. 13

Die Bauelementebasis der modernen Nachrichtentechnik – eine Herausforderung an die Mikroelektronik

D. Bogk, KDT, Berlin

Mitteilung aus dem Institut für Nachrichtentechnik

1. Entwicklung der Nachrichtentechnik zur Kommunikationstechnik

Die modernen Kommunikationstechniken sind Schlüsseltechnologien bis zum Jahre 2000 und darüber hinaus. Sie ermöglichen erst die Beherrschung der immer komplexeren Informationsbeziehungen unter den Bedingungen der wissenschaftlich-technischen Revolution und einen entscheidenden Produktivitätsfortschritt, gerade auch im Bereich der Leitung und Verwaltung. Die gegenwärtige Entwicklung ist geprägt von einer Verschmelzung des weltweiten Nachrichtennetzes auf der Basis digitaler Wirkprinzipien mit der modernen Rechentechnik, der Entwicklung neuer Informations- und Kommunikationsformen — Videotex, Fernkopieren oder Bildfernsehen — und der schrittweisen Einbeziehung aller Kommunikationsformen, einschließlich der weiter dominierenden Sprachkommunikation, in einem einheitlichen digitalen Kommunikationssystem ISDN (Integrated Services Digital Network), zuerst auf der Basis der traditionellen Teilnehmerleitungen, später als Breitband-ISDN insbesondere unter Einsatz von Lichtwellenleitern. Hauptproblem der Nachrichtentechnik ist, daß bei allen Entwicklungen die nationalen und internationalen Nachrichtennetze, deren Struktur und Verbindungen beachtet und funktionsfähig gehalten werden müssen. Zum anderen müssen die verschiedenen Teile des Netzes (Endgeräte, Vermittlungseinrichtungen, leitungsgebundene und drahtlose Übertragungseinrichtungen), im Bild 1 vereinfacht dargestellt, gemeinsam ein neues technisches und ökonomisches Niveau erreichen. Es geht also in der Nachrichtentechnik derzeit nicht nur um die Weiterentwicklung einiger Systemkomponenten oder die qualitative Verbesserung der vorhandenen und Schaffung einiger neuer Dienste, sondern um weltweit verfügbare und alle Kommunikationsformen umfassende Gesamtlösungen [2]. Diese Aufgabe ist nur unter Einsatz der modernsten Ergebnisse der Mikroelektronik zu lösen, da nur sie den Weg zu technisch und ökonomisch realisierbaren Architekturen entsprechend der gestellten Aufgabe ermöglichen. Das soll vor allem am Beispiel der digitalen Vermittlungs- und Übertragungstechnik aufgezeigt werden, deren Entwicklung und Einsatz den ersten Schritt darstellen.

2. Bauelementefragen der digitalen Vermittlungstechnik

Die installierten Teilnehmerleitungen und die Teilnehmer-Endgeräte machen teilweise 50 bis 70 % des Wertes eines Vermittlungssystems aus. Eine digitale Zentrale muß daher mit diesen Leitungen und analogen Teilnehmern, den dazu existierenden standardisierten Schnittstellen und mit anderen analogen Zentralen zusammenarbeiten können. Der Weg besteht darin, jede einzelne Teilnehmerleitung in einer speziellen Schaltung abzufangen und so frühzeitig

wie möglich in eine digitale Standardschnittstelle umzuwandeln. Bild 2 zeigt dazu ein Prinzipschaltbild. Damit können sehr unterschiedliche Teilnehmer durch jeweils spezifische Interfaces von dem zentralen Teil einheitlich behandelt werden. Im folgenden wird gezeigt, daß dazu sowohl für analoge als auch für digitale Teilnehmer außerordentlich komplizierte Probleme zu lösen sind.

2.1. Analoge Teilnehmerschnittstelle

Das Teilnehmerinterface (SLIC) hat die Aufgabe, den Teilnehmer anzuschalten. Dazu gehört die Teilnehmerspeisung (bis 60 V Gleichspannung), der Teilnehmerruf (bis 90 V), die Zweidraht/Vierdraht-Wandlung, die Schleifenüberwachung, der Überspannungsschutz sowie der Leitungstest. Das empfangene Signal wird im PCM-Sendefilter zur Sicherung einer störungsfreien AD-Wandlung bandbegrenzt und im PCM-Coder nach einer nichtlinearen Kennlinie digitalisiert (in ein 8-bit-PCM-Wort umgesetzt); das zum Teilnehmer zu sendende PCM-Signal wird im Decoder wieder nach einer nichtlinearen Kennlinie digital — analog gewandelt, im PCM-Empfangsfilter geglättet und entzerrt und über den SLIC zur Teilnehmerleitung gegeben. Die seit einigen Jahren auf dem internationalen Markt erhältlichen und in der DDR unter den Typenbezeichnungen U 1001 und U 1011 im VEB Kombinat Mikroelektronik produzierten PCM-Filter und PCM-Codec-Schaltkreise sind hochintegrierte Analog/Digitalschaltungen. Der im Bild 3 dargestellte Filterschaltkreis enthält mehr als 20 Operationsverstärker. Die Filter sind wegen der ausgezeichneten Eigenschaften mit geschalteten Kapazitäten realisiert (Bilder 3a und 3b). Dabei wird eine Doppel-Polysilizium-Gate-Technologie angewendet, da diese Kapazitäten besonders günstig zwischen zwei Polysil-Ebenen realisiert werden können. Das erforderliche Integrationsniveau entspricht dem von 4 k CMOS-RAM, wobei die komplexen Analogteile hohe Forderungen an die Toleranz stellen. Gegenwärtig beginnt international die Ablösung durch Schaltkreise, die Codec und Filter auf einem Chip vereinigen bzw. in Spitzenlösungen auch Teile des SLIC einbeziehen [4] [6]. Der in [6] dargestellte CMOS-Interfaceprozessor (Intel) wird in 4-µm-CMOS-Technologie hergestellt, enthält 40 Operationsverstärker, interne Referenzspannungserzeugung, bietet 30 programmierbare Systemfunktionen und hat eine Leistungsaufnahme von 100 mW. Noch weitergehende Lösungen, wie der im Bild 4 dargestellte SICOFI (Siemens) [2] oder SLAC (AMD) [4], verwenden digitale Signalverarbeitungsprinzipien zur Realisierung der Filter und der Gabelschaltung. Der SICOFI als analog/digital gemischter Schaltkreis soll 30000 Transistoren enthalten und im Integrationsniveau der 256 k dRAM gefertigt werden.

Noch komplizierter sind die Probleme beim SLIC. Die bereits aufgezählten Funktionen erfordern relativ komplexe Funktionen bei

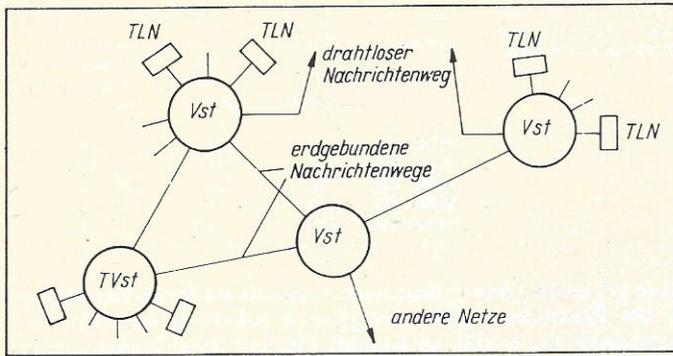


Bild 1. Netzcharakter von Nachrichtensystemen
TLN Teilnehmer, Vst Vermittlungsstelle, TVst Teilvermittlungsstelle

men, um durch Entwicklung neuer Technologien zu Lösungen zu kommen. Die Bilder 5b) und 5c) zeigen solche Lösungen im Vergleich zur Standardtechnologie. Bild 5b) zeigt eine Technologielösung mit 250 V Grenzspannung [17], die die für hohe Spannungsfestigkeit erforderliche Dicke der Epitaxieschicht ohne entscheidende Vergrößerung der Transistorfläche durch Bildung der P⁺-Isolationsrahmen mit Ionenimplantation und anschließendes thermisches Ausdiffundieren von oben und unten ermöglicht. Gleichzeitig können mit dieser Technologie geringe Kollektorbahnwiderstände und vertikale pnp-Transistoren realisiert werden. Der komplette SLIC besteht aus drei Schaltkreisen, dem Hochvoltteil L 3000, dem Niedervoltteil L 3010 in analog/digitaler I²L-Technologie sowie dem Spannungsschutz L 3101. Zusätzlich ist für den Leitungstest ein Relais erforderlich. Eine technologisch noch weiter-

Bild 2. Prinzip einer digitalen Vermittlungsanlage mit analogen und digitalen Teilnehmer-Schnittstellen

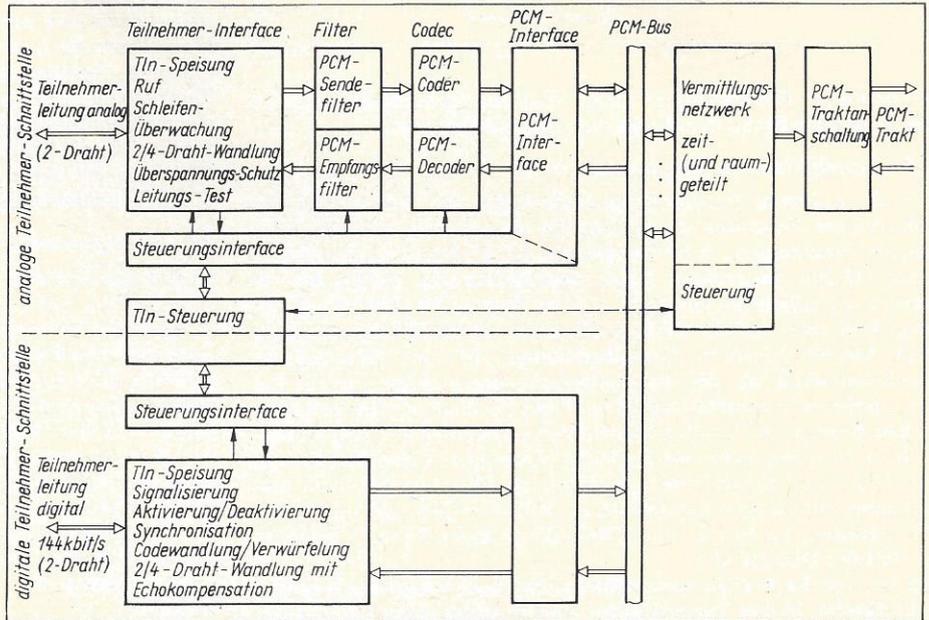
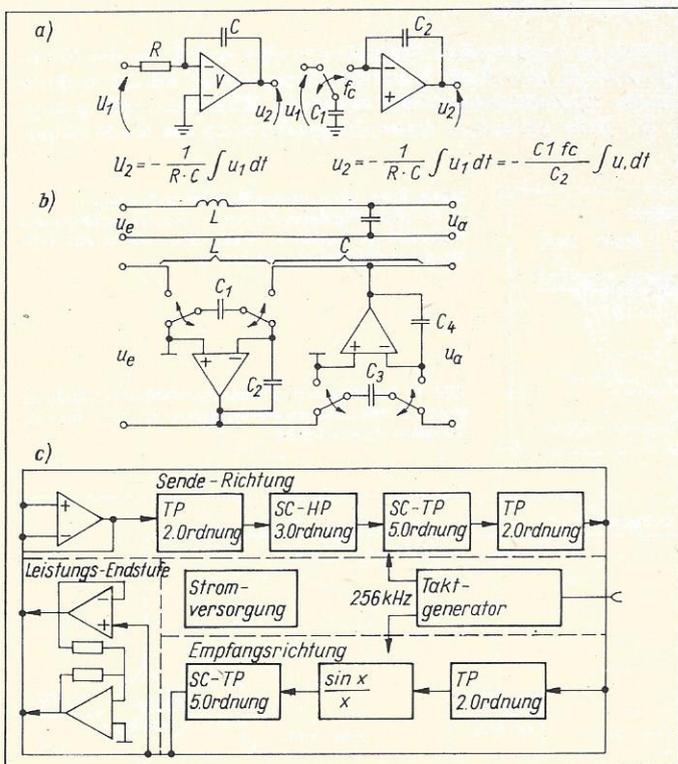


Bild 3. PCM-Filter-Schaltkreis – ein hochintegrierter Analog-Schaltkreis mit SC-Filtern
a) Realisierung eines Integrators mit geschalteter Kapazität, b) Nachbildung eines einstufigen LC-Filters, c) Aufbau eines typischen PCM-Filter-Schaltkreises



Spannungsfestigkeiten bis 400 V bzw. kurzzeitig bis 1500 V. Ziel der internationalen Entwicklung ist es, diese Schnittstelle mit möglichst wenigen Schaltkreisen vollelektronisch zu realisieren. Dazu werden gerade von auf dem Gebiet der Hochvolt-Technologien führenden Halbleiterkonzernen größte Anstrengungen unternom-

gehende, aber auch sehr aufwendige und teure Lösung ist im Bild 5c) gezeigt [9], die eine vollständige dielektrische Isolation jedes Transistors realisiert und damit Spannungsfestigkeiten bis 400 V erreicht. Mit dieser Technologie wird eine vollelektronische Lösung mit drei integrierten Schaltungen erreicht. In der DDR ist mit den Schaltkreisen B 384, B 385, B 386 und B 387 eine Lösung entwickelt, die mit einem hochintegrierten analog/digitalen I²L-Schaltkreis sowie drei speziellen Bipolar-Hochvolt-Schaltkreisen eine vollelektronische Lösung für digitale Nebstellen und kleine Ortszentralen bereitstellt.

2.2. Digitale Teilnehmerschnittstelle

Mit der 1984 erfolgten Standardisierung der 144-kbit-Schnittstelle (2 × 64 kbit, 1 × 16 kbit) als digitale Teilnehmerschnittstelle ist die Möglichkeit gegeben, verschiedene Kommunikationsformen über diese Schnittstelle zu bedienen. Für das Übertragungssystem ist entscheidend, daß das bestehende zweidrahtige Anschlußnetz mit einer verfügbaren Bandbreite von 4 kHz ohne jede Einschränkung zu benutzen sein muß. Im Bild 2 sind die wichtigsten Aufgaben des Anschlußmoduls dargestellt. Zu realisieren ist ein Zweidraht-Vollduplex-Modem für 144 kbit/s. Welche beim für diese Aufgabe optimal geeigneten Echokompensationsverfahren allein für die Gabelrealisierung auftretenden Pegelverhältnisse beherrscht werden müssen, z. B. eine Echodämpfung von über 60 dB, zeigt Bild 6. Allein diese Echoentzerrung erfordert nach [8] einen 50stufigen, adaptiven Echoentzerrer mit digitaler Überlagerung, der bei einer Taktfrequenz von 15,36 MHz in 128 Takten, 50 32-bit-Additionen, 150 16-bit-Additionen, 190 2 × 16-bit-Multiplikationen und fünf 16 × 16-bit-Multiplikationen durchführen muß. Das ist nur mit systolischen Prozessoren zu realisieren. Die erforderliche AD-Wandlung muß mit einer Auflösung von 12 bit für ein 100 kHz bandbegrenztes Signal erfolgen. Analysen zeigen, daß für den Gesamtschaltkreis 100 000 Transistoren, davon etwa 20 % analog, benötigt werden und die maximale Taktfrequenz 16 MHz beträgt. Für eine kommerzielle Einführung ist dazu eine 1,5- bis 2-µm-CMOS-Technologie erforderlich [8]. Daran zeigt sich sehr deutlich, daß die

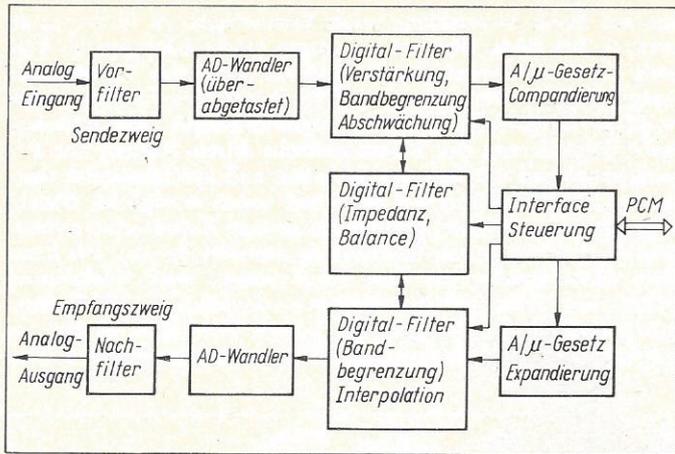


Bild 4
Beispiel eines Einchip-Codec/Filter-IS mit digitaler Signalverarbeitung

Tafel 1

System	Bitrate Mbit/s	Perioden- dauer ns	zulässige Gesamtver- zögerungszeit ns
PCM 30	2	488	< 120
PCM 120	8	118	< 30
PCM 480	34	30	< 8
PCM 1920	139	7	< 2
PCM 7680	565	1,8	< 0,5

ökonomische Einführbarkeit dieser Wirkprinzipien unmittelbar an den erreichten Stand der Mikroelektronik gebunden ist.

2.3. Koppelfeldrealisierung und Steuerung

Gerade in diesem Bereich unterscheiden sich die Zentralen unterschiedlicher Hersteller wesentlich. Sie reichen von stark zentralisierten Steuerungen, z.B. im System AXE (Ericsson, Schweden) oder OZ 100 (Kombinat Nachrichtenelektronik, DDR), bis zu extrem verteilten Steuerungen, z.B. im System 12 (ITT, USA). Es zeigt sich aber, daß die Verfügbarkeit von 16-bit-Mikroprozessoren und 64-kbit-Speichern Grundbedingung für eine ökonomische Realisierbarkeit ist. Bei dezentralen Steuerprinzipien erreicht der erforderliche Speicherbedarf bis zu 16 kbit/Teilnehmer. Die erforderlichen Koppelfeld-IS mit 4 oder 8 Mbit/s Taktfrequenz liegen ebenfalls im Integrationsniveau der 16-bit-Mikroprozessoren. Im Bereich der PCM- und Steuerinterfaces reicht die Einsatzpalette von universellen Interfaceprozessoren (z.B. PBC von Siemens mit 20000 Transistoren) bis zu I²L- und CMOS-Semikunden-IS (z.B. KD 310, U 1021 der DDR/KNE).

Im Bereich der Peripherie dominieren also hochintegrierte Kundenschaltschaltkreise, in den Vermittlungs- und Steuerungsteilen sind abgestimmte Komplexe von hochintegrierten Standard-Schaltschaltkreisen gemeinsam mit Voll- und Semikunden-IS im Einsatz.

2.4. Digitale Übertragungstechnik

Digitale Vermittlungseinrichtungen sind ökonomisch und technisch effektiv, wenn sie mit digitalen Übertragungssystemen zur Verbindung untereinander gekoppelt sind. Dabei besteht insbesondere

Ein in [7] beschriebener Regenerator enthält ein GaAs-Empfänger-IS. Die Transistoren dieser integrierten Schaltung erreichen eine Frequenz f_T von 5 GHz. In Zukunft wird mit Schaltkreisen gerechnet, die entsprechend Bild 8 sowohl den fotoelektrischen Empfänger, die Regeneratorlogik als auch die Laser-Sendediode enthalten. Vorstufen dazu sind nach [7] [14] und [16] bereits erreicht, dabei gehören heute die Laserdioden allein bereits zu den absoluten technologischen Spitzenleistungen. Ähnliche Bedeutung hat die GaAs-Technologie für die drahtlose Nachrichtenübertragung. Im Bereich der mobilen Funktechnik werden Frequenzen bis 1 GHz, im Satellitenbereich bis 300 GHz erschlossen. Schnelle Frequenzteiler in GaAs bis 900 MHz [13], MOSFET bis 20 GHz und Dioden bis 300 GHz Grenzfrequenz [11] sind dafür die technologische Basis.

2.5. Fernsprechengeräte

Noch lange Zeit wird das Fernsprechen die Hauptkommunikationsform bleiben. Auf dem Wege zum digitalen Multifunktionalterminal ist daher die Weiterentwicklung des Telefons eine wichtige Aufgabe. Auch dabei sind noch eine Vielzahl von technologischen Problemen zu lösen. Obwohl Telefon-IS monatlich weltweit in Millionenstückzahlen produziert werden, ist auch hier eine Einchip-Lösung noch nicht verfügbar. Bild 7 zeigt einen Schaltkreis, der bei Anwendung der Mehrfrequenzcode-Tastenwahl ein komplettes Telefon mit der gezeigten Außenbeschaltung realisiert [5]. Derartige Schaltkreise sind im Spannungsbereich von 1,3 bis 15 V arbeitsfähig; sie werden durch Tonruf-IC ergänzt, die direkt an der Teilnehmerleitung angeschlossen sind und wie der Typ TCM 1501 [5] durch Anwendung der Bidfet-Technologie Spannungsimpulse von 1500 V/0,25 s überstehen.

3. Zusammenfassung

Es wurde an ausgewählten Beispielen gezeigt, daß die in der Nachrichtentechnik ablaufende Revolution unmittelbar mit den technologischen Höchstleistungen der modernen Mikroelektronik gekoppelt ist. Mehr als andere Anwendungsgebiete ist die Nachrichten-

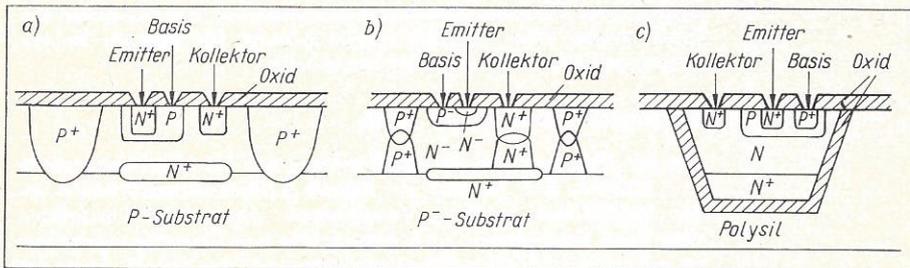


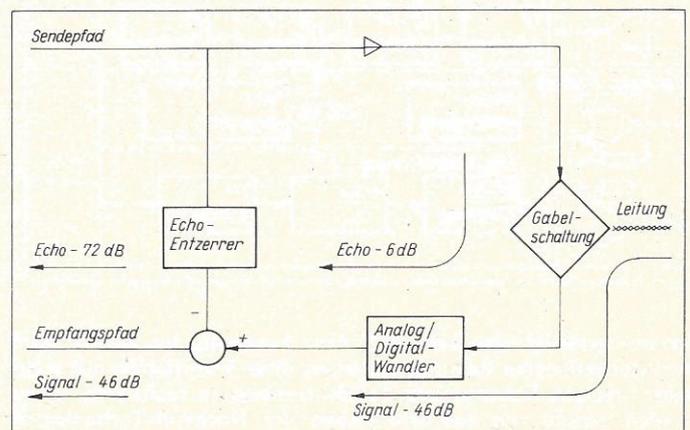
Bild 5. Vergleich spezieller Hochvolttechnologien
a) Standard-Bipolarverfahren, b) Bipolarverfahren mit implantierter Isolation, c) Bipolartransistor mit vollständiger dielektrischer Isolation

im Bereich der Fernverbindungen der Zwang zu möglichst hochkanaligen Übertragungssystemen und dem Einsatz neuer Übertragungsmedien, dem Lichtwellenleiter bei erdgebundenen Systemen sowie dem Satelliten bei extremen Fernverbindungen. Betrachtet man in Tafel 1 nur den Aspekt der zu beherrschenden Bit-Raten, zeigen sich sehr deutlich die technologischen Probleme.

Die zur Signalaufbereitung erforderlichen Schaltkreise für PCM 7680 mit Verzögerungszeiten von 0,2 bis 0,5 ns lassen sich nur noch mit extrem schnellen ECL- oder mit GaAs-Logiken beherrschen, wegen der geringen Einsatzstückzahlen vorzugsweise als Gate-Array. Dabei gewinnt gerade im Zusammenhang mit der Kopplung der Logik an optoelektronische Send-/Empfangsbaulemente die GaAs-Technologie an Bedeutung.

Die für die Lichtwellenleiter-Fernübertragung günstigen Systeme PCM 7680 erreichen heute im Wellenlängenbereich 1,3 und 1,55 μm unter Einsatz von Monomodfasern und Laserdioden Entfernungen im Bereich 30 bis 50 km. Dann sind Regeneratoren erforderlich.

Bild 6. Problem der Zweidraht/Vierdraht-Wandlung beim Echokompensationsverfahren für die digitale Teilnehmerschnittstelle



Zum Jahreswechsel wünschen wir unseren Autoren, Lesern und Beiratsmitgliedern ein frohes, gesundes und erfolgreiches Jahr 1986.

Redaktion der Zeitschrift
Nachrichtentechnik · Elektronik

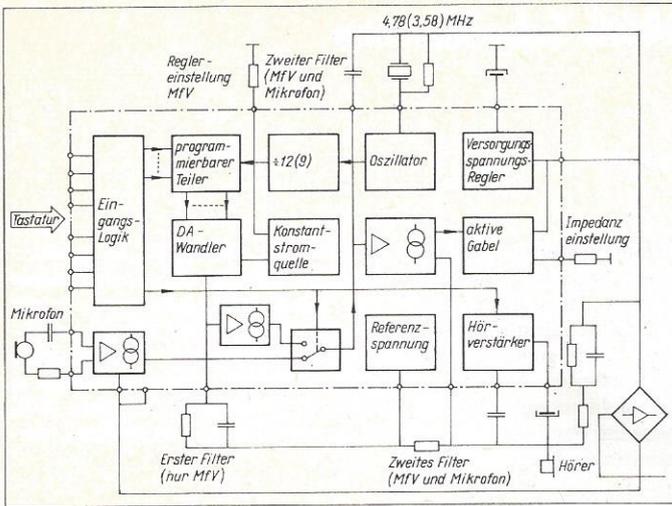


Bild 7
Blockschaltbild eines
Einchip-Telefon-IS

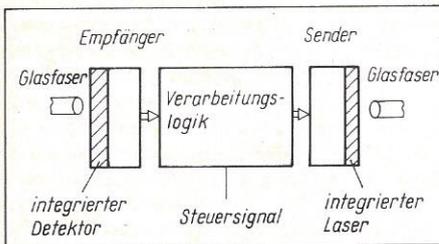


Bild 8
Prinzipdarstellung eines
optoelektronischen integrierten
Schaltkreises

technik an ein breites Spektrum verschiedener Hochleistungstechnologien gebunden, ohne daß auf Grund des Systemcharakters auf einige verzichtet werden kann. Deshalb sind bereits heute selbst große Nachrichtenkonzerne nicht mehr in der Lage, alle Technologien und integrierten Schaltkreise allein bereitzustellen. Sieben der wichtigsten Bauelementehersteller nachrichtenspezifischer Schaltkreise haben Vereinbarungen zur Abstimmung der Architektur für ISDN-Schaltkreise getroffen [5]. Bei nachrichtenspezifischen Schaltkreisen geht es allein 1986 in Europa um einen Markt von 1 Milliarde Dollar [3]. Der wachsende Anteil hochkomplexer nachrichtenspezifischer Schaltkreise zwingt die Anlagenhersteller, sich eigene Entwurfs- und Fertigungszentren für derartige Schaltkreise einzurichten [1] [10] [18]. Schwerpunkttechnologien sind CMOS für analog/digitale und mittelschnelle digitale Schaltkreise, Höchstvolttechnologien für komplexe Interfaces sowie GaAs für superschnelle sowie optoelektronische Bauelemente und Schaltkreise [12]. Dabei werden sowohl hochintegrierte Standardschaltkreise, wie Mikroprozessoren und Speicher oder Signalprozessoren [15], als auch Voll- und Semikundenschaltkreise eingesetzt.

NaA 9511

Literatur

- [1] Privett, R. F.; Iseghem, P. van: Auswirkungen der Technologie kundenorientierter Großintegration. Elektrisches Nachrichtenwesen 58 (1984) 4, S. 364 – 371
- [2] Bauer, H.: Innovationsprung in der Nachrichtentechnik. eee 23 (1985) 10, S. 80 – 81
- [3] Telefon-ICs – das Geschäft der 80er Jahre. Elektronik 32 (1983) 19, S. 113
- [4] Lemme, H.: ICs für die Fernsprechtechnik. Elektronik 32 (1983) 19, S. 118 – 130
- [5] Dance, M.: Specialised ICs for comms – a review of recent developments. Communications Engineering International (1984) 6, S. 9 – 19
- [6] Ahuja, B. K.; Baater, W. M.; Gray, P. R.: Programmierbarer CMOS-Interface-Prozessor für Telekommunikations-Anwendungen. Elektronik 33 (1984) 5, S. 45 – 48
- [7] Kawashima, M.; Takanashi, H.: Optoelectronic Communications. Fujitsu Sci. Techn. J. 21 (1985) 1, S. 1 – 18
- [8] Gasser, L.; Renz, H. W.: System 12, 144-kBit/s-Übertragung auf der Teilnehmeranschlußleitung. Elektrisches Nachrichtenwesen 59 (1985) 1/2, S. 127 – 130
- [9] Harris MHS Tele Communications Firmenschrift 1983
- [10] Eklund, K. H.; Norrmann, G.: LSI Design Center. Ericsson Rev. 58 (1981) 4, S. 168 – 174
- [11] RCA Rev. 45 (1984) 4, S. 557 – 578
- [12] BT develops high speed logic. Electronic Eng. 57 (1985) 6, S. 130
- [13] Smith, J.: Progress in digital GaAs ICs. Electronic Eng. 57 (1985) 6, S. 157 – 160
- [14] Pengelly, R. S.: A decade of GaAs MMICs. Electronic Eng. 57 (1985) 6, S. 163 bis 174
- [15] Kneib, K. N.: Entwicklungstendenzen bei programmierbaren digitalen Einchip-Signalprozessoren. Elektrisches Nachrichtenwesen 59 (1985) 3, S. 312 – 319
- [16] Daughton, J. M.; Bernal, G. E.: Zukunftsperspektiven der Mikroelektronik: VHSIC- und GaAs-Technologie. Nachrichtentechn. Z. 38 (1985) 3, S. 162 – 169
- [17] Breaking the high voltage barrier in bipolar technology. Planar News 5 (1984) 4, S. 8
- [18] Bogk, D.; Krahl, I.: Schaltkreisentwicklung im Entwurfszentrum des INT. Nachrichtentechn., Elektron. 31 (1981) 8, S. 342 – 348

Dr.-Ing. Dietmar Bogk, Institut für Nachrichtentechnik, 1160 Berlin, Edisonstr. 63

Hinweis an unsere Leser

Mit Rücksicht auf die große Anzahl der für das 19. Fachkolloquium Informationstechnik zur Veröffentlichung eingereichten Beiträge erscheint das

Jahresinhaltsverzeichnis 1985

im Heft 2/1986.

Redaktion
Nachrichtentechnik/Elektronik