Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 68 (1977)

Heft: 17

Artikel: Der Einfluss der LSI auf die Prozessdatenverarbeitung

Autor: Wiedenkeller, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915063

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

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

Der Einfluss der LSI auf die Prozessdatenverarbeitung

Von H. Wiedenkeller

681.326.32:621.3.049.771.14

Die Auswirkungen der Grossintegration (LSI) reichen derart weit, dass man sie nicht allein im Rahmen einer natürlichen, kontinuierlichen, technischen Entwicklung sehen und bewerten kann. Die Grossintegration brachte als wichtigstes neues Standardprodukt der Elektronik den Mikroprozessor bzw. Mikrocomputer. Der Einsatz von Mikroprozessoren hat zu strukturellen Änderungen in der Prozessdatenverarbeitung geführt. Mikroprogrammierung als neue effiziente Programmiertechnik hat nun auch Eingang in die Prozessdatenverarbeitung gefunden, da die Kosten für Mikroprogrammspeicher dank LSI derart gesunken sind, dass diese relativ zum Gesamtaufwand tragbar geworden sind.

Les effets des circuits intégrés à grande échelle sont si amples, que l'on ne peut guère s'en rendre pleinement compte et les interpréter dans le seul cadre de l'évolution technique naturelle et continue. L'integration à grande échelle a donné lieu, notamment, à un nouveau produit standard de l'électronique: le microprocesseur, dont l'emploi a apporté des modifications structurelles dans le traitement des données relatives à des processus. La microprogrammation, technique nouvelle et efficace, s'applique maintenant également à ce traitement des données, parce que, grâce à l'intégration à grande échelle, le coût des mémoires microprogrammables est si réduit que leur emploi est devenu économiquement supportable par rapport au coût global.

1. Einleitung

Die Automation bewirkte eine sprunghafte Entwicklung der Arbeitsproduktivität und wäre, ähnlich wie die Mechanisierung um die Jahrhundertwende, eine Quelle von Störungen und Erschütterungen im wirtschaftlichen und sozialen Bereich geworden, wäre sie nicht durch eine übermässige konjunkturelle Nachfrage hervorgerufen und gefördert worden.

Nun findet in der Elektronikindustrie mit der Grossintegration, in einer Zeit des Konjunkturabschwunges, ein Technologiewandel statt, der die bisherige traditionelle Arbeitsteilung zwischen Bauelemente- und Geräteherstellern aufhebt. Der Vorgang der Grossintegration ist in seiner wirtschaftlichen und technischen Bedeutung, mit seiner Ausstrahlung auf die gesamte Computertechnik und insbesondere auf die Prozessdatenverarbeitung, so gross, dass von einer eigentlichen, technischen Umwälzung gesprochen werden kann.

2. Grossintegration

Die Integration sehr vieler Bauelemente auf einem monolithischen Chip (Siliziumscheibe von einigen mm^2) bezeichnet man als Grossintegration (*L*arge *S*cale *I*ntegration, LSI), sobald der Funktionsumfang der integrierten Schaltung mehr als hundert Gatterfunktionen enthält; eine Gatterfunktion verknüpft mindestens zwei digitale Signale (binäre Variablen) miteinander.

Gegen Ende der 60er Jahre brachte die MOS-Technologie den Durchbruch zu höheren Integrationsgraden. Der Name MOS steht als Abkürzung für Metal-Oxide Semiconductor, bezeichnet aber auch die Reihenfolge der Schichten des Halbleiters, nämlich *M*etall-*O*xyd-*S*ilizium.

Bei MOS-integrierten Schaltungen ist eine Erhöhung der Packungsdichte möglich, da in dieser Technologie die Transistoren unipolar sind, die sonst nötige Isolation zwischen den Transistoren wegfällt und aufgrund der Verwendung von Feldeffekttransistoren nur eine minimale Versorgungsleistung zur Steuerung notwendig ist. Die geringe Fläche eines MOS-Transistors lässt Chipflächen zu, die mehr als dreimal so gross sind wie bei bipolaren Techniken (Fig. 1). MOS-Schaltkreise mit einer aktiven Silizium-Fläche von mehr als 35 mm^2 können in Großserien gefertigt werden.

Diese Vorteile schlagen sich auch im Preis nieder, der, bezogen auf ein Bauelement, in den letzten zehn Jahren um den Faktor 200 gesunken ist und heute etwa ½ Rp. pro Bauelement beträgt. Zurzeit sind bereits Packungsdichten von mehr als 100000 Bauelementen pro Chip möglich. Für das Jahr 1980 sind 10^6 Bauelemente pro Chip prognostiziert.

3. Die Auswirkung der Grossintegration

Die technischen Möglichkeiten und die Wirtschaftlichkeit der LSI lassen ein starkes Eindringen in alle Bereiche der Wissenschaft, der Industrie, der Verwaltung und selbst des Privathaushaltes erwarten. Mechanische Techniken weichen der kostengünstigeren Digitaltechnik. Bei weiterer degressiver Kostenentwicklung wird z. B. die Digitaluhr der klassischen Uhr den Rang ablaufen. In der Datentechnik ist der Kernspeicher durch den konkurrenzfähigeren Halbleiterspeicher schon weitgehend verdrängt, und die materiellen Auswirkungen der LSI-Innovation für die digitale Informationsverarbeitung sind beträchtlich.

Die Universalcomputer für Massen- und Transaktionsverarbeitung im kommerziellen, industriellen und technisch-wissenschaftlichen Bereich sind dank LSI preisgünstiger geworden. Was aber noch wesentlicher ist: der Durchbruch der LSI führte zum *Mikrocomputer*. Die mehreren tausend integrierten Bauelemente auf einem Chip in Zigarettenschachtelgrösse reichen aus, um einen «1-Chip-Prozessor», eine CPU mit Steuereinheit und Rechenwerk zu realisieren (Fig. 2). Als Arbeitsspeicher dient ein grossintegrierter Festwertspeicher, ein Read Only Memory (ROM) oder ein elektrisch programmierbarer Read Only Memory (PROM). Zum vollständigen Mikrocomputersystem kommen noch Eingabe- und Ausgabeeinheiten.

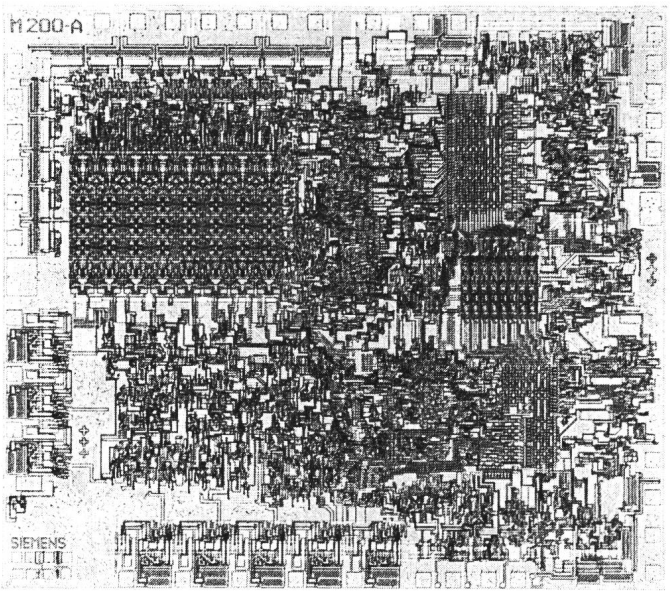


Fig. 1 Mikroprozessor SAB 8080 mit 4500 Transistorfunktionen auf 24 mm^2 Siliziumfläche

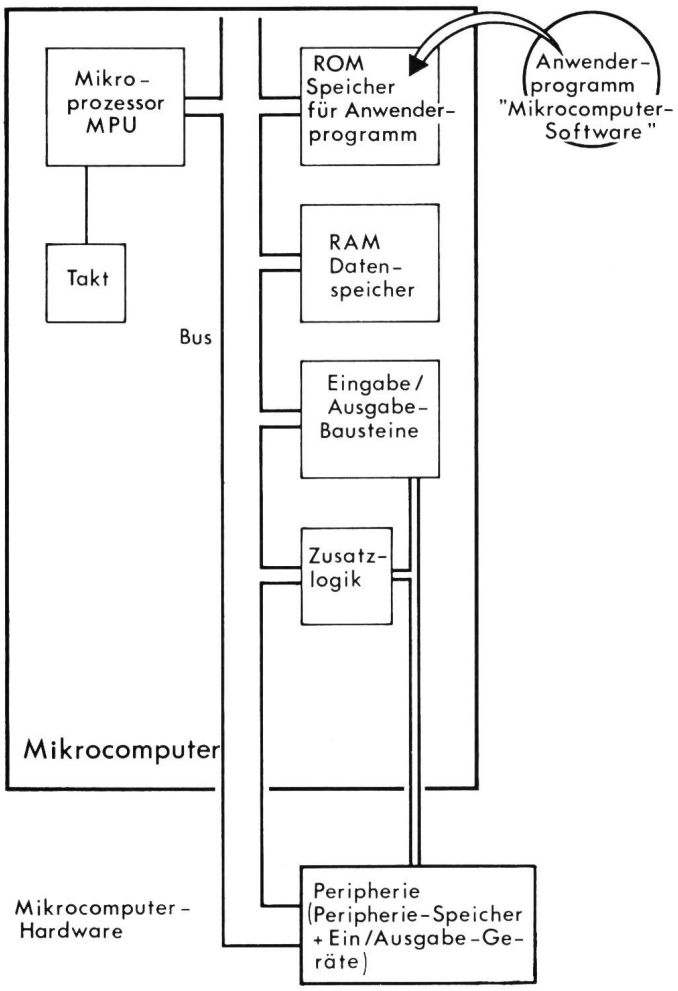


Fig. 2 Mikrocomputer-System

Der Mikrocomputer ist wie der universelle Computer ein speicherprogrammiertes System. Das Programm wird in PROM oder ROM untergebracht. Die Datenspeicherung geschieht in Random Access Memories (RAM). Besteht ein Bedarf nach Programmänderung, so wird der PROM verändert oder das ROM ausgetauscht.

Die Eigenschaften der Mikroprozessoren förderten die Dezentralisierung in der Computer-Architektur und beschleunigten den Trend zur gestreuten Computer-Verarbeitung, dem sogenannten Distributed Processing.

Sowohl bei Mikrocomputern wie bei normalen Universalcomputern hängt die Wirtschaftlichkeit wesentlich von den Kosten der internen (Arbeitsspeicher) und der externen (Datenspeicher) Speichermedien ab. Je mehr Bit in einem Baustein integriert werden können, um so billiger wird ein Bit Speicherkapazität. Speichermodule mit 4096 bit Kapazität werden schon seit ungefähr zwei Jahren serienmässig hergestellt. Die Serienfabrikation von 16-kbit-Modulen läuft demnächst an. Man rechnet deshalb heute damit, dass die Packungsdichte alle zwei Jahre um eine 2er-Potenz wächst und eine laufende Kostensenkung nach sich zieht.

Mit den stark reduzierten Kosten für Programm- und Datenspeicher verschiebt sich das Hardware-/Softwarekostenverhältnis. Speicherplatz ist billig geworden, folglich sind keine Programmiertricks mehr nötig, um Speicherplatz zu sparen, und so können die Programme transparenter gestaltet werden. Das ingenieurmässige Vorgehen bei der Programmierung, das Einsetzen sogenannter Programmingtools, von Methoden der strukturierten Programmierung kommt erst jetzt richtig zum Tragen, wo man mit dem Arbeitsspeicherplatz etwas verschwenderischer umspringen kann.

Neue Bauelemente, schnellere und preisgünstige Speichereinheiten sowie Fortschritte in der Hardwaretechnik begünstigen neue Software und Software-Erstellungsmethoden, und zwar auf dem Gebiet der kommerziellen Datenverarbeitung und der Prozessdatenverarbeitung.

Die Technik der *Mikroprogrammierung* jedoch, bislang vorzugsweise bei kommerziellen Rechnern eingesetzt, kann dank LSI nunmehr auch für *Prozessrechner* nutzbar gemacht werden. Wichtige Maschinenbefehle, wie beispielsweise die Addition zweier Registerinhalte, sind in Elementaroperationen zerlegbar. Solche Elementaroperationen lassen sich als *Mikro-*

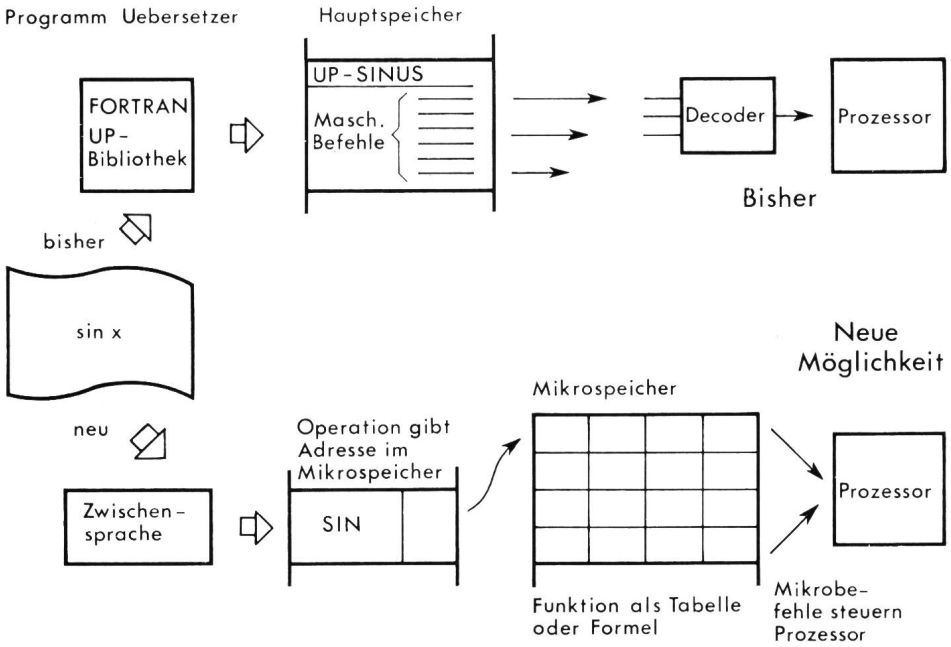
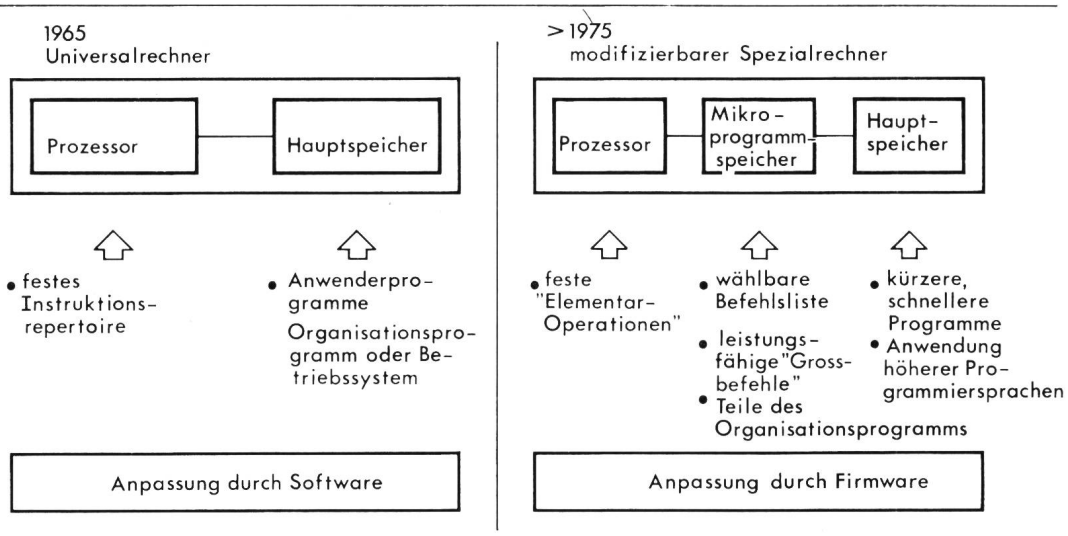


Fig. 3
Leistungsfähige Befehle durch Mikroprogrammierung
UP Funktionsaufruf mit Firmware für Unterprogramm

Fig. 4
Funktionsanpassung durch Mikroprogrammierung



befehle auffassen. Die Mikrobefehle aneinandergereiht bilden das *Mikroprogramm,* welches in einem sehr schnellen Halbleiterspeicher, dem *Mikroprogrammspeicher*, abgelegt ist.

Die Mikroprogrammspeicher sind als unzerstörbare, tote Lesespeicher (ROM) ausgelegt. Der Informationsgehalt (d.h. das Mikroprogramm) gelangt durch einen Fertigungsvorgang, der sich von Hardwareverdrahtung unterscheidet, in den Festwertspeicher; dieser ist mit herkömmlichen Softwareverfahren nicht änderbar. Diese Eigenschaften des Mikroprogramms haben zum Namen *Firmware* geführt.

Über Firmware kann der Befehlsvorrat eines Rechners einsatzabhängig verfeinert werden. Ferner gestatten die mit der neuen Befehlsstruktur gewonnenen höheren Sprach-Elemente eine Reduzierung des Betriebssystemaufwandes. Durch Befehlserweiterung können auch spezielle Kundenwünsche abgedeckt werden. Die durch Firmware geschaffene breitere Befehlsbasis eröffnet neue Möglichkeiten für den Einsatz höherer problemorientierter Programmiersprachen in der Prozessdatenverarbeitung.

Die hohen Kosten für Speicherplatz sowie Laufzeitprobleme, die sich bei der Durchführung der vom Übersetzerprogramm erzeugten Maschinenbefehle (Objektcode) einstellten, verwehrten bisher oft den Einsatz der Programmiersprachen FORTRAN, PL/1, COBOL oder PEARL. Mit Firmware ist es heute sogar möglich, gewisse Abweichungen vom Sprachenstandard, z.B. PL/I / PLM, mit dem Ziel zuzulassen, diese problemorientierten Programmiersprachen für die Prozessdatenverarbeitung tauglich zu machen (Fig. 3).

Die Anpassung des Prozessrechners an die Einsatzforderung, z.B. bei der Prozess-Steuerung und -Überwachung in der chemischen Industrie oder bei der Kraftwerksautomatisierung, wo neben der Steuerung der Reaktoranlage noch vielfältige Datensammel-, Überwachungs- und Verwaltungsaufgaben anfallen können, wurde noch bis anfangs der siebziger Jahre ausschliesslich mit dem Mittel der angepassten Anwendersoftware erreicht. Diese Anpassung ist heute durch Firmware möglich, da deren Einbringen auf die sehr schnellen und kleinen Mikroprogrammspeicher dank der durch LSI eingetretenen Kostensenkung vertretbar geworden ist (Fig. 4).

Die Firmware führt zu einer neuen Arbeitsteilung in der Prozessdatenverarbeitung. Der Prozessrechner der Zukunft wird von der Hardware, der Software und in Abhängigkeit von weiteren Fortschritten der LSI von der Firmware geprägt sein (Fig. 5). Dieser Sachverhalt führt zu einer Gewichtsverschiebung in Richtung Software und Firmware, was sich letztlich in Strukturveränderungen innerhalb der Elektronik niederschlagen wird.

4. Strukturelle Änderungen

Mit dem Aufkommen speicherprogrammierter Systeme in der Prozessautomation bahnte sich bereits eine Verschiebung der Ingenieurtätigkeit in diesem Bereich an. Nun ist der Ingenieur, der viele Jahre aufgewendet hatte, bis er das Entwerfen logischer Schaltkreise beherrschte, erneut zum Lernenden geworden, wobei es jetzt grob gesprochen darum geht, dasselbe mit Software zu erreichen, was vorher durch Hardwaredesign.

Der frühere Schaltkreis-Designer lebt heute in einer Welt der Programmierung, der Flow Charts. Er testet und prüft seine Entwicklungen mit Software und speziell entwickelter Hardware. Seine Arbeit gründet auf Erfahrung im Logikentwurf, der Programmiertechnik und der Systemtechnik. Damit hat die Schnittstelle Mensch/Maschine eine neue Dimension angenommen.

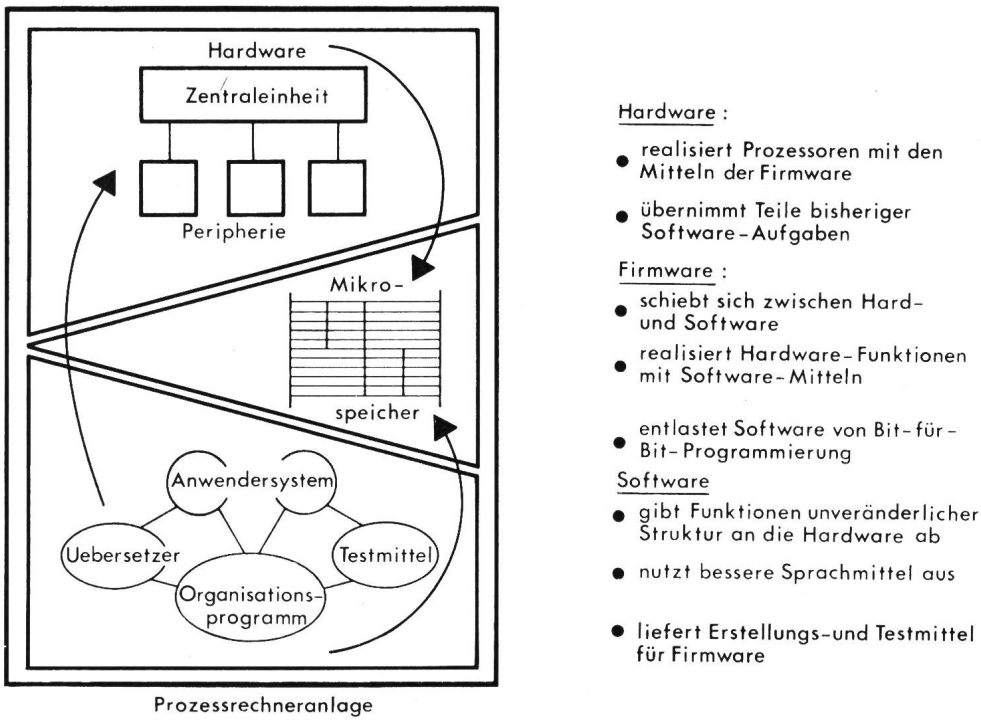
Die Standardprodukte der Grossintegration, Mikroprozessoren und Mikrocomputer, beschleunigen und verstärken den Trend zu Software und Firmware. Mit steigender Integrationsdichte resultiert zudem auf der Hardwareseite ein Verlust an Entwicklungs- und Fertigungstiefe. Die Reduzierung der Bestückungs- und Verdrahtungsarbeiten verursacht in den Werken der Elektronikunternehmen einen spürbaren Rückgang an Fertigungsstunden.

Der Mikroprozessor bietet sich für eine erfolgversprechende Vorwärtsintegration, d.h. für die Ausweitung der Fertigungstiefe in Richtung auf das Endprodukt geradezu an. Damit machen die Halbleiterhersteller den Geräteherstellern den Markt streitig. Durch Aneignung von Applikations-Know-How werden die Hersteller von Halbleitern schliesslich in der Lage sein, ausser universellen Geräten auch Spezialgeräte alleine herzustellen und sich z.B. im Bereich der NC-Maschinen-Steuerung eine starke Marktposition aufzubauen.

5. Ergebnis

Der Einsatz der LSI hat eine neue technologische Ära eingeleitet. LSI gab den Anstoss zu neuen Produkten und Methoden, die selbst die erfinderischsten Ingenieure mit konventionellen Hilfsmitteln allein nicht zustande gebracht hätten.

Fig. 5
Arbeitsteilung im Prozessrechner der Zukunft



Die in diesem Zusammenhang signifikanteste Innovation sind Mikroprozessoren beziehungsweise Mikrocomputer, die in Maschinen und Anlagen integriert, diese leistungsfähiger und erst noch billiger machen.

Mikroprozessoren erschliessen auch der Prozessdatenverarbeitung neue Horizonte. Erst die LSI ermöglicht durch die enorme Kostensenkung schnelle Mikrospeicher (ROM, PROM, RAM) und die darin gespeicherten Mikroprogramme für die Prozessdatenverarbeitung nutzbar zu machen. Damit ist es möglich, die Funktion eines elektronischen Produktes durch blosse Instruktionsänderung, ohne kostspieliges Umbauen, erweiterten oder neuen Anforderungen anzupassen. In erster Näherung reduziert der Mikrocomputer elektronische Applikationen auf das Schreiben oder Einbringen von Programmen und Mikroprogrammen.

Die LSI und deren unaufhaltsames Vordringen ist unter manchen Gesichtspunkten nicht unproblematisch, verursacht doch die Grossintegration einen Verlust an Hardwareentwicklungstiefe und verschiebt den Schwerpunkt hin zu Software und Firmware. Der Ingenieur muss mit dieser Arbeitsverlagerung fertig werden, wobei gezielte Einführung und Schulung ihm dabei zu Hilfe kommen können. Die Fertigungsstätten werden infolge LSI gegen schlechtere Kapazitätsauslastung zu kämpfen haben und sich bemühen müssen, neue Produkte schneller marktreif zu machen, um eine Umsatzschrumpfung zu verhindern.

Ein Ende der Entwicklung in der Grossintegration ist noch nicht in Sicht. Möglicherweise wird man gegen das Jahr 2000 in der Lage sein, Speichermodule mit einer Dichte und Komplexität herzustellen, welche die praktischen und technischen Forderungen der heutigen Industrie weit übertreffen. Über den Bereich der Prozessdatenverarbeitung hinaus wird LSI zu epochemachenden Veränderungen wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Natur führen, deren Umfang heute noch nicht abzusehen ist.

Adresse des Autors:
Dr. *Hansjörg Wiedenkeller*, Leiter des Bereiches Datentechnik, Siemens-Albis Aktiengesellschaft, 8047 Zürich