

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 75 (1984)

Heft: 7

Artikel: Entwicklung von Kundenschaltschaltungen : Problemlösung am konkreten Fall

Autor: Dangel, J. / Wiedemann, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904386>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entwicklung von Kundenschaltschaltungen – Problemlösung am konkreten Fall

J. Dangel und W. Wiedemann

Nach einer Einleitung über den Aufbau und die Bedeutung von kundenspezifischen integrierten Schaltungen wird auf die Probleme der Entwicklung derartiger IC eingegangen. Diese soll in enger Zusammenarbeit des Anwenders mit einem Entwicklungszentrum und einem Halbleiterhersteller erfolgen. Am Beispiel des elektronischen Planimeters wird ein erfolgreicher Entwicklungsvorgang beschrieben.

En partant du principe et de l'importance des circuits intégrés dits custom ou semi-custom, l'article traite des problèmes qui se présentent lors du développement de tels circuits, exigeant une collaboration étroite entre l'utilisateur, un centre de développement et le fabricant des IC. Un développement réussi est décrit à l'exemple du planimètre électronique.

Der Aufsatz entspricht dem von J. Dangel vorgetragenen Fachreferat anlässlich des 18. Technischen Presse-Colloquiums von AEG-Telefunken vom 20./21. Oktober 1983 in Frankfurt/M.

Adresse der Autoren

Dipl.-Phys. Jürgen Dangel, Leiter des Entwicklungszentrums für Integrierte Schaltungen, AEG-Telefunken, D-7900 Ulm, und
Ing. (grad.) Wolfgang Wiedemann, Leiter der Entwicklung der A. Ott GmbH, Feinmechanische Instrumente und Präzisionsmaschinen, D-8960 Kempten.

1. Einleitung

In der Mikroelektronik spricht man heute, nach der Einführung der integrierten Schaltungen und des Mikroprozessors, beim Einsatz der sog. Semikundenschaltungen, also der Gate- oder Transistor-Arrays, von der dritten mikroelektronischen Revolution. Der Begriff Revolution wird dabei für die sehr rasche Einführung neuer Techniken oder Technologien verwendet. Anwendungsnäher wird von der zweiten Anwendungsrevolution gesprochen, da nach dem Eindringen in ursprünglich rein mechanische Domänen wie Uhren, Schreibmaschinen, Tischrechner, Registrierkassen usw. die Industrie nun an der Schwelle steht, dass bis dahin noch weitgehend «verschonte» Gebiete der Mechanik und der Feinwerktechnik von der Mikroelektronik erobert werden: Seien es Prüfmaschinen, seien es Messinstrumente wie Mikrometerschrauben, Schieblehren oder Innenmass-Instrumente, sei es die Sportartikeltechnik oder das in diesem Aufsatz behandelte Planimeter – überall zieht plötzlich und teilweise existenzbedrohend die Mikroelektronik ein.

Die feinmechanische Werkstatt, die bisher darauf spezialisiert war, solche Geräte in höchster Präzision der Metallbearbeitung herzustellen, sieht sich plötzlich der Herausforderung gegenüber, dass Anzeige und Ablesung elektronisch mit viel grösserer Genauigkeit und wesentlich schneller möglich sind. Die Inhaber solcher Firmen haben dann die Wahl, entweder mit geringer eigener Fertigungstiefe als Vertrieb für entsprechende Auslandsprodukte, auch hier vielfach aus Japan, zu fungieren, oder aber sie müssen sich schnellstens mit der Mikroelektronik anfreunden, sie einführen und damit ihre Marktposition als Hersteller erhalten. Hier wird sich die zweite Anwendungsrevolution abspielen, von

der die Industriebereiche der Feinmechanik und Feinwerktechnik besonders stark betroffen werden. Dabei ist es mässig, von Mikroelektronik als Jobkiller zu reden, denn hier kann man Arbeitsplätze nur dann erhalten, wenn die Mikroelektronik möglichst umgehend eingesetzt wird.

2. Kundenspezifische IC sichern Konkurrenzfähigkeit

Die Mikroelektronik ist bei den skizzierten Anwendungen allein schon aus Platzgründen auf kundenspezifische Bauelemente angewiesen, da geeignete Standardbauelemente nicht verfügbar sind oder die verfügbaren einen viel zu grossen Platz beanspruchen. Die Vorteile kundenspezifischer Bauelemente wie

- stärkere Miniaturisierung,
- geringe Verlustleistung,
- hohe Zuverlässigkeit,
- gute Testbarkeit,
- geringe Systemkosten,
- hohe Wettbewerbsfähigkeit sowie
- die erhöhte Sicherheit gegen schnellen Nachbau

sind für viele Anwendungen nicht einfach Vorteile, sondern dringende Voraussetzungen, um konkurrenzfähige Lösungen anbieten zu können. Es ist deshalb ein starkes Anwachsen des Marktes von kundenspezifischen Bauelementen zu beobachten, und für 1986 wird weltweit ein Volumen von 2,1 Milliarden \$ erwartet (Fig. 1).

Generell werden die kundenspezifischen integrierten Schaltungen heute unterteilt in Semikundenschaltungen und Kundenschaltschaltungen. Nach der allgemeinen Definition sind Semikundenschaltungen Bauelemente, bei denen die spezielle Schaltung nach Kundenwunsch durch eine oder mehrere, aber nicht alle individuellen Masken-

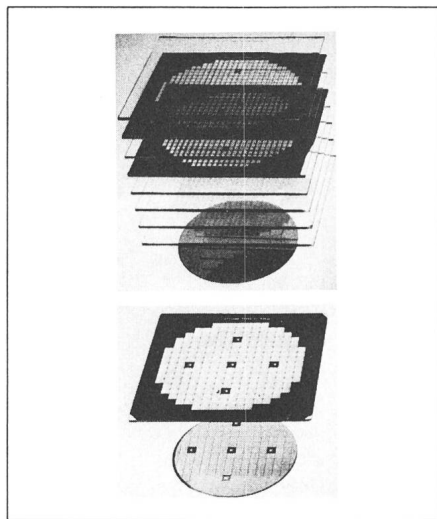
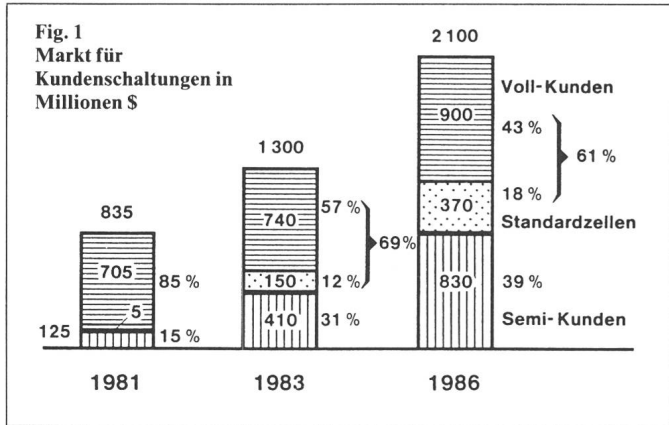
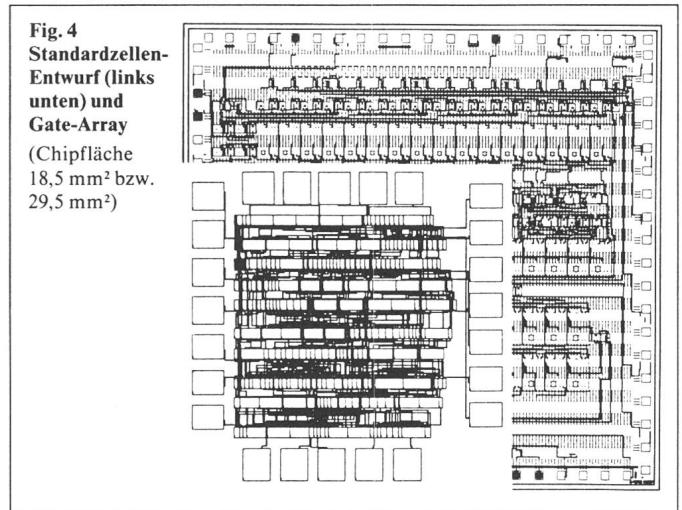
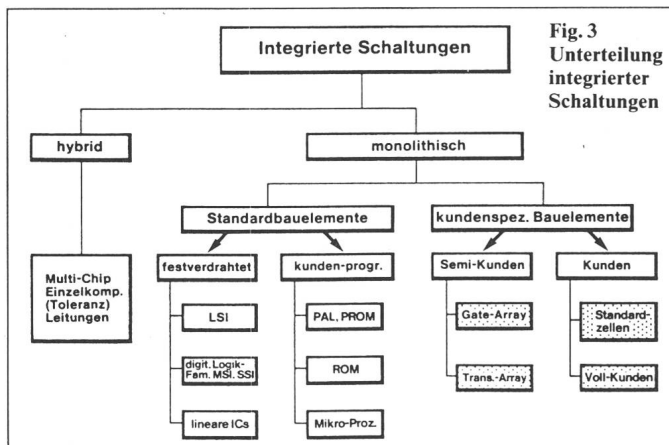


Fig. 2 Kunden- und Semikundenschaltung

Bei den Kundensaltungen (oben) wird die spezielle Schaltung durch alle Maskenebenen bestimmt, bei den Semikundensaltungen (unten) hingegen durch eine oder mehrere, aber nicht alle individuellen Maskenebenen.

ebenen bestimmt wird (Fig. 2). Kundensaltungen dagegen sind Bauelemente, bei denen die spezielle Schaltung durch alle Maskenebenen bestimmt wird. Danach gehören in den Bereich der Semikundensaltungen alle Arten von Arrays, wie Gate-Arrays, Transistor-Arrays oder kombinierte Analog-Digital-Arrays (Fig. 3).



Vollkundensaltungen werden für jede Problemstellung vollkommen neu bis auf die Transistorebene entworfen. Dadurch sind sie dem Problem am besten anpassbar, es wird die geringste Chipfläche erreicht, d.h. auch die geringsten Bauelemente-Fertigungskosten. Wegen der erforderlichen Verfahrensschritte sind sie aber auch in den Entwicklungskosten am teuersten und haben die längste Entwicklungszeit. Die sog. Standardzellen (Fig. 4), die nach der Definition in die Gruppe der Kundensaltungen gehören, liegen als fertige Blöcke einheitlicher Höhe in einer Zellbibliothek vor, das heisst, z.B. Flip-Flops, Inverter und Schieberegisterzellen sind voll spezifiziert als Software vorhanden. Nur die Breite entspricht der elektrischen Eigenschaft. Durch ein vollautomatisches Verfahren werden sie automatisch platziert und automatisch mit nur einer Metallisierungsebene verdrahtet.

Gate- oder Transistor-Arrays sind bis zur Metallisierungsebene fest vorgegebene und platzierte Anordnungen

von bestimmten logischen Gattern (2-, 3- oder 4-Input-Gatter) oder sonstigen Komponenten wie Transistoren, Widerständen usw. bei Transistor-Arrays, die entsprechend der gewünschten Schaltung in der letzten Ebene untereinander verbunden werden. Durch diese feste Anordnung ist ihr Anwendungsspektrum weniger flexibel als bei Vollkundensaltungen. Dafür werden aber weit geringere Entwicklungszeiten und weit geringere Entwicklungskosten als bei Vollkundensaltungen benötigt. Figur 5 zeigt einen Vergleich der wichtigsten Kenngrößen der genannten drei Formen kundenspezifischer Schaltungen. Durch die Einführung von Standardzellen und Semikundensaltungen sind jetzt Entwicklungskosten und auch Entwicklungszeiten erreicht worden, die für den eingangs genannten Anwendungsbereich interessant und annehmbar sind. Sie liegen auch in einer Größenordnung, die bei kleinen Stückzahlen ab etwa 1000 Bauelementen wirtschaftliche Vorteile bringen kann. Die

	Voll-Kunden	Standardzellen	Gate-Array
Entwicklungskosten	1	0,4	0,2
Entwicklungszeit	1	0,3 - 0,4	0,2
Chipfläche	1	1,2 - 1,5	1,7 - 2,2
Ausnutzung	100 %	100 %	80 %
Durchschnittl. Redesign	1 - 2	0,3 - 0,5	0,2 - 0,5
Flexibilität	hoch	mittel	gering
Anzahl der Masken	8 - 12	8 - 12	1 - 3

Fig. 5 Vergleich verschiedener kundenspezifischer Schaltungen (Schaltung mit etwa 1000 Gattern)

Kosten für die Entwicklung einer integrierbaren Schaltung, des Layouts für die Verdrahtung und des Prüfprogramms sowie Herstellung von Masken und Prototypen bewegen sich in einem Bereich von 30 000 DM bis 80 000 DM, so dass das Risiko für mittelständische Firmen tragbar ist.

3. Hemmnisse für Mikroelektronik-Anwendung

Es gibt eine Reihe von Gründen, warum nicht alle einschlägigen Firmen auf die Anwendung der Mikroelektronik in ihren Produkten umsteigen. So kann es sein, dass die Firma keine Erfahrung in Elektronik hat, sie ihre Problemstellung also nicht in Elektronik umsetzen kann. Oft scheut man sich, einen Entwicklungsauftrag ausser Haus zu geben, entweder aus Angst vor Know-how-Abfluss oder einfach aus kaufmännischen Überlegungen. Man will nicht jemanden mit einer Entwicklung beauftragen, wenn im eigenen Hause «Leute sowieso bezahlt werden müssen». Verbreitet ist auch die Angst vor dem Neuen, noch Unbekannten, und man ist verwirrt von der Vielfalt der Angebote. Nicht selten ist das Management auch nicht innovationsfreudig genug.

Ein erhebliches Hemmnis ist die Tatsache, dass es am Arbeitsmarkt zu wenige Spezialisten gibt, die «eingekauft» werden könnten, um eine entsprechende Gruppe aufzubauen. Die Ausbildung ist noch nicht so weit, dass die entsprechend vorgebildeten Absolventen das Wissen in die Industrie tragen können. Ähnlich war es bei der Mikroprozessor-Einführung, die eigentlich erst ins Rollen kam, als die Studenten mit dem neuen «Ding» zu «spielen» begannen und dann die Erfahrung mit in die Industrie nahmen. Dieser Punkt dürfte jedoch sehr bald ausgeräumt sein, da sich inzwischen alle Hochschulen mit den Themen integrierbarer Schaltungsentwurf, CAD und Gate-Array-Design befassen.

4. Entwicklung kundenspezifischer IC

Um diese Schwellen und Probleme zu überwinden, ist ein mehrstufiges Vorgehen notwendig. Figur 6 zeigt den Ablauf der Entwicklung einer integrierten Schaltung. Die Masken- und Waferherstellung sowie die Waferprü-

fung und der Aufbau im Gehäuse müssen auf jeden Fall vom Halbleiterhersteller oder einem Entwicklungszentrum übernommen werden. Der Anwender muss die Systemdefinition, den Entwurf sowie die Erprobung durchführen. Solange hierzu kein Know-how vorhanden ist, um das mechanische Problem in ein elektronisches System umzusetzen, können und sollten damit spezielle Institutionen beauftragt werden. Diesen Service sollte ein Anwender so lange wahrnehmen, bis er eigene Aktivitäten aufgebaut und ein entsprechendes Know-how erworben hat.

In der zweiten Stufe der Fortbildung sollte man sich mehr an den Entwurf einer integrier- und prüfbarer Schaltung wagen, d.h. sich mit den Möglichkeiten, aber auch mit den Randbedingungen der Mikroelektronik auseinandersetzen (in Figur 6 rechts). Die Technologieauswahl, also ob Gate-Array oder Vollkundsenschaltungen, CMOS, NMOS oder Bipolar, der Logik- bzw. Schaltungsentwurf sowie die Prüfung des Entwurfs auf Funktion und Testbarkeit – in der Anfangsphase sicherlich als Brettschaltung – führen letztlich zu einem Pflichtenheft. Diese Auflistung, die für viele Kunden noch ein Fremdwort ist, dient als Basis für die Diskussion mit dem Entwicklungszentrum oder dem Halbleiterhersteller.

Dass dies die wichtigsten Aufgaben bei der Entwicklung von kundenspezifischen integrierten Schaltungen sind,

lässt sich daran ablesen, dass die hierfür erforderliche Zeit in der Regel weit länger ist als die reine Realisierung eines Gate-Array mit etwa 10 bis 12 Wochen. Hier setzt auch der Einsatz von Rechnern für Simulation und Prüfprogrammerstellung anstelle von Brettaufbauten ein, da die Rechnerunterstützung teilweise schneller ist oder auch weitergehende Leistungen aufweist. Für diese Aufgaben stehen spezialisierte Institutionen oder während einer Einarbeitungsphase auch Designhäuser zur Verfügung.

Die dritte Stufe, nämlich die Umsetzung des Logikentwurfs in eine Schaltung, die dann direkt in ein Layout umgesetzt wird, die Prüfung dieser Schaltung auf das Erfüllen der Spezifikationen sowie die Entwicklung eines Prüfprogramms wird heute fast ausschliesslich von Entwicklungs- oder Designhäusern übernommen. Die Entwicklung des Prüfprogramms ist eine der wichtigsten Aufgaben, doch wird sie von den meisten Anwendern kaum beherrscht. Bevor ein Anwender sich jedoch mit der Erarbeitung von Layouts beschäftigt, sollte er die Aktivitäten der Stufen 1 bis 3, die vor allem zu einer Reduzierung der Entwicklungszeit und -kosten führen, selbst durchführen können. Das Zeichnen des Layouts und dessen Überprüfung auf Übereinstimmung mit der gewünschten Schaltung sollte man so lange dafür spezialisierten Häusern überlassen, wie nicht eine Vielzahl von

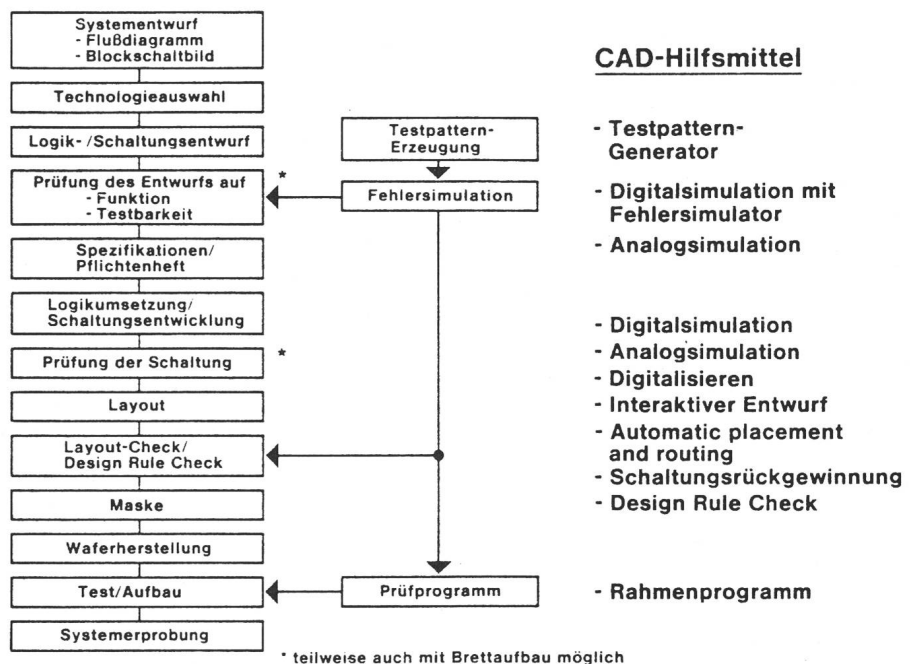


Fig. 6 Ablauf der Entwicklung einer integrierten Schaltung

Anwendungen, etwa fünf bis zehn pro Jahr, vorliegen. Die Investitionen für Hard- und Software sowie für das Know-how übersteigen bei weitem die Ersparnisse an Entwicklungskosten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es finanziell günstiger ist, Schaltungen entsprechend aufbereitet und untersucht anzuliefern sowie die entsprechenden Voraussetzungen für eine reibungslose Prüfung zu schaffen, als sich eine «working station» für Layouts anzuschaffen, um möglichst bereits beim ersten Einstieg in die Mikroelektronik alles selbst zu machen.

5. Praxisbeispiel: Einstieg in die Mikroelektronik

Die A. Ott GmbH in Kempten, ein Unternehmen mit langer feinmechanischer Tradition, das heute etwa 300 Mitarbeiter beschäftigt, stellt u.a. Planimeter her. Diese Geräte sind seit über 170 Jahren bekannt und werden seit etwa 100 Jahren gebaut. Ein Planimeter ist ein Instrument, das zum Ausmessen ebener Flächen in Karten, Plänen, Diagrammen usw. durch Umfahren dieser Flächen dient. Es wird z.B. in Vermessungsbüros zum Bestimmen von Grundstücksgrößen, in Wasserwirtschaftsämtern zum Ausmessen von Wassereinzugsgebieten, in der Lebensmitteltechnologie zur Ermittlung von Fett- oder Wasseranteilen im Fleisch bei fotografierten Stücken oder in der Medizin zum Ausmessen von Röntgen- und Ultraschallbildern zur Schildrüsen- oder Tumordiagnostik benutzt.

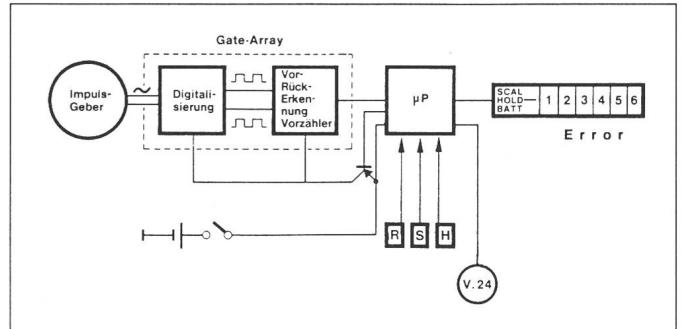
Bereits 1960 versuchte man, sich die Vorteile einer elektronischen Lösung eines Planimeters zunutze zu machen:

- Digitalanzeige statt Nonius, d.h. sofort Anzeige in voller Genauigkeit,
- 0-Setzung wesentlich einfacher als bei Mechanik,
- Skalierung, d.h. Anpassung an unterschiedliche Massstäbe, sehr einfach,
- zusätzliche Funktionen, wie Speicherung eines Zwischenwertes,
- Anschluss über V.24 an Rechner zur weiteren Verarbeitung.

Zusammen mit der Firma Zuse wurde eine digitale Messwertanzeige entwickelt. Das Gerät konnte jedoch das alte Planimeter nicht ersetzen.

1978 wurde durch ein innovationsfreudiges Management der Einstieg in die Elektronik getan, vor allem durch Einstellung von Spezialisten mit Mikroelektronikerfahrung. Nach verschiedenen Anwendungen von Mikro-

Fig. 7
Blockschaltbild
Gesamtelektronik des
Digitalplanimeters



prozessoren und ihrer Programmierung begannen Überlegungen zu Vollkundenschaltungen für den Einsatz im Planimeter. Wegen der hohen Entwicklungskosten von gegen 300 000 DM und einer zu garantierenden Mindestabnahmemenge von mehr als 20 000 bei einem Bedarf von 1000 bis 5000 Stück scheiterten aber die Verhandlungen mit Halbleiterherstellern und damit der erste Einstiegsversuch in die kundenspezifische Mikroelektronik.

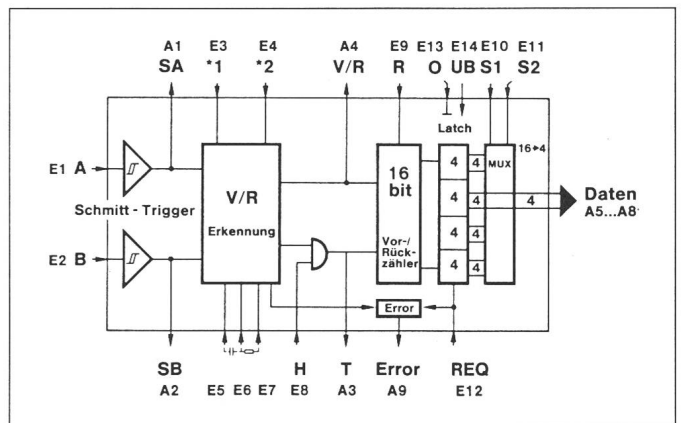
Anlässlich eines Gate-Array-Seminars im Oktober 1981 wurden dann Verhandlungen mit vier Firmen über eine kombinierte Lösung Mikrocomputer plus Gate-Array geführt. Man entschied sich schliesslich für das Entwicklungszentrum für Integrierte Schaltungen von AEG-Telefunken in Ulm, da hier Entwicklungen ohne Stückzahlverpflichtung durchgeführt werden, also kein Risiko für die Fertigung eingegangen wird. Ausserdem lag Ulm sehr viel näher als Manchester oder Santa Clara für notwendige technische Diskussionen. Schliesslich wurde sowohl bei den Entwicklungskosten als auch bei den Bauelementekosten ein günstiger Preis angeboten.

Neben den Bauelementen wie LCD-Anzeige, Tastatur und Impulsgeber,

der die Information des gefahrenen Weges in elektrische Impulse wandelt, besteht die Elektronik nur aus einem Mikrocomputer mit direkter Ansteuermöglichkeit der LCD-Anzeige und einem Gate-Array, das alle vom Mikrocomputer nicht erfüllbaren Funktionen übernimmt (Fig. 7). Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild des Gate-Array mit den Schmitt-Trigger für die Umwandlung des Sinussignals am Ausgang des Impulsgebers in für die weitere Verarbeitung geeignete Impulse; eine Vor-/Rück-Erkennung, die entscheidet, ob zu bestimmten Werten addiert oder subtrahiert werden soll, d.h. ob ein Zähler vorwärts oder rückwärts laufen muss sowie den 16-bit-Vor-/Rückzähler. Seine Ausgangsinformation wird in 16 Speichern zwischengespeichert und über einen 4:1-Multiplexer mit 4 bit für die weitere Verarbeitung an den Mikrocomputer ausgegeben.

Eine spezielle Schaltung neben dem Mikrocomputer war erforderlich, da dieser kein Sinussignal verarbeiten kann und für die vorliegende Frequenz der Impulsverarbeitung zu langsam ist. Mit Gate-Array und Mikrocomputer konnte eine systemoptimale Lösung bezüglich Platz- und Leistungsbedarf sowie der Kosten er-

Fig. 8
Blockschaltbild des
Gate-Array



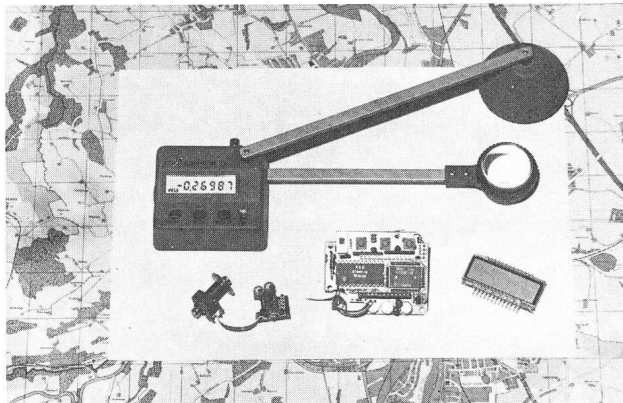


Fig. 9
Elektronisches
Digitalplanimeter

Die Elektronik besteht im wesentlichen aus vier Komponenten: der Tastatur, dem optoelektronischen Impulsgeber, der die Information des gefahrenen Weges in elektrische Impulse wandelt (links), der LCD-Anzeige (rechts) und dem Elektronikmodul (Mitte). Dieses enthält einen Mikrocomputer zur direkten Ansteuerung der Anzeige und das Gate-Array, das alle restlichen vom Mikrocomputer nicht erfüllbaren Funktionen übernimmt.

reicht werden (Fig. 9). Wegen der kurzen Entwicklungszeit von weniger als einem halben Jahr und der Entwicklungskosten unter 35 000 DM, die bei dem zu erwartenden Gesamtvolumen von 1000 bis maximal 5000 Schaltungen wirtschaftlich vertretbar waren, kam für die systemspezifische Elektronik nur eine Gate-Array-Lösung in Frage.

Die Schaltung ist auf einem Gate-Array in CMOS-Metal-Gate-Technologie mit insgesamt 684 verfügbaren Gattern realisiert. Davon wurden 524, d.h. 77%, ausgenutzt. Es handelt sich hier um Wafer, die von der Firma Eurosil hergestellt und vollflächig metallisiert an das Entwicklungszentrum für Integrierte Schaltungen von AEG-Telefunken in Ulm geliefert wurden. Hier wurde das Layout sowie die Belichtungsmaske erarbeitet und anschliessend auf der hauseigenen Pilotlinie die Strukturierung der Metall-, d.h. der Verbindungsebene der Gatter, durchgeführt. Nach dem Messen der fertigen 30 mm² grossen Chips auf dem Wafer wurden sie im Entwicklungszentrum in 24polige Dual-Inline-Gehäuse eingebaut. Hier noch einige Kenndaten:

- Spannung 3 V
- Stromaufnahme typisch 50 µA
- interne Frequenz 200 kHz
- Temperaturbereich 0 °C bis 70 °C

6. Von der Systemfestlegung bis Produktionsbeginn: ein Jahr

Ein Beispiel dafür, in wie kurzer Zeit heute eine kundenspezifische integrierte Schaltung entwickelt und geliefert werden kann, gibt der zeitliche Ablauf des «Projekt Ott».

Januar 1982 Erarbeiten des Pflichtenheftes

Februar 1982 Erste projektbezogene Kontakte zum Entwicklungszentrum für Integrierte Schaltungen von AEG-Telefunken

April 1982 Auftragsvergabe an ein Ingenieurbüro, das Erfahrung im Programmieren des speziellen Mikrocomputers und in der Entwicklung einer integrierbaren Schaltung hatte. Aufbau einer Brettschaltung.

April/Mai 1982 Zwei technische Diskussionen beim Entwicklungszentrum mit Ingenieurbüro und Entwicklern der Firma Ott

Mitte Mai 1982 Übergabe der Brettschaltung (Fig. 10) an das Entwicklungszentrum in Ulm. Parallel dazu bei Firma Ott ausführliches Auswerten der Brettschaltung und des Mikrocomputers, d.h. Test des gesamten Systems

Ende Mai 1982 Start der Entwicklung des Gate-Array im Entwicklungszentrum

Mitte Oktober 1982 Voll funktionsfähige Muster der Gate-Array an Firma Ott

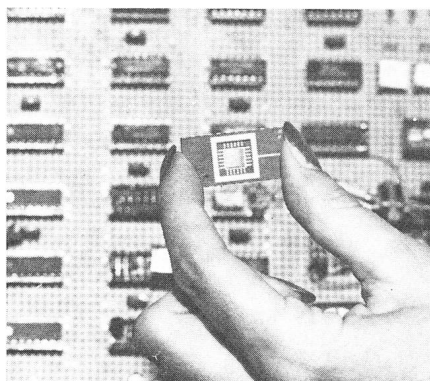


Fig. 10 Brettschaltung und fertige kundenspezifische Schaltung

November 1982 Lieferung des programmierten Mikrocomputers

Januar 1983 Prototypaufbau

Februar 1983 Start der Produktion

Der Projektablauf ging bemerkenswert störungsarm vor sich, denn zwischen dem Erarbeiten des Pflichtenheftes, also dem Festlegen des Systems, und dem Produktionsbeginn liegt die sehr kurze Zeit von etwa einem Jahr. Dieser positive Ablauf wurde dadurch möglich, dass durch ein innovationsfreudiges Management bereits Elektronikerfahrung vorhanden war, d.h. man konnte das mechanische Problem in eine Aufgabenstellung für die Elektronik umwandeln. Trotz dieser Erfahrung wollte man aber das Know-how der Spezialisten nutzen und setzte für den ersten Versuch eines kundenspezifischen Designs ein Ingenieurbüro und ein Entwicklungszentrum mit Vorerfahrung ein, mit dem reibungslos diskutiert werden konnte. Man scheute sich also nicht, Aufträge nach aussen zu vergeben. Schliesslich wurde das System auch während der Entwicklungsphase mit der Brettschaltung laufend kontrolliert, um keine Fehler unentdeckt zu lassen, da man nicht sicher war, wie genau das Pflichtenheft das System beschrieb.

Doch es gab nicht nur eitel Sonnenschein, sondern auch eine Vielzahl von Problemen, die überwunden werden mussten. So zeigte z.B. das Display aus Taiwan zunächst Probleme mit dem Blickwinkel. Wegen fehlenden direkten Kontakts zum Hersteller war es mühsam, eine Verbesserung zu erreichen. Besondere Massnahmen erforderte der Versand der programmierten EPROM als Referenz für die Programmierung des Mikrocomputers nach Japan. Aus Sicherheitsgründen wurden drei Muster in Flugzeugen in drei verschiedenen Sendungen versandt. Trotz des Referenz-EPROM gab es einen Programmfehler im Mikrocomputer, da der Simulationsprozessor eine andere Pinbelegung hatte als der endgültige. Eine kurze Verzögerung trat dadurch ein, dass die Gussteile für das Gehäuse nicht rechtzeitig geliefert werden konnten, da das Werkzeug nicht termingerecht fertig wurde.

Es ergab sich bei diesem Projekt die generelle Erfahrung, dass die Beschaffung der einzelnen Baugruppen wohl eines der grossen Probleme für die Firmen ist: Der Mikrocomputer kam aus

Japan, das LCD-Display aus Taiwan, Gate-Array und Gussteil aus Deutschland, aber von verschiedenen Firmen; der Impulsgeber wurde selbst gefertigt, aber die zugehörigen elektronischen Bauelemente und die geätzte Strichscheibe wurden von externen Firmen bezogen. Neben den eigentlichen Entwicklungsproblemen waren die Diskussionen und Verhandlungen, teilweise über Dritte, für das Beschaffen von geeigneten Mustern und die anschließende Kleinstückzahllieferung

sehr zeitaufwendige Prozeduren, für die Erfahrungen gesammelt werden mussten.

Aber der Zeitaufwand hat sich gelohnt. Heute verfügt die Firma Ott über ein Produkt, das einen wesentlichen Vorsprung gegenüber den Konkurrenten besitzt und so die Zukunft der Planimeterfertigung sichert. Man hat auch gelernt, wie solche Aufgaben in Zukunft angegangen und abgewickelt werden können. Deshalb erwägt das Unternehmen, solche Aufgaben

auch für externe Kunden zu übernehmen. Das ist eine ähnliche Entwicklung wie beim Entwicklungszentrum für Integrierte Schaltungen in Ulm etwa 1½ Jahre vorher. Das Interesse gerade von mittelständischen Unternehmen ist gross. So könnte die Firma Ott für andere Firmen komplette Elektronik-Module entwerfen und fertigen, wodurch für viele kleinere Unternehmen eine Stelle geschaffen würde, die ihnen den Einstieg in die Mikroelektronik erleichtert.