

Multiprozessorsteuerung im ALbis-Fernwahlsystem A64S

Autor(en): **Schnorf, Alex / Matzinger, Hansruedi / Fornara, Renato**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **58 (1980)**

Heft 11

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875908>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Multiprozessorsteuerung im Albis-Fernwahlsystem A64S

Alex SCHNORF, Hansruedi MATZINGER und Renato FORNARA, Zürich

621.395.345:621.395.741:681.323-181.4

Zusammenfassung. Aus Gründen der Sicherheit und Dynamik besteht ein Bedürfnis, grosse Prozesssteuerungen auf teilzentrale Rechner zu verteilen. Beim Siemens-Albis-Fernwahlsystem A64S, das Ende 1979 in der Zentrale Zürich-Herdern erstmals zur Anwendung gelangte, übernimmt ein hierarchisches System von bis zu 60 Mikrocomputern die Steuerungsaufgaben. Im vorliegenden Beitrag werden Entwicklungsvoraussetzungen, Systemarchitektur sowie Software- und Hardware-Aspekte der Steuerung dargelegt.

Commande par multiprocesseurs dans le système de sélection interurbaine Albis A64S

Résumé. Pour des raisons de sécurité et de dynamique, il est apparu nécessaire de distribuer les grandes commandes par processeurs sur des calculateurs décentralisés. Dans le système de sélection interurbaine Siemens-Albis A64S, mis en œuvre pour la première fois à la fin de 1979 dans le central de Zurich-Herdern, les fonctions de commande sont assurées par un système hiérarchisé comprenant jusqu'à 60 microprocesseurs. Les auteurs exposent ici les conditions préliminaires au développement, l'architecture du système ainsi que les aspects propres au logiciel et au matériel du dispositif de commande.

Comando con multielaboratori nel sistema di teleselezione Albis A64S

Riassunto. Si è palesata la necessità, per motivi inerenti alla sicurezza e alla dinamica, di ripartire i comandi, con unità di elaborazione, di grandi dimensioni su diversi calcolatori parzialmente centralizzati. Un sistema gerarchico fino a 60 microcalcolatori si assume le funzioni di comando nel sistema di teleselezione Siemens-Albis A64S, che è stato impiegato per la prima volta alla fine del 1979 nella centrale di Zurigo-Herdern. Vengono spiegati, nel presente articolo, le premesse per lo sviluppo, l'architettura del sistema e gli aspetti relativi al software e al hardware del comando.

1 Allgemeines

11 Einleitung

Ende 1979 wurde im Fernbetriebszentrum Zürich-Herdern eine Zentrale neueren Typs den PTT übergeben (Fig. 1). Damit fand die dritte Generation elektronisch gesteuerter Siemens-Albis-Fernwahlzentralen erstmals Anwendung im öffentlichen Telefonnetz. Es handelt sich um das in [1] bereits als Ganzes beschriebene System A64S. Im folgenden befassen sich die Autoren vorwiegend mit der Steuerung, die wesentlich von den vorangehenden Generationen abweicht. Unter dem Begriff *Steuerung* versteht man im weitesten Sinn den Teil des Systems, der den Verbindungsaufbau von Eingängen zu Ausgängen durch das Durchschaltenetzwerk vornimmt. Im Falle von Fernwahlzentralen handelt es sich bei den Ein- und Ausgängen um ankommende (LSK) und abgehende (LSG) Leitungssätze, beim Durchschaltenetzwerk um den Richtungskoppler (RiK) (Fig. 2).

Es war von vornherein Ziel der Entwicklung, bei den peripheren Geräten Vorhandenes weiter zu verwenden. Deshalb wurden Leitungssätze und Durchschaltenetzwerk in ESK-Relaistechnik aufgebaut, im Steuerungsteil war dagegen eine Neuentwicklung unumgänglich.



Fig. 1 Prüf- und Messraum der interkontinentalen Zentrale Zürich-Herdern

12 Historisches

Die Siemens-Albis-Fernwahlsysteme bilden eine Familie elektronisch gesteuerter Fernwahlzentralen, auf drei Generationen von Steuerungen aufgebaut:

- Die erste Generation, seit 1966 in Betrieb, enthält ausschliesslich diskrete Bauteile, wie Transistoren, Dioden und Widerstände. Die Programme sind in Form von eingelöteten Rangierkabeln, die vermittlungstechnischen Tabellen (Umwertung) in Rangierschaltern festgehalten.
- Die zweite Generation, verfügbar seit 1968, umfasst bereits Systeme mit gespeicherten Programmen. Programme und Daten sind in einem Kernspeicher abgelegt. Das Baugruppensystem wird mit Stromkreisen erweitert, die mit integrierten Schaltungen bestückt sind. Der Einbau einer arithmetisch-logischen Einheit im Prozessorkern (1972) erlaubt die Durchführung arithmetischer und logischer Befehle.
- Die dritte Generation basiert auf einem hierarchischen System von vielen Mikrocomputern, wovon jeder mit eigenem Halbleiterspeicher ausgerüstet ist. Die Mikrocomputer sind mit einem Telegrammsystem über mehrere gleichartige Busse untereinander verknüpft.

Wenn an dieser Stelle technologische Unterschiede in den Vordergrund gestellt werden, so soll dies keineswegs heissen, dass die Technologie die Generationenwechsel diktiert hätte. Die entsprechenden Neuentwicklungen dienten der Verwirklichung dringender Forderungen nach erhöhter Verarbeitungs- und Speicherkapazität, wurden aber erst dank des technologischen Fortschritts wirtschaftlich tragbar. Der Vergleich in *Tabelle I*

Tabelle I. Vergleich von drei Generationen vermittlungstechnischer Speicher

Technologie	Kapazität kByte	Volumen l
Rangierschalter	0,6	120
Kernspeicher	8	15
Halbleiterspeicher	64	1

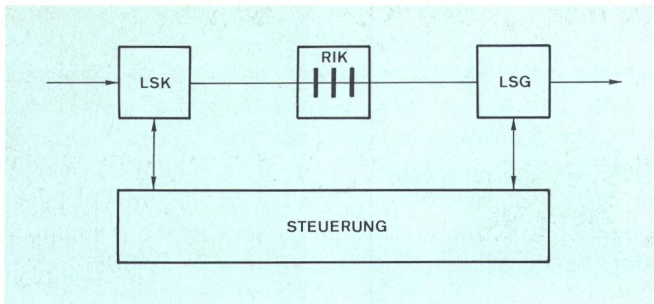


Fig. 2
Allgemeine Struktur einer Fernwahlzentrale

über drei Generationen vermittlungstechnischer Speicher verdeutlicht dies.

Eine Gegenüberstellung der in jeder Generation aufgewendeten Befehlszahlen ist nicht ganz einfach, weil die Mächtigkeit der Befehle mit zunehmender Modernisierung abgenommen hat. Immerhin stehen 400 Programmschritten bei der ersten Generation 4000 Befehle bei der zweiten und rund 100 000 Befehle bei der dritten gegenüber.

Der Schritt von der zweiten zur dritten Generation wurde sowohl wegen der erforderlichen Kapazitätserweiterung als auch wegen zweier bisher nicht genannter wesentlicher Forderungen nötig, nämlich wegen der Erhöhung der Verkehrsleistung in den internationalen Zentralen von etwa sieben Verbindungen auf 40 Verbindungen je Sekunde und wegen der Beseitigung der Rangierverteiler zwischen der B- und C-Stufe des Richtungskopplers sowie zwischen den Ausgängen des Kopplers und den abgehenden Leitungssätzen. Dies setzte eine wesentliche Kürzung der Markierzeit voraus, was bei der ersten Forderung ohne weiteres ersichtlich ist, bei der zweiten jedoch der Erläuterung bedarf. Durch die Rangierung am Kopplerausgang konnten früher die abgehenden Leitungen je Richtung in drei Koordinaten einer Matrix (Gruppe, Untergruppe, Leitung) zusammengefasst und in wenigen Suchschritten vollständig abge-

fragt werden. Die heute verlangte feste Zuordnung zwischen Kopplerausgang und Leitung erfordert die Zuordnung zur entsprechenden Richtung im Programm des Markierrechners sowie den sequentiellen Zugriff zu den Leitungen. Dies bedingt eine Beschleunigung der einzelnen Suchschritte.

13 Grobstruktur des Systems

Leitungssätze und Durchschaltenetzwerk sind dezentrale Einheiten. Sie stehen einer Verbindung ununterbrochen zur Verfügung und kommen deshalb in grosser Zahl vor.

Die Steuerung als Ganzes gesehen ist eine zentrale Einrichtung, die nur einmal je Anlage vorhanden (meist jedoch aus Sicherheitsgründen doppelt ausgerüstet) ist. Sie steht einer Verbindung jeweils nur für sehr kurze Zeit oder nur ausnahmsweise zur Verfügung. Aus sicherheitstechnischen Überlegungen (Risikoverteilung) oder infolge dynamischer Forderungen (Lastverteilung) entsteht aber das Bedürfnis, möglichst grosse Teile der Steuerung so zu dezentralisieren, dass sie als sogenannte teilzentrale Einrichtungen nur noch Gruppen von dezentralen Einrichtungen bedienen. Im System A64S ist dies sehr weitgehend gelungen.

14 Hierarchie der Steuerung

Die Gründe, die zur Einführung der Elektronik in die Steuerungen von Vermittlungssystemen geführt haben, stehen hier nicht zur Diskussion. Zu Beginn der sechziger Jahre waren elektronische Komponenten teuer, weshalb man sie zusammenfassen musste. Noch 1971 mussten bei den Steuerungen die Speicher und Prozessoren zentralisiert werden. Bereits 1975 fiel der Zwang zur Konzentration weitgehend dahin. Der wachsende Integrationsgrad und die sinkenden Preise der Bauelemente erlaubten eine zuvor undenkbare Freiheit im Systementwurf, besonders weil Halbleiterspeicher ohne

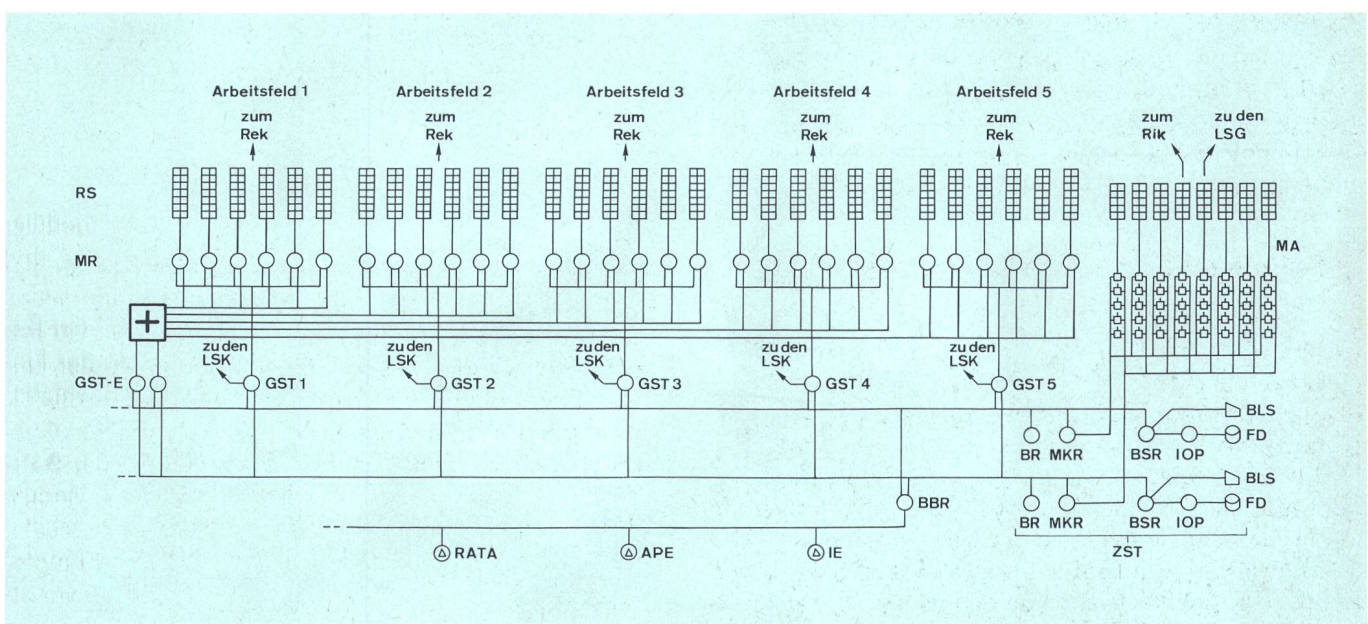


Fig. 3
Steuerung A64S (Hierarchie)
□ passive elektronische Gerätesätze
○ Rechner M 801 (MCS 8080)

⊙ Rechner PDP 11

wesentliche Aufwandsteigerung praktisch beliebig unterteilbar wurden. Infolgedessen konnten funktionelle Teile eines früheren Grossspeichers, jeweils mit einem Mikroprozessor versehen, zu Knoten eines ganzen Rechnernetzes werden. Beim System A64S hat dies zu einem hierarchischen Gefüge von bis zu 60 weitgehend autonomen Mikrocomputern geführt. *Figur 3* gibt am Beispiel der Steuerung der internationalen Transitzentrale Zürich-Herdern einen Eindruck dieses Gebildes. Die Rechner sind untereinander durch Busse verbunden. Dieses System ist in [2] näher beschrieben. Passive elektronische Gerätesätze sind mit besonderen Bussystemen an ihre Steuerungen gekoppelt.

Die äusserste teilzentrale, in *Figur 3* nur noch ange deutete hierarchische Stufe enthält die *Registersätze* (RS). Diese sind passive elektronische Sätze, die in Zusammenarbeit mit den Multiregistersteuerungen die Funktionen klassischer Telefoniregister erfüllen [3]. Die Zahl der notwendigen Registersätze hängt von deren Belegungszeit je Verbindung ab. Die Register werden jeweils während des Aufbaus einer Verbindung mit dem Registerkoppler (ReK) den ankommenden Leitungssätzen zugeteilt. Diese Konzentration war schon in den ersten Registerzentralen üblich. Neu ist die Gruppierung zu Multiregistern mit entsprechenden *Multiregistersteuerungen* (MR) in der mittleren teilzentralen Hierarchiestufe. Die Grösse dieser Gruppen ist durch die annehmbare Grösse der Ausfalleinheit bestimmt.

Da die Register von den ankommenden Leitungssätzen über den Registerkoppler erreicht werden, entsteht beim Ausfall einer Multiregistersteuerung kein Leitungsausfall, sondern lediglich eine Verkehrsbehinderung, das heisst ein Anstieg der Verluste. Die richtige Bemessung der von einem Rechner gesteuerten Gruppe von Registersätzen und der Einbau eines zusätzlichen Multiregisters je Arbeitsfeld gestatten, diesen Fall zu beherrschen.

Gruppensteuerungen und Markieranschaltung bilden die innere teilzentrale Hierarchiestufe. Jede *Gruppensteuerung* (GST) übt für das von ihr betreute Arbeitsfeld eine zentrale Funktion aus, nämlich die Wegesuche und Markierung im Registerkoppler. Die Aufteilung in Arbeitsfelder ist dynamisch bedingt, wie dies auch schon bei der ersten Steuerungs generation der Fall war. Die Gruppensteuerung benötigt je Verbindung rund fünfmal mehr Zeit als die Zentralsteuerung. Für fünf Gruppensteuerungen sind zwei Ersatzsteuerungen vorgesehen, die jedem beliebigen Arbeitsfeld zugeteilt werden können. Selbst der Ausfall dreier Steuerungen bedeutet damit erst den Ausfall eines Fünftels der Zentrale.

Die Umwertung könnte an sich in den Multiregistern untergebracht werden. Sie erfordert aber für ihre umfangreichen vermittlungstechnischen Listen und Programme etwa zwei Baugruppen je Rechner. Der Einbau in den Multiregistern würde somit für die Zentrale Zürich-Herdern 60 Baugruppen bedingen. Die Verlagerung in die Gruppensteuerungen reduziert diese Anzahl auf 14 Baugruppen. Die Zentralisierung bedeutet hier offensichtlich weniger Aufwand und damit natürlich auch längere Reparaturabstände.

Die *Markieranschaltung* (MA) besteht aus 40 nicht doppeltausgerüsteten passiven Elektronikrahmen, die für Wegesuche und Markierung den schnellen Zugriff

des Markierrechners zu den Kopplerausgängen und den abgehenden Leitungssätzen gewährleisten. Jeder Markieranschalterahmen bedient fünf Koppelvielfache C (KVC). Der Ausfall eines Rahmens führt zu einem Verlust von 2,5 % der abgehenden Leitungen. Allerdings sind die Rahmen ihrerseits wieder modular aufgebaut, so dass schliesslich der Ausfall einer Baugruppe nur 15 abgehende Leitungen verschiedener Richtungen betrifft. Die Markieranschaltung reicht somit auch noch in die mittlere teilzentrale Stufe hinein. Gesteuert werden die Markieranschaltungen vom Markierrechner in der äusseren zentralen Hierarchiestufe.

Die äussere zentrale Stufe enthält die doppelt vorhandene *Zentralsteuerung* (ZST). Diese umfasst fünf Funktionen, die zentral ausgeführt werden müssen, nämlich die Wegesuche und Markierung im Richtungskoppler, das Zentralbus-Management, das Betriebssystem mit Blattschreiber, die Floppy-Disk-Steuerung und die Ersatzschaltesteuerung. Letztere ist kombinierbar mit der Markierung, weil sich beide Funktionen gegenseitig ausschliessen. Die Aufteilung der fünf Funktionen in vier Rechner bringt in erster Linie dynamische Vorteile, weil dadurch die gegebene Verkehrsleistung mit entsprechend langsameren Mikrocomputern erreichbar ist. Daneben bringt die Aufteilung auch noch eine ganze Reihe von nicht zu verachtenden Vorteilen für die Software:

- die einzelnen Programmpakete werden kleiner (übersichtlicher, fehlerärmer, billiger herstellbar usw.)
- die Fehlereingrenzung im Betrieb wird vereinfacht
- ein Stapelbetrieb ohne Hardware-Unterbrechungen ist verwirklicht
- der Übergriff von Softwarefehlern auf unbeteiligte Funktionen wird verunmöglicht

Die innere zentrale Hierarchiestufe ist mit den *Betriebseinrichtungen* besetzt. Diese, bestehend aus Identifiziereinrichtung (IE), automatischer Prüfeinrichtung (APE) und Einrichtung für «Registrierung und Auswertung des Telefonieverkehrs mit dem Ausland» (RATA), sammeln Daten aus dem Gesamtsystem und werten diese gesamthaft aus, was ihre Zentralisierung rechtfertigt. Die Aufteilung in drei Datenverarbeitungsanlagen bringt hier den Vorteil, dass bei Ausfall eines Rechners jeweils nur eine der Funktionen betroffen ist.

2 Software

2.1 Aufbau

Ähnlich wie die Hardware ist die Software modular aufgebaut. Die gesamten komplexen Programme und Dateien jedes einzelnen Rechners werden in einzelne Moduln aufgelöst. Zu jedem Modul gehört nebst der Bestimmung seiner Aufgabe auch die Festlegung der Ein- und Ausgangsschnittstellen. Infolge der unterschiedlichen Aufgaben der einzelnen Rechner innerhalb des gesamten Steuerungskomplexes lassen sich bei der Software, im Gegensatz zur Hardware, nur wenige Moduln bilden, die in mehr als einem Steuerungstyp eingesetzt werden können. Die Aufteilung des gesamten Komplexes in einzelne überschaubare Moduln erleichtert vor allem die Entwicklung und die Wartung. Da Aufgabe und Schnittstellen für jedes einzelne Modul festgelegt werden müssen, können die Moduln anschliessend parallel und weitgehend unabhängig voneinander entwickelt

und geprüft werden. Sollten später Änderungen nötig werden, so beschränken sich diese meist auf einzelne Moduln. Dadurch bleiben die Auswirkungen überblickbar, und die bei Softwareänderungen in nichtmodularen Strukturen häufig auftretenden Nebenwirkungen von eingebrachten Änderungen lassen sich vermeiden.

Moduln können Programm- oder Datenmoduln sein. Programmmoduln umfassen die Befehle zur Abwicklung ihrer Aufgabe, Datenmoduln die Definitionen für den Aufbau von Datenfeldern, wie zum Beispiel die Umwertelisten.

22 Strukturierung

Die Programme des Systems A64S sind nach den Regeln der *strukturierten Programmierung* erstellt. Diese beruht auf dem Blockprinzip. Ein Block ist ein Programmteil, der nur über den Eingang betreten und über den Ausgang verlassen werden kann. Sprünge in das Innere eines Blocks und solche aus einem Block heraus in andere Programmteile sind unzulässig. Erlaubt sind jedoch Unterprogrammansprünge, wobei die Vereinbarung gilt, dass das Unterprogramm an die aufrufende Stelle zurückkehrt. Vom Ablauf her gesehen, sieht es dann so aus, als sei das Unterprogramm im Block enthalten.

Jeder Block kann in Unterblöcke zerlegt werden, wobei lediglich drei verschiedene Typen des Steuerungsflusses benötigt werden (Fig. 4):

- *Sequenz*: Ein Block kann in eine Folge von zwei Blöcken zerlegt werden
- *Auswahl*: Ein Block kann in zwei Blöcke zerlegt werden, von denen, abhängig von einer Bedingung, genau einer durchlaufen wird
- *Wiederholung*: Ein Block kann einen Block enthalten, der wiederholt durchlaufen wird, bis ein Endekriterium erreicht wird

Mit diesen drei Grundtypen von Strukturblöcken lassen sich sämtliche Aufgaben lösen.

Alle neu auftretenden Blöcke können nach einem dieser drei Strukturtypen weiter zerlegt werden. Das gesamte Programmsystem eines Rechners ist ein Block, dessen innere Struktur durch eine fortgesetzte Blockschachtelung gekennzeichnet ist. Die Programmmoduln sind Blöcke dieser Struktur.

23 Gliederung nach Aufgaben

Die Software des Systems A64S ist entsprechend den zu bewältigenden Aufgaben in verschiedene Gebiete, sogenannte Techniken, gegliedert:

- *Organisationstechnik*: Die Organisationstechnik bringt den Rechner nach dem Einschalten in einen betriebsbereiten Zustand. Zuerst wird eine Routineprüfung veranlasst, und anschliessend werden die flüchtigen Datenspeicher durch Nachladen von der Floppy-Disk oder durch eine Bearbeitung initialisiert. Im betriebsbereiten Zustand ermittelt die Organisation die Aufgaben für den Rechner und ruft entsprechende Funktionsblöcke der verschiedenen Techniken zur Erledigung der Aufgabe auf. Zur Organisationstechnik zählen auch die Busprogramme.

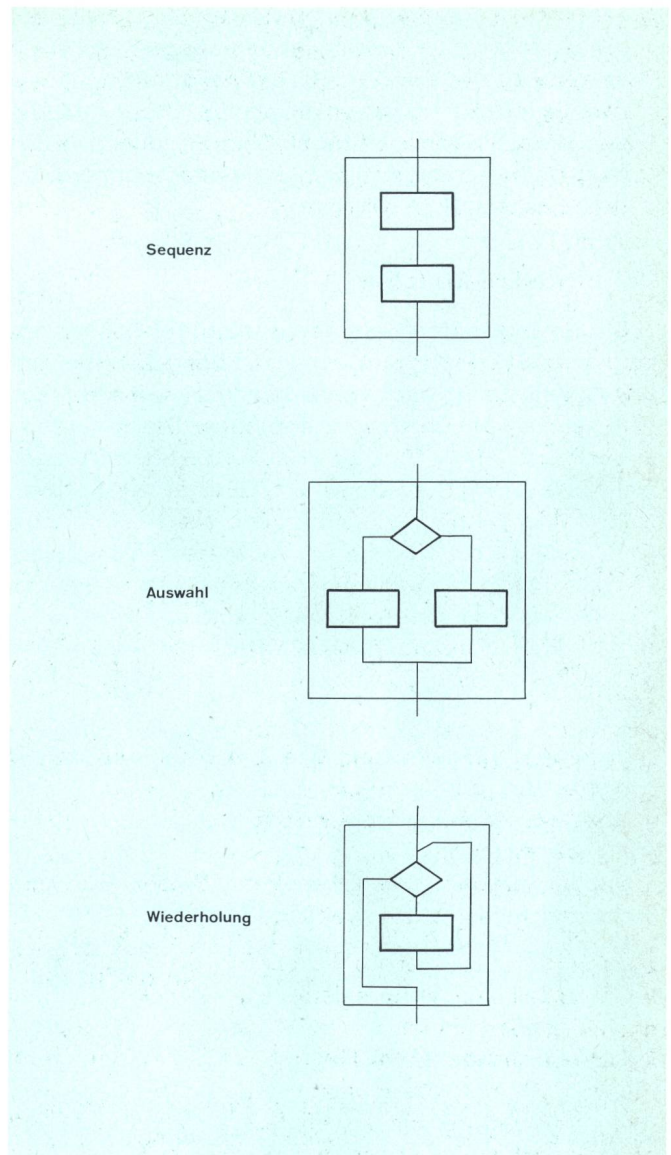


Fig. 4
Grundtypen von Strukturblöcken

- *Vermittlungstechnik*: Alle Aufgaben der Steuerung, die zum Auf- und Abbau von Verbindungen durch die Zentrale anfallen, werden durch die Vermittlungstechnik bearbeitet.
- *Prüftechnik*: Die automatische Prüfeinrichtung (APE) sendet bei der Erledigung ihrer Aufgaben Aufträge an die Steuerung, die diese mit der Prüftechnik ausführt.
- *Betriebstechnik*: Die einzelnen Rechner der Steuerung enthalten umfangreiche Listensysteme, die die Eigenschaften der angeschlossenen Peripherie und die Informationen für die Leitweglenkung enthalten. Diese Listen sind im Betrieb nicht starr, sondern müssen den laufenden Änderungen im Vermittlungsnetz mit Hilfe der Betriebstechnik angepasst werden können. Ein erster neutraler Teil der Betriebstechnik besorgt den Verkehr mit dem Bedienungsblattschreiber sowie mit den Floppy-Disk-Speichern und ermöglicht das Nachladen und Starten von Dienstprogrammen. Sie bilden den zweiten spezifischen Teil der Betriebstechnik und werden bei Bedarf von der Floppy-Disk in den Arbeitsspeicher geladen.
- *Sicherheitstechnik*: Die Sicherheitstechnik dient der Aufrechterhaltung des Betriebes. Ausgangspunkt für Aktivitäten der Sicherheitstechnik sind Fehlermeldun-

gen von der Routineprüfung, die der Sicherheitstechnik zugeordnet ist, sowie von den übrigen Techniken. Je nach Schwere und Häufigkeit der erkannten Fehler wird eine Rekonfiguration eingeleitet. Diese Änderungen können aber auch durch Eingriffe über das zentrale Überwachungstableau (ZUT) oder routinemässig durch Zeitanstösse erfolgen.

24 Software-Erstellung

Die Software-Erstellung beansprucht im Rahmen der gesamten Systementwicklung einen beträchtlichen Aufwandanteil. Es ist deshalb verständlich, wenn versucht wird, eine gute Effizienz zu erreichen. Die gleichzeitig angestrebte hohe Qualität des Produktes darf dabei nicht beeinträchtigt werden. Zur Qualität der Software zählt bei langlebigen Einrichtungen, wie Telefonzentralen sind, auch die Möglichkeit, sie später mit tragbarem Aufwand an neue Bedingungen anpassen zu können. Mit Vorschriften, die durch entsprechende Eigenschaften der Entwicklungshilfsmittel unterstützt werden, wird dieses Ziel erreicht. Zu solchen Entwicklungshilfsmitteln zählen:

- grafische Darstellungen, wie Zustands- und Ablaufdiagramme, Struktogramme
- Spezifikationen in verbaler Form
- Programmiersprache
- Supportsoftware, wie Übersetzer, Binder, Simulatoren und Bibliotheksverwaltung
- Hardware-Einrichtungen, wie das Entwicklungssystem SME 800 und Logikanalysatoren der Art des HP1611

241 Grafische Hilfsmittel

Grundlage jeder Entwicklung sind klar festgelegte Aufgaben. Neben der verbalen Form eignen sich dazu grafische Darstellungen, wie Zustands- und Ablaufdiagramme, die vor allem bei komplexen Zusammenhängen leichter überschaubar sind als Beschreibungen. Zur Erstellung der Software für die Anlage Zürich-Herdern wurden Struktogramme beigezogen, die bis zu einem beliebig feinen Einzelheitsgrad die Struktur der wirklichen Programme wiedergeben können. Vorteilhaft an den Struktogrammen, wie sie von *Nassi* und *Shneider-*

man [4] vorgeschlagen wurden, ist die Betonung der mit der strukturierten Programmierung erzeugten Blockbildung. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass unzulässige Strukturen praktisch nicht dargestellt werden können.

242 Programmiersprache

Alle Befehle werden in Assembler geschrieben, der mit Makroinstruktionen zur Strukturierung angereichert ist. Mit den Makroinstruktionen steht für die Bildung der Programmstruktur eine «Sprache» zur Verfügung, die sich mit den entsprechenden Elementen von höheren, blockorientierten Programmiersprachen, wie PASCAL oder CHILL, vergleichen lässt. Nur die linearen Verarbeitungsteile innerhalb der Blöcke werden mit den maschinenorientierten Assembleranweisungen geschrieben. Da der Zweck einer Folge von Maschinenbefehlen nur selten klar ersichtlich ist, werden die Anweisungen durch erklärende Kommentare ergänzt.

243 Supportsoftware

Dieser Begriff umfasst alle Programme, die nötig sind, um die kodierten, das heisst in der Programmiersprache geschriebenen Moduln in den Maschinencode für die einzelnen Rechner des Systems zu überführen. Die gesamte Bearbeitung und Aufbereitung geschieht auf einer kommerziellen Rechenanlage (Siemens 7.738) im Teilnehmerbetrieb. Der Zugriff zur Rechenanlage findet über Terminals statt, die hauptsächlich der Eingabe von Befehlen für die Bearbeitung dienen. Die Eingabe grösserer Datenmengen, wie die kodierten Programme, wird über Lochkarten direkt im Rechenzentrum vorgenommen. Für die weitere Verarbeitung stehen die Daten sodann im Speicher der Rechenanlage zur Verfügung.

Figur 5 zeigt schematisch die Programmaufbereitung. Der erste Verarbeitungsschritt, die Assemblierung, umfasst die Auflösung der Makroinstruktionen in entsprechende Assemblerbefehle und deren Umwandlung in den Maschinencode. Das so erzeugte Modul wird in der Modulbibliothek gespeichert, wobei die Moduln bezüglich ihrer Speicheradressen noch nicht endgültig sind.

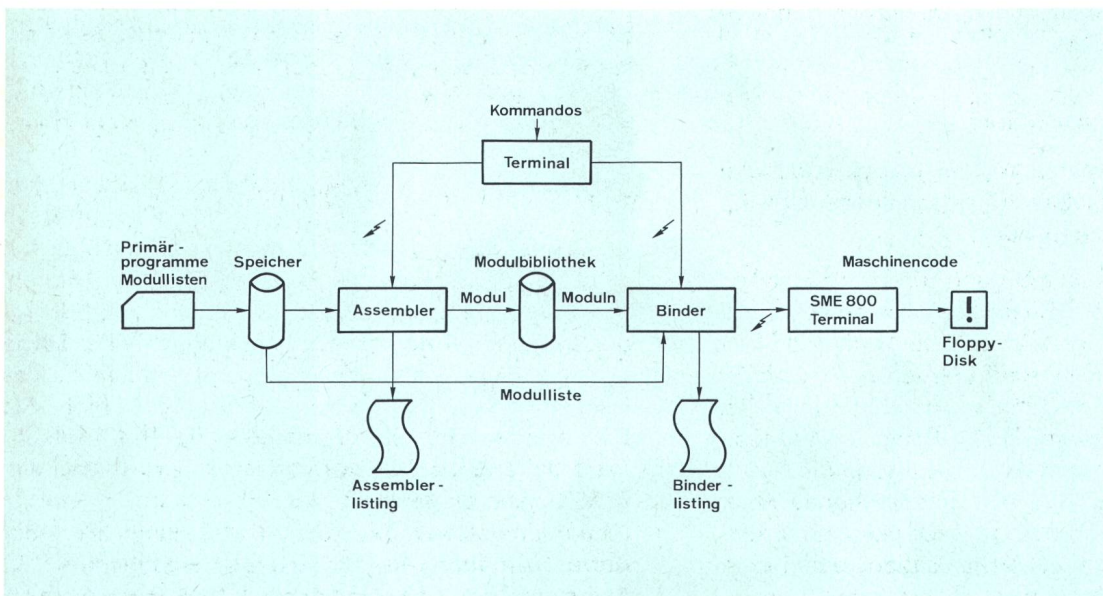


Fig. 5
Programmaufbereitung

Der Binder verknüpft in einem zweiten Schritt die Moduln zu einem ablauffähigen Programm. Dabei werden die relativen Adressen durch absolute ersetzt. Er erzeugt ein Protokoll, das neben dem Maschinencode auch die vollständige Primärinformation enthält. Das Protokoll, das beispielsweise für die gesamte Software einer Gruppensteuerung (GST) etwa 1300 Seiten aufweist, wird im Rechenzentrum auf einem Schnelldrucker oder direkt auf Mikrofiche ausgegeben. Der erzeugte Maschinencode wird zu einem Entwicklungssystem SME 800, das wie ein Terminal mit dem Rechenzentrum verbunden ist, übertragen und auf Floppy-Disk gespeichert.

Weitere Programmpakete im Rechenzentrum dienen der Verwaltung und der Sicherstellung der Bibliotheken, was im Blick auf den Umfang der gespeicherten Software von grösster Wichtigkeit ist. So umfasst die Software für die Rechner im zentralen Bereich (GST und ZST) über 600 Moduln mit etwa 150 000 Primärweisungen.

244 Testhilfsmittel

Das wichtigste Testhilfsmittel ist das SME 800, ein Mikrocomputer-Entwicklungssystem, das, mit Bildschirm, Tastatur, Floppy-Disk-Speicher, EPROM-Programmiergerät und Drucker ausgerüstet, die vollständige Entwicklung von Software gestatten würde. Da für A64S die Assemblierung und das Binden im Rechenzentrum auf einem Grossrechner geschehen, werden diese Funktionen auf dem SME 800 nur in Ausnahmefällen, wie zur Erstellung von Testhilfsprogrammen, benötigt. Einsatzschwerpunkt für das SME 800 ist der Test der im Rechenzentrum erstellten Programme und anschliessend das Programmieren der Festwertspeicher (EPROM). Der einfachste Test besteht in einer Simulation, bei der das Programm im SME 800 zum Ablauf gebracht wird, wobei verschiedene Möglichkeiten zur Verfolgung des Programmablaufs bestehen. Für Programme, die breite Schnittstellen zur Peripherie aufweisen, besteht die beste Prüfmöglichkeit darin, den Test in der natürlichen Umgebung durchzuführen. Damit die gleichen Verfolgungs- und Eingriffsmöglichkeiten wie bei der Simulation bestehen, wird im Rechner, in dem der Test durchgeführt werden soll, der Mikroprozessorbaustein durch das SME 800 ersetzt. Bei der Untersuchung können wahlweise die Speicher des zu prüfenden Rechners oder des SME 800 benützt werden. Je nach den gewählten Eingriffs- und Verfolgungsfunktionen läuft das Programm mehr oder weniger zeitgerecht ab.

In Fällen, die eine Zeitverfälschung der Programme nicht gestatten, wird ein Logikanalysator (HP1611) eingesetzt. Das Gerät erkennt die Speicherzugriffe und speichert Adresse und Daten. Die Aufzeichnung wird vom Zugriff auf bestimmte Adressen, vom Speicherinhalt und von weiteren Bedingungeingängen gesteuert. Das Auslesen der Aufzeichnungen geschieht über einen Bildschirm, wobei für Befehle zusätzlich die mnemotechnische Bezeichnung angegeben wird.

25 Programmablauf

Die Struktur der Systemsteuerung A64S ist so gewählt, dass für die Rechner im zentralen Bereich Aufga-

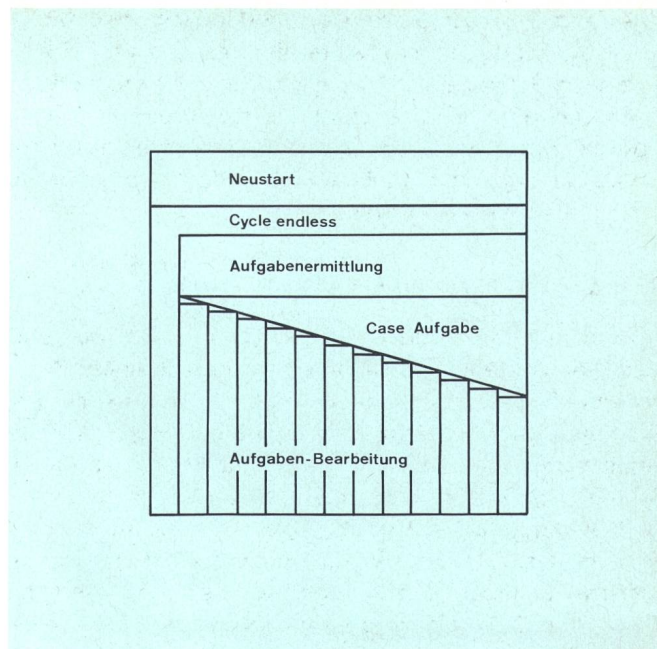


Fig. 6
Prinzipieller Programmablauf

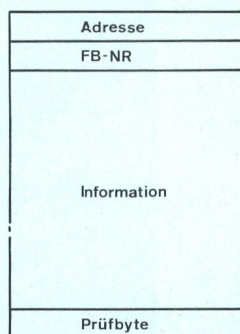
ben entstehen, die nach dem «Eines auf einmal»-Prinzip verarbeitet werden können. Das bedeutet, dass jede Aufgabe, deren Verarbeitung begonnen wurde, ohne Unterbruch zu Ende geführt und erst dann eine neue in Angriff genommen wird. Diese Arbeitsweise spiegelt sich, wie das Struktogramm in *Figur 6* zeigt, im Aufbau der Rechnerorganisation wider. Das Programmsystem eines Rechners wird beim Einschalten von der Hardware bei der Speicheradresse 0 gestartet. Im Block «Neustart» wird alles Nötige für den Normalbetrieb vorbereitet. Das Organisationsprogramm selbst besteht aus einer Endlosschleife, die nur im Fall eines Neustarts infolge schwerwiegender Fehler verlassen wird.

Die Anforderungen für die einzelnen Aufgaben, die von der Aufgabenermittlung abgefragt werden, können verschieden sein:

- *Interne Anforderung:* Bei der Abwicklung von Aufgaben können Fehler auftreten, deren weitere Behandlung Aufgabe der Sicherheitstechnik ist. Da ein direkter Anspruch ohne Verletzung der strukturierten Programmierung nicht zulässig ist, setzt das fehlererkennende Programm, bevor es sich normal beendet, eine Anforderung für ein entsprechendes sicherheitstechnisches Programm. In der Aufgabenermittlung werden diese internen Anforderungen mit Priorität behandelt.
- *Anforderung durch Telegramm:* Die häufigste Anforderungsart wird durch den Empfang eines Telegramms eingeleitet.
- *Anreiz aus der Peripherie:* Bei einzelnen Rechnern können Anforderungen aus der eigenen Rechnerperipherie auftreten. Die möglichen Anreize werden durch die Aufgabenermittlung abgefragt.

Sobald eine Anforderung erkannt ist, läuft die Aufgabenverarbeitung an. Sie besteht aus einem Block, der eine Mehrfachverzweigung (CASE) enthält. Gesteuert durch ein Entscheidungskriterium wird genau einer der inneren Blöcke durchlaufen, bevor zur Aufgabenermittlung zurückgekehrt wird. Jeder Aufgabe ist ein solcher

Fig. 7
Telegramm



innerer Block zu ihrer Verarbeitung zugeordnet. Das Entscheidungskriterium ist eine Funktionsblocknummer (FB-NR), die im Falle der Anforderung durch ein Telegramm direkt in diesem enthalten ist (Fig. 7).

26 Datenspeicher, Listensysteme

Die Datenspeicher sind flüchtige Speicher. Im spannungslosen Zustand verlieren sie ihre Information und müssen deshalb nach dem Einschalten neu versorgt werden. Dies geschieht auf zwei Arten: Beim Initialisieren werden die Informationen durch ein im eigenen Rechner ablaufendes Programm generiert. Beim Nachladen werden sie aus einem externen Speicher, der Back-up-Floppy-Disk, geholt.

Die Daten lassen sich in drei Kategorien aufteilen, die sich hinsichtlich ihrer Definition bei der Entwicklung und beim späteren Gebrauch unterscheiden:

- *Variable Daten*: Darunter versteht man solche, die beim normalen Ablauf der Programme ständig verändert werden. Für diese Daten wird bei der Entwicklung lediglich der Speicherplatz reserviert, aber kein Speicherinhalt definiert. Wenn nötig, werden Anfangswerte durch Initialisieren erzeugt. Zu dieser Kategorie gehören zum Beispiel Pufferlisten für Telegramme, Speicherplätze für Zwischenergebnisse, Zähler für Statistik usw.
- *Feste Daten*: Bei der Entwicklung wird der Speicherinhalt der festen Daten definiert, und er bleibt im Betrieb unverändert. Die festen Daten könnten aufgrund ihrer Eigenschaften im Festwertspeicher abgelegt sein, was jedoch aus Kapazitätsgründen nicht immer möglich ist. Sie werden deshalb bei der Inbetriebnahme des Rechners nachgeladen. Beispiele für feste Daten sind Umkodierungstabellen und Zuordnungslisten.
- *Halbfeste Daten*: Der Unterschied zu den festen Daten liegt darin, dass sie unter Aufruf entsprechender betriebstechnischer Programme geändert werden können. Es genügt aber nicht, nur die Information im Datenspeicher zu ändern. Anschliessend müssen auch die zugehörigen Back-up-Dateien auf der

Floppy-Disk nachgeführt werden. Zur Kategorie der halbfesten Daten gehören die Listensysteme zur Ziffernbewertung, Leitweglenkung und Bündelzugehörigkeit. Auf die Generierung dieser Daten und ihre Wartung wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

Die Listensysteme der Vermittlungstechnik sind sehr umfangreich und komplex, weil sie viele Adressverknüpfungen enthalten. Zudem sind sie häufigen Änderungen unterworfen. Die einzige Stelle, an der das Listensystem in wirklich aktuellem Zustand zu finden ist, ist die Zentrale. Hier muss deshalb auch die Datensicherung erfolgen. Zu diesem Zweck werden die Speicherabzüge nicht nur auf der jeder Zentralsteuerung zugeordneten Back-up-Floppy-Disk erstellt, sondern es werden zusätzliche Disketten mit der aktuellen Information beschrieben und als Reserve aufbewahrt.

Bei der Inbetriebnahme einer Zentrale wird ein Listensystem gefordert, das vom endgültigen Zustand abweicht und das laufend den Erfordernissen der Prüfung angepasst wird. Bei der Erstellung der Systemsoftware wird deshalb gar nicht erst der Versuch unternommen, ein Listensystem mit aktuellen Daten zu generieren. Vielmehr wird ein System geschaffen, das aus lauter Reserveplätzen besteht. Die aktuellen Daten werden dann nach Bedarf bei der Prüfung der Zentrale mit Hilfe der Betriebstechnik eingegeben.

3 Hardware

31 Systematik

Wie schon bei den früheren Anlagen wird auch bei der Steuerung A64S ein Baugruppen-Baukastensystem verwendet. Dabei wurde besonders angestrebt, die Zahl komplexer Baugruppentypen möglichst klein zu halten und die gleichen Moduln an möglichst vielen Stellen einzusetzen, während bei den einfachen Schaltungen eine gewisse Typenvielfalt in Kauf genommen wurde, wenn damit Aufwand und Übersichtlichkeit optimiert werden konnten. So wird zum Beispiel im ganzen System die gleiche Rechnerbaugruppe eingesetzt, während im Bereich der Steuerung allein sechs verschiedene Relaisbaugruppen zur Anwendung kommen. Der Einsatz gleicher Einheiten erfordert in den meisten Fällen einen gewissen Mehraufwand an billiger Hardware, was aber durch folgende Vorteile mehr als aufgewogen wird:

- es müssen weniger Typen mit entsprechend hohem Entwicklungsaufwand zur Fertigungsreife gebracht und dokumentiert werden
- die Fabrikationslose werden grösser
- der Aufwand zur Ausbildung von Prüffeld- und Unterhaltspersonal wird niedriger
- weniger Typen, die dafür in grösseren Stückzahlen vorkommen, ergeben beim Ersatzmaterial eine bessere Verfügbarkeit und damit eine höhere Systemzuverlässigkeit
- die mögliche Modularisierung gestattet, den Entwicklungsaufwand und den Umfang der Routineprüfprogramme erheblich zu verringern

Wo immer möglich wurde die Vereinheitlichung auch auf die Stufe «Baugruppenrahmen» ausgedehnt.

32 Hardware-Struktur und Aufbau

Alle im System eingesetzten Rechner (mit Ausnahme von APE und RATA) weisen dieselbe Struktur auf, die grob durch drei Blöcke, nämlich Rechnerkern, Interface und Peripherie, dargestellt werden kann.

Der *Rechnerkern* hat bei allen Steuerungen dieselbe Struktur und ist auch mit denselben Baugruppentypen aufgebaut, für deren Verwirklichung der Mikrocomputer SAB 8080 verwendet wurde. Die von der Rechnerbaugruppe ausgehenden Adress-, Daten- und Steuerleitungen werden auf der Entkopplungsbaugruppe verstärkt und bilden danach den Rechnerbus. Die Speichererweiterungen für maximal 48-kByte-EPROM- und 192-kByte-RAM-Speicher sind am Rechnerbus angeschlossen (beim Multiregister sind es nur 6 kByte RAM, da keine umfangreichen Listensysteme vorhanden sind).

Das *Interface* enthält die Schnittstellen der Rechnerkerne zur «Umwelt», wobei drei Typen unterschieden werden können:

- das Interface zur Verbindung von Rechnern untereinander, die über das in [2] beschriebene Bussystem M801 geschieht
- der Anschluss von peripheren Geräten (Bedienungsblattschreiber, Floppy-Disk-Speicher) geschieht mit Schnittstellenbaugruppen am Rechnerbus
- die Schnittstelle zur vermittlungstechnischen Peripherie, die aus physikalischen Gründen die Zwischenschaltung eines weiteren Bussystems erfordert. Die unterschiedlichen Strukturen der Peripherie führten an dieser Stelle zu verschiedenen Lösungen für Multiregister und übrige Rechner (Multiregisterbus beziehungsweise Ein-/Ausgabe-Bus)

Rechnerkern und Interface sind in den Rechnerrahmen (Fig. 8) eingebaut. Für Multiregister und übrige Rechner werden zwei verschiedene Typen eingesetzt. Der Rechner für die Multiregister weist zwei Systembusanschlüsse auf und kann bis 16 Registersätze bedienen. Der Steuerrechnerrahmen hat maximal drei Systembusanschlüsse, und die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle kann bis fünf Empfänger mit 256 Ein-/Ausgabe-Adressen steuern. Am Betriebssystemrechner können zwei Bedienungsblattschreiber und zwei Floppy-Disk-Laufwerke angeschlossen werden. Die Anpassung der Rechner an die verschiedenen Einsatzfälle geschieht durch entsprechende Bestückung, einige wenige Rangierungen (Adressierung), in erster Linie aber durch die unterschiedliche Software.

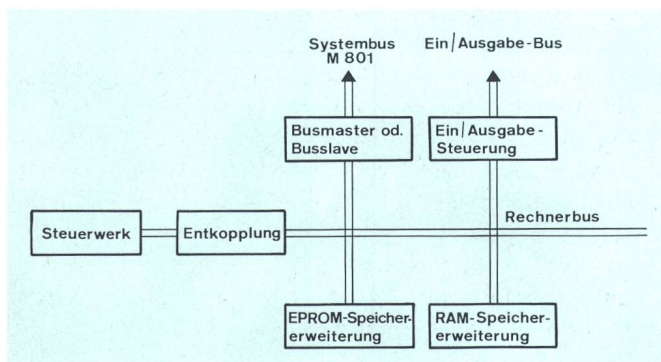


Fig. 8
Struktur eines Rechnerrahmens

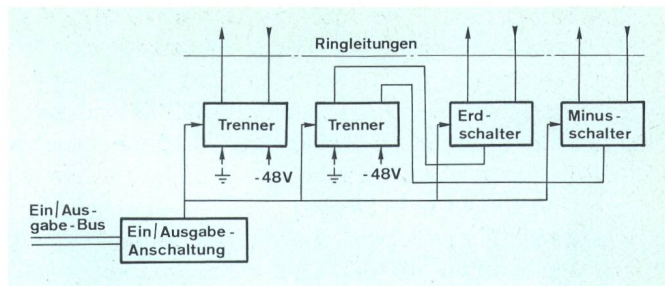


Fig. 9
Struktur eines Ein-/Ausgabe-Rahmens

Auch bei der *Peripherie* muss zwischen den Multiregistern und den übrigen Rechnern unterschieden werden, beispielsweise weil im Multiregister, im Gegensatz zu den übrigen Rechnern, analoge Ein- und Ausgangssignale verarbeitet werden müssen. Auf die Peripherie der Multiregister, die in [3] beschrieben ist, wird hier nicht näher eingetreten.

Die vermittlungstechnische Peripherie der Markierrechner und Gruppensteuerungen besteht aus den Ringleitungssystemen zu den Leitungssätzen, den Steuerleitungen der Markieranschalterahmen und den Anschaltedern für Übertrager, Register und Koppler. Die Übertragung geschieht digital mit -48V- und Erdsignalen. Die dazu nötigen Schalter- und Trennerbaugruppen sind in den Ein-/Ausgabe-Rahmen eingebaut. Rechnerseitig weisen diese einen Ein-/Ausgabe-Busanschluss auf (Fig. 9). Bei Bedarf sind Relaisbaugruppen zum Kurzschließen von Ringleitungen eingebaut.

Zum *Aufbau* der Steuerung sind neben den erwähnten Rechner- und Ein-/Ausgabe-Rahmen noch verschiedene Relaisrahmen zur Anschaltung der Peripherie an die Rechner und zur Umschaltung von Systembussen und Ringleitungssystemen sowie Signalbaugruppen- und Sicherungsrahmen eingesetzt. Die Rahmen sind so in den neun verschiedenen Gestellen der Steuerung angeordnet, dass sich eine optimale Verkabelung ergibt. Die Verdrahtung zwischen den Rahmen wird mit Steckkabeln verwirklicht, die wie Baugruppen in die Rahmen gesteckt werden. Um die Erwärmung der Elektronikbauteile möglichst klein zu halten, sind in den Gestellen zwischen die einzelnen Rahmen Luftleitbleche eingebaut.

33 Überwachung

Zur Gewährleistung eines zuverlässigen Betriebs sowie zur frühzeitigen und eindeutigen Erkennung und Eingrenzung von Fehlern wurden verschiedene Hardware-Massnahmen getroffen, die zusammen mit einer umfangreichen Prüf-Software die notwendigen Überwachungen gestatten:

- *Spannungsüberwachung*: Alle in den Elektronik-Baugruppenrahmen dezentral erzeugten Spannungen sind überwacht
- *Gesamtzeitüberwachung*: Ein Zeitregister (Laufzeit 11 s) mit eigener Taktversorgung wird im Normalbetrieb am Ablauf gehindert, indem es an bestimmten Stellen des Programmablaufs durch Befehl rückgesetzt wird. Unterbleibt das Rücksetzen infolge einer endlosen Programmschleife oder eines Rechnerdefekts, so wird ein Alarm ausgelöst

- *Busüberwachung:* Die M801-Systembusse enthalten eine Überwachungsader zur Kontinuitätskontrolle. Die Datenübertragung ist paritätsgesichert
- *Speicher:* Die Programmspeicher (EPROM) sind durch Längssummenprüfung überwacht. Die Datenspeicher (RAM) sind mit Datenparität versehen und enthalten eine Hardware-Überwachung
- *Periphere Schaltungen:* Eine Überstromerkennung und -abschaltung auf den Trennerbaugruppen gestattet, die Ausgänge der Rechner gegen Überlastung zu schützen. Zur Kontrolle der Ringleitungssysteme sind alle Ausgänge mit Eingangsschaltungen und alle Eingänge mit Schaltern versehen, wobei Eingang und Ausgang aus Gründen der Fehlerlokalisierung auf derselben Baugruppe aufgebaut sind

34 Fehlerbehandlung

Ausgelöste Sicherungen, ausgefallene Speisespannungen und Ansprechen der Gesamtzeitüberwachung führen direkt zum Ausfall und damit zur Ersatzschaltung des Rechners. Die übrigen Fehlermeldungen werden von der sicherheitstechnischen Software ausgewertet, die dann allfällig notwendige Ersatzschaltmassnahmen

trifft. Bei funktionsfähigem System werden Fehlermeldungen über den Blattschreiber des Betriebssystemrechners ausgegeben. In Fällen, in denen ein Rechner keinen Zugriff zum Blattschreiber mehr hat, werden fehlerspezifische Programmschleifen durchlaufen. Diese bewirken die Anzeige eines Fehlerkodes an dem auf das Steuerwerk aufsteckbaren Bediengerät.

Adresse der Autoren: c/o Siemens-Albis AG, Albisriederstr. 245, 8047 Zürich

Bibliographie

- [1] *Schärer P.* Das Albis-Fernwahlsystem A64S. Zürich, Siemens-Albis-Berichte 31 (1979) Heft 3, S. 103...108.
- [2] *Matzinger H.* Das Bussystem M 801. Zürich, Siemens-Albis-Berichte 31 (1979) Heft 3, S. 115...120.
- [3] *Keller P. und Hüssy H.* Elektronisches Multiregister A64S. Zürich, Siemens-Albis-Berichte 32 (1980), Heft 2.
- [4] *Nassi I. and Shneiderman B.* Flowchart techniques for structured programming. ACM SIGPLAN Notices 8 (1973), p. 12...26.

Die nächste Nummer bringt unter anderem

Vous pourrez lire dans le prochain numéro

12/80

Die nächste Ausgabe der «Technischen Mitteilungen PTT» ist den fernmeldetechnischen und gewissen Sicherheitsanlagen im Gotthard-Strassentunnel gewidmet.

La prochaine édition du «Bulletin technique PTT» sera consacrée aux installations de télécommunications et à certains dispositifs de sécurité dans le tunnel routier du St-Gothard.
