

SYSTEM OPERACYJNY EMC KAR-65

Andrzej GECOW

Instytut Badań Jądrowych

Pracę złożono 10.I.1974

Kar-65 jest małą doświadczalną maszyną cyfrową trzeciej generacji. Jej głównym zadaniem jest współpraca z dwoma aparatami pomiarowymi. Opracowanie dotyczy budowy systemu operacyjnego i jego głównej części - dyrygenta, ściśle dostosowanych do specyficznych potrzeb instalacji. Pokazano sposób realizacji ekstrakodów typu "reentrant" oraz podłączenia obsługi aparatów pomiarowych przy podziale czasu. Ponadto pokazano są przykłady pewnych rozszerzeń systemu dokonywanych w "biegu".

S p i s t r e ś c i

1. HISTORIA I PRZEZNACZENIE MASZYNY
2. WŁAŚCIWOŚCI SPRZĘTU I JEGO KONFIGURACJA
3. ZADANIA SYSTEMU
4. SYSTEM DYRYGENCKI sd1
5. SYSTEM OPERACYJNY OTP
6. WIELODOSTĘPNOŚĆ EKSTRAKODÓW
7. ORGANIZACJA WSPÓLPRACY Z MAŁYM I TANDEMEM
8. "OPCJE W BIEGU"
9. PODSUMOWANIE

1. HISTORIA I PRZEZNACZENIE MASZINY

EMC Kar-65 jest małą doświadczalną maszyną cyfrową o logice trzeciej generacji opartej na przerwaniach.

Zbudowana została w 1965 r. w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW.

Głównym przeznaczeniem maszyny jest opracowywanie danych z komór pęcherzykowych, polegające na rekonstrukcji geometrycznej i dynamicznej zderzeń cząstek elementarnych oraz statystycznym opracowaniu wyników. Rocznie mierzono kilkadziesiąt tysięcy zdjęć, a opracowywanie ich na maszynie Gier zajęłoby około pięciu godzin dziennie. W celu zwiększenia wydajności aparatów pomiarowych podłączono je bezpośrednio do maszyny.

Drugim głównym zajęciem maszyny jest liczenie długo działających programów do badań naukowych, zawierających zazwyczaj całki wielokrotne. Programy takie dają stosunkowo bardzo krótkie wydruki przy bardzo długim (do kilkadziesiątu godzin) czasie liczenia.

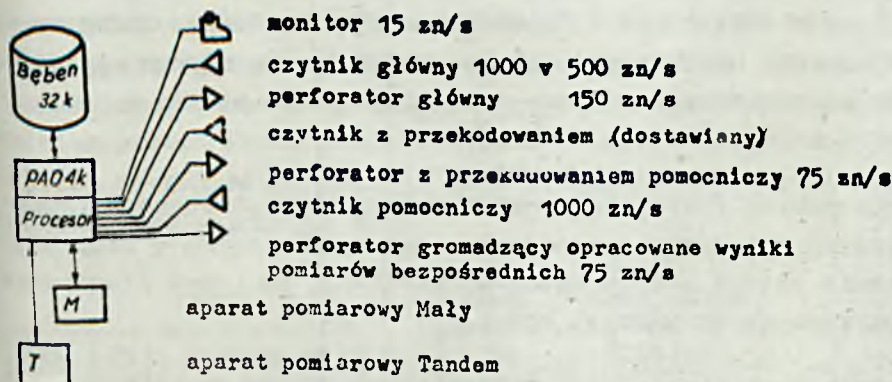
Bezpośredni dostęp do maszyny w Instytucie pozwalał także na konwersacyjną pracę z kilkoma usługowymi programami typu Edit - do poprawiania taśmy papierowej lub Arytmometr - do konwersacyjnego obliczania wartości funkcji i całek.

2. WŁAŚCIWOŚCI SPRZĘTU I JEGO KONFIGURACJA

Kar-65 ma 4K 26-bitowych słów pamięci operacyjnej (PAO) i 32K pamięci bębnowej. Rozkazy są jednoadresowe i mieszczą się w pojedynczym słowie maszyny. Konfiguracja maszyny pokazana jest na rys. 1.

Praca maszyny może odbywać się w dwóch stanach: legalności i nielegalności, nazywanych inaczej stanami dyrygenta i użytkownika. W stanie użytkownika uwzględniane są elektroniczne blokady PAO, zabezpieczające system i inne programy przed zniszczeniem przez program użytkownika. W tym stanie nieosią-

główna jest grupa rozkazów zwanych nielegalnymi, a używanych w stanie dyrygenta do organizacji wejścia-wyjścia. Użyć wejścia-wyjścia można przez ekstrakody, które przenoszą akcję do dyrygenta.



Rys. 1. Konfiguracja EMC Kar-65

Podstawową właściwością logiki trzeciej generacji są przerwania, pozwalające organizować podział czasu. Kar-65 ma 24 przerwy związane m.in. ze współpracą z aparatami pomiarowymi, oraz gotowością kanałów zewnętrznych itp. Każde przerwanie zostawia ślad w miejscu O i rozpoczyna akcję od określonego miejsca pamięci, wprowadzając maszynę w stan "nie wolno przerywać". Stan ten dotyczy wszystkich pozostałych przerw i dopiero stan "wolno przerywać" pozwala na realizację przerw czekających. Jeżeli czeka kilka przerw, to wykonują się one kolejno wg wyznaczonego priorytetu.

3. ZADANIA SYSTEMU

W 1970 r. rozpoczęły się prace nad podłączeniem do maszyny dwóch aparatów pomiarowych o nazwach Mały i Tandem. Równocześnie należało podsumować doświadczenia w pracy z maszyną i systemem (głównie dyrygentem) oraz przygotować włączenie programów obsługi tych urządzeń do systemu.

Specyficzna sytuacja jednostkowej doświadczalnej maszyny, oprogramowanej w assemblerze przez grupkę kilku fizyków, spowodowała zaostrzenie wymagań w stosunku do weryfikacji założeń i struktury systemu: z jednej strony konieczność dalszego działania całego dotychczasowego oprogramowania, w dużej części istniejącego tylko w postaci taśm binarnych; z drugiej strony, ponieważ praca z tą maszyną jest w zasadzie konwersacyjna i każdy użytkownik jest równocześnie operatorem, a więc sposób korzystania z systemu operacyjnego nie powinien ulec większym zmianom.

Mała pamięć operacyjna przy częstych długich czasach liczenia dużych programów spowodowała dużą cenę miejsca w PAO. Równocześnie częste awarie bębna spowodowały, że przez długi czas nie używano go do ważnych zadań.

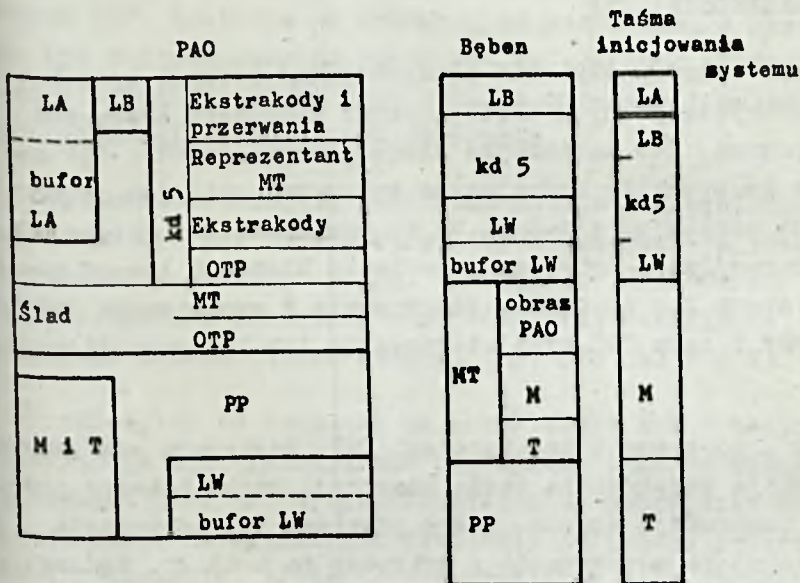
W tych dość nietypowych warunkach, przez budowę kolejno coraz bardziej zaawansowanych systemów i ich weryfikację w normalnej pracy maszyny powstawał nowy system zdolny do współpracy z urządzeniami przy podziale czasu.

Trzeba było pamiętać przy oddawaniu do użytku (a tym samym do sprawdzenia) nowego systemu, że rezygnowanie z nowych własności osiągniętych już przez ten system jest w zasadzie niemożliwe. Powstała w ten sposób seria systemów od skd1 (760 oktalnie miejsc PAO - super krótki dyrygent) do systemu dyrygenckiego sd1 z tzw. krótkim dyrygentem kd5. Górnym umownym ograniczeniem zajętości PAO przez system jest 2000 miejsc oktalnie.

4. SYSTEM DYRYGENCKI sd1

System dyrygencki sd1 powstał w maju 1972 r. i jest najbardziej rozwiniętym systemem. Obecnie już z mniejszym pośpiechem pracuje się nad następnym systemem. Statyczna budowa systemu przedstawiona jest na rys. 2. System wprowadzany jest do maszyny z taśmy papierowej. Najpierw wczytywany jest elektronicznie pomocniczy program o nazwie "Lokaj Anatol" (LA) znajdując-

cy się na początku taśmy, który następnie uruchamiany przez operatora, wczytuje dalszą część taśmy na początek bębna, gdzie zwykle znajduje się cały system. Skończywszy, LA przekazuje kontrolę "Lokajowi Bartkowi" (LB), który wchodzi na miejsce LA i po przygotowaniu obliczenia sumy kontrolnej wprowadza na miejsce, w którym się sam znajduje program - kd5. Kontrolę przekazuje mu przez przerwanie gotowości bębna. Przerwanie to za pierwszym przebiegiem realizuje się odmiennie. Liczy się wtedy suma kontrolna i przestawia program przerwania gotowości bębna na właściwą pracę. Można również wywołać "Lokaja Bartka" za pomocą kluca na pulpicie. Każdy z tych programów melduje na monitorze prawidłowe wykonanie się.



Rys. 2. Statyczna budowa sd1

W skład systemu wchodzi więc LA, LB i kd5. Rozszerzony system zawiera także programy obsługi urządzeń Mały i Tandem (M i T), wczytywane z taśm binarnych przez dyrygenta kd5. Obszar nie zajęty przez system wykorzystuje program programisty (PP). Zainicjowanie działania systemu jest odtwarzające w takim sensie, że PP może być kontynuowany, gdy awaria systemu nastąpiła w czasie wykonywania programów systemowych (OTP lub MT).

Krótki dyrygent (wersja 5) kd5 zawiera:

- obsługę kanałów wejścia-wyjścia przez ekstrakody i przerwania,
- obsługę błędów,
- system operacyjny OTP,
- reprezentanta obsługi MT wykonującego pierwsze i ostatnie czynności związane z obsługą przerw Małego i Tandemu.

Ze względu na oszczędności pamięci, biblioteka programów użytkowych przechowywana jest na taśmach papierowych.

5. SYSTEM OPERACYJNY OTP

Do systemu operacyjnego OTP przejść można różnymi sposobami: przez wykrycie pewnych błędów, przez specjalny ekstrakod kończący program lub naciskając klucz przerwania OTP. OTP zawiera wiele instrukcji, które można wykonywać wpisując je z monitora lub wozytując z taśmy. Są to możliwości: ingerencji w pamięć operacyjną i bębnową, ustawiania blokad i innych parametrów systemu lub programu, wozytywania i wypisywania taśm binarnych "W" i taśm "R" oraz startowania lub kontynuacji programów.

Taśmy "R", to taśmy z instrukcjami OTP. Zawierają one zazwyczaj instrukcje wozytywania taśmy binarnej, taśmę binarną programu oraz instrukcję startu. Start programu lub instrukcja "o", przerzucające wozytywanie z powrotem na monitor, kończą taką taśmę. Rzadko używane duże programy realizacji instrukcji OTP, jak np. wozytywanie i wypisywanie taśm binarnych bębnowych oraz suma kontrolna bębna przeniesione zostały na bęben (LW) i nie zajmują stale miejsca w PAO. Awaryjność maszyny i konieczność analizy zaistniałych błędów w normalnych warunkach sugerowały, aby nie przenosić pozostałych instrukcji na bęben. W przypadku dłuższej awarii bębna, kd5 można wozytać z taśmy i będzie on w pełni sprawny przy pracach nie związanych z bębniem, zachowując standardy taśm "R" i kontynuacji programów.

OTP pozwala sięgnąć do każdego miejsca PAO lub bębna i dowolnie je zmieniać. Obszar systemu jest jednak chroniony i dopiero po podaniu hasła można go oglądać i zmieniać. Dotyczy to również wczytywania taśmy "R" z programami obsługi Małego i Tan-
demu na zarezerwowane pole bębna. Ochrona ta ma za zadanie ustrzec system przed pomyłkami operatorów.

6. WIELODOSTĘPNOŚĆ * EKSTRAKODÓW

Program wykonywać można jako program użytkownika PP lub jako program systemu OTP. W przypadku przerwania wykonywania ekstrakodu wywołanego przez PP i wywołania go powtórnie przez Program OTP, zostanie on wykonany na rzecz OTP, a następnie może być kontynuowany na rzecz PP. Ta własność ekstrakodów zwana wielodostępnością jest jedną z głównych i najtrudniejszych do zrealizowania cech dyrygenta.

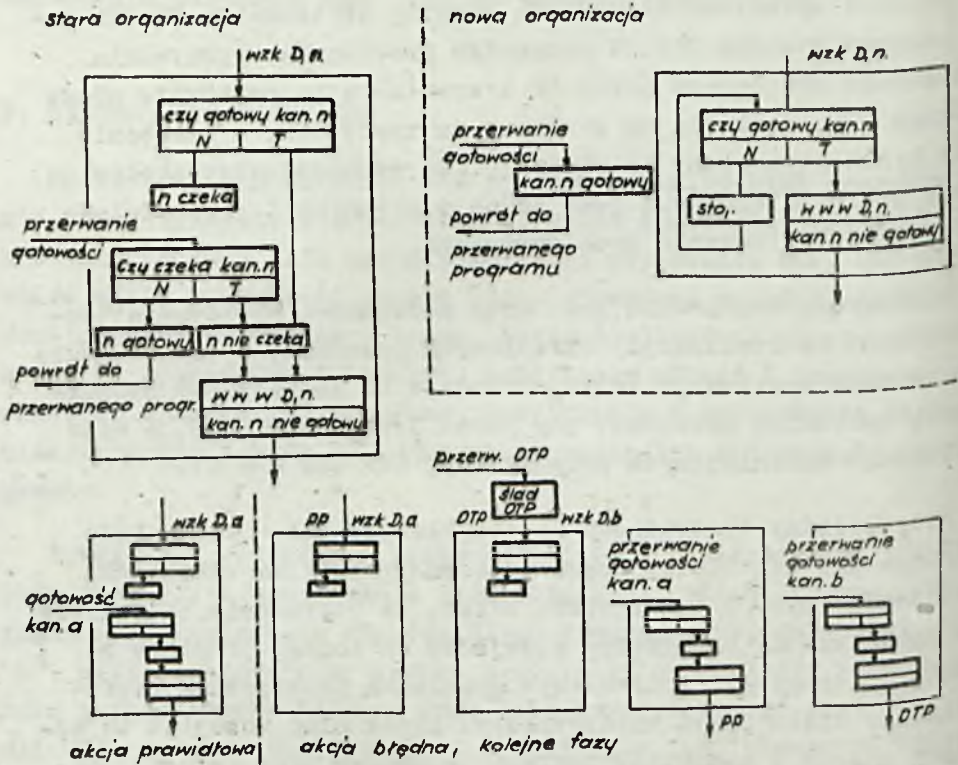
Podstawową trudnością jest brak możliwości wybierania (dopuszczania do realizacji) określonych przerw, a równocześnie wzbraniania realizacji innym. Powoduje to konieczność dopuszczania wszelkich przerw, gdy jedno jest oczekiwane, a więc i przerw zmieniających program (np. OTP lub M i T).

Prześledzimy tę trudność na przykładzie wzk - ekstrakodu wczytującego lub wypisującego pojedynczy znak na wskazanym urządzeniu (rys. 3). Z rysunku widać, że poprzednia budowa wzk nie pozwalała na bezpieczne przejście do innego programu za pomocą przerwania. Podstawowym problemem jest jednak zabezpieczenie śladu przed zniszczeniem. Przez ślad rozumieć tu będziemy obszar i zawartość pamięci, w którym przy wejściu do podprogramu maszyna zapamiętuje rejestry i parametry. Przy wychodzeniu z tego podprogramu ślad wkładany jest z powrotem, czyli rejestry i parametry są regenerowane do stanu sprzed wejścia do podprogramu.

* Przep. redakcji: Wielodostępność jest tu rozumiana jako możliwość ponownego wejścia do tego samego programu, zanim wykona się on do końca.

W literaturze anglosaskiej używa się w tym znaczeniu słowa "reentrance".

Ślad zostawiany przy wejściu do wzk jest znikomy i ogranicza się do śladu pozostawionego elektronicznie zawsze przy wejściu do każdego ekstrakodu. Pozostałe ekstrakody często wywołują wzk ze swojego wnętrza. Są one zazwyczaj bardziej skomplikowane i potrzebują kilku (nie wszystkich) rejestrów. Ponieważ jeden program może być w jednym czasie tylko w jednym ekstrakodzie, wystarczy jeden wspólny podprogram pozostawiania śladu i regeneracji rejestrów.



Rys. 3. Stara i nowa organizacja wzki

Zawsze przy przejściu do OTP z PP ślad ten przenoszony jest na inny obszar. Ślad pozostawiony elektronicznie oraz komórki robocze ekstrakodów porzucane są po pamięci i nie stanowią zwartego bloku. Te miejsca także zostają przeniesione. Teraz dopiero OTP może korzystać z ekstrakodów. Przed powyższymi opo-

racjami, na samym początku OTP zapamiętuje stan rejestrów. W ten sposób powstaje ślad OTP, w którym znajduje się zawartość rejestrów i stan dyrygenta właściwego (tzn. wielodostępnych ekstrakodów).

Umiejscowienie śladu OTP za kd5 w PAO, a tuż przed PP, pozwala na przeniesienie śladu wraz z PP w jednym bloku na taśmę binarną lub bęben, i nie narażając ochronionego obszaru systemu pozwala wprowadzić z powrotem na to samo miejsce. W międzyczasie można zniszczyć ślad w PAO, tzn. np. liczyć inne programy. Powyższa organizacja umożliwia przerwanie i wznowienie w dowolnym miejscu każdego programu.

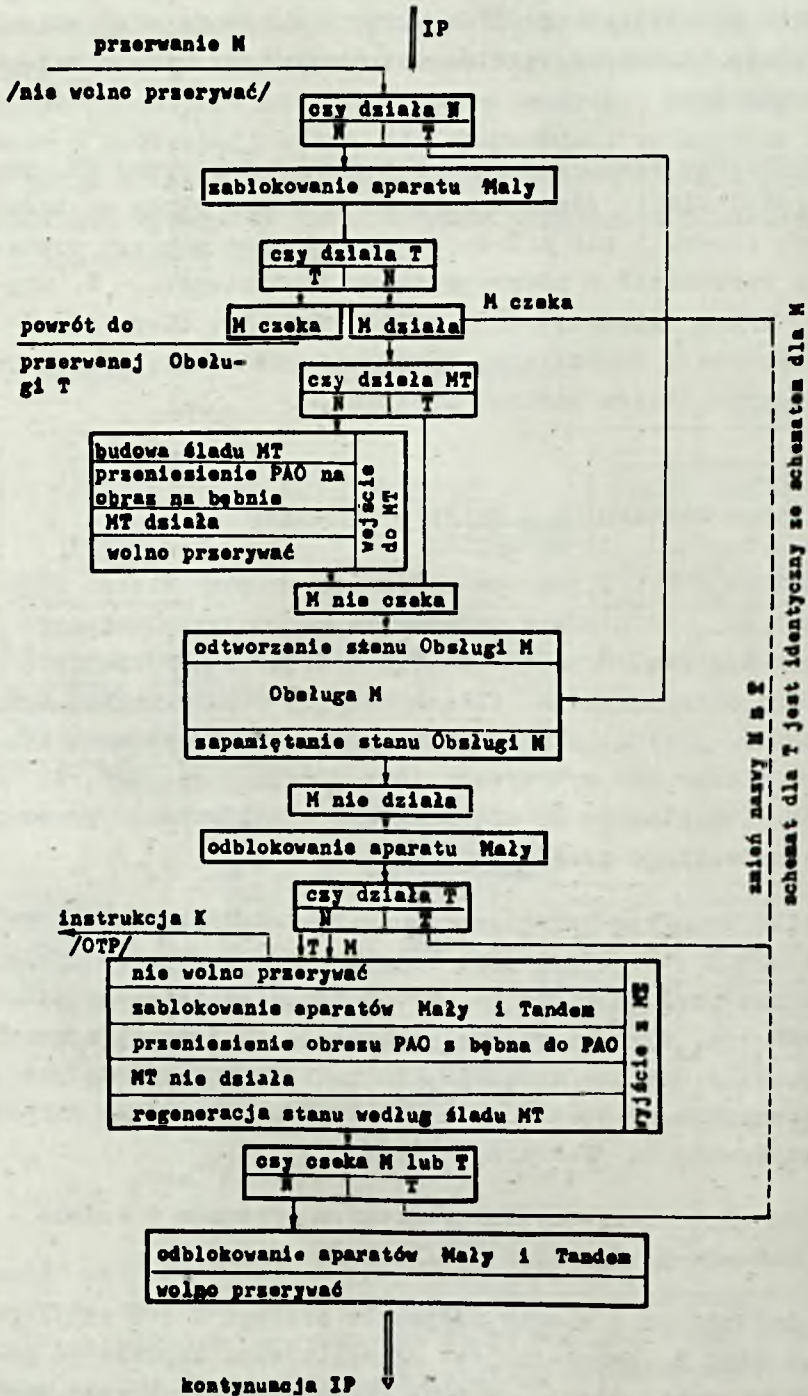
7. ORGANIZACJA WSPÓLPRACY Z MAŁYM I TANDEMEM

Ślad przerwania M i T jest umiejscowiony między śladem OTP a programem OTP, co ułatwia zachowanie go podczas ponownego inicjowania systemu. Ślad MT zawiera dodatkowo informacje o przerwaniach operatorskich, takich np. jak OTP. W czasie działania programu obsługi MT, wszystkie przerwania operatorskie, po których miałyby być wykonywany inny program np. OTP, są ignorowane. Organizację MT opracowaną i zrealizowaną przez Marka Szozekowskiego przedstawia rys. 4.

Na bębnie istnieją dwa niezależne, równoprawne i różne programy obsługi M i T. Różne jest samo wnętrze programów obsługi, natomiast przedstawiona na rys. 4 organizacja zewnętrzna jest identyczna. Gdy przerwanie pochodzące od jednego aparatu nastąpi podczas obsługi drugiego, to zostaje ono zapamiętane, i dalej kontynuowany jest przerwany program, a po jego zakończeniu przerwanie to jest symulowane.

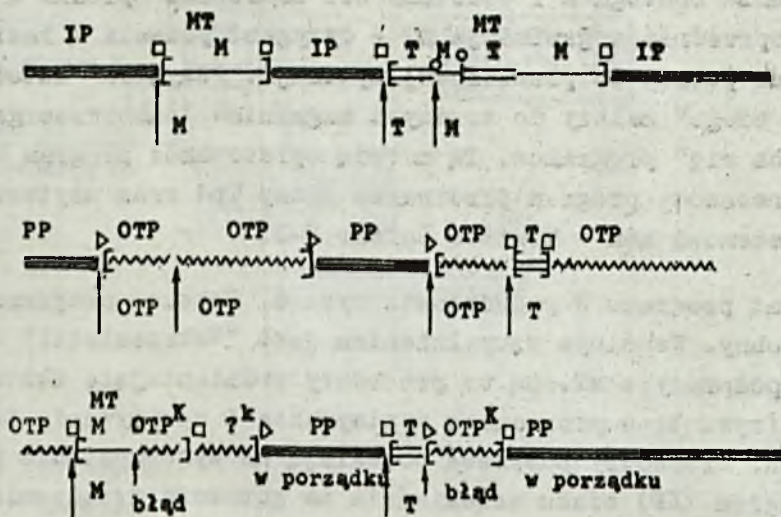
Przebieg współpracy obydwu urządzeń z systemem w czasie pokazuje schemat na rys. 5.

Pełna informacja o stanie programów obsługi M i T znajduje się wraz z nimi na bębnie i jest aktualizowana dopiero po pomyślnym opracowaniu porcji danych. Pozwala to na ponowne wpro-



Rys. 4. Schemat współpracy systemu z programami obsługi aparatów pomiarowych

wadzenie i inicjowanie dyrygenta w każdej chwili, bez straty uzyskanych pomiarów. Można także na nowo wprowadzić programy MT i zainicjować je nie niszcząc PP, a jedynie przerywając go na chwilę.



[udostępnienie ekstrakodów /i PAO dla MT/

] regeneracja ekstrakodów /i PAO dla MT/

o□▷ ślady

Rys. 5. Przykładowe przebiegi czasowe wymiany programów

8. "OPCJE W BIEGU" *

Pomiary na aparatach M i T wykonywane są bez przerwy, a więc nigdy nie ma takiego czasu maszyny, w którym można by było bez szkody dla pomiarów robić doświadczenia z nowymi rozwiązaniami dyrygenta. Wstrzymywanie pomiarów jest niepożądane. Głównym problemem, który ma być rozwiązany w następnym systemie jest buforowanie wejścia-wyjścia. W doświadczeniach trzeba więc manipulować programami reakcji na przerywania.

* Przyp. redakcji: Pojęcie "opcja" oznacza tu pewną dodatkową funkcję systemu operacyjnego uzyskiwaną przez jego rozszerzenie. "Opcja w biegu" oznacza rozszerzanie systemu w czasie jego pracy.

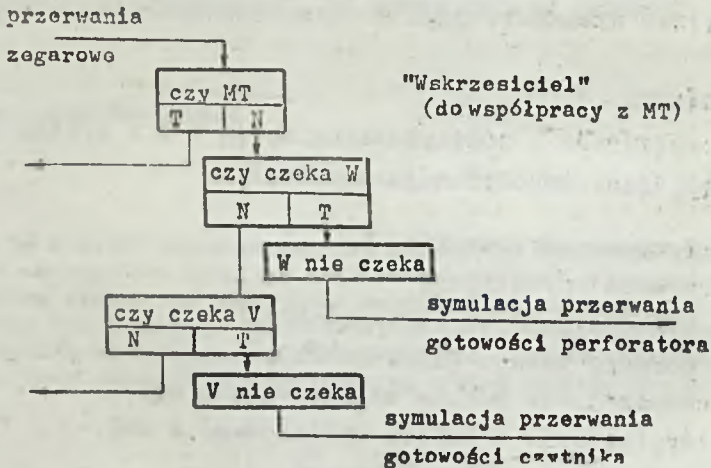
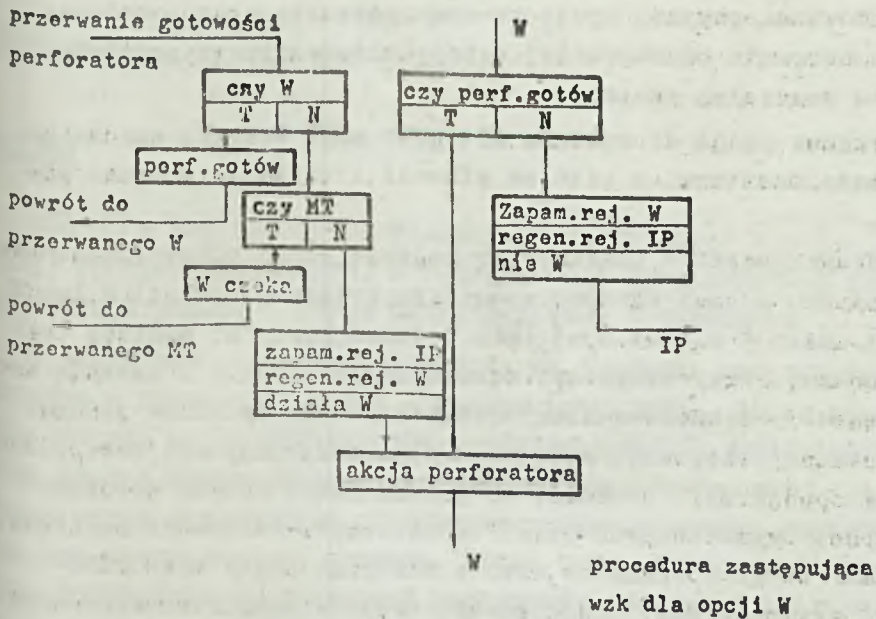
W tej sytuacji przyjęta została metoda "opcji w biegu" polegająca na reorganizacji systemu przez interpretację taśmy "R". Dyrygent zmieniany jest podczas własnej pracy i często się zdarza, że końcowe instrukcje OTP mają już nową treść. Równocześnie obsługa M i T działa bez zakłóceń. Opisana w rozdziale poprzednim organizacja MT - dyrygent pozwala w razie pomyłki na powrót do prawidłowej sytuacji. Powyższa metoda "opcji w biegu" należy do trudnych zagadnień "samoprzeorganizujących się" programów. Tą metodą opracowano: program W i V, trójprocesowy program przetwarza taśmy Tb1 oraz użytkową opcję systemową mb2 - Monitor Buffer V-2.

Schemat programu W przedstawia rys. 6. Schemat programu V jest podobny. Wspólnym uzupełnieniem jest "Wskrzesiciel" dodany do współpracy z MT. Są to procedury podmieniające ekstrakod wzK (rys. 3) w programach wypisywania i wozytywania taśm binarnych. Procedury powyższe pozwalają na wykorzystanie przez inny program (IP) czasu oczekiwania na gotowość urządzenia. Jednak gdy działa program obsługi MT, przerwanie z gotowego urządzenia nie może być obsłużone, gdyż obszar, którego dotyczy obraz taśmy binarnej w PAO przeniesiony został na bęben. O nie obsłużonych przerwaniach "przypomina sobie" periodycznie program "Wskrzesiciel" (wykorzystując przerwania zegarowe).

W opcji Tb1 rejestry zostały przypisane do procesów bądź podzielone między nie - według określonych reguł. Pozwoliło to uniknąć czasochłonnego ich zachowywania i regeneracji. Opcja ta składa się z następujących trzech procesów (pięciu elementów):

- 1) wozytania znaku z taśmy do bufora wejściowego,
- 2) a) wyjęcia znaku z bufora wejściowego,
b) opracowania go przez program,
c) wpisania wynikowego tekstu do bufora wyjściowego,
- 3) wypisania znaku z bufora wyjściowego.

Ponieważ programy procesów 1 i 3 działają w stanie "nie wolno przerywać", przerwanie OTP może nastąpić jedynie w czasie realizacji procesu 2.



Rys. 6. Schemat procedury W i programu "Wskrzeciciel"

Zastosowana tu metoda pozwala znacznie przyspieszyć realizację programów, które mogą podporządkować się narzuconym ograniczeniom, a limitowane są czasem wczytania lub wypisania taśmy. Programy procesów 1 i 3 oraz buforzy znajdują się na obszarze PAO nie przenoszonym przez MT. Mogą one działać także podczas pracy programów obsługi M i T, gdyż wykorzystują tylko jeden rejestr, którego regeneracja nie zabiera zbyt dużo czasu.

Dwie omówione powyżej opcje to doświadczenia przeprowadzone w celu dobrania odpowiedniej metody buforowania z podziałem czasu w przyszłym systemie.

Użytkową opcją do systemu sd1 jest mb2. Pozwala ona na buforowanie monitora, a więc na pisanie i czytanie podczas pracy MT.

Obsługa aparatów pomiarowych zajmuje ponad połowę czasu pracy maszyny, a czas każdego wywołania programu obsługi M lub T wynosi około 3 s. Bez opcji mb2 podczas pracy MT monitor był zablokowany. Przy zazwyczaj konwersacyjnej pracy z maszyną bardzo częste 3-sekundowe czasy oczekiwania na wpisanie jednego znaku okazały się zbyt męczące. Opcja mb2 zbudowana jest podobnie jak opcja Tb1. Dochodzi tu jednak kilka nowych warunków współpracy wyznaczonych przez techniczne właściwości monitora. Program, który w praktyce wraz z buforami zajął tylko 200 miejsc oktalnie PAO, osiągnął tak wielkie skomplikowanie współzależności, że wykazanie jego poprawności wydawało się niesiagalne.

9. PODSUMOWANIE

Wraz z opcją mb2 i doświadczalną opcją W i V system sd1 zawiera następujące współpracujące procesy:

- 1) PP - program użytkownika,
- 2) OTP - system operacyjny,
- 3) T - obsługa Tandemu (element MT),
- 4) M - obsługa Małego (element MT),
- 5) pka - napełnianie bufora wejściowego w mb2,
- 6) pkb - wypisywanie z bufora wyjściowego w mb2,
- 7) W - wypisywanie taśmy binarnej,
- 8) V - wczytywanie taśmy binarnej,
- 9) "Wskrziesiciel" - pomocniczy program dla opcji W i V.

Korzystając ze standardowych taśm "R" zawierających zespół instrukcji przeniesienia i kontynuacji programów, można powiększyć dowolnie liczbę PP.

Jedynie wielkość PAO potrzebna dla MT podczas wykonywania obsługi Małego i Tandemu uniemożliwia równoczesne uruchomienie dwóch dodatkowych procesów opcji Tb1.

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭВМ KAR-65

Резюме

Kar-65 - это экспериментальная вычислительная машина (ЭВМ) третьего поколения. В основном она предназначена для совместной работы с двумя измерительными установками.

В настоящей разработке обсуждается строение операционной системы и главная ее часть - программа-дирижер, тесно согласованные со специфическими требованиями ЭВМ. Представляется способ осуществления экстракодов типа "reentrant", а также метод подключения обслуживания измерительных установок при распределении времени. Кроме того, приводятся примеры добавочных возможностей расширения системы с разделением времени, производимого во время работы системы.

THE KAR-65 OPERATING SYSTEM

Summary

Kar-65 is a small experimental 3rd generation computer. Its main task is on-line cooperation with two measurement devices. Discussion concerns the operating system and supervisor construction which suit specific installation requirements. Implementation of reentrant extracodes and of software interface between the system and the devices serviced on-line are shown. Some examples of time-sharing system options are given.