

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 53 (1975)

Heft: 10

Artikel: Prozessrechner. 1. Teil, Einführung in die Technik der Prozessrechner = Processeurs. 1re partie, introduction à la technique des processeurs

Autor: Murbach, Georges / Jaquier, Jean-Jacques

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875617>

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: 15.01.2026

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

Prozessrechner

1. Teil: Einführung in die Technik der Prozessrechner

Processeurs

1^{re} partie: Introduction à la technique des processeurs

Georges MURBACH, Koppigen, und Jean-Jacques JAQUIER, Bern

681. 323: 62-503.55

Zusammenfassung. Es bestehen heute kaum noch Zweifel darüber, dass die Prozessrechner bereits in naher Zukunft verschiedenste Bereiche der Nachrichten- und Vermittlungstechnik massgeblich beeinflussen werden. Die technologische Entwicklung hochintegrierter Digitalbausteine führt zu immer leistungsfähigeren, zuverlässigeren und trotzdem preisgünstigeren Kleincomputern. Ihre Einsatzmöglichkeiten richtig abzuschätzen und ihre Wartung und Bedienung zweckmässig vorzubereiten, wird zur anspruchsvollen Aufgabe unserer Entwicklungs- und Betriebsingenieure. Sie dabei zu unterstützen, soll Aufgabe dieses Artikels sein. Nach einer Darstellung der allgemeinen Merkmale werden die Forderungen abgeleitet, die an ein Prozessrechnersystem zu stellen sind. Es werden die typischen Betriebsarten erläutert, die verschiedenen Hardware-Baueinheiten beschrieben, die Programmsysteme und deren Zusammenwirken erklärt.

Résumé. Il ne fait aujourd'hui plus aucun doute que, dans un proche avenir déjà, les processeurs exerceront une influence profonde dans les domaines les plus divers des techniques de communication et de commutation. Les composants numériques à haut degré d'intégration ont permis de réaliser des mini-ordinateurs toujours plus efficaces, plus fiables et, malgré cela, plus économiques. Evaluer correctement leurs possibilités d'emploi et préparer rationnellement leur maintenance et leur mise en œuvre sont les tâches ardues qui attendent les ingénieurs chargés du développement et de l'exploitation. Le présent article vise à soutenir leurs efforts dans ce sens. Les exigences imposées aux systèmes de processeurs découlent de l'exposé de leurs caractéristiques générales. L'auteur décrit ensuite les modes d'exploitation typiques et les divers modules de hardware, puis explique les systèmes de programmes et leur fonctionnement concomitant.

1^a parte: Introduzione nella tecnica dei calcolatori di processo

Riassunto. Non v'è più alcun dubbio che, già in un prossimo futuro, il calcolatore di processo influenzerà in modo determinante diversi rami della tecnica dell'informazione e delle telecomunicazioni. Dallo sviluppo tecnologico di elementi digitali altamente integrati risultano piccoli calcolatori sempre più potenti, più sicuri e, ciò nondimeno, più a buon mercato. Un compito impegnativo incombe ai nostri ingegneri addetti allo sviluppo e all'esercizio di queste apparecchiature. Essi devono concepire una giusta valutazione del loro impiego, della loro manutenzione e del servizio. Il presente articolo dovrebbe sostenerli nel loro compito. Dopo aver presentato le caratteristiche generali, si deducono le esigenze alle quali i sistemi di calcolatori di processo devono rispondere. Vengono spiegati i generi d'esercizio specifici e illustrati le diverse unità hardware, i sistemi di programmi e la loro cooperazione.

1 Anwendungsbereiche des Prozessrechners

11 Einführung

Der Prozessrechner als modernes Hilfsmittel der Automatisierung hat trotz seiner noch kurzen Geschichte einen ungeahnten Aufschwung in den verschiedensten Bereichen der Technik erlebt. Standen vor 10 Jahren nur etwa 500 dieser Minicomputer im Einsatz, sind es mittlerweile über 70 000. Auch die jährliche Steigerungsrate, die im Jahre 1972 noch 20 % betrug, soll 1975 auf über 50 % anwachsen [1]. Dabei ist diese Entwicklung noch keineswegs abgeschlossen. Vielmehr lässt sich heute schon absehen, dass der Trend zum immer kleineren, leistungsfähigeren und billigeren Prozessrechner unvermindert anhalten wird. Damit werden sich aber neue Einsatzmöglichkeiten öffnen, die heute noch den Computern der Mittleren Datentechnik vorenthalten sind oder bei denen die Wirtschaftlichkeit noch fraglich erscheint.

Jedenfalls darf mit Bestimmtheit gesagt werden, dass der Prozessrechner nicht mehr länger das Spezialwerkzeug einiger Fachleute bleiben kann, sondern zu einem universellen Hilfsmittel aller Ingenieure und Techniker werden muss, die sich mit Automatisierungsfragen im weitesten Sinne befassen. Dies gilt nicht nur für die Entwicklungsingenieure, die die Einsatzmöglichkeiten abschätzen oder Prozessrechnersysteme projektieren müssen, sondern auch für die Ingenieure der Verwaltung, die für den Betrieb und den Unterhalt dieser Anlagen verantwortlich sind.

12 Was ist ein Prozessrechner?

Mit der Entwicklung der Automatisierungstechnik wurde eine Evolution eingeleitet, die mit der Prozessdatenverarbeitung einen kaum voraussehbaren Höhepunkt erreicht hat. Davon wurde die Grundlagenforschung genau so sehr über-

1 Les domaines d'application des processeurs

11 Introduction

Le processeur, en tant qu'auxiliaire moderne des techniques d'automation, a connu, malgré son apparition récente, une expansion insoupçonnée dans les domaines les plus divers. Il y a une dizaine d'années, le nombre des mini-ordinateurs en exploitation ne dépassait pas 500 unités. On en compte aujourd'hui déjà plus de 70 000. Le taux d'accroissement annuel, qui était encore de l'ordre de 20 % en 1972, devrait dépasser 50 % en 1975 [1]. Ce faisant, le développement est encore loin d'être terminé. Au contraire, on peut déjà prévoir aujourd'hui que la tendance conduisant à des processeurs toujours plus petits, puissants et bon marché persistera sans restriction. Il en résultera de nouvelles possibilités d'application, qui aujourd'hui encore sont réservées aux ordinateurs de la catégorie dite « moyenne », ou dont la rentabilité semble encore problématique.

On peut en tout cas affirmer avec certitude que le processeur ne pourra plus rester longtemps l'instrument spécialisé de quelques professionnels, mais qu'il devra au contraire devenir l'auxiliaire universel de tous les ingénieurs et techniciens qui ont à s'occuper de problèmes d'automation pris au sens large du terme. Cela est valable non seulement pour les ingénieurs de développement, qui doivent évaluer les possibilités d'application des systèmes de processeurs et les intégrer dans des projets, mais aussi pour les ingénieurs de l'administration, qui sont responsables de l'exploitation et de la maintenance de telles installations.

12 Qu'est-ce qu'un processeur?

Le développement des techniques d'automation a initialisé une évolution qui a atteint un niveau pratiquement imprévisi-

rascht wie die industrielle Entwicklung. Wo aber niemand ein Ereignis vorbereiten oder mit Leitgedanken versehen kann, dürfen wir auch keine allgemein anerkannten Richtlinien und Konventionen erwarten. So werden wir uns wohl damit abfinden müssen, dass die Begriffe *Prozessrechner*, *Mini-*, *Midi-* und *Mikrocomputer*, *Kompaktrechner* und *Kleinrechner* in der Fachliteratur noch einige Zeit in unterschiedlicher Deutung verwendet werden. Das gleiche gilt, wenn wir nach einer Definition des Begriffs «Prozess» suchen.

Gewöhnlich versteht man unter Prozess einen industriellen Herstellungs- oder Fertigungsablauf. Bei der Beschreibung eines Prozessrechensystems muss dieser Begriff sehr viel umfassender betrachtet werden:

– «Ein Prozess ist jeder deterministische oder stochastische (Funktions-)Ablauf, bei dem Materie, Energie oder Information umgeformt wird.

Ein technischer Prozess ist ein Vorgang, dessen Zustandsgrößen mit technischen Mitteln gemessen, gesteuert und/oder geregelt werden können.» [2]

Der Prozessrechner wiederum dient der Automatisierung solcher Prozesse. Er muss über geeignete technische Mess- und Steuereinrichtungen im direkten Informationsaustausch mit dem Prozess stehen, um Prozessdaten verarbeiten zu können. Im Gegensatz zu den konventionellen Datenverarbeitungsanlagen ist sein Kommunikationspartner nicht vorwiegend der Mensch, sondern der Prozess selbst. Seine Arbeitsweise wird damit weitgehend von den Prozessdaten bestimmt, denn die Messdaten eines Prozessgeschehens können zum Beispiel in sehr schneller Folge eintreffen, einen sehr grossen Umfang haben, unter Umständen auch fehlerbehaftet, zeitabhängig oder nicht reproduzierbar sein. Aus den empfangenen Messdaten zieht der Rechner Rückschlüsse auf den Prozessablauf, protokolliert die wichtigsten Ereignisse, alarmiert oder korrigiert beim Eintreten kritischer Prozesszustände, gibt Sollwerte vor oder führt und optimiert den gesamten Ablauf.

13 Grundforderungen an den Prozessrechner

An die vorangehende Betrachtungsweise wollen wir die Frage knüpfen, unter welchen Voraussetzungen ein Digitalrechner als Prozessrechner verwendet werden kann. Allerdings ist es beim heutigen Stand der Entwicklung kaum möglich, allgemeingültige Forderungen aufzustellen, so dass wir uns mit der Formulierung der wichtigsten Grundforderungen begnügen müssen.

- Der Datenaustausch mit dem Prozess muss über die Prozessperipherie direkt erfolgen können.
- Eine Reaktion oder Einwirkung auf den Prozess muss jederzeit und verzugslos möglich sein.
- Das System muss ununterbrochen (unter Umständen jahrelang) verfügbar sein.
- Laufende Programme müssen jederzeit zugunsten momentan wichtigerer Programme unterbrechbar sein.
- Viele, meist nur kurze Programme müssen simultan bearbeitet werden können.
- Der Rechner muss in der Lage sein, die Prozessdaten einzelbitweise zu verarbeiten.

Sehr aufschlussreich sind natürlich auch die Unterscheidungsmerkmale gegenüber konventionellen Rechensystemen, wobei wir darunter alle Rechensysteme verstehen wollen, die vorzugsweise der schubweisen oder Batch-Verarbeitung dienen. Allerdings sind diese Merkmale keineswegs typisch, aber in Prozessrechensystemen von sehr viel grösserer Bedeutung.

ble avec l'introduction du traitement des données de processus. Cette évolution a surpris autant la recherche fondamentale que le développement industriel. Il en résulte que l'on ne peut pas s'attendre à trouver des directives et des conventions reconnues sur un plan général dans un domaine qui n'a pas connu à la base de planification préparatoire ni d'idées directrices. Nous devons donc nous accommoder du fait que, dans la littérature spécialisée, les concepts de *processeur*, *mini-ordinateur*, *midi-ordinateur*, *micro-ordinateur*, *calculateur compact* et *petit calculateur* seront encore utilisés pendant quelque temps avec des significations diverses. La même situation existe lorsque nous essayons de définir le concept de «processus».

On comprend habituellement sous le terme de «processus» un processus de production ou de fabrication industriel. Pour décrire un système de processeur, ce concept doit être considéré d'une façon beaucoup plus étendue:

– «Un processus est constitué par le déroulement de toute action (ou fonction) par laquelle de la matière, de l'énergie ou de l'information subit une transformation.

Un processus technique est un processus dont les grandeurs d'état peuvent être mesurées, commandées ou réglées avec des moyens techniques» [2].

Le processeur permet d'automatiser de tels processus. Pour pouvoir traiter les données du processus, il doit pouvoir échanger des informations directement avec celui-ci par l'intermédiaire d'instruments de mesure et de commande adéquats. En opposition aux installations de traitement de données conventionnelles, le partenaire avec lequel le processeur communique n'est pas forcément l'homme, mais au contraire le processus lui-même. Son fonctionnement sera conditionné dans une large mesure par les données du processus. Les données de mesure décrivant le déroulement d'un processus peuvent par exemple survenir à un rythme très élevé, sous un très grand volume, être entachées d'erreurs en certaines circonstances, avoir une valeur limitée dans le temps ou encore n'être pas reproductibles. Sur la base des données de mesure reçues, le calculateur tire des déductions concernant le déroulement du processus, enregistre les événements les plus importants, donne des alarmes ou effectue des corrections lorsque surviennent des états critiques, prescrit les valeurs à obtenir, dirige et optimise l'ensemble du processus.

13 Les principes fondamentaux des processeurs

En nous fondant sur les considérations précédentes, nous poserons la question de savoir dans quelles conditions un calculateur digital peut être utilisé comme processeur. A vrai dire, dans l'état actuel du développement, il n'est pratiquement pas possible de fixer des exigences valables sur un plan général. Nous nous contentons en conséquence de formuler les exigences fondamentales les plus importantes.

- L'échange des données avec le processus doit pouvoir avoir lieu directement par l'intermédiaire de la périphérie du processus.
- Une réaction ou une action sur le processus doit être possible en tout temps et sans délai.
- Le système doit être disponible de façon continue, sans interruption (dans certaines circonstances, des années durant).
- Des programmes en cours de traitement doivent pouvoir être interrompus en tout temps au profit de programmes momentanément plus importants.

Echtzeitbetrieb (real-time)

Das Rechensystem muss eine hohe interne Arbeitsgeschwindigkeit aufweisen, damit es auch schnellablaufenden Prozessen folgen kann.

Zeitmultiplexbetrieb

Verzählte Verarbeitung von Programmen und peripherem Datenverkehr mit der Möglichkeit, laufende Programme jederzeit nach speziell zugeordneten Prioritäten zu unterbrechen.

Hohe Betriebssicherheit

Die Sicherheit und Zuverlässigkeit erfordert unter Umständen ein Parallelrechensystem oder eine Reserveanlage im «stand-by-Betrieb», in der alle wichtigen Teile doppelt vorhanden sind.

On-line-Wartbarkeit

Unterhaltsarbeiten wie auch Reparaturen an bestimmten Teilen müssen bei laufendem Prozess möglich sein.

Wenn wir unter einem Prozessrechensystem ein «Datenverarbeitungssystem von Prozessdaten» verstehen wollen, müssen wir im strengsten Sinne dieser Definition auch die Auswertung der Verkehrsmessungen (VME-PTT) oder der Gesprächszeitregistrierung (GZR-PTT) als Prozessdatenverarbeitung betrachten. Die Datenerfassungseinrichtungen sind vorhanden, nur ein direkter Informationsaustausch zwischen Prozess und Rechensystem ist nicht möglich. Die Daten werden zuerst auf einen Datenträger aufgezeichnet (Lochstreifen bei der VME, Magnetband bei der GZR) und dem Rechensystem ausschliesslich von der Benutzerseite zugeführt (Fig. 1). Charakteristisch für ein Prozessrechensystem ist aber die Möglichkeit, über die Prozessperipherie die Informationen zwischen Prozess und Rechensystem direkt auszutauschen (Fig. 2).

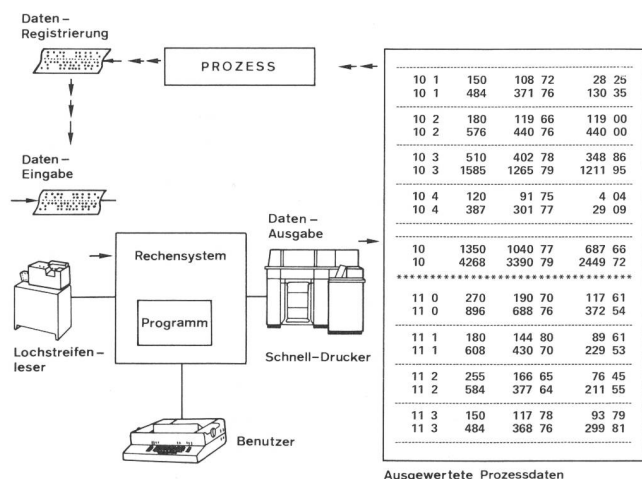


Fig. 1
Konventionelles Rechensystem zur Verarbeitung von Prozessdaten (keine direkte Verbindung zwischen dem Rechensystem und dem Prozess) – Systeme de calcul conventionnel pour traiter des données de processus (il n'y a pas de liaison directe entre le système de calcul et le processus)

Datenregistrierung – Enregistrement des données

Prozess – Processus

Daten-Eingabe – Entrée des données

Lochstreifenleser – Lecteur de bande perforée

Rechensystem – Système de calculateur

Programm – Programme

Daten-Ausgabe – Sortie des données

Schnelldrucker – Imprimante rapide

Benutzer – Utilisateur

Ausgewertete Prozessdaten – Données analysées du processus

– De nombreux programmes, la plupart très courts, doivent pouvoir être traités simultanément.

– Le calculateur doit être en mesure de traiter les données bit par bit.

Les processeurs possèdent aussi des caractères distinctifs vis-à-vis des systèmes d'ordinateurs conventionnels, parmi lesquels nous comprenons tous les systèmes qui sont utilisés de préférence pour le traitement par lots (batch processing). Ces caractéristiques ne sont en aucune manière la propriété des seuls processeurs, mais elles sont d'une importance beaucoup plus grande pour ces derniers.*

Le traitement en temps réel (real time processing)

Le système de traitement doit être doté d'une rapidité élevée de fonctionnement interne, afin de pouvoir maîtriser des processus se déroulant rapidement.

L'exploitation en multiplexage dans le temps

C'est-à-dire le traitement imbriqué des programmes et du trafic de données avec la périphérie, en ayant la possibilité en tout temps d'interrompre les programmes en cours de traitement en fonction des priorités attribuées.

Une haute sécurité d'exploitation

Les exigences de sécurité et de fiabilité demandent dans certaines circonstances de doubler tous les équipements importants d'un système en recourant à une installation fonctionnant en parallèle, ou à une installation de réserve dite «stand-by».

La possibilité d'effectuer les travaux de maintenance pendant l'exploitation (maintenance «on-line»).

Les travaux de maintenance préventive ainsi que les réparations de certains éléments doivent pouvoir être exécutés pendant le déroulement du processus.

Si nous comprenons en tant que système de processeur un «système de traitement des données provenant d'un processus», nous devons considérer comme entrant dans le cadre strict de cette définition l'analyse de mesures de trafic (par exemple le système VME, «Mesures de trafic», des PTT), ou l'enregistrement des durées de communications téléphoniques (par exemple le système GZR, «Enregistrement des durées de conversation» des PTT). Dans les deux cas, les équipements d'acquisition sont disponibles; par contre l'échange direct d'informations entre le processus et le système de traitement n'est pas possible. Les données sont enregistrées préalablement sur un support d'information (une bande perforée pour le système VME, une bande magnétique pour le système GZR), puis elles sont transmises au système de calcul par l'intermédiaire de l'utilisateur exclusivement (fig. 1). Ce qui toutefois caractérise vraiment un système de processeur est la possibilité d'échanger les informations directement entre le processus et le système de calcul par l'intermédiaire de la périphérie (fig. 2).

14 Catégories d'exploitation et domaines d'application des processeurs

En fonction du domaine d'application, nous pouvons différencier les trois catégories d'exploitation suivantes:

- la surveillance d'un processus
- la commande et le réglage d'un processus
- la gestion et l'optimisation d'un processus.

La surveillance d'un processus

Lors de la surveillance d'un processus, les données de ce dernier sont contrôlées en permanence pour vérifier qu'il se

14 Betriebsarten und Einsatzbereiche der Prozessrechner

Je nach Anwendungsbereich unterscheiden wir zwischen den drei folgenden Betriebsarten:

- Überwachung eines Prozesses
- Steuerung und Regelung eines Prozesses
- Führung und Optimierung eines Prozesses

Prozessüberwachung

Bei der Prozessüberwachung werden die Prozessdaten laufend auf prozesserlaubte Zustände geprüft. Mit Hilfe von Anzeigetafeln, Displays oder gedruckten Protokollen wird das Betriebspersonal über den aktuellen Prozesszustand informiert. Auftretende Störungen werden sofort analysiert und in möglichst ausführlichen Störungsprotokollen dokumentiert. Nähert sich der Prozess einem kritischen Zustand, wird das Betriebspersonal alarmiert oder der Prozess abgebrochen.

Steuerung und Regelung

Dieser Einsatzbereich des Prozessrechners umfasst die Übernahme von Regelungen und Steuerungen mit direktem Eingriff des Rechners in die Schaltorgane der Steuerkreise. Werden keine analogen Regelkreise verwendet, bezeichnet man diese Arbeitsweise «Direct Digital Control» (DDC). Bei der *Prozesssteuerung* muss der zeitliche Ablauf von Prozessvorgängen als Funktionsplan im Rechner vorprogrammiert sein. Die vom Prozess gelieferten Zustandskriterien werden mit vorgegebenen Funktionswerten verglichen oder logisch verknüpft. Durch direkte Eingriffe in den Prozess übernimmt der Prozessrechner die Ablaufsteuerfunktionen. Einmal angestoßen, durchläuft der Prozess in zeitlich festgelegter Schrittfolge die vorgegebenen Funktionen.

Gegenüber festverdrahteten Ablaufsteuerungen bieten rechnergesteuerte Programme den Vorteil, dass sie flexibel

trouvé dans un état autorisé. Le personnel d'exploitation est informé de l'état actuel du processus par l'intermédiaire de tableaux d'affichage, d'unités de visualisation ou de messages imprimés. Les perturbations sont analysées immédiatement à leur apparition et documentées dans des messages de dérangements aussi détaillés que possible. Si le processus entre dans un état critique, le personnel est alarmé ou le processus est interrompu.

La commande et le réglage d'un processus

Ce domaine d'application des processeurs comprend la prise en charge des réglages et commandes par le calculateur qui agit directement sur les organes de commande du dispositif de régulation. Lorsque tous les dispositifs de régulation sont digitaux, on parle de contrôle digital direct («Direct Digital Control», DDC). Lors de la *commande d'un processus*, le déroulement dans le temps des phases du processus doit être préprogrammé dans le calculateur comme plan de fonctionnement. Les critères d'état fournis par le processus sont comparés ou couplés logiquement avec les valeurs de fonctionnement préalablement fixées. Le calculateur prend en charge les fonctions de déroulement du processus en intervenant directement sur ce dernier. Après avoir été initialisé, le processus se déroule selon les fonctions programmées par une suite de séquences fixées dans le temps. Par rapport aux commandes de processus à logique câblée, les programmes exécutés par un calculateur offrent l'avantage d'être flexibles et de pouvoir être adaptés facilement à un changement de mission.

Lorsqu'il effectue le réglage d'un processus, le système de processeur comprend un dispositif de régulation qui est composé du système à régler, des appareils de mesure pour enregistrer les grandeurs réglées, du régulateur pour les variables de commande, et de l'organe de réglage. Du fait que l'application de tels systèmes se limite pratiquement à des processus thermiques ou industriels, ils sont d'un intérêt de second ordre pour la technique des télécommunications [3].

La gestion des processus

La gestion automatique des processus est, pour la plupart des applications, le but visé en utilisant un processeur. Jusqu'ici les tâches de gestion devaient être exécutées en majorité par le personnel d'exploitation, du fait qu'une automatisation complète n'était pas possible, ou ne l'était pas dans l'étendue désirable, avec les dispositifs de commande à logique câblée. Les processeurs, en revanche, disposent de toutes les qualités nécessaires.

Cela ne remplit toutefois qu'une condition préalable et ne résout pas l'ensemble du problème, car le succès dans la réalisation d'une gestion automatisée dépend de façon décisive de la réussite dans l'analyse des relations internes du processus à automatiser et dans la mise au point d'un procédé systématique pour la gestion du processus. Les formes diverses que peut prendre la gestion d'un processus sont la plupart du temps si complexes que leur description précise sortirait du cadre de cet article.

15 L'automation à l'aide de processeurs

L'idée, largement répandue, que le seul but de l'automatisation est de remplacer l'homme par une machine, méconnaît la fonction véritable d'un automate. Il s'agit bien plus ici d'un système artificiel, qui suit un programme de façon autonome et prend des décisions concernant les différentes possibilités de déroulement, en se fondant sur les données enregistrées à partir du processus. Le but visé peut consister, par

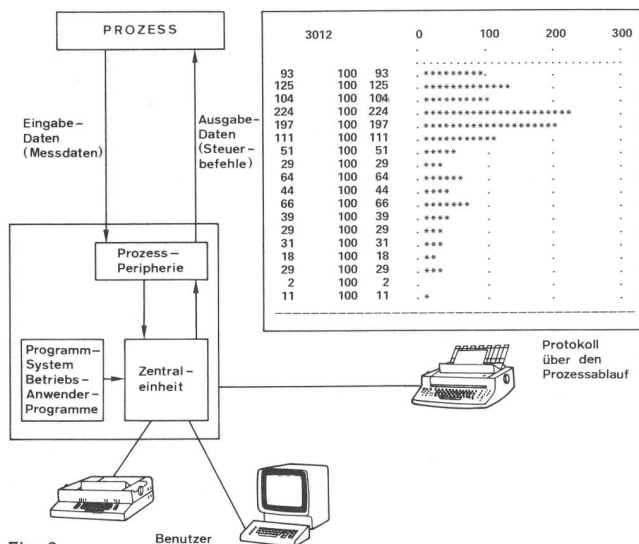


Fig. 2
Prozessrechensystem (das Rechensystem ist direkt mit dem Prozess verbunden) – Système de processeur (le processeur est en liaison directe avec le processus)

Protokoll über den Prozessablauf – Procès-verbal du déroulement du processus

Prozess – Processus

Eingabe-Daten – Données d'entrée

Messdaten – Données de mesure

Ausgabe-Daten – Données de sortie

Steuerbefehle – Instructions de commande

Prozessperipherie – Périphérie du processus

Programmsystem – Système de programmes

Betriebsprogramme – Logiciel de système

Anwenderprogramme – Logiciel d'application

Zentraleinheit – Unité centrale

Benutzer – Utilisateur

gestaltet und so einer veränderten Aufgabenstellung leichter angepasst werden können.

Bei der *Prozessregelung* schliesst das Prozessrechnersystem einen Regelkreis, der aus der Regelstrecke, den Messgeräten für die Regelgrösse, dem Regler für die Führungsgrösse und dem Stellglied besteht. Da sich der Einsatz solcher Systeme meist nur auf wärme- und verfahrenstechnische Prozesse beschränkt, sind sie in der Nachrichtentechnik von untergeordneter Bedeutung [3].

Die automatische *Prozessführung* ist bei den wohl meisten Anwendungen das angestrebte Ziel des Prozessrechnereinsatzes. Bisher mussten diese Aufgaben vorwiegend vom Betriebspersonal durchgeführt werden, da eine vollständige Automatisierung mit festverdrahteten Steuereinrichtungen nicht oder nicht im wünschenswerten Umfang möglich war. Der Prozessrechner ist dagegen mit allen dafür erforderlichen Eigenschaften ausgestattet.

Damit ist aber nur eine Voraussetzung erfüllt, denn eine erfolgreiche Realisierung dieser Einsatzstufe hängt entscheidend davon ab, ob es gelingt, die inneren Zusammenhänge des zu automatisierenden Prozesses zu analysieren und systematische Verfahren zur Prozessführung zu finden. Die möglichen Formen der Prozessführung sind meist so komplex, dass eine genaue Beschreibung den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen würde.

15 Die Automatisierung mit Prozessrechnern

Die allgemein verbreitete Vorstellung, das Ziel der Automatisierung liege allein im Ersetzen von Menschen, verkennt die Funktion des Automaten. Vielmehr handelt es sich hier um ein künstliches System, das selbsttätig ein Programm befolgt und aufgrund der registrierten Prozessdaten zwischen verschiedenen Ablaufmöglichkeiten entscheidet. Das angestrebte Ziel liegt dabei beispielsweise in der Verbesserung einer Qualität, in der Erhöhung der Betriebssicherheit, in der Rationalisierung von Fabrikations-, Prüf- und Messverfahren.

exemple, en l'amélioration de la qualité, en l'augmentation de la sécurité d'exploitation ou encore en la rationalisation des procédés de fabrication, de contrôle, et de mesure. Toute tâche de routine effectuée par l'homme, et qui contient dans son déroulement des éléments d'observation, de réflexion et d'action, peut être l'objet d'une délégation à un automate. Les méthodes d'automatisation, qui sont en progrès constant, disposent naturellement des moyens modernes, d'une part des techniques de mesure et, d'autre part, du traitement de l'information. La réalisation de nombreux projets de la recherche spatiale, de la physique nucléaire ou des télécommunications n'a été rendue possible que par la mise en œuvre de processeurs. Malgré cela, l'automatisation ne sera jamais qu'un auxiliaire de l'homme, car en définitive, c'est lui qui décide seul comment les données doivent être saisies et comment le déroulement du processus doit être modifié pour obtenir le résultat désiré.

2 Technique et mode de fonctionnement des processeurs

21 La structure d'un système de processeur

La tâche confiée à un système de processeur est résolue par l'interaction d'unités ayant des fonctions très diverses. Dans une première vue d'ensemble, nous nous efforcerons de décrire les appareils ou les modules (c'est-à-dire l'hardware ou matériel) composant un système, ainsi que les programmes (c'est-à-dire le logiciel ou software) qui sont nécessaires pour résoudre un problème d'automatisation, et nous mettrons en évidence leurs relations réciproques (fig. 3).

Tout système de processeur est caractérisé par une structure modulaire, c'est-à-dire la division conséquente du système en groupes de fonctions individuelles. Du fait des domaines d'application très étendus, les systèmes de processeur doivent pouvoir être adaptés à chaque tâche par le choix des modules adéquats. Mais ce sont aussi des considérations purement économiques qui ont conduit à une telle

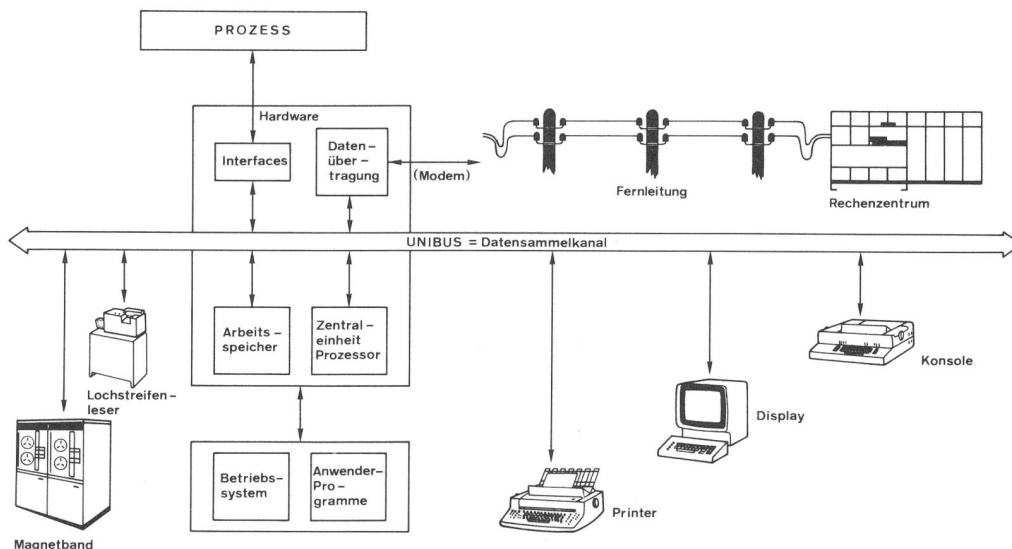


Fig. 3
Aufbau eines Prozessrechnersystems – Structure d'un système de processeur

Prozess – Processus
Hardware – Hardware
Interfaces – Interfaces
Datenübertragung – Transmission de données
Modem – Modem
Fernleitung – Ligne interurbaine
Rechenzentrum – Centre de calcul
Unibus – Unibus

Datensammelkanal – Canal commun de données
Arbeitsspeicher – Mémoire de travail
Zentraleinheit – Unité centrale
Prozessor – Processeur
Lochstreifenleser – Lecteur de bande perforée
Magnetband – Bande magnétique
Betriebssystem – Système d'exploitation
Anwenderprogramme – Programmes d'application
Printer – Imprimante
Display – Unité de visualisation
Konsole – Console

Zur Routine gewordene menschliche Arbeit, die einen Wirkungsablauf von Beobachten, Überlegen und Handeln darstellt, ist ein Anlass, solche Funktionen von einem Automaten vollziehen zu lassen.

Natürlich verfügt die fortschreitende Automatisierung über moderne Mittel der Messtechnik und Datenverarbeitungstechnik, die die Fähigkeiten der menschlichen Sinnesorgane bei weitem übertreffen. Auch wurden viele Projekte der Weltraumforschung, der Nuklearphysik oder der Nachrichtentechnik durch den Einsatz von Prozessrechnern erst ermöglicht. Trotzdem bleibt die Automatisierung nur stellvertretend für den Menschen, der allein bestimmt, in welcher Weise die Prozessdaten zu erfassen und das Prozessgeschehen zu verändern ist, um die beabsichtigte Wirkung zu erzielen.

2 Technik und Arbeitsweise der Prozessrechner

21 Aufbau eines Prozessrechensystems

Die an ein Prozessrechensystem gestellte Aufgabe wird meist durch das Zusammenwirken verschiedener Funktionseinheiten gelöst.

In einer ersten Übersicht sollen die das System bestimmenden Geräte oder Baueinheiten (Hardware) wie auch die zum Lösen der Automatisierungsaufgabe notwendigen Programme (Software) in ihrem funktionellen Zusammenhang gezeigt werden (Fig. 3).

Charakteristisch für jedes Prozessrechensystem ist der modulare Aufbau, das heisst die konsequente Gliederung des Systems in einzelne Funktionsgruppen. Bedingt durch die weiten Anwendungsbereiche müssen die Prozessrechensysteme durch die freizügige Wahl der System-Bausteine an die jeweilige Aufgabe angepasst werden können. Aber auch rein wirtschaftliche Überlegungen führen zu einer solchen Baueinstruktur, gestattet diese doch eine rationellere Fertigung, eine vereinfachte Wartung, die Austauschbarkeit einzelner Systemteile und nicht zuletzt die Konzeption einer jederzeit ohne Verluste ausbaufähigen Systemfamilie.

22 Prozessrechner-Hardware

Die gesamte technische Ausstattung eines elektronischen Datenverarbeitungssystems wird als Hardware bezeichnet. Dazu gehören alle materiellen, greifbaren, technischen Bausteine eines Systems [4].

Am Beispiel des Prozessrechners PDP-11 soll die Wirkungsweise der wichtigsten Hardware-Einheiten beschrieben werden.

23 Die Zentraleinheit

Unter dem Begriff Zentraleinheit verstehen wir alle technischen Einrichtungen einer digitalen Datenverarbeitungsanlage, die der zentralen, programmgesteuerten Informationsverarbeitung dienen. An die Zentraleinheit werden alle Peripheriegeräte angeschlossen, die den Informationsaustausch mit der Umwelt (Mensch, Prozess) erst ermöglichen (Fig. 4).

Innerhalb der Zentraleinheit unterscheiden wir zwischen dem *Arbeitsspeicher*, dem *Prozessor* und der *Ein/Ausgabe-Kontrolleinheit*. Der Prozessor enthält das *Rechenwerk* und die *Steuereinheit*.

231 Der Arbeitsspeicher

Im Arbeitsspeicher einer Zentraleinheit werden alle Informationen gespeichert, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung einer Aufgabe aktuell sind. Es sind dies die *Maschinenbe-*

structure modulare, car celle-ci permet de rationaliser la fabrication, de simplifier la maintenance, d'échanger les différents modules entre eux, enfin, et ceci n'est pas le moindre avantage, de concevoir une famille de systèmes pouvant être agrandis en tout temps sans perte d'investissements.

22 Le matériel (hardware) des processeurs

On désigne sous le terme «matériel» ou «hardware» l'ensemble des équipements techniques composant un système de traitement de données. L'hardware comprend tous les éléments techniques matérialisés, c'est-à-dire saisissables d'un système [4].

Le fonctionnement des unités les plus importantes des de l'hardware seront décrites en prenant comme exemple le processeur PDP-11.

23 L'unité centrale

On entend sous le terme d'unité centrale tous les équipements d'une installation digitale de traitement de données, qui servent au traitement de l'information centralisé commandé par programme. C'est à l'unité centrale que sont connectés tous les appareils périphériques qui, eux seuls, permettent l'échange d'informations avec l'environnement (homme ou processus, fig. 4).

A l'intérieur d'une unité centrale, on distingue la *mémoire de travail*, le *processeur* proprement dit et l'*unité de contrôle des entrées/sorties*. Le processeur contient l'*unité arithmétique* et l'*unité de commande*.

231 La mémoire de travail

Dans la mémoire de travail sont enregistrées toutes les informations qui sont actuelles au moment du traitement d'une tâche déterminée. Il s'agit, d'une part, des *instructions* et des *données* du programme en cours et, d'autre part, des résultats intermédiaires et des informations d'états, qui sont la représentation momentanée du déroulement du processus.

Chaque cellule de mémoire contient, dans la plupart des systèmes, 16 positions binaires (ou bits) et forme un mot, qui

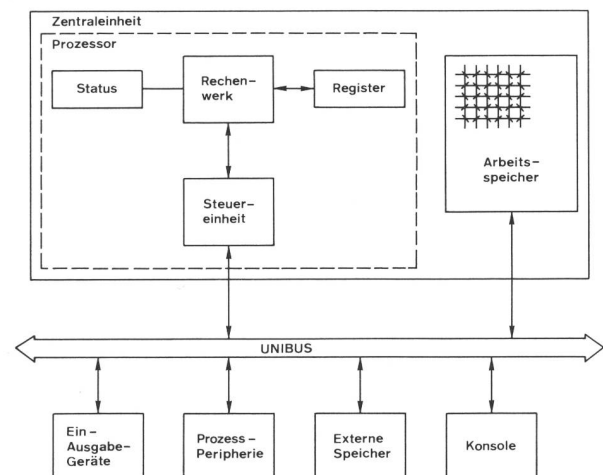


Fig. 4 Baueinheiten (Hardware) eines Prozessrechensystems – Modules d'un système de processeur (hardware)

Zentraleinheit – Unité centrale
 Prozessor – Processeur
 Status – État
 Rechenwerk – Unité arithmétique
 Register – Registres
 Steuereinheit – Unité de commande
 Arbeitsspeicher – Mémoire de travail
 Unibus – Unibus
 Ein-Ausgabe-Geräte – Appareils d'entrée/sortie
 Prozessperipherie – Périphérie du processus
 Externe Speicher – Mémoires externes
 Konsole – Console

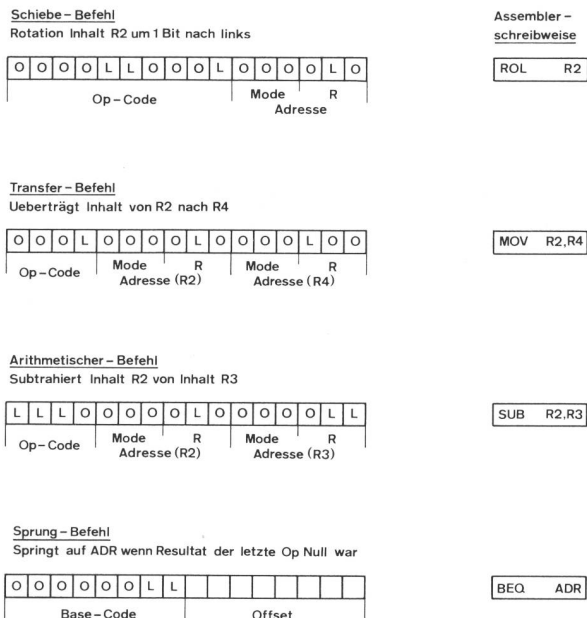


Fig. 5
Beispiele von Befehlswörtern – Exemples de mots d'instructions

Schiebebefehl – Instruction de décalage
Rotation Inhalt R2 um 1 Bit nach links – Rotation du contenu de R2 d'un bit sur la gauche
Assemblerschreibweise – Ecriture en langage-assembleur
Transferbefehl – Instruction de transfert
Überträgt Inhalt von R2 nach R4 – Transfère le contenu de R2 dans R4
Arithmetischer Befehl – Instruction arithmétique
Subtrahiert Inhalt R2 von Inhalt R3 – Soustrait le contenu de R2 du contenu de R3
Sprungbefehl – Instruction de saut
Springt auf ADR, wenn Resultat der letzten Operation Null war – Saute sur ADR si le résultat de la dernière opération était nul

fehle und Daten des laufenden Programms wie auch Zwischenergebnisse und Zustandsinformationen, die das aktuelle Prozessgeschehen repräsentieren.

Jede Speicherzelle besteht aus 16 Binärstellen (Bit) und kann ein Wort, ein Befehlsword oder ein Datenwort aufnehmen. Die Speicherzellen sind numeriert, wobei man die Zellennummer als *Arbeitsspeicheradresse* bezeichnet.

Das *Befehlsword* ist eine Anweisung an die Maschine, eine bestimmte Operation auszuführen, etwa einen Datentransfer, eine Programmverzweigung, eine arithmetische oder logische Operation, ein Vergleich, eine Ein/Ausgabe von Daten usw.

Befehlswords bestehen aus einem Operationsteil und einem Adressteil. Im Operationsteil wird die Art des auszuführenden Befehls festgelegt, im Adressteil die Adresse des Operanden oder Datenwortes, das von dem entsprechenden Befehl angesprochen wird.

Das *Datenwort* kann sowohl eine Zahl, ein alphanumerisches Zeichen, eine binäre Zustandsmeldung oder eine sonstige codierte Information sein, deren Bedeutung der Programmierer festlegt. Beispiele von Befehlswörtern sind in Fig. 5 aufgeführt; Beispiele von Datenwörtern zeigt Fig. 6.

232 Der Arbeitsspeicherverkehr

Ein wichtiges Mass für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Prozessrechners ist die Arbeitsgeschwindigkeit der Zentraleinheit. Sie ist abhängig von der Ausführungsdauer der einzelnen Maschinenbefehle und damit von der Zugriffszeit und Zykluszeit des verwendeten Kernspeichers. Die *Zugriffszeit* ist die Zeit für das Lesen oder das Einschreiben eines Wortes aus beziehungsweise in den Arbeitsspeicher.

peut contenir une instruction ou des données. Les cellules de mémoires sont numérotées et on donne aux numéros attribués le nom d'*adresses de la mémoire de travail*. L'*instruction* est un ordre donné à la machine pour qu'elle effectue une opération déterminée, par exemple un transfert de données, un branchement de programme, une opération arithmétique ou logique, une comparaison, une entrée ou une sortie d'informations, etc.

Une instruction est composée d'une partie d'opération et d'une partie d'adressage. Dans la partie d'opération est déterminée la catégorie d'instruction à effectuer; dans celle d'adressage est donnée l'adresse de l'opérande ou du mot de données qui est concerné par l'instruction correspondante. Le contenu du *mot de données* peut être aussi bien un nombre, un signe alphanumérique, un message d'état binaire que n'importe quelle information codée dont la signification est fixée par le programmeur. La figure 5 donne des exemples d'instructions et la figure 6, de mots de données.

232 Le trafic dans la mémoire de travail

Une mesure essentielle pour évaluer la puissance d'un processeur est celle de la rapidité de travail de l'unité centrale. Elle est dépendante du temps d'exécution des différentes instructions, qui, lui, dépend du temps d'accès et du temps de cycle de la mémoire centrale utilisée.

Le *temps d'accès* est le temps nécessaire pour lire ou écrire le contenu d'un mot dans la mémoire de travail.

Le *temps de cycle* correspond au temps minimum séparant deux accès à la mémoire.

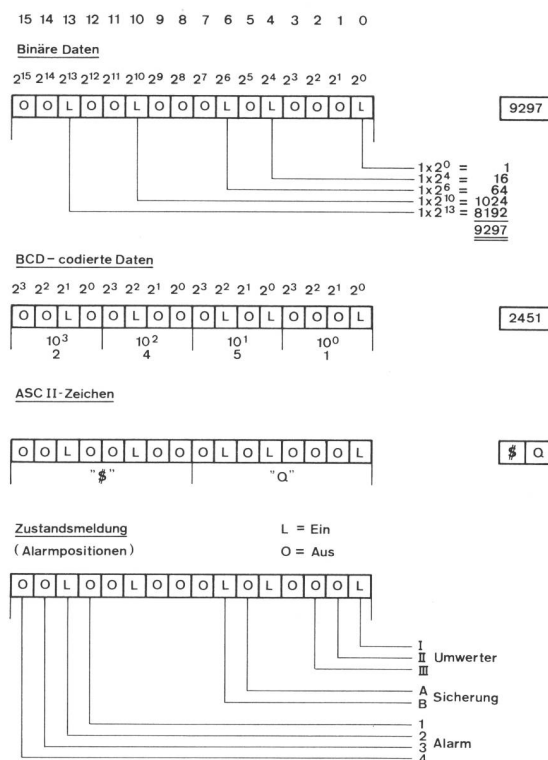


Fig. 6
Beispiele von Datenwörtern – Exemples de mots de données

Binäre Daten – Données binaires
BCD-codierte Daten – Données codées en BCD
ASCII-Zeichen – Caractères ASCII
Zustandsmeldung – Message d'état
(Alarmpositionen) – (Positions d'alarmes)
Ein – Enclenché
Aus – Déclenché
Umwerter – Convertisseur
Sicherung – Fusible
Alarme – Alarme

Die Zykluszeit gibt den minimalen zeitlichen Abstand zwischen zwei Zugriffen zum Speicher an.

233 Der Zentralprozessor

Der Zentralprozessor besteht aus dem Steuerwerk und dem Rechenwerk, die funktionell sehr eng zusammenarbeiten. In modernen Rechensystemen sind die technischen Einrichtungen dieser Funktionsteile konstruktiv zu einer Einheit zusammengefasst.

Das Steuerwerk koordiniert und steuert den gesamten Informationsfluss sowohl innerhalb der Zentraleinheit, also zwischen dem Arbeitsspeicher, dem Rechenwerk und dem Steuerwerk, wie auch zwischen der Zentraleinheit und den peripheren Geräten.

Während der gesamten Verarbeitung bestimmt das Steuerwerk, wann eine Einheit aufgerufen wird und welche Funktion sie auszuführen hat. Dazu entnimmt das Steuerwerk dem Arbeitsspeicher einen Befehl nach dem andern in definierter Reihenfolge, entschlüsselt die Befehle und veranlasst durch Steuersignale die Ausführung der verlangten Operationen.

Das Rechenwerk führt auf Veranlassung durch das Steuerwerk hauptsächlich folgende Operationen durch: Rechnen, Verschieben, Übertragen, logisch Verknüpfen. Das Rechenwerk enthält im allgemeinen zwei Arbeitsregister zur Aufnahme der beiden Rechenoperanden und ein Verknüpfungsgesetz zur Durchführung der Rechenoperationen.

Ein Mass für die Leistungsfähigkeit eines Rechenwerkes sind die Operationszeiten, also die Zeiten, die das Element für die Ausführung bestimmter Befehle benötigt. Die Operationszeiten moderner Anlagen für die Ausführung von Festpunktadditionen betragen einige Mikrosekunden und liegen bei sehr schnellen Maschinen im Nanosekundenbereich.

234 Die Ein/Ausgabe-Kontrolleinheit

Über die Ein/Ausgabe-Kontrolleinheit wird der Informationsaustausch zwischen dem Arbeitsspeicher bzw. dem Zentralprozessor einerseits und den peripheren Einheiten andererseits abgewickelt.

Bei traditionellen Rechnerarchitekturen vollzieht sich der gesamte Datenverkehr auf voneinander getrennten Kanälen.

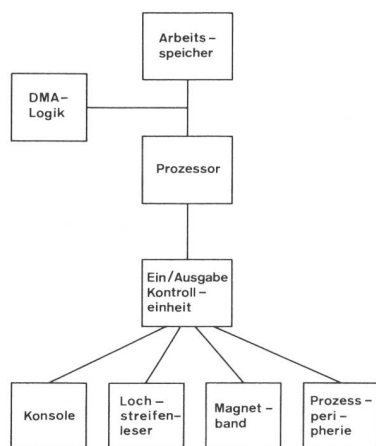


Fig. 7a
Blockschaltung eines Prozessrechners mit traditioneller Rechner-Architektur – Schéma-bloc d'un processeur avec une architecture traditionnelle

DMA-Logik – Logique DMA
Arbeitspeicher – Mémoire de travail
Prozessor – Processeur
Ein/Ausgabe-Kontrolleinheit – Unité de contrôle des entrées/sorties
Konsole – Console
Lochstreifenleser – Lecteur de bande perforée
Magnetband – Bande magnétique
Prozessperipherie – Périphérie du processus

233 Le processeur central

Le processeur central est constitué par l'unité de commande et l'unité arithmétique dont les fonctions sont étroitement liées. Dans les calculateurs modernes, les dispositifs techniques composant ces deux organes sont réunis dans la même unité de construction.

L'unité de commande coordonne et commande l'ensemble du flux d'informations, aussi bien à l'intérieur de l'unité centrale, c'est-à-dire entre la mémoire de travail, l'unité arithmétique et l'unité de commande elle-même, qu'entre l'unité centrale et les appareils périphériques.

L'unité de commande détermine, pendant toutes les phases du traitement, quand une unité doit être activée et quelle fonction elle doit effectuer. Ce faisant, l'unité de commande prélève dans la mémoire de travail une instruction après l'autre, dans un ordre défini, puis les décode et provoque par des signaux de commande l'exécution des opérations demandées.

L'unité arithmétique exécute, sur ordre de l'unité de commande, les opérations principales telles que le calcul, le décalage, la translation ou les relations logiques. L'unité arithmétique contient généralement deux registres de travail pour mémoriser les deux opérandes et un dispositif logique d'exécution des opérations de calcul. Une indication de la puissance d'une unité arithmétique est donnée par les temps d'opération, c'est-à-dire par les temps dont l'élément a besoin pour exécuter des ordres définis. Pour les équipements modernes, les temps d'opération pour exécuter des additions en virgule fixe sont de l'ordre de quelques microsecondes, les machines les plus rapides travaillant dans le domaine des nanosecondes.

234 L'unité de contrôle des entrées/sorties

C'est par l'intermédiaire de l'unité de contrôle des entrées/sorties qu'a lieu l'échange d'informations entre la mémoire de travail, ou respectivement le processeur central, d'une part, et les unités périphériques, d'autre part.

Dans les calculateurs d'architecture traditionnelle, l'ensemble du trafic de données s'accomplit par deux canaux séparés l'un de l'autre. Le canal de données interne sert au trafic entre la mémoire de travail et les éléments fonctionnels de l'unité centrale. Le trafic entre l'unité centrale et les appareils périphériques a lieu quant à lui par le canal d'entrées/sorties commandé par programme (fig. 7a).

Avec cette structure rigide, il est dans la plupart des cas impossible d'échanger ou d'ajouter de façon simple une unité fonctionnelle, unité qui peut être similaire sur le plan de la fonction tout en étant différente sur le plan de l'hardware (par exemple une unité plus puissante). Il faut alors remanier l'ensemble de l'unité centrale.

Si l'on conçoit toutes les unités fonctionnelles sous forme de modules ayant chacun une jonction (interface) normalisée, il est alors possible de les connecter à un canal commun de données (un «bus»), ce qui permet d'éviter les limitations citées plus haut (fig. 7b).

24 Les interruptions de programmes (interrupts)

Une des propriétés les plus importantes d'un processeur est la possibilité d'interrompre immédiatement des programmes en cours de traitement lorsque le processus le demande. Les messages d'interruption reçoivent, selon leur importance et leur urgence, des priorités bien définies, qui peuvent être modifiées dynamiquement pendant le déroulement du processus. Les demandes d'interruptions de programmes sont affichées lorsque des événements imprévus

Der interne Datenkanal dient dem Datenverkehr zwischen dem Arbeitsspeicher und den Funktionseinheiten der Zentraleinheit. Über den programmgesteuerten Ein/Ausgabe-Kanal läuft der Datenverkehr zwischen der Zentraleinheit und den peripheren Geräten (Fig. 7a).

Durch diese starre Struktur ist es meist unmöglich, eine Funktionseinheit gegen eine in der Funktion gleichartige, in der Hardware jedoch unterschiedliche (leistungsfähigere) einfach auszutauschen oder neu einzufügen, ohne die gesamte Zentraleinheit neu zu überarbeiten.

Fasst man alle Funktionseinheiten zu Modulen zusammen, von denen jedes eine eigene, standardisierte Schnittstelle hat, so kann man diese an einen Datensammelkanal (Daten-Bus) anschliessen und umgeht damit die oben genannten Einschränkungen (Fig. 7b).

24 Programmunterbrechungen (Interrupt)

Eine der wichtigsten Eigenschaften eines Prozessrechners ist die Möglichkeit, laufende Programme unmittelbar vom Prozess her zu unterbrechen. Je nach Wichtigkeit und Dringlichkeit werden den Meldungen bestimmte Prioritäten zugeordnet, die während des Prozessablaufes dynamisch geändert werden können. Programmunterbrechungen sind dann angezeigt, wenn unvorhergesehene Ereignisse eintreten oder wenn ein Peripheriegerät bedient werden soll.

241 Unbedingte Unterbrechung

Ursache: Fehler, die während eines Programmablaufs in der Zentraleinheit oder in der Peripherie auftreten.

Bedeutung: Die Fortsetzung des Programmablaufs ist infolge dieser Fehler unmöglich oder sinnlos.

Reaktion: Das laufende Programm wird bedingungslos und meist nach Abschluss des gerade in Bearbeitung befindlichen Befehls abgebrochen. Zur Fehleridentifikation hinterlegt die Ablaufsteuerung den Befehlszählerstand und Identifikationsmerkmale an fest vereinbarten Stellen im Arbeitsspeicher. Dann übernimmt das Betriebssystem den Programmablauf, gibt eine Fehlermeldung heraus und aktiviert ein nächstes auf Bearbeitung wartendes Programm.

242 Bedingte Unterbrechung

Ursache: Meldungen aus dem Prozess, die eine programmgesteuerte Reaktion erfordern, sowie Endmeldungen von simultan arbeitenden Peripherieeinheiten.

Bedeutung: Den Meldungen aus dem Prozess sind meist bestimmte Programme zugeordnet, die sich im Wartezustand befinden und erst beim Eintreffen dieser Meldungen aktiviert werden.

Reaktion: Da das laufende Programm nicht abgebrochen, sondern nur vorübergehend unterbrochen werden soll, ist eine Sicherstellung sämtlicher Informationen notwendig, die für die spätere Fortsetzung des Ablaufes wichtig sind. Hierzu gehören neben dem Befehlszählerinhalt auch die Registerinhalte des Rechenwerkes. Allerdings wird der Programmierer dafür sorgen, dass die Unterbrechung erst dann wirksam wird, wenn die Registerzustände in bezug auf den weiteren Programmablauf irrelevant sind.

243 Schnellalarm-Unterbrechung

Ursache: Spezielle Alarmmeldungen, die eine besonders schnelle, programmgesteuerte Reaktion des Rechners fordern.

Bedeutung: Die den Alarmmeldungen zugeordneten Programme sollen verzugslos, das heisst ohne Rücksicht auf den Status des aktuellen Programms, aktiviert werden.

Reaktion: Das gerade in Bearbeitung stehende Programm wird sofort unterbrochen. Die für die spätere Fortsetzung

surviennent ou quand un appareil périphérique doit être desservi. On distingue les interruptions inconditionnelles, les interruptions conditionnelles et celles d'alarme rapide.

241 Les interruptions inconditionnelles

Cause: Des erreurs sont survenues dans l'unité centrale ou dans la périphérie au cours du déroulement d'un programme.

Signification: La poursuite du déroulement du programme est impossible ou n'a plus de sens du fait de l'erreur.

Réaction: Le programme en cours est interrompu de façon inconditionnelle et, la plupart du temps, immédiatement après la terminaison de l'instruction qui se trouve en traitement à cet instant. Pour permettre l'identification de l'erreur, l'état du compteur d'instructions ainsi que des caractéristiques d'identification sont enregistrés simultanément dans des positions fixes de la mémoire de travail. Le déroulement du programme est repris ensuite par le système d'exploitation, qui émet un message d'erreur et active le prochain programme en attente de traitement.

242 Les interruptions conditionnelles

Cause: Des messages provenant du processus demandent une réaction programmée ou bien des unités périphériques fonctionnant simultanément signalent la fin d'une opération.

Signification: Des programmes définis sont dans la plupart des cas attribués à chaque type de messages produits par le processus. Ils se trouvent en situation d'attente et sont activés à la réception des messages d'interruptions.

Réaction: Comme le programme en cours ne doit pas être arrêté complètement mais seulement interrompu momentanément, il est nécessaire de mettre en sûreté l'ensemble des informations qui sont importantes pour la reprise ultérieure du traitement. Ce n'est pas seulement le contenu du compteur d'instructions mais aussi ceux des registres de l'unité arithmétique qui doivent être sauves. En effet le programmeur veillera à ce que l'interruption ne devienne active que seulement lorsque les états des registres sont sans importance pour la poursuite du traitement.

243 Les interruptions d'alarme rapide

Cause: Des messages spéciaux d'alarme demandent une réaction programmée particulièrement rapide du calculateur.

Signification: Les programmes attribués aux messages d'alarme doivent être activés sans délai, c'est-à-dire sans prendre en considération l'état du programme en cours.

Réaction: Le programme se trouvant en traitement est interrompu immédiatement. Les contenus des registres qui sont nécessaires pour la poursuite ultérieure des opérations sont mis en sûreté par l'hardware et partiellement par le soft-

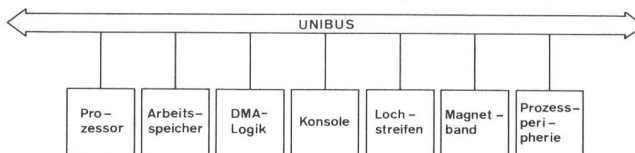


Fig. 7b

Blockschaltbild eines Prozessrechners mit einfacher Daten-Bus-Struktur – Schéma-bloc d'un processeur avec une structure simple du bus de données

Unibus – Unibus

Prozessor – Processeur

Arbeitsspeicher – Mémoire de travail

DMA-Logik – Logique DMA

Konsole – Console

Lochstreifen – Bandes perforées

Magnetband – Bande magnétique

Prozessperipherie – Périphérie du processus

notwendigen Registerinhalte werden per Hardware, ein Teil per Software sichergestellt. Das der betreffenden Alarmmeldung zugeordnete Programm wird über eine spezielle Verzweigungsadresse direkt aktiviert.

Alarme dieser Art werden in modernen Rechensystemen nach wenigen μ s behandelt.

3 Prozessrechner-Software

31 Die Maschinenbefehle

Die Grundbausteine eines jeden Prozessrechners sind das Rechenwerk, das Steuerwerk, die Ein/Ausgabe-Kontrolleinheit und der Arbeitsspeicher. Jedes dieser Grundelemente erfüllt selbständig seine genau definierten Aufgaben. Das Zusammenwirken der einzelnen Funktionsgruppen wird durch *Instruktionen* (Befehle) veranlasst. Die Zusammenstellung der für eine Aufgabe erforderlichen Befehle nennen wir ein *Programm*, die Gesamtheit aller Programme die *Rechner-Software*. Alle Funktionselemente des Prozessrechners sind mit einer Reihe von festverdrahteten Schaltungen ausgerüstet, die, werden sie angesteuert, verschiedene Verarbeitungsschritte automatisch abwickeln. Diese Schaltungselemente entsprechen den sogenannten Maschinenbefehlen der Rechenanlage. Je nach Ausführung sind die Prozessrechner mit einem mehr oder weniger grossen Grundvorrat an solchen Befehlen (Instruktionsrepertoire) ausgerüstet, die vom Programm aufgerufen werden können. Dabei lassen sich diese Maschinenbefehle in folgende drei Funktionsgruppen aufteilen:

- 1 *Standardfunktionen* wie Laden und Wegspeichern, arithmetische und logische Operationen, Schiebefunktionen und Sprünge.
- 2 *Organisatorische Funktionen* wie Programmsteuerung und Programmunterbrechung (Interruptsteuerung).
- 3 *Ein/Ausgabe-Funktionen* zum Datenaustausch zwischen Rechner und Peripherie.

Diese Hardware-Befehle werden häufig in Festwertspeichern codiert, die entweder aus Halbleiter-Diodenmatrizen oder MOS-Bauelementen bestehen.

32 Die Software

Die Software ergänzt den Hardwareteil des Rechners. Erst die Summe der durch Hardware und der durch die Software realisierten Eigenschaften bildet ein funktionsfähiges Rechensystem. Man unterscheidet zwischen der *Betriebs-* und der *Anwendersoftware*.

321 Die Betriebssoftware

Unter Betriebssoftware sollen im folgenden jene Programme verstanden werden, die nicht unmittelbar der Lösung einer speziellen Prozesssteuerungsaufgabe dienen, sondern über den individuellen Anwendungsfall hinaus allgemeine, bei jeder Aufgabe wiederkehrende Funktionen übernehmen. Häufig handelt es sich dabei um organisatorische Teilaufgaben.

322 Das Betriebssystem

Das Betriebssystem ist eine organisierte Programmsammlung, die die Computerleistung durch das automatische Bereitstellen und Ansteuern allgemeiner Funktionen für alle Anwendungsprogramme steigert. Je nach Grösse und Leistungsfähigkeit führt das Betriebssystem die Ein/Ausgabe-Steuerung, das Speichern und Wiederaufsuchen von Daten und Programmen sowie das Vorbereiten, Laden und Ausführen der Programme.

ware. Le programme attribué au message d'alarme est activé directement au moyen d'une adresse de branchement spéciale.

Des alarmes de cette catégorie peuvent être traitées en l'espace de quelques microsecondes dans les ordinateurs modernes.

3 Le logiciel des processeurs

31 Les instructions

Les composants fondamentaux de tout processeur sont l'unité arithmétique, l'unité de commande, l'unité de contrôle des entrées/sorties et la mémoire de travail. Chacun de ces éléments de base remplit de façon indépendante les tâches exactement définies qui lui ont été confiées. La coopération des groupes de fonctions individuelles est obtenue par l'intermédiaire d'*instructions*. L'assemblage des instructions qui sont nécessaires pour résoudre une tâche déterminée forme un programme; l'ensemble des programmes d'un calculateur est appelé logiciel ou software. Tous les éléments de fonctions d'un processeur sont équipés avec une série de circuits câblés de façon fixe, qui provoquent le déroulement automatique des différents pas de traitement lorsqu'ils sont activés. Ces circuits correspondent à ce qu'on nomme les instructions de base ou instructions-machine du calculateur. En fonction de leur structure interne, les processeurs sont équipés avec un nombre plus ou moins grand de ces instructions (le répertoire d'instructions) qui peuvent être appelées par le programme. Ces instructions peuvent être classées en trois groupes de fonctions:

1. *Les fonctions standardisées*, telles que la lecture et l'écriture de la mémoire, les opérations arithmétiques et logiques, les fonctions de décalage et les sauts;
2. *Les fonctions d'organisation* telles que la commande et l'interruption des programmes;
3. *Les fonctions d'entrées/sorties*, qui permettent l'échange des données entre le calculateur et la périphérie.

Les instructions réalisées en hardware sont généralement codées dans des mémoires mortes qui sont composées de matrices de diodes à semi-conducteurs ou d'éléments MOS.

32 Le logiciel (ou software)

Le logiciel (ou software) complète la partie matérielle (ou hardware) du calculateur. C'est seulement par la combinaison des propriétés réalisées par l'hardware, d'une part, et le software, d'autre part, qu'on peut former un système de processeur opérationnel. On distingue deux catégories de logiciel, le *logiciel de système* et le *logiciel d'application*.

321 Le logiciel de système

On comprend sous le concept de logiciel de système les programmes qui ne servent pas directement à résoudre une tâche spéciale de commande de processus, mais qui au contraire, au-delà des cas d'application individuels, prennent en charge les fonctions générales qui se répètent de façon identique pour chaque type d'application. Il s'agit ici fréquemment de tâches partielles de gestion du calculateur.

322 Le système d'exploitation

Le système d'exploitation (operating system) est une collection organisée de programmes qui permet d'augmenter le rendement d'un calculateur par la mise à disposition de tous les programmes d'application d'un certain nombre de fonctions générales. Selon son envergure et sa capacité, le système d'exploitation prend en charge la commande des

323 Die Übersetzungsprogramme

Die Programme in einer Datenverarbeitungsanlage sind mit *Bitkombinationen* in einer für den Benutzer völlig unübersichtlichen und nahezu unverständlichen Form dargestellt. Da ein Computer nur Anweisungen, die er als Zahlengruppen in seiner binären Ziffersprache erhält (Maschinensprache), in Funktionen umsetzen kann, müssten die Programme in Form von Zahlenkolonnen geschrieben werden (Tabelle I: Maschinen-Code). Das umständliche Aneinanderreihen der unzähligen Nullen und Einsen, das ausserdem in seiner Abstraktheit ständig die Gefahr von Irrtümern birgt, verlangt förmlich nach einem anderen Weg.

324 Die Assembler-Sprachen

Eine grosse Erleichterung bieten die Assembler-Sprachen, die anstelle der Zahlen Abkürzungen der Befehlswörter (aus der englischen Sprache) verwenden (Tabelle I: Assembler). Die Übersetzung eines mit diesen Abkürzungen geschriebenen Quellenprogramms in das binäre Objektprogramm nimmt der Computer anschliessend mit Hilfe des Umwandlungsprogramms, des Assemblers, selbst vor und erledigt dabei auch die mühsame Berechnung der Speicheradressen.

325 Höhere Programmiersprachen

Die Assembler-Sprachen weisen jedoch auch Nachteile auf. Jeder einzelne Schritt muss, genau wie bei der Maschinensprache, einzeln beschrieben werden. Der Programmierer muss den Computer genau kennen, und die Programme arbeiten nur auf dem Rechner, für den sie geschrieben sind. Höhere Programmiersprachen benutzen als Einzelschritte zur Formulierung des Programms problembezogene Anweisungen (zum Beispiel Rechenanweisungen, Eingabe- oder Ausgabeanweisungen). Der Programmierer beschreibt damit den Arbeitsgang; er legt das Verfahren fest, mit dem die gestellte Aufgabe gelöst werden soll (Tabelle I: FORTRAN, ALGOL). Problemorientierte Sprachen sind nicht an ein bestimmtes Rechensystem gebunden. Sie werden mit speziellen Übersetzungsprogrammen, den Compilern, in die Maschinensprache des verwendeten Rechensystem umgesetzt.

Assembler-Sprachen haben den Vorteil, dass sie sowohl in bezug auf den Speicherbedarf wie auch auf die Ausführungszeit optimal sind. Compiler-Sprachen sind in dieser Beziehung meist nicht so effizient, sparen aber sehr viel Zeit bei der Programmierung (Tabelle I).

entrées et sorties, la mise en mémoire et la recherche des données et programmes, ou encore le chargement et la conduite de l'exécution des programmes.

323 Les programmes de traduction

Les programmes, lorsqu'ils sont mémorisés dans une installation de traitement de données, sont représentés par une suite de *combinaisons de bits*, une forme qui est tout à fait confuse et pratiquement incompréhensible pour l'utilisateur. Comme un ordinateur ne peut transformer des ordres en fonctions que s'il les obtient sous la forme de groupes de nombres codés dans sa langue de chiffres binaires (le langage-machine), les programmes devraient être écrits à l'aide de colonnes de nombres (Tab I: code-machine). Pour éviter de devoir aligner des rangées innombrables de zéros et de uns, opération qui par son abstraction peut de plus être une source constante d'erreurs, il est nécessaire de chercher une autre solution pour la programmation.

324 Les langages assembleurs

Un allègement important est offert par les langages assembleurs, qui utilisent, à la place des nombres binaires, des abréviations généralement tirées de la langue anglaise (Tab I: assembleur). La transformation d'un programme-source, écrit avec des abréviations, en un programme-objet sous forme binaire est effectuée par le calculateur lui-même à l'aide d'un programme de traduction. Ce programme prend en charge par la même occasion le calcul fastidieux des adresses de la mémoire.

325 Les langages de programmation à haut niveau

Les langages-assembleurs présentent toutefois des inconvénients. Chaque pas de programme doit être décrit individuellement, de façon aussi précise qu'en langage-machine. Le programmeur doit connaître exactement le calculateur et les programmes ne fonctionnent que sur la machine pour laquelle ils ont été écrits. En opposition, les langages à haut niveau utilisent, comme pas individuels pour la formulation du programme, des instructions (par exemple des instructions de calcul, ou d'entrée/sortie) qui sont orientées vers le problème à traiter. Le programmeur peut ainsi décrire la séquence de travail; il fixe la procédure avec laquelle le problème posé doit être résolu (Tab I: FORTRAN, ALGOL). Les langages à haut niveau ne sont pas fixés à un système de calculateur déterminé. Ils peuvent être convertis, à l'aide de

Tabelle I. Vergleich des Programmieraufwandes für eine bestimmte Aufgabe mit drei Programmiersprachen

Tableau I. Comparaison de l'effort de programmation nécessaire entre 3 langages de programmation différents pour résoudre une tâche définie

Maschinen-Code Langage-machine	Assembler		FORTRAN	ALGOL
000L00000L000000	MOV	A,Q	C=5*A-12	C:=5*A-12
0000LL00LL000000	ASL	Q	IF(C-B-4)100,200,100	IF C-B= 4 THEN D:=C+A ELSE D:=C-A
0000LL00LL000000	ASL	Q	100 D=C-A	
0LL00000L000000	ADD	A,Q	GOTO 300	
LLL00L0LLL000000	SUB	#12.,Q	200 D=C+A	
000000000000LL00			300 CONTINUE	
000L0000000000LL	MOV	Q,C		
LLL00000L0000000	SUB	B,C		
LLL00L0LLL000000	SUB	#4.,Q		
0000000000000L00				
000000LL000000LL	BEQ	ADR1		
000L0000LL000L00	MOV	C,D		
LLL000000L000L00	SUB	A,D		
0000000L000000L0	BR	ADR2		
000L0000LL000L00	ADR1: MOV	C,D		
0LL00000L000L00	ADD	A,D		
00000000L0L00000	ADR2: NOP			

Eine Reihe von Hilfsprogrammen erleichtern die Vorbereitung der Quellenprogramme (Editor, Translator). Nach der Übersetzung bringt der Linker die benötigten Teile des Anwenderprogramms in den Arbeitsspeicher und verknüpft sie mit den dazugehörigen Unterprogrammen.

327 *Testprogramme*

In der Regel sind Programme zunächst fehlerhaft, das heisst, sie erfüllen nicht alle ursprünglich festgelegten Forderungen. Man unterscheidet dabei zwischen syntaktischen und logischen Fehlern.

Syntaktische Fehler sind Verstösse gegen die Regeln der Programmiersprache. Derartige Fehler sind leicht zu beherrschen, da sie vom Übersetzerprogramm erkannt und mit Fehlermeldungen angezeigt werden.

Logische Fehler lassen sich nur durch einen sorgfältigen Test des geschriebenen Programms finden. Es ist dann Sache des Programmierers, seine Teststrategie so zu wählen, dass er mit grösster Wahrscheinlichkeit alle Programmfehler aufdecken kann. Meist stehen ihm spezielle Testhilfen zur Verfügung, die beispielsweise das Verfolgen des dynamischen Ablaufs eines Programms, die Überwachung mit Ausgabe bestimmter Informationen an festzulegenden Programmstellen oder «Momentaufnahmen» des Arbeitsspeichers gestatten.

328 *Die Anwendersoftware*

Im Gegensatz zu den vom Hersteller gelieferten Systemprogrammen, die im Betriebssystem zusammengefasst werden, bezeichnet man die Gesamtheit der vom Anwender geschriebenen und eingesetzten Programme als Anwenderprogramme. Das Betriebssystem stellt dabei zusammen mit der Hardware die Umgebung dar, in der die Anwenderprogramme arbeiten.

4 *Schlussbemerkung*

Es kann nicht Aufgabe dieses Beitrages sein, die Probleme rund um den Prozessrechnereinsatz vollständig und umfassend aufzuzeigen. Es sollte lediglich versucht werden, einen möglichst breiten Kreis interessierter Leser auf eine technische Entwicklung aufmerksam zu machen, die früher oder später auch unseren Arbeitsbereich beeinflussen wird: die prozessrechnergesteuerte Automatisierung von Funktionsabläufen.

Bei aller Begeisterung für die Automatisierung dürfen wir aber nicht der Versuchung unterliegen, allein in blinder Nachahmung eines Modegags Prozessrechner anzuschaffen. Wir müssen vielmehr bereit sein, den Computer als das zu verstehen, was er tatsächlich ist: ein technisches Hilfsmittel, das nur dann seine Aufgabe erfüllen kann, wenn es in schöpferischer und verantwortungsbewusster Arbeit darauf vorbereitet, das heisst programmiert wurde.

Bibliographie

- [1] Köhler R. Die «Minis» werden grösser. München, Elektronik (1973) Heft 10, S. 365...368.
- Kull W. F. E. Kompaktrechner. München, Elektronik (1972) Heft 7, S. 233...240.
- [2] Normenentwurfsvorlage des Fachnormenausschusses Informationsverarbeitung (FNI). DIN 66201. Prozessrechensysteme.
- [3] Anke K., Kaltenecker H., Oetker R. Prozessrechner, Wirkungsweise und Einsatz. München, R. Oldenbourg Verlag (1970) 602 S.
- [4] Müller P., Löbel G., Schmid H., u. a. Lexikon der Datenverarbeitung. München, Moderne Industrie (1969) 678 S.

programmes de traduction spéciaux que l'on nomme compilateurs, dans le langage-machine du calculateur utilisé.

Les langages-assembleurs ont l'avantage d'être optimisés tant en ce qui concerne le besoin en volume de mémoire que du point de vue de la durée d'exécution des programmes. Les langages à haut niveau sont à ce point de vue moins efficaces; ils permettent par contre d'économiser beaucoup de temps lors de la programmation.

326 *Les programmes auxiliaires ou de service*

Une série de programmes auxiliaires permettent de faciliter la préparation des programmes-sources (par exemple les éditeurs et translateurs). Après la traduction, un autre programme auxiliaire, le connecteur ou enchaîneur (linker) a pour tâche de transférer les différentes parties du programme d'application dans la mémoire de travail du calculateur et de les relier avec les routines qui leur appartiennent.

327 *Les programmes de test*

Il est pratiquement de règle qu'un programme qui vient d'être développé soit entaché d'erreurs, c'est-à-dire qu'il ne remplisse pas toutes les exigences qui ont été fixées à l'origine. On peut faire la distinction entre les erreurs logiques et syntactiques.

Les *erreurs de syntaxe* sont des infractions aux règles imposées par le langage de programmation utilisé. De telles erreurs sont faciles à maîtriser, car elles sont reconnues par le programme de traduction et sont mises en évidence par des messages d'erreurs. Quant aux *erreurs logiques*, elles ne peuvent être découvertes que par un test approfondi du programme écrit. C'est l'affaire du programmeur de choisir sa stratégie de test de telle façon qu'il puisse découvrir toutes les erreurs du programme avec la plus grande probabilité. Il peut la plupart du temps disposer de programmes auxiliaires de test, qui lui permettent, par exemple, de suivre le déroulement dynamique d'un programme, de le surveiller en affichant le contenu des données se trouvant à des endroits définis du programme, ou encore d'effectuer un «instantané» du contenu de la mémoire de travail.

328 *Le logiciel d'application*

En opposition aux programmes de système livrés par le constructeur du processeur et qui sont rassemblés dans le système d'exploitation, on désigne comme logiciel d'application l'ensemble des programmes écrits et mis en œuvre par l'utilisateur. Le système d'exploitation en coopération avec le matériel (hardware) forme l'environnement dans lequel travaillent les programmes d'application.

4 *Conclusion*

Il ne pouvait être question dans un court article de traiter les problèmes de mise en œuvre des processeurs de façon complète et exhaustive. Nous avons cherché seulement à rendre attentif un cercle de lecteurs aussi large que possible à un développement technique qui, tôt ou tard, influencera leur domaine de travail, à savoir l'automatisation du déroulement de fonctions techniques à l'aide de processeurs.

Il ne faut pas cependant, par enthousiasme pour l'automatisation, céder à la tentation de mettre en œuvre des processeurs par simple imitation d'une «mode» actuelle. Au contraire, il s'agit bien plus d'être prêt à accepter l'ordinateur ou le processeur à sa juste mesure. Il n'est qu'un auxiliaire technique. Il ne peut remplir sa fonction que s'il y a été préparé, c'est-à-dire programmé, par un personnel doté d'esprit créateur et conscient de ses responsabilités.