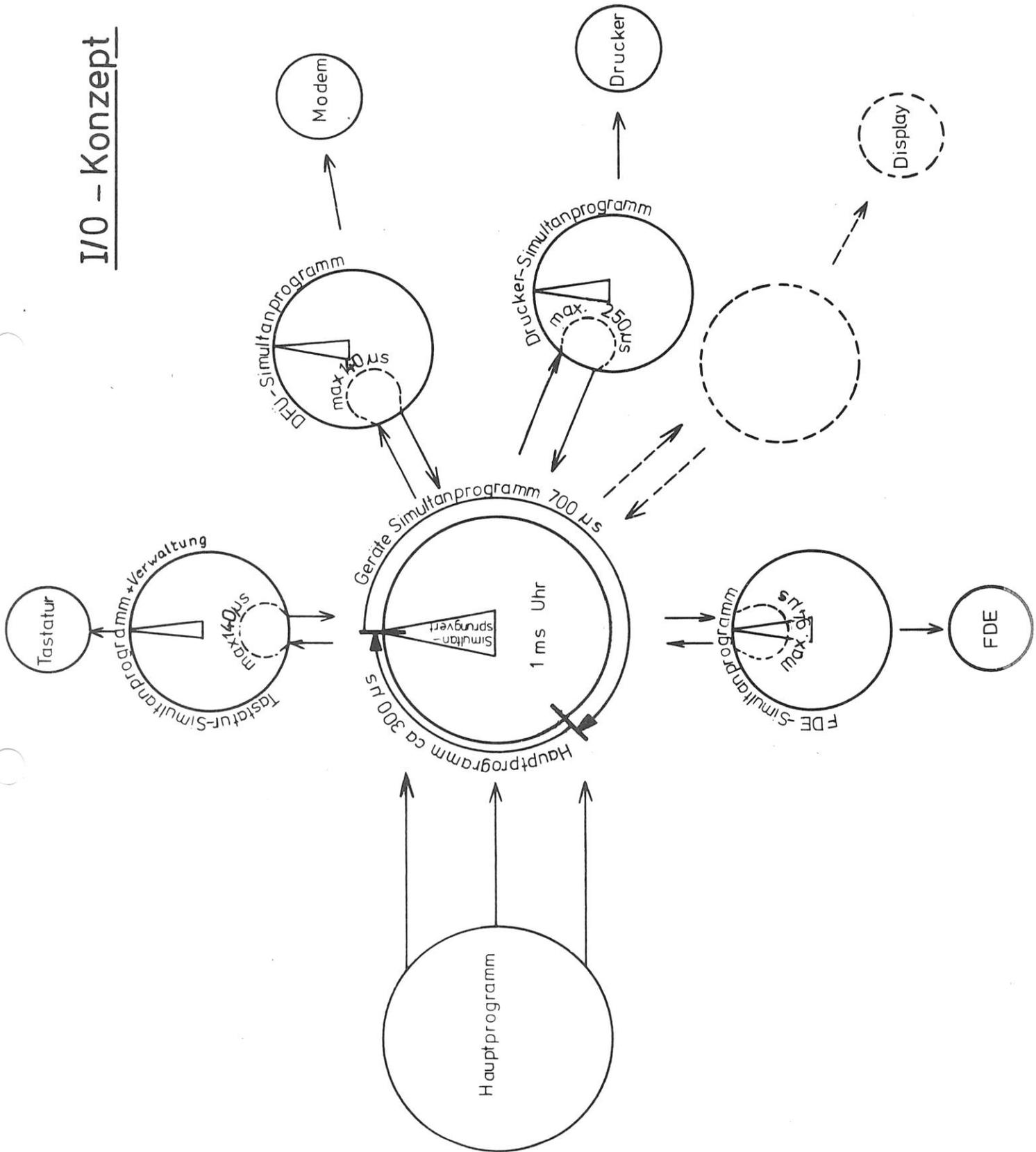
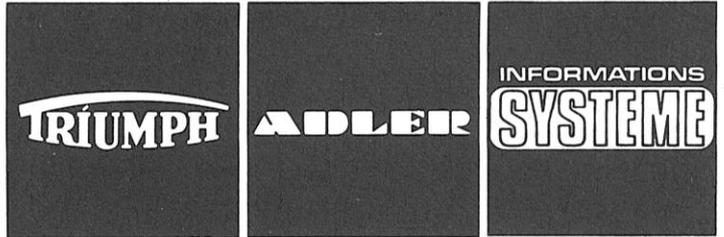


I/O - Konzept



Unterbrechungsprogramm



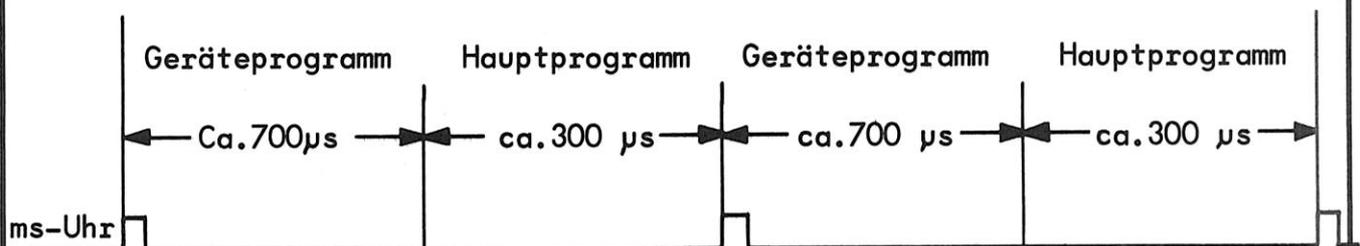
Das E/A-Konzept wird von folgenden Gedanken bestimmt:

Ansteuerung und Timing der Peripheriegeräte sollen weitgehend vom Mikroprogramm ausgehen (wenig Peripherie-Hardware). Die einzelnen Geräte sollen zueinander und zum Anwender-Programm simultan betrieben werden. Diese Simultanarbeit soll möglichst wenig Rechnerzeit benötigen. Diese Gedanken ergaben folgendes Unterbrechungskonzept.

Die Millisekunden - Uhr

Der Processor besitzt einen Taktgeber, der alle Millisekunden einen Impuls erzeugt. Zwangsweise werden innerhalb dieser ms alle Geräte bedient, sowie die Fortsetzung des laufenden Programmes sichergestellt.

Die maximale Zeiteinteilung liegt wie folgt fest:



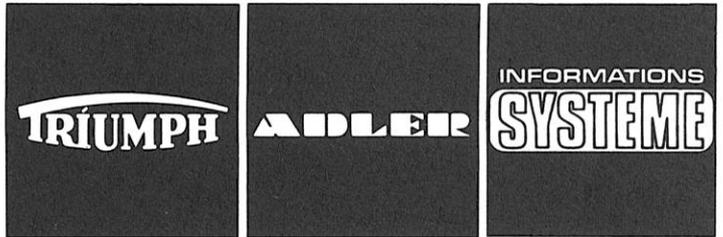
I/O-Kon

- 2 -



Deutsche Bundesbahn
Datenstation

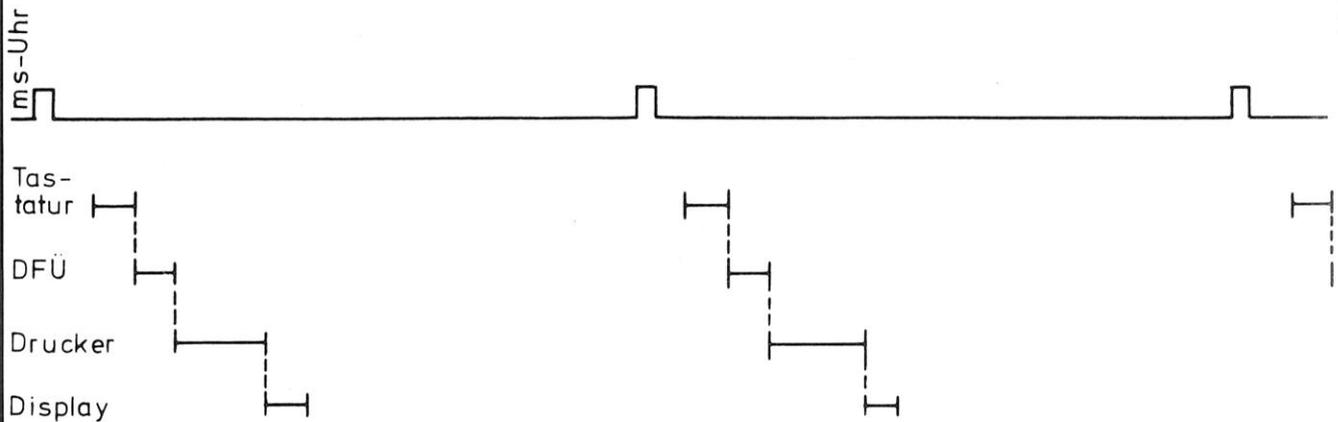
I
TA1069
S

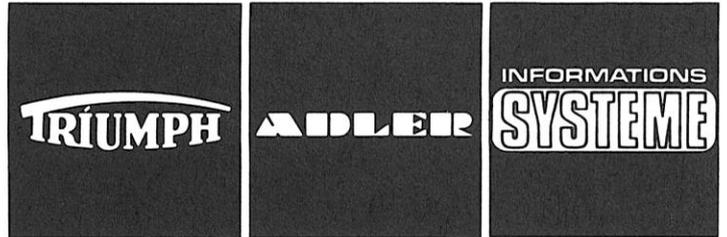


Im Geräteprogramm liegen für die einzelnen Geräte nachstehende Bedienungszeiten fest:

Systemgrundzeit (Verw. + Tastatur)	max. ca. 140 μ s
Drucker	max. ca. 250 μ s
Display	max. ca. 130 μ s
DFÜ	max. ca. 140 μ s (40 + 100)
FDE	max. ca. 94 μ s

Innerhalb der ms werden nach den angegebenen Zeiten nun sequentiell alle angeschlossenen Geräte bedient und folgender Ablauf wäre denkbar:





Für den Betrachter hat es den Anschein, als wenn alle Geräte parallel betrieben würden, in Wirklichkeit werden aber die einzelnen peripheren Geräte seriell alle ms angeschlossen. Die Steuerung des Datenverkehrs zu übernehmen, ist Aufgabe des Mikroprogramms.

Uhr - Unterbrechung

Noch bevor jedoch das Geräteprogramm anläuft, wird die Programmausführung unterbrochen. Der laufende Mikrobefehl wird aber noch abgearbeitet. Anschließend wird nach Adresse 12 auf die Uhrunterbrechungsroutine verzweigt. Hier wird der aktuelle Akkustand, sowie die Rücksprungadresse für das unterbrochene Hauptprogramm abgespeichert.

Dieser Vorgang läuft zunächst unter Generalsperre ab, d.h. es kann in diesem Bereich der Datensicherung keine weitere Unterbrechung stattfinden. Nach diesem Vorgang wird die Uhrsperre gesetzt. Diese bleibt während der gesamten Simultanarbeit gesetzt und verhindert fehlerhafte Uhrunterbrechung. Die Uhrunterbrechungsroutine endet mit der Verzweigung zum Simultansprungverteiler.

Dieser Simultansprungverteiler verweist auf das Gerätesimultanprogramm eines jeden Gerätes. Nach der Gerätebedienungszeit (Tastatur 55 μ s usw.), wird jeweils auf das nächste Gerät umgeschaltet, das vom Simultansprungverteiler in nachstehender Reihenfolge, je nach Aufforderung, angeschlossen wird.

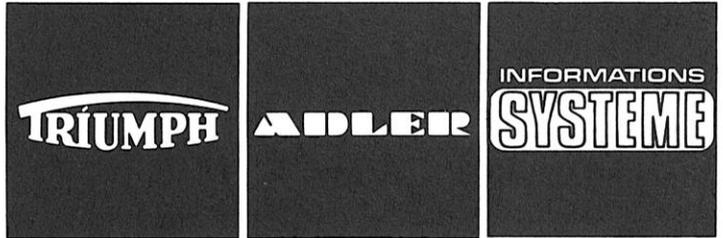
I/O-Kon

- 4 -



Deutsche Bundesbahn
Datenstation

I
T11069
S



- XTAS - Tastatur
- XDFU - DFÜ
- XPT1 - Drucker 7, 3, 5
- XPT2 - frei (Zusatzdrucker)
- XDIS - Display
- XMKK - PSS (Magnetbandeinrichtung, Alphapuffer)
- XKLSL - frei (Lochkarteneingabe)
- MKSSS - frei (Streifenstanzer)
- XMB1 - frei (1/8" Magnetband)
- XMB2 - frei (Halbzollmagnetband)
- X1ZG - Floppy-Disk
- X2ZG - frei (E/A-Gerät)

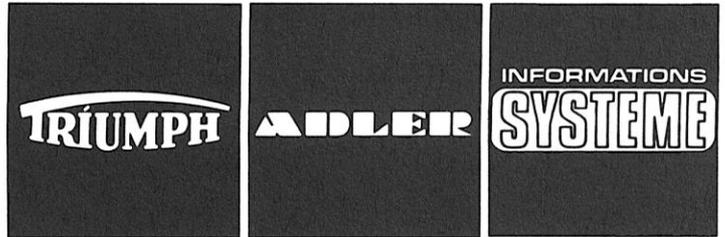
I/O-Kon

- 5 -



Deutsche Bundesbahn
Datenstation

I
TA1069
S



Nach Abschluß der Simultanarbeit, muß in das unterbrochene Hauptprogramm zurückgesprungen werden.

E/A - Unterbrechung (I/O-Interrupt)

Es gibt Geräte, deren Datenverkehr öfter als alle ms stattfindet (Drucker 7, sehr schnelle DFÜ). Ob ein Gerät mit I/O-Interrupt arbeitet oder nicht, wird in der Gerätezeitzeile mit bit 1 entschieden.

bit 1 = 0 keine E/A - Unterbrechung

bit 1 = 1 E/A - Unterbrechung wird benötigt

Beim I/O-Interrupt müssen sich die Geräte selbst anmelden. Nach der Anmeldung kann es noch max. 50 µs dauern, bis der Rechner zum Interrupt veranlaßt wird. Der I/O-Interrupt kann sowohl das Hauptprogramm, als auch das Simultanprogramm unterbrechen. Der I/O-Interrupt wird nur durch die gesetzte Generalsperre, bei eben erfolgter Uhrunterbrechung, verzögert.

Anschließend wird nach Adresse 8 auf die I/O-Unterbrechungsroutine verzweigt, der aktuelle Akkustand wird hardwaremäßig nach XØ gerettet. Die Rücksprungadresse wird mikromäßig in XIO gerettet. Anschließend wird zu der in XPP stehenden Adresse verzweigt.

I/O-Kon

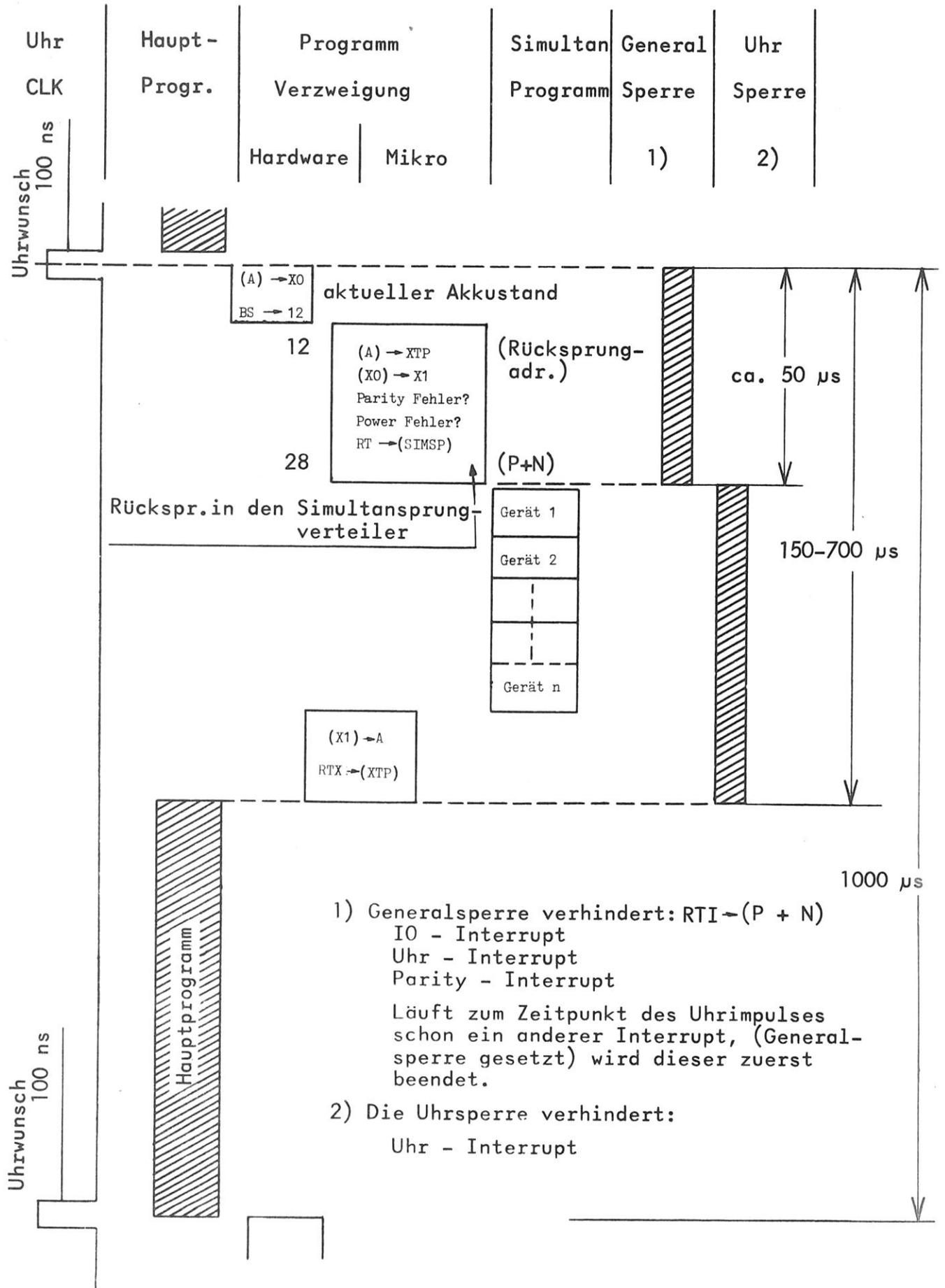
- 6 -



Deutsche Bundesbahn
Datenstation

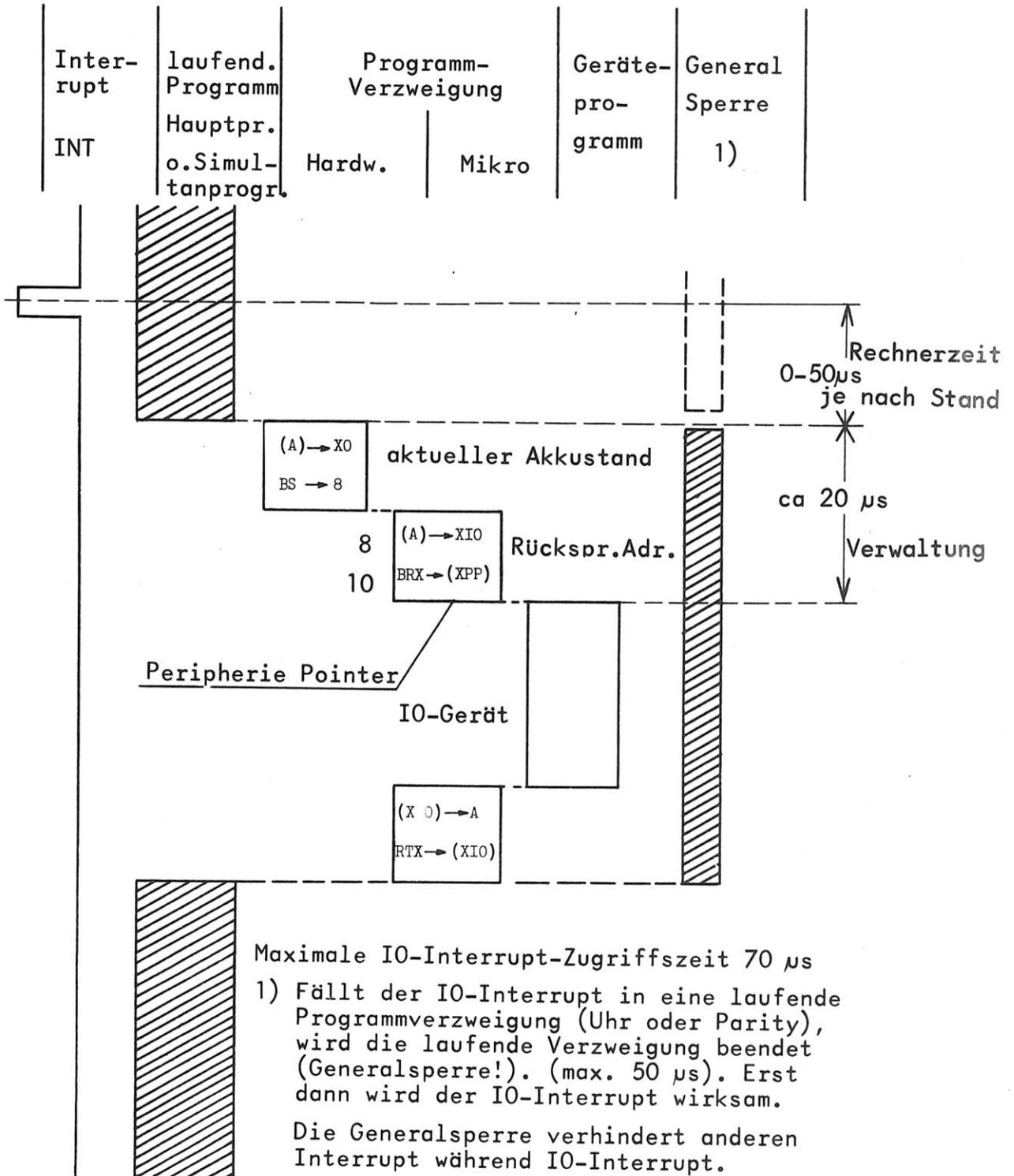
I
TA1069
S

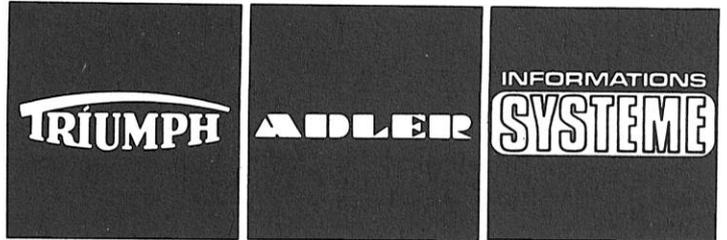
Uhr - Interrupt



- 1) Generalsperre verhindert: RTI → (P + N)
 IO - Interrupt
 Uhr - Interrupt
 Parity - Interrupt
 Läuft zum Zeitpunkt des Uhrimpulses schon ein anderer Interrupt, (Generalsperre gesetzt) wird dieser zuerst beendet.
- 2) Die Uhrsperre verhindert:
 Uhr - Interrupt

IO - Interrupt

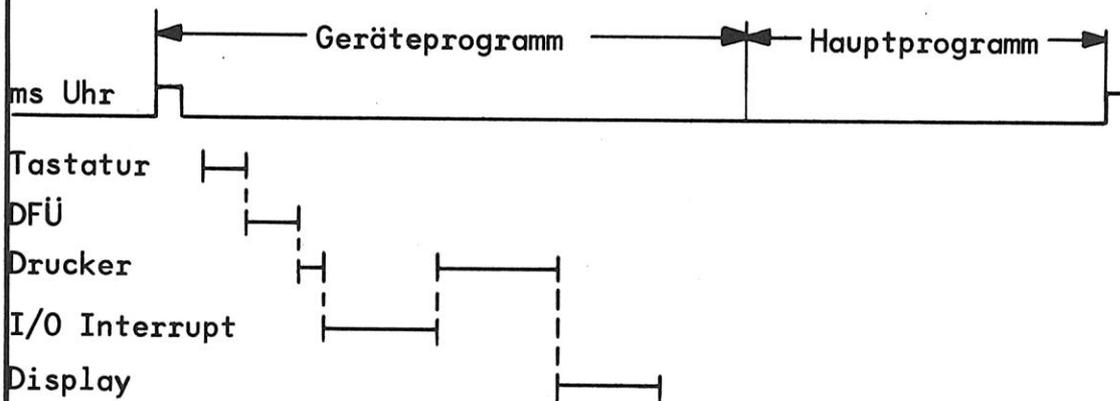


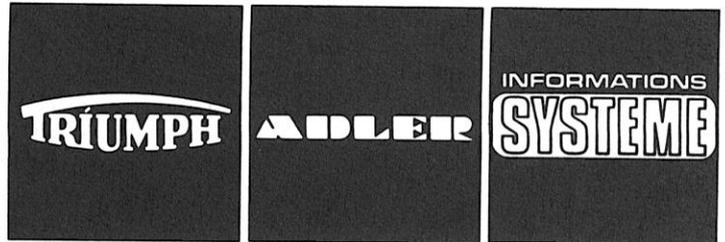


Die Rettungsroutine für den I/O-Interrupt dauert ca. 20 μ s, so daß sich eine maximale I/O-Interrupt-Zugriffszeit von 70 μ s ergibt. Anschließend wird zum Geräteprogramm verzweigt.

I/O-Unterbrechungsdurchlaufzeiten müssen in der Simultanzeit berücksichtigt werden. Die Steuerung des Datenverkehrs erfolgt per Mikro.

Beispiel für den I/O - Interrupt





DMA - Unterbrechung (Direct Memory Access)

Die schnellsten Übertragungen erfolgen über Direktzugriff zum Kernspeicher. Daten bzw. Steuersignale werden vom Peripherie-Gerät unmittelbar aus einem Verständigungsfeld im Speicher geholt oder in diesen abgelegt. Der DMA ist in der Lage, selbst bei gesetzter Generalsperre innerhalb von ca. $2 \mu\text{s}$ den Interrupt zu veranlassen. Dies geschieht dadurch, daß der Rechner nach Ablauf eines Rechnerzyklusses angehalten wird (1 Rechnerzyklus dauert ca. $2 \mu\text{s}$).

Die Steuerung des Datenverkehrs kann nicht per Mikro erfolgen, da dieses zu langsam wäre (1 Mikrobefehl dauert etwa $5 \mu\text{s}$), sondern die Hardware übernimmt in diesem Falle die Datenverkehrssteuerung.

Netzausfallunterbrechung (auf derselben Leitung wie Uhrunterbrechung)

Das Netzteil gewährleistet, daß nach einer möglichen Netzausfallerkennung noch eine ausreichende Spannungsversorgung für mehr als 1-ms sichergestellt ist. Auf diese Weise ist eine Sonderunterbrechung nicht notwendig. Die Prüfung auf Netzausfall übernimmt die Uhrunterbrechung. Diese verzweigt gegebenenfalls auf den Befehl "Rechner-Löschen".

Dieser Befehl bewirkt unter anderem eine Löschung aller Ausgabezeilen. Somit werden alle Geräte definiert abgeschaltet und laufen mechanisch aus. Es ist bei dem Aufbau weiterer Peripherie darauf zu achten, daß die gelöschten Ausgaben für das Gerät die Grundstellung bedeuten.

Läuft der Rechner wieder an, wird über die Simultananzeiger der Unterbrechungszeitpunkt abgefragt. Für jedes Gerät wird dieser Zeiger auf einen Neustartpunkt gesetzt, damit die Simultanarbeit mit einem neuen Gesamtarbeitszyklus fortgesetzt werden kann.

I/O-Kon

- 10 -

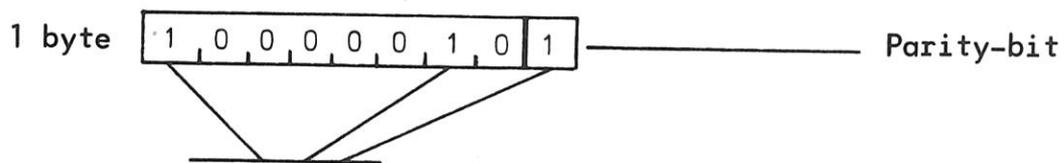


Deutsche Bundesbahn
Datenstation

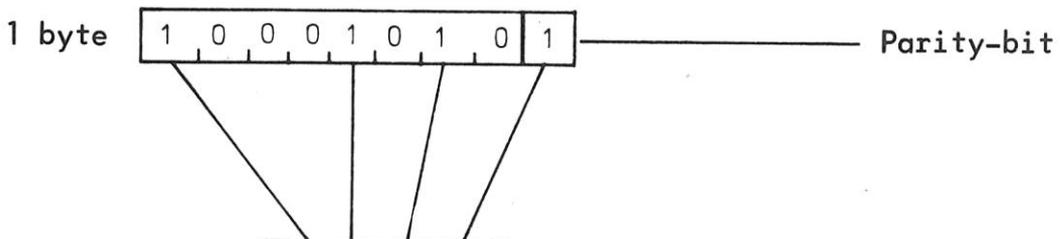
1
T11069
S

Paritätsunterbrechung (auf derselben Leitung wie Uhrunterbrechung)

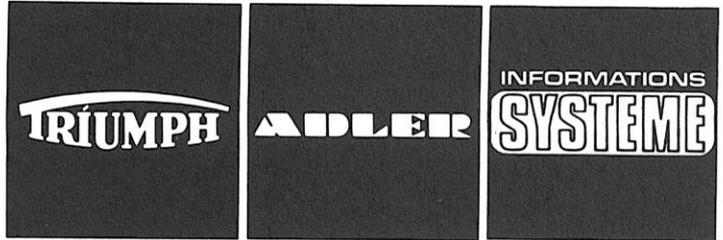
Bei Paritätskontrolle findet die Parity-Prüfung jeweils byteweise statt.



Das Parity-bit hat auf ungerade Parität ergänzt (kein Fehler, wenn auf ungerade Parität geprüft wurde).



Das Parity-bit hat auf gerade Parität ergänzt (Fehler, wenn auf ungerade Parität geprüft wurde).



Geräte - Moduln

Um die Ausbau- und Austauschfähigkeit der Geräte zu gewährleisten, sind die zugehörigen Mikroprogramme in Geräte Moduln untergebracht. Diese haben unterschiedliche Länge und belegen mindestens einen, normalerweise mehrere MOS-Bausteine. Für sämtliche Geräteprogramme, einschließlich Standardmikro, sind 32 K byte vorgesehen.

Die Gerätemoduln werden entfernt, wenn die Geräte nicht angeschlossen sind. Um einen sicheren Programmablauf zu erreichen, ist eine bestimmte Anordnung eingeführt (siehe "Modularer Aufbau der Peripherieprogramme").

Gerätesuchverfahren

Jedes Peripheriegerät hat eine feste Gerätenummer, die im Gerätemodulkopf gespeichert ist. Die Nummer dieses Gerätes dient dem Mikroprogramm als Zuordnungsparameter. Beim Aufruf eines Gerätes, durch einen Anwenderbefehl, prüft ein allgemeines Geräteprogramm zunächst den Anschluß des Gerätes, d.h. das Vorhandensein des Gerätemodulkopfes.

Ein spezielles Geräte wird beginnend vom Tastaturmodulkopf aus gesucht. Dies geschieht dadurch, daß die Programmlänge zur entsprechenden Modulkopf-Anfangsadresse hinzuaddiert wird. Jedoch wird immer modulo 256 gesprungen, da die Modulköpfe jeweils am Anfang eines 1/4 K's liegen.

Ist ein Gerät in der aufsteigenden Reihenfolge nicht vorhanden, so liegt anstelle des Gerätemodulkopfes eine 0. In diesem Falle wird die nächste Gerätenummer modulo 256 gesucht. Haben wir jedoch das Gerät gefunden, wird die rufende mit der laufenden Priorität verglichen.

Besteht Ungleichheit, wird der aktive Prozeß blockiert.

Bei Gleichheit wird der Prozeß aktiviert.

I/O-Kon

- 12 -



Deutsche Bundesbahn
Datenstation

1
T41069
S



Besonderheit: Endet ein Geräteprogramm innerhalb eines Speichermoduls und der Rest dieses Moduls enthält Programmteile vom nachfolgenden Gerät, darf dieser MOS-Baustein nicht entfernt werden.

In der 1. Zelle dieses Speichermoduls wird eine Pseudonummer (MIN-Zelle-Inhalt 15.15.15.15) eingetragen. Dann verweist die Programmrestlänge zum nächsten Gerätemodulkopf.

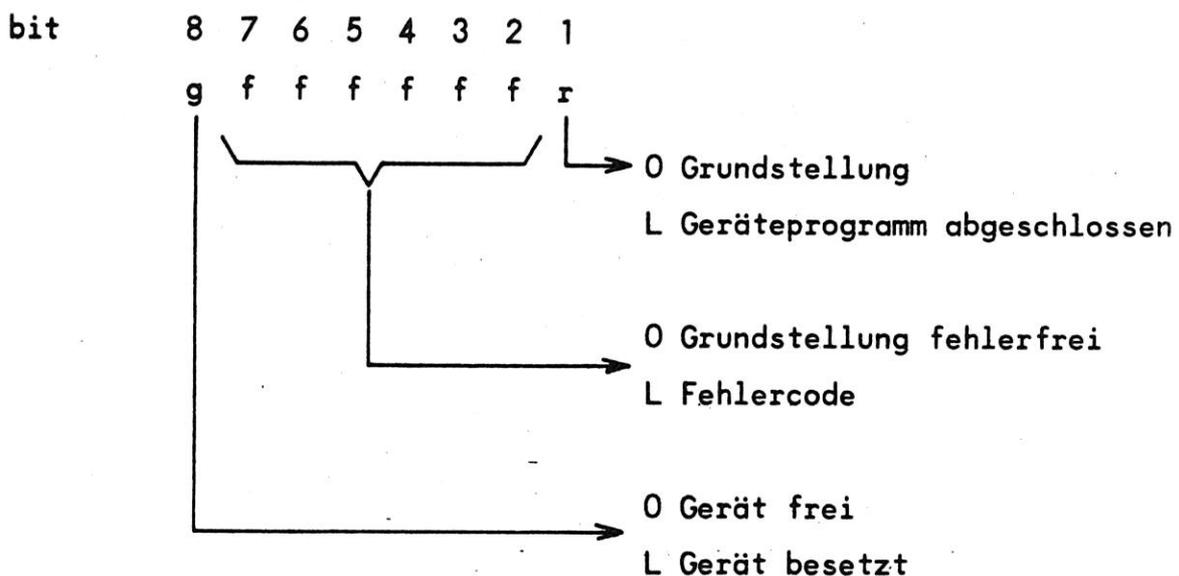
Fehlermöglichkeit

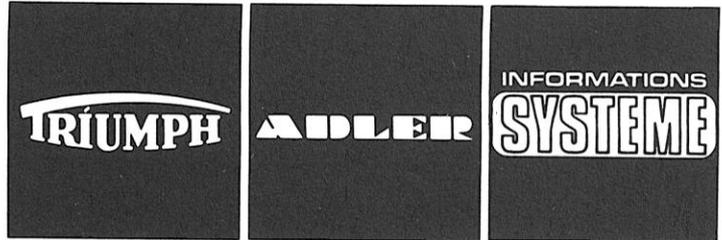
Sollte die vom Anwenderbefehl aufgerufene Gerätenummer innerhalb der 32 K byte nicht gefunden werden, so erfolgt Verzweigung nach Internfehler "2".

Geräte - Scratchpad

Jedem Gerät steht ein eigener Lebensspeicherbereich in der Scratchpad-Page zur Verfügung. Diese Bereiche dienen als Puffer und Parameterspeicher für die Simultanprogramme.

Jeder Geräte-Scratchpad beginnt mit dem Statusbyte. Es zeigt immer den aktuellen Gerätezustand an und hat folgenden Aufbau:





Der Fehlercode wird beim nachfolgenden WAIT ins Fehlerbyte umgespeichert. Im Statusbyte wird der Fehlercode um 1 Bit nach rechts geschiftet und bleibt bis zum nächsten I/O-Befehl der gleichen Gerätenummer erhalten.

Grund: Für die Erkennung des aktuellen Gerätestatus für Regionalrechner, Zusatzsoftware.

Die folgende Standarddisierung der Fehlercodes wurde eingeführt:

Fehlercode f =

- 1 EOY (End of Volume) z.B. EOT, BOT, keine Karte im Schacht
- 2 Schreibfehler
- 3 Schreibfehler
- 4 Lesefehler
- 5 Lesefehler
- 6 M-Feld kleiner als eingelesener Datenblock
- 7 Mechanischer Fehler, von Bedienung korrigierbar, z.B. Zufuhrfehler
- 8 Mechanischer Fehler, von Bedienung nicht korrigierbar
- 9 Gerät nicht betriebsbereit
- 10 Ablagefehler

Reichen die definierten Fehlercodes im Einzelfall nicht aus, so können höhere gerätespezifische Codes vereinbart werden. Das zweite Byte der Geräte-Scratchpads ist das Fehlerbyte. Hier wird der zuletzt erkannte Gerätefehler für den Service abgespeichert.

Mit Hilfe des Testtableaus und mit Diagnosticprogrammen hat der Service Zugriff zu dem Fehlerbyte.

Ein Gerätefehler bleibt auch im Statusbyte, bis zum erneuten Befehlsaufruf erhalten.

Für Zusatzsoftware notwendig.

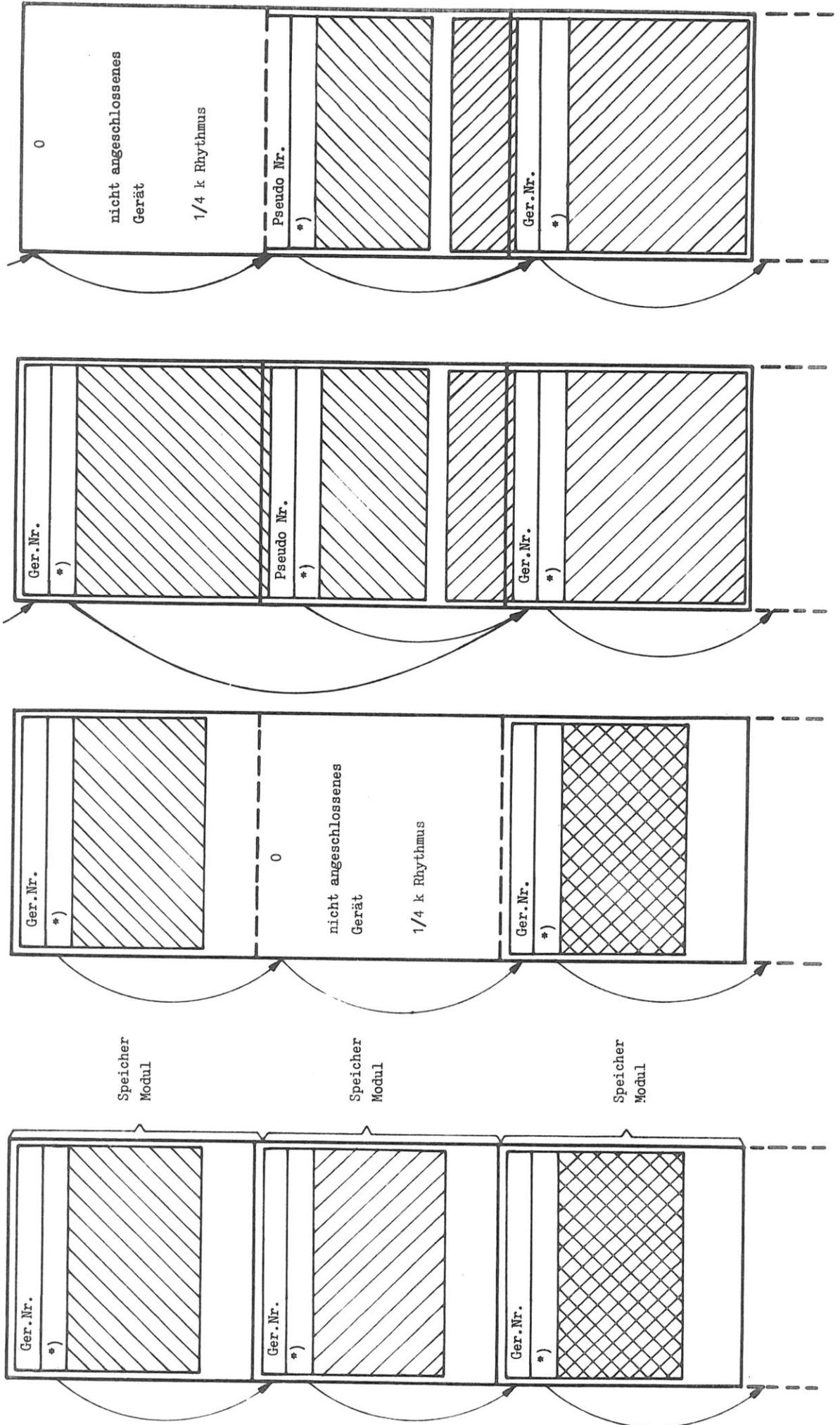
I/O-Kon

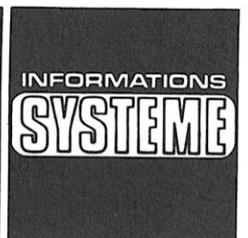
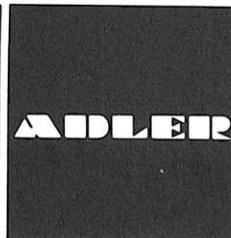
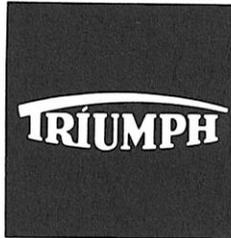
- 14 -



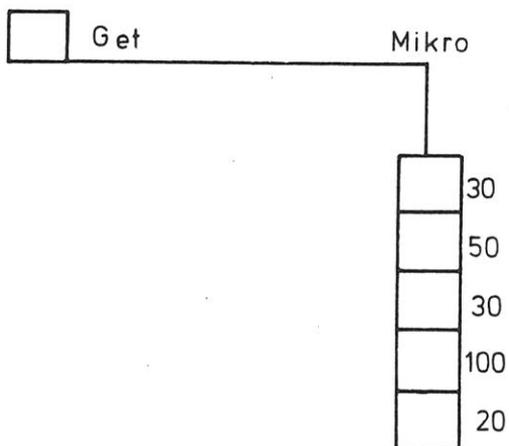
*) Programmlänge auf 1/4k-Ergänzung

Modularer Aufbau der Peripherieprogramme





Anwender - Befehl



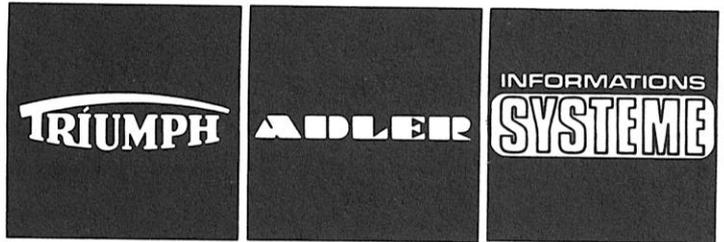
Zeitschleifen, alle ms
1 Schleife. Die längste
Schleife liefert die Gerätezeit.

Die Abarbeitung eines I/O-Befehls ist unterteilt in:

1. Allgemeiner Teil (für alle Geräte gleich)

- a) Prüfen ob Befehl laufen darf (evtl. läuft Gerät noch)
- b) Umladen der bytes in die Scratchpadpage
- c) Zeit paßt in 700 μ s ? nur prüfen!
- d) Ist es Uhr-Gerät oder I/O-Gerät ? (Uhr $\hat{=}$ geradzahlige Zeit)





2. Nichtsimultaner Teil (für jedes Gerät separat)

- a) FO-byte untersuchen
- b) Vorbereitung für das Laufen des Gerätes
- c) Statusbyte belegen
- d) Zeit laden

Jetzt wird der TRIASS-Befehl verlassen, ein neuer Befehl wird aufgerufen und es folgt über die Uhrunterbrechung die erste Simultanverarbeitung des aufgerufenen Gerätes.

3. Simultanprogramm

- a) Gerät wird im "1 ms" Takt, für seine angegebene Gerätezeit ($\chi \mu\text{sec}$), versorgt
- b) Gerät meldet sich selbständig ab, dabei muß in der letzten Simultanschleife das Fertigbit (Bit 1) gesetzt, die Gerätezeit abgemeldet, das E/A-Bit und die Gerätescratchpad-Anfangsadresse dem Betriebssystem bereit gestellt, werden.
- c) Ger-Zeit wird von der Gesamtzeit subtrahiert. Zeiger werden in Grundstellung gebracht.

IOC - Befehle

WAIT nach jedem Gerätebefehl (I/O) setzen.

WAIT - Befehl

Prüft Statusbyte auf belegt (Bit 8) und auf fertig (Bit 1). Bit 1 nicht belegt, dann Prozeß blockieren. Ist Bit 1 gesetzt, werden Fehlerbits geprüft. Wenn f, dann erfolgt Übertrag in das Fehlerbyte und in das Register X0.

Adresse des "akt." WAIT's nach Register "X1" und Verzweigung nach Fehleradresse (Fehlerroutine).

War Gerät ohne Fehler, nächsten Befehl aufrufen.

I/O-Kon
- 17 -



Deutsche Bundesbahn
Datenstation

I
TA1069
S

MODULARER AUFBAU DER PERIPHERIEPROGRAMME

GERÄTEMODUL

GERÄTE - SC

