

PRACE BADAWCZE

856/MR-124/77

SYSTEM OPERACYJNY DO STEROWANIA W CZASIE
RZECZYWISTYM DLA SYSTEMU CYFROWEGO
K-202 - CAMAC

mgr inż. Zbigniew Czerniak

mgr inż. Hanna Czerniak

Praca wykonana w ramach umowy nr 83/76
Problem międzyresortowy I-27, temat 3.1/2
MNSzWiT



POLITECHNIKA GDAŃSKA
INSTYTUT OKRĘTOWY

PRACE BADAWCZE
Do użytku służbowego

Nr 856/MR-124/77

SYSTEM OPERACYJNY DO STEROWANIA W CZASIE
RZECZYWISTYM DLA SYSTEMU CYFROWEGO
K-202 - CAMAC

mgr inż. Zbigniew Czerniak
mgr inż. Hanna Czerniak

Praca wykonana w ramach umowy nr 83/76
Problem międzyresortowy I-27, temat 3.1/2
MNSzWiT

Koordynator grupy tematycznej Nr 3
doc. dr inż. Józef Burzyński

Kierownik tematu 3.1/2
mgr inż. Bolesław Pempera

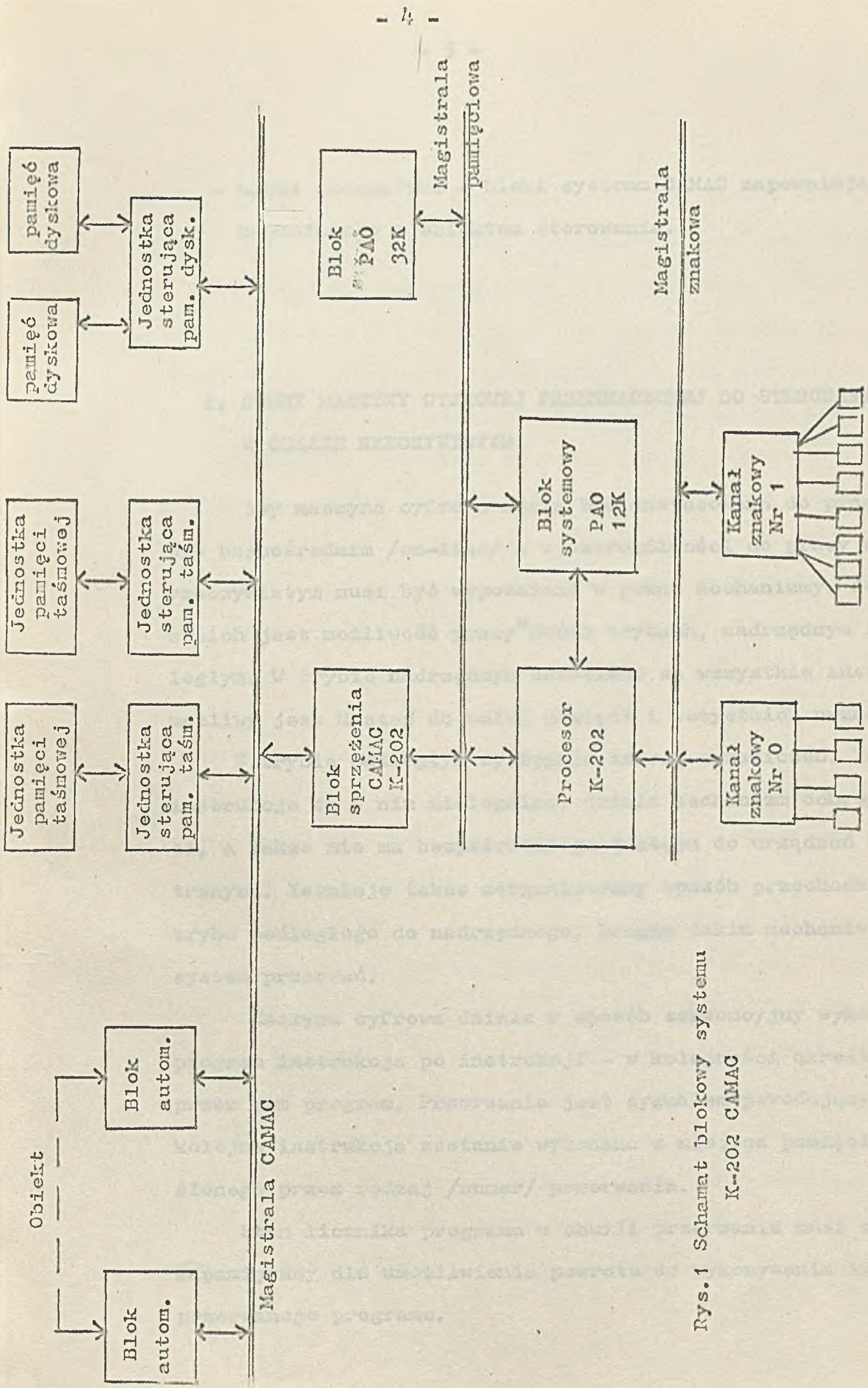
SPIS TREŚCI

1. Części składowe systemu cyfrowego K-202-CAMAC	1
2. Cechy maszyny cyfrowej przeznaczonej do sterowania w czasie rzeczywistym	5
3. Organizacja pracy wieloprogramowej	7
4. Procedury współpracy z urządzeniami znakowymi	11
4.1. Procedura pisania znaku	11
4.2. Procedura czytania znaku z urządzenia	14
4.3. Procedura obsługi przerwania z kanałów znakowych	14
5. Realizacja zegara czasu rzeczywistego	16
5.1. Procedura realizacji oczekania określoną ilość czasu	16
5.2. Procedura obsługi przerwania zegarowego	16
6. Oprogramowanie kasety CAMAC	19
6.1. Rezerwacja bloku sprzężenia	20
6.2. Procedury współpracy z pamięcią dyskową	20
6.3. Procedury współpracy z pamięcią taśmową	27
6.4. Procedury współpracy z blokami automatyki sys- temu CAMAC	28
6.5. Procedura obsługi przerwania z bloku sprzężenia	30

1. CZĘŚCI SKŁADOWE SYSTEMU CYFROWEGO K-202 CAMAC

System cyfrowy K-202 CAMAC składa się z następujących elementów /rys. 1/:

- procesor k-202;
- blok zerowy pamięci operacyjnej o pojemności 12K słów, do którego procesor ma bezpośredni dostęp z pominięciem magistrali pamięciowej, przeznaczony w zasadzie dla systemu operacyjnego;
- blok pamięci operacyjnej o pojemności 32K słów przeznaczony w zasadzie dla programów użytkowych. Pamięć ta może być dzielona na mniejsze bloki o pojemnościach będących wielokrotnością 4K. Komunikacja między procesorem, a tą pamięcią odbywa się poprzez magistralę pamięciową;
- kanały znakowe;
- blok sprzężenia CAMAC K-202 - jest to jeden z bloków systemu CAMAC pozwalający na komunikację między magistralą CAMAC a magistralą pamięciową K-202;
- jednostka sterująca pamięci dyskowych - blok specjalny systemu CAMAC obsługujący dwie pamięci dyskowe. Umożliwia transmisję między pamięciami dyskowymi a dowolnym blokiem pamięci operacyjnej systemu K-202;
- jednostki sterujące pamięci taśmowych - bloki specjalne systemu CAMAC. Każdy z nich obsługuje jedną jednostkę pamięci taśmowej. Umożliwiają transmisję między pamięciami a pamięcią operacyjną;



Rys. 1 Schemat blokowy systemu K-202 CAMAC

- bloki automatyki - bloki systemu CAMAC zapewniające komunikację z obiektem sterowania.

2. CECHY MASZYNY CYFROWEJ PRZEZNACZONEJ DO STEROWANIA W CZASIE RZECZYWISTYM

Aby maszyna cyfrowa mogła być zastosowana do pracy w trybie bezpośrednim /on-line/ a w szczególności do pracy w czasie rzeczywistym musi być wyposażona w pewne mechanizmy. Jednym z nich jest możliwość pracy^w dwóch trybach, nadrzędnym i podległym. W trybie nadrzędnym dozwolone są wszystkie instrukcje, możliwy jest dostęp do całej pamięci i wszystkich urządzeń.

W trybie podległym występuje szereg ograniczeń. Pewne instrukcje są w nim nielegalne, działa mechanizm ochrony pamięci, a także nie ma bezpośredniego dostępu do urządzeń zewnętrznych. Istnieje także zorganizowany sposób przechodzenia z trybu podległego do nadrzędnego. Drugim takim mechanizmem jest system przerwań.

Maszyna cyfrowa działa w sposób sekwencyjny wykonując program instrukcja po instrukcji - w kolejności określonej przez sam program. Przerwanie jest sygnałem powodującym, że kolejna instrukcja zostanie wykonana z miejsca pamięci określonego przez rodzaj /numer/ przerwania.

Stan licznika programu w chwili przerwania musi zostać zapamiętany dla umożliwienia powrotu do wykonywania instrukcji przerwanego programu.

Mechanizm przerwań umożliwia synchronizację pracy szybkiego procesora i stosunkowo wolnych urządzeń zewnętrznych. Procesor może zlecić urządzeniom zewnętrznym wykonywanie określonych operacji i nie czekając na ich zakończenie przejść do następnych czynności. O zakończeniu operacji urządzenie poinformuje procesor zgłoszeniem odpowiedniego przerwania.

Wymienione mechanizmy pozwalają na skonstruowanie programu nadzorczego, który działając w trybie nadrzędnym może zarządzać wszystkimi zasobami systemu jak: czas procesora, pamięć operacyjna, pamięć zewnętrzna, urządzenia znakowe. Program ten obsługuje żądania programów użytkowych pracujących w trybie podległym.

Maszyna K-202 wyposażona jest w oba omówione mechanizmy, a wspomniany program nadzorczy nazwano tu systemem operacyjnym. O trybie pracy maszyny decyduje jednobitowy wskaźnik Q . Jeżeli $Q=0$ instrukcje wykonywane przez procesor pobierane są z bloku zerowego pamięci operacyjnej. Dozwolone jest wykonywanie wszystkich instrukcji. Przy $Q=1$ instrukcje wykonywane są z bloku pamięci określonego przez rejestr numeru bloku. Instrukcje wejścia-wyjścia, ładowania numeru bloku pamięci operacyjnej oraz instrukcja zatrzymania maszyny są nielegalne, traktowane jak instrukcja o nieznanym kodzie operacji. W trybie tym wykonywane są programy użytkowe. Program, nie mając możliwości zmiany wskaźnika Q ani też rejestru numeru bloku nie może sięgnąć do innych bloków pamięci a tym samym nie może zakłócić pracy innych programów i pracy systemu

operacyjnego. Żądania obsługi programów użytkowych zgłaszane są systemowi operacyjnemu przez wykonanie specjalnego rozkazu zwanego wywołaniem ekstrakodu.

Rozkaz ten powoduje zgaszenie wskaźnika Q i wejście do systemu operacyjnego w miejsce ściśle określone poprzez numer ekstrakodu. Nadejście przerwania także powoduje zgaszenie wskaźnika Q i wejście do systemu operacyjnego w miejsce ściśle określone numerem przerwania. Przerwania mogą być wysyłane przez urządzenia zewnętrzne sygnalizując zakończenie określonej operacji, przez zegar, sygnalizując wpływ określonej jednostki czasu, a także mogą być zgłaszane przez procesor sygnalizując odwołanie programu do nieistniejącej pamięci, próbę wykonania nie rozpoznanej instrukcji lub zanik napięcia zasilającego.

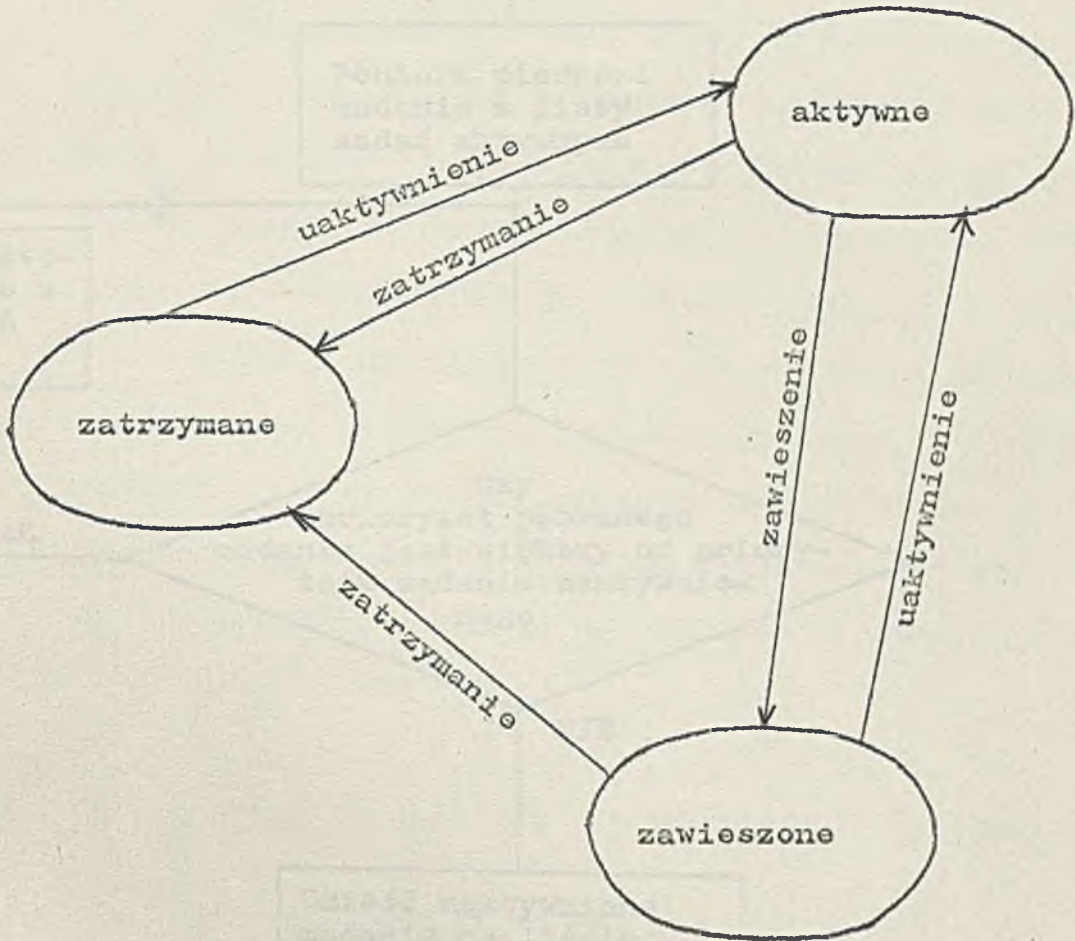
3. ORGANIZACJA PRACY WIELOPROGRAMOWEJ

Praca wieloprogramowa zorganizowana jest w oparciu o system przerwania. Procesor może wykonywać równolegle kilka zadań, przełączając się z jednego na drugie w wyniku przerwania jego pracy przez przerwania z pracujących urządzeń, bądź przerwanie zegarowe.

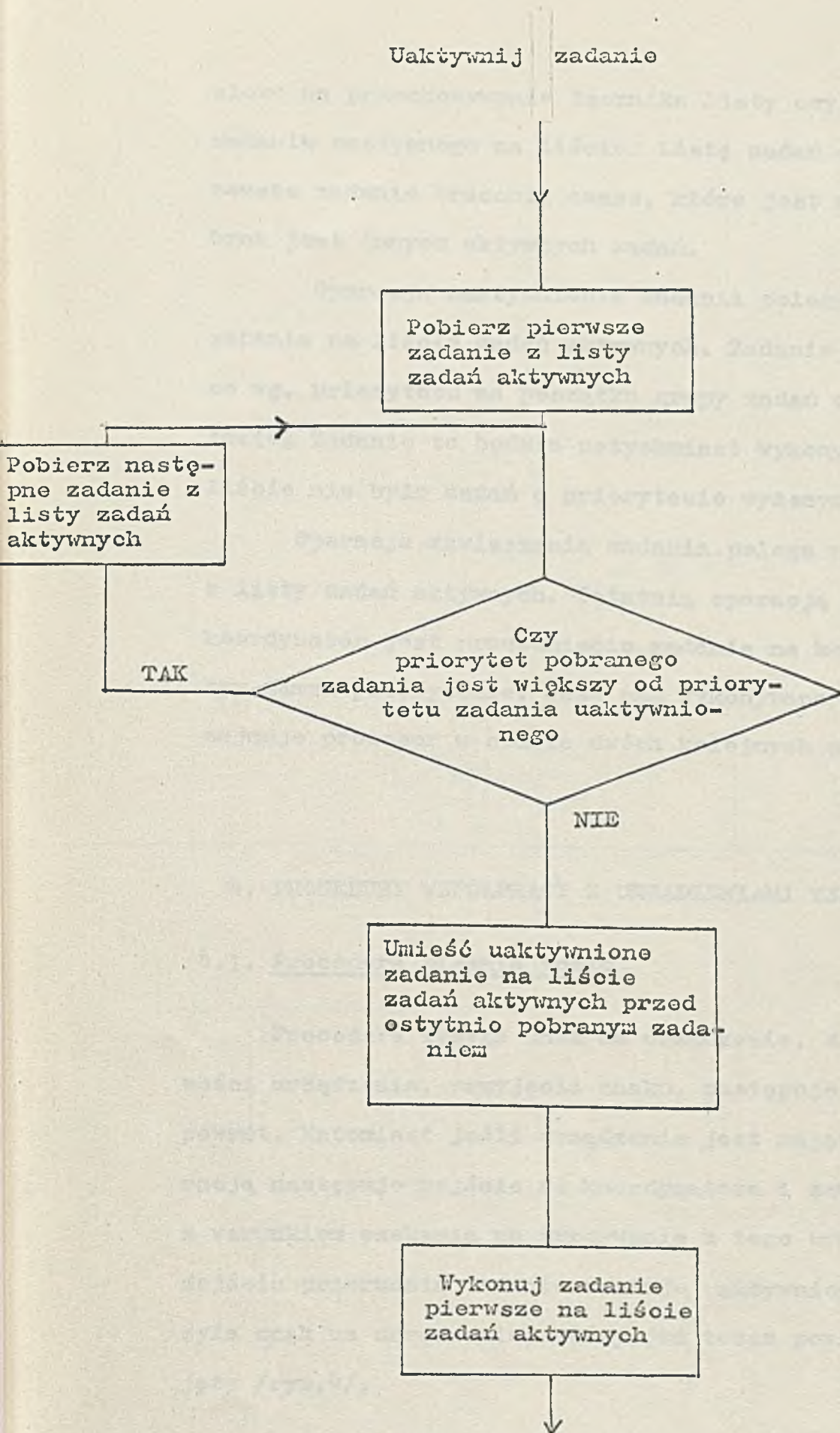
Pod pojęciem zadania będziemy rozumieć najmniejszą jednostkę programu w systemie wieloprogramowym, która może być wykonywana na przemian z innymi zadaniami. Zadanie powstaje w

chwili jego definicji czyli utworzenia w systemie operacyjnym tablicy zadania zawierającej nazwę zadania, adres startowy, priorytet, zawartość rejestrów w chwili przerwania zadania i szereg innych parametrów.

Zadanie jest zdefiniowane przez inne zadanie. Po zdefiniowaniu zadanie jest w stanie zatrzymania i może zostać uaktywnione przez inne zadanie /rys 2/. Zadanie aktywne może wykonywać się lub oczekiwać na procesor. Zadanie może zostać zawieszono przy konieczności oczekiwania na zakończenie wykonywania operacji wejścia-wyjścia, lub w wyniku wykonania ekstrakodu typu czekaj. Zadanie zawieszono zostanie ponownie uaktywnione w chwili nadejścia przerwania sygnalizującego zakończenie określonej operacji wejścia-wyjścia lub upływu określonego czasu. Zadanie aktywne lub zawieszono może zostać zatrzymane przez inne zadanie. Zadanie zatrzymane może zostać skasowane. Tablica zadania ulega wówczas likwidacji. Ponieważ w systemie operacyjnym może pojawić się jednocześnie wiele zadań konieczne jest stworzenie mechanizmu sterującego ich wykonaniem. Rolę tę spełnia program zwany koordynatorem. Główną jego funkcją jest podejmowanie decyzji o tym, które z zadań będących w stanie aktywnym ma być dopuszczone do wykonania. Aby koordynator mógł działać możliwie szybko i skutecznie wprowadzono listę zadań aktywnych. Przyjęto przy tym, że wykonywane zadanie jest pierwsze na liście. W systemie zarezerwowano jedno słowo na przechowywanie adresu tablicy zadania aktualnie wykonywanego i jednocześnie pierwszego na liście zadań aktywnych. W tablicy zadania zarezerwowane jest jedno



Rys.2 Stany zadań



Rys.3 Procedura uaktywniania zadań

słowo na przechowywanie łącznika listy czyli adresu tablicy zadania następnego na liście. Listę zadań aktywnych zamyka zawsze zadanie tracenia czasu, które jest wykonywane wtedy gdy brak jest innych aktywnych zadań.

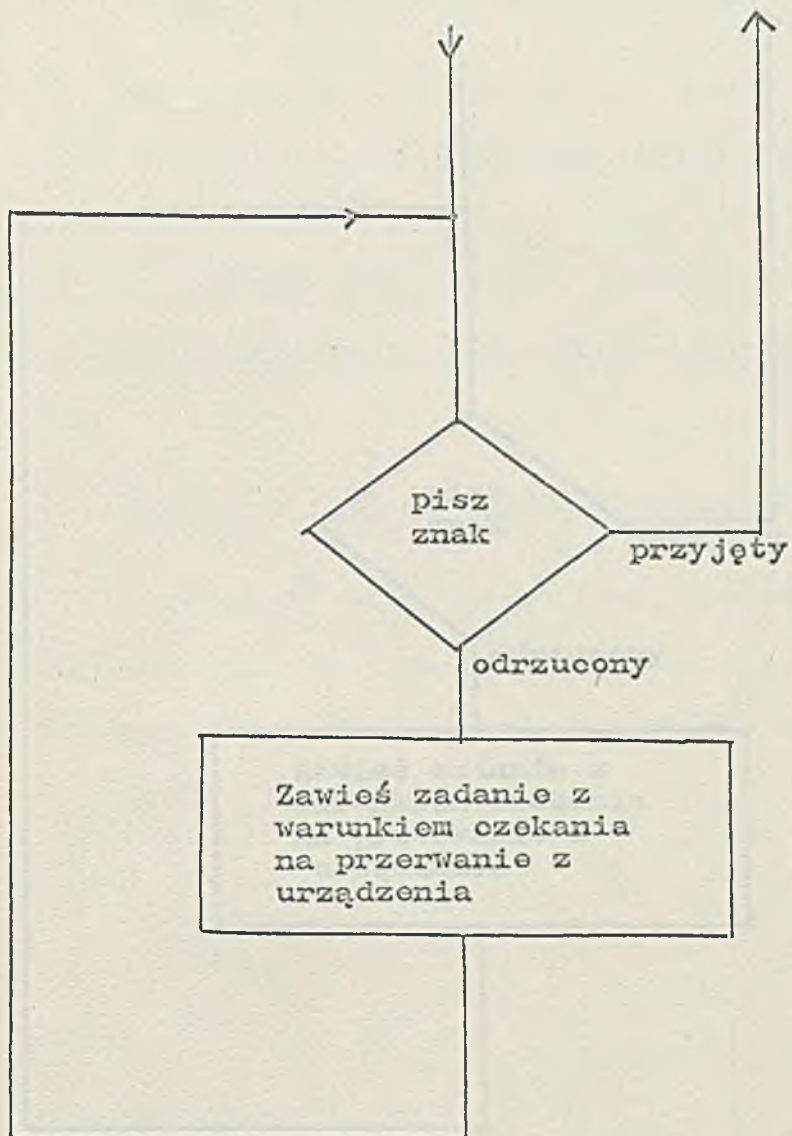
Operacja uaktywnienia zadania polega na umieszczeniu zadania na liście zadań aktywnych. Zadanie zostaje umieszczone wg. priorytetu na początku grupy zadań o tym samym priorytecie. Zadanie to będzie natychmiast wykonywane jeżeli na liście nie było zadań o priorytecie wyższym od niego /rys3/.

Operacja zawieszania zadania polega na zdjęciu zadania z listy zadań aktywnych. Ostatnią operacją wykonywaną przez koordynator jest przesunięcie zadania na koniec grupy zadań o tym samym priorytecie. Jest ona wykonywana wówczas gdy zadanie zajmuje procesor w czasie dwóch kolejnych przerw zegarowych.

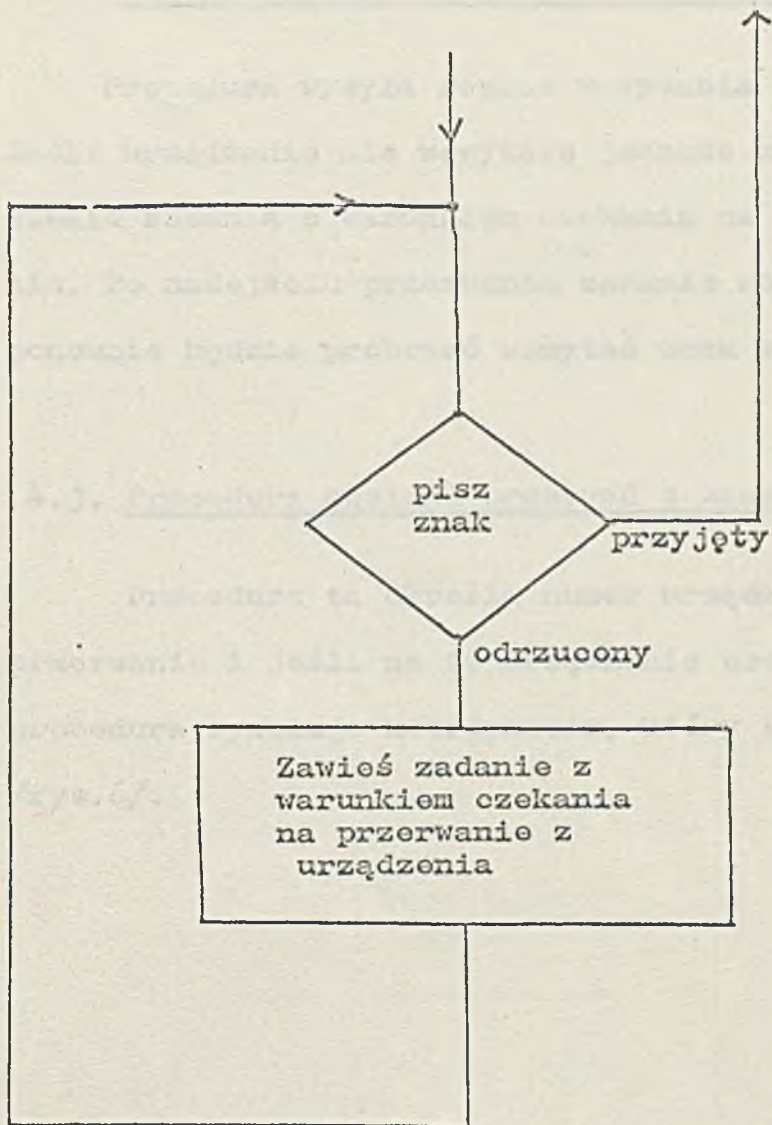
4. PROCEDURY WSPÓŁPRACY Z URZĄDZENIAMI ZNAKOWYMI

4.1. Procedura pisania znaku

Procedura wysyła znak na urządzenie. W przypadku gotowości urządzenia, przyjęcia znaku, następuje natychmiastowy powrót. Natomiast jeśli urządzenie jest zajęte poprzednią operacją następuje wejście do koordynatora i zawieszenie zadania z warunkiem czekania na przerwanie z tego urządzenia. Po nadejściu przerwania zadanie zostaje uaktywnione i ponownie wysyła znak na urządzenie, który już teraz powinien zostać przyjęty /rys.4/.



Rys.4. Procedura pisania znaku na urządzeniu



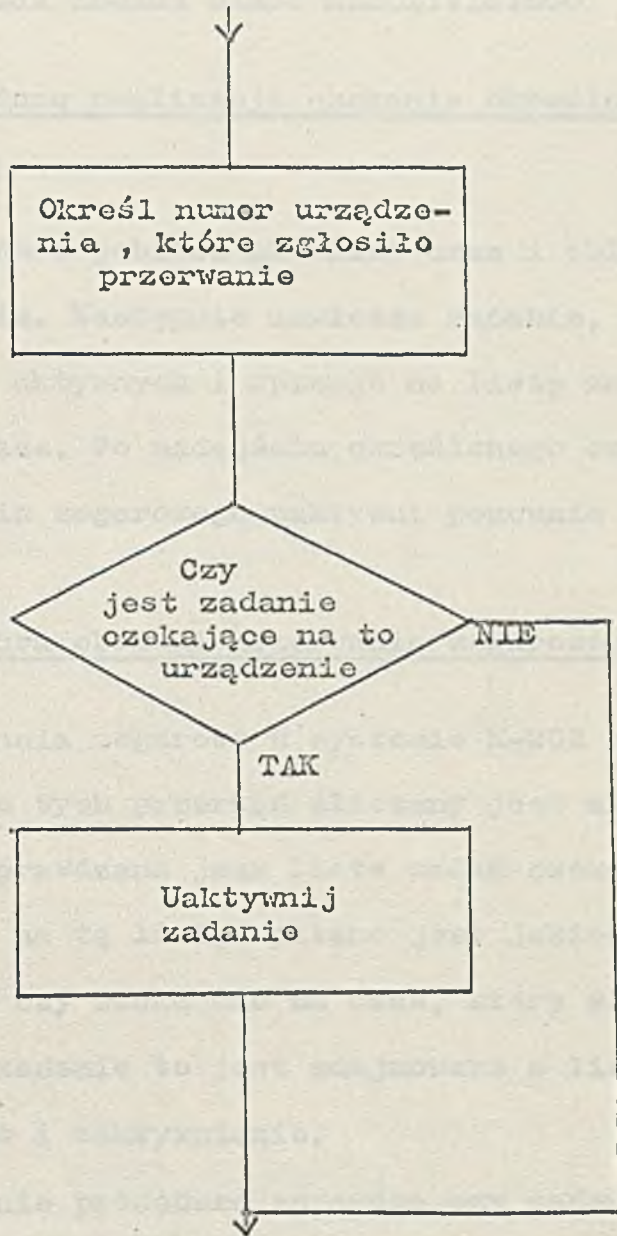
Rys.5. Procedura czytania znaku z urządzenia

4.2. Procedura czytania znaku z urządzenia

Procedura wysyła rozkaz wczytania znaku z urządzenia. Jeśli urządzenie nie wczytało jeszcze znaku następuje zawieszenie zadania z warunkiem czekania na przerwanie z urządzenia. Po nadejściu przerwania zadanie zostanie uruchomione i ponownie będzie próbować wczytać znak z urządzenia /rys.5/.

4.3. Procedura obsługi przerwania z kanałów znakowych

Procedura ta określa numer urządzenia, które zgłosiło przerwanie i jeśli na to urządzenie czeka jakieś zadanie procedura wywołuje koordynator, który uaktywnia zadanie /rys.6/.



Rys.6. Procedura obsługi przerwania z kanałów znakowych

5. REALIZACJA ZEGARA CZASU RZECZYWISTEGO

5.1. Procedura realizacji czekania określona ilość czasu

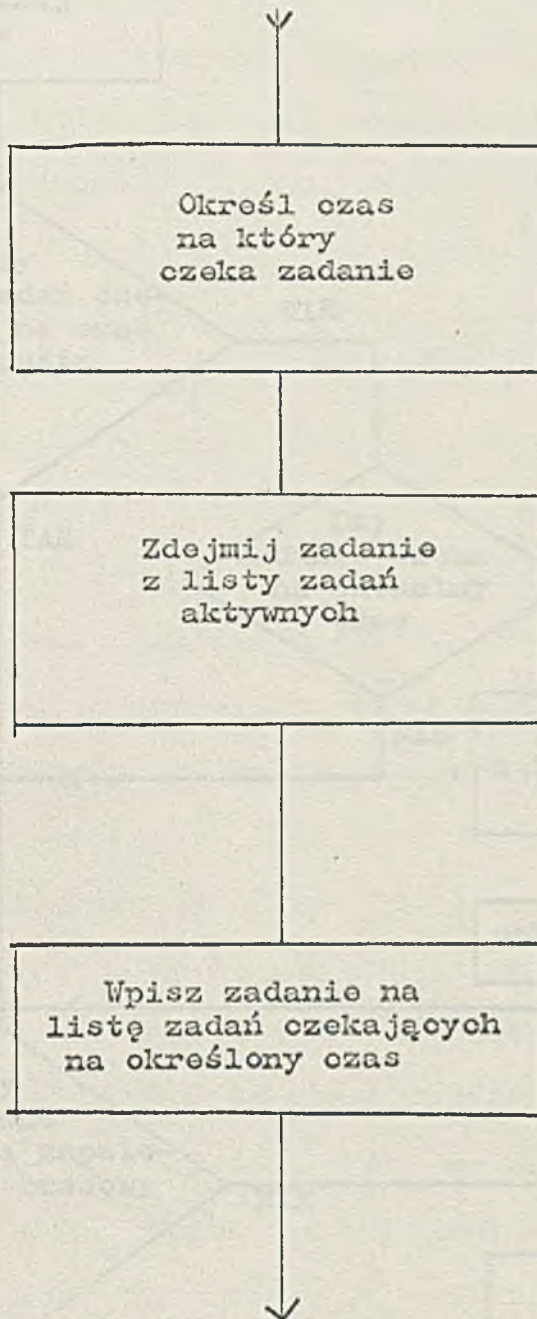
Procedura pobiera aktualny czas i oblicza czas na który czeka zadanie. Następnie zawiesza zadanie, zdejmując je z listy zadań aktywnych i wpisuje na listę zadań czekających na określony czas. Po nadejściu określonego czasu procedura obsługi przerwania zegarowego uaktywni ponownie zadanie /rys.7/.

5.2. Procedura obsługi przerwania zegarowego

Przerwania zegarowe w systemie K-202 nadchodzą co 100ms. Na podstawie tych przerwania zliczany jest aktualny czas. Następnie sprawdzana jest lista zadań czekających na określony czas. Jeśli na tę listę wpisano jest jakieś zadanie to sprawdzane jest czy czeka ono na czas, który właśnie upłynął. Jeśli tak, zadanie to jest zdejmowane z listy zadań czekających na czas i uaktywnienie.

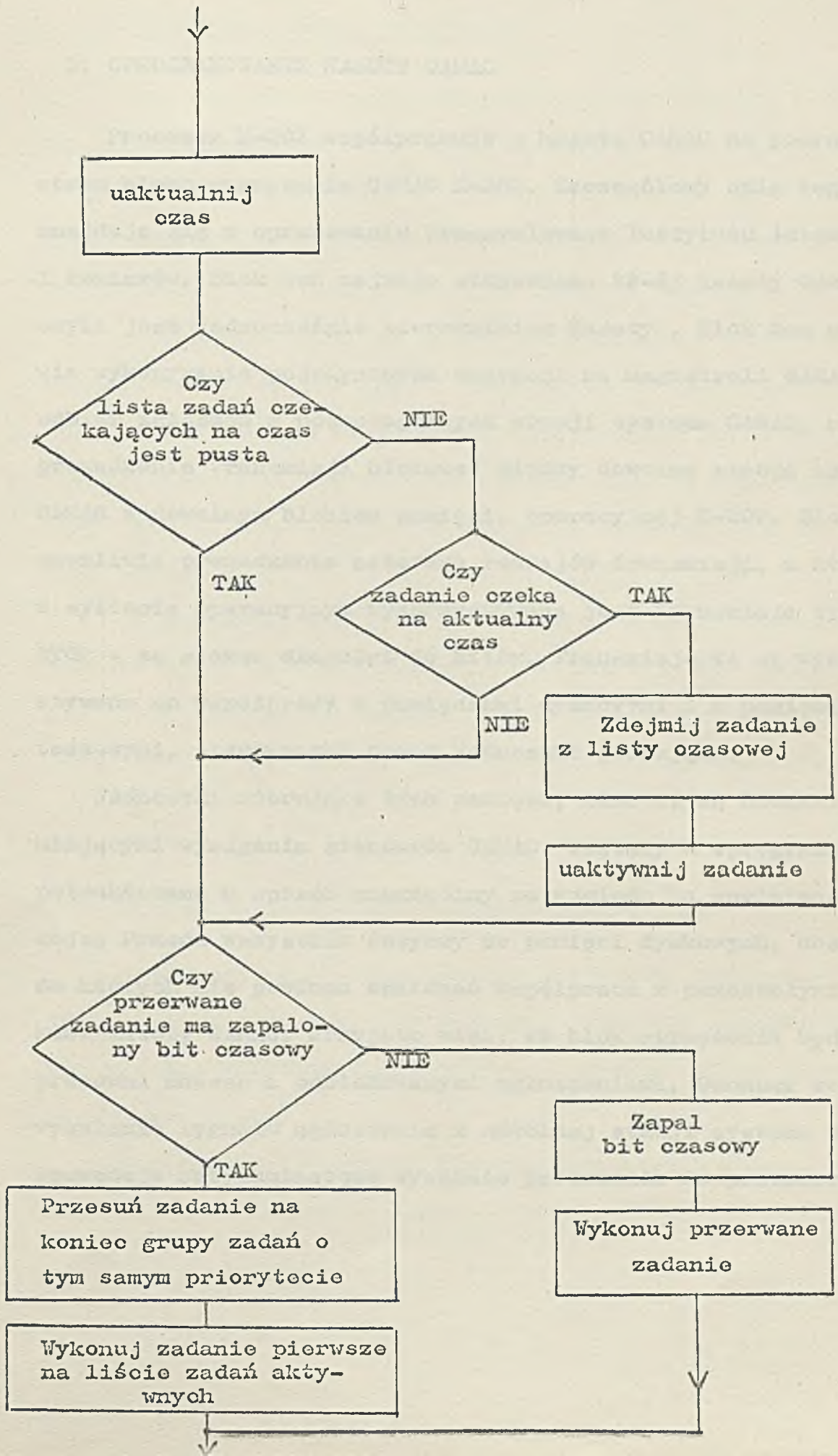
Następnie procedura sprawdza czy zadanie przed chwilą wykonywane ma zapalony bit czasu w słowie stanu. Jeśli nie, to ulega on zapaleniu i następuje powrót do przerwanego zadania. Jeśli bit jest już zapalony procedura wywołuje koordynator, który dokonuje operacji przesunięcia zadania na koniec grupy zadań o tym samym priorytecie.

W ten sposób zapewniany jest time-sharing zadań /rys.8/.



Rys.7. Procedura realizacji czekania określoną ilość czasu.

Rys. 8. Procedura obsługi przerwania zegarowego



6. OPROGRAMOWANIE KASETY CAMAC

Procesor K-202 współpracuje z kasetą CAMAC za pośrednictwem bloku sprzężenia CAMAC K-202. Szczegółowy opis tego bloku znajduje się w opracowaniu Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów. Blok ten zajmuje stanowiska 22-25 kasety CAMAC, czyli jest jednocześnie sterownikiem kasety. Blok ten umożliwia wykonywanie pojedynczych operacji na magistrali CAMAC, odbiór zgłoszeń z poszczególnych stacji systemu CAMAC, a także prowadzenie transmisji blokowej między dowolną stacją kasety CAMAC a dowolnym blokiem pamięci operacyjnej K-202. Blok ten umożliwia prowadzenie czterech rodzajów transmisji, z których w systemie operacyjnym wykorzystywana jest transmisja typu STOP - ze słowem długości 16 bitów. Transmisje te są wykorzystywane do współpracy z pamięciami dyskowymi i z pamięciami taśmowymi, sterowanymi przez jednostki sterujące.

Jednostki sterujące tych pamięci, mimo iż są blokami spełniającymi wymagania standardu CAMAC, zostały w oprogramowaniu potraktowane w sposób szczególny ze względu na spełnione funkcje. Przede wszystkim dotyczy to pamięci dyskowych, dostępu do których nie powinna zakłócać współpraca z pozostałymi blokami kasety CAMAC. Przyjęto więc, że blok sprzężenia będzie pracował zawsze z odblokowanymi zgłoszeniami. Oznacza to, że wysyłanie sygnału zgłoszenia z dowolnej stacji systemu CAMAC spowoduje natychmiastowe wysłanie przerwania do procesora K-202.

6.1. Rezerwacja bloku sprzężenia

Aby wykluczyć możliwość jednoczesnego dostępu kilku zadań do bloku sprzężenia, a w szczególności do pamięci dyskowych, zastosowano system rezerwacji bloku sprzężenia. Każdorazowo, przed wykonaniem operacji z użyciem bloku sprzężenia zadanie sprawdza czy blok jest wolny, jeśli tak - zajmuje go.

Jeśli blok jest już zajęty zadanie ulega zawieszeniu i wpisuje się do kolejki zadań czekających na zwolnienie bloku sprzężenia. Zadanie zwalniające blok sprzężenia, po wykonaniu operacji sprawdza czy na blok ten nie czekają inne zadania - jeśli tak to pierwsze z nich zostanie uaktywnione i zajmie blok sprzężenia.

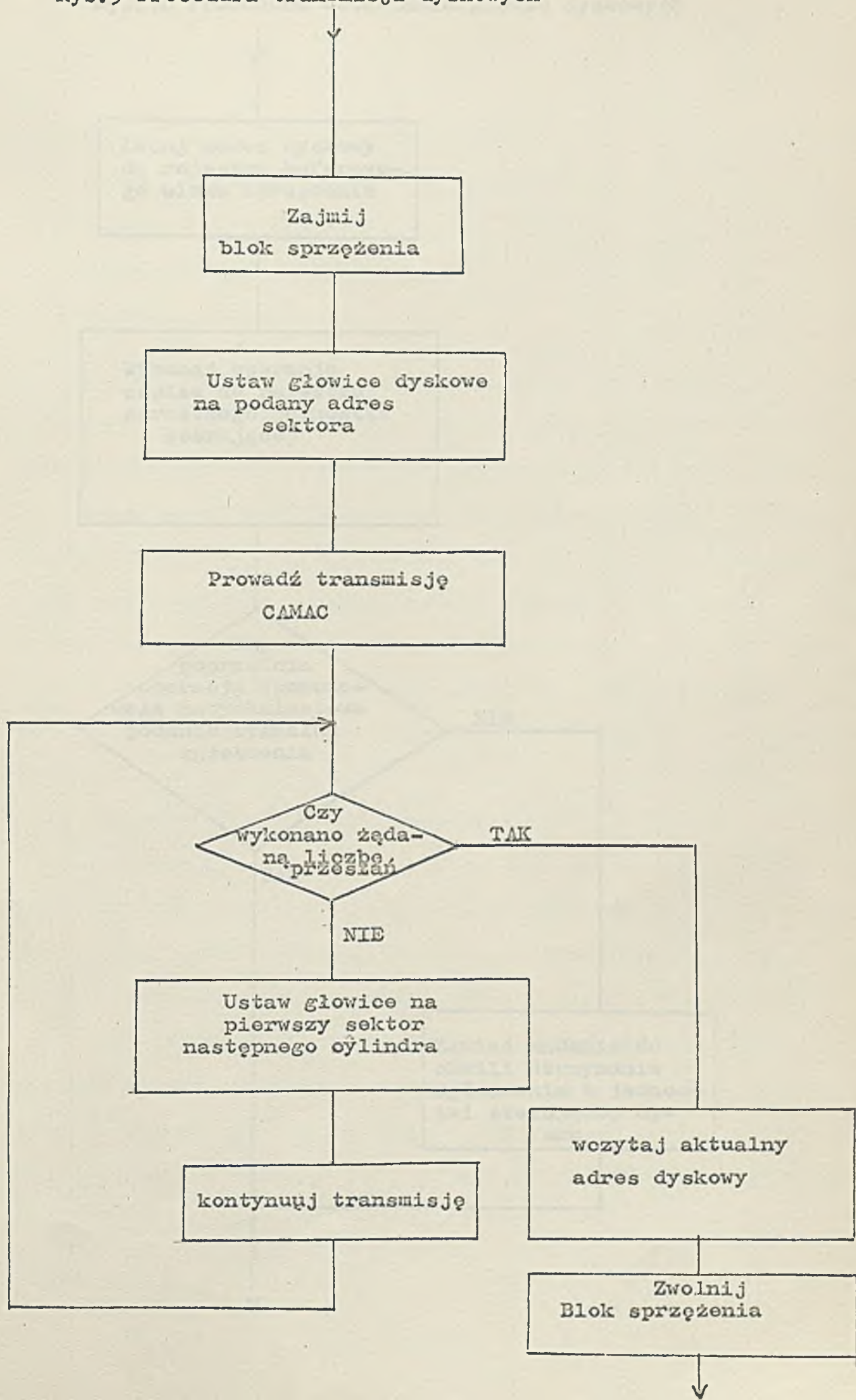
W przypadku współpracy z pamięcią dyskową rezerwacja jest dokonywana na cały ciąg operacji koniecznych dla przeprowadzenia jednej transmisji dyskowej. Dla pozostałych bloków rezerwacja jest dokonywana na przeciąg pojedynczej operacji.

6.2. Procedury współpracy z pamięcią dyskową

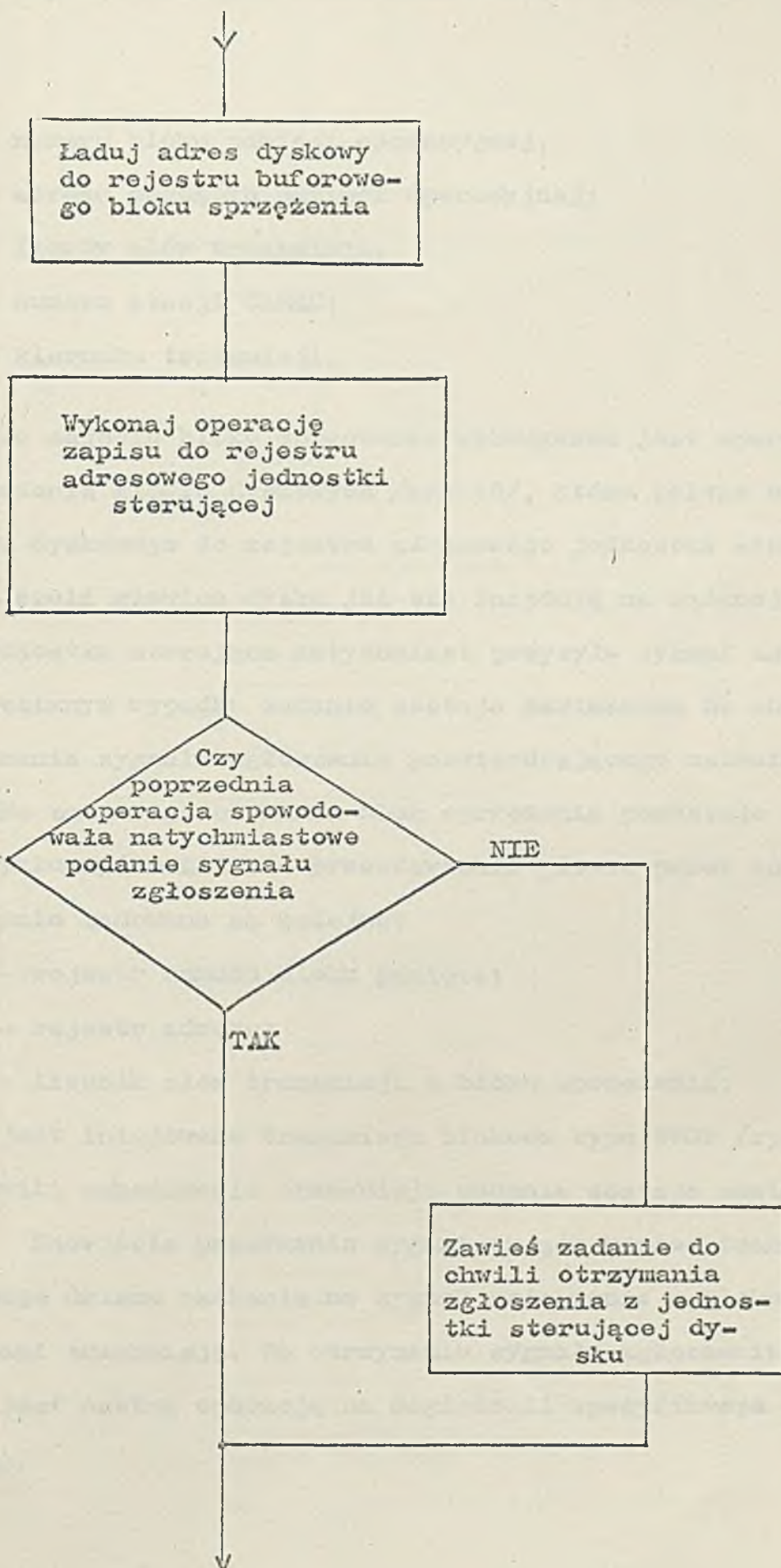
Procedury współpracy z pamięcią dyskową umożliwiają transmisję między pamięcią dyskową a dowolnym blokiem pamięci operacyjnej o dowolnej długości - od jednego słowa do całej pojemności bloku.

Podstawowa procedura transmisji dyskowych wymaga podania następujących parametrów /rys.9/:

Rys.9 Procedura transmisji dyskowych



Rys.10 Procedura ustawiania głowic dyskowych



- numeru bloku pamięci operacyjnej;
- adresu początku pamięci operacyjnej;
- liczby słów transmisji;
- numeru stacji CAMAC;
- kierunku transmisji.

Po zajęciu bloku sprzężenia wykonywana jest operacja ustawienia głowic dyskowych /rys.10/, która polega na zapisie adresu dyskowego do rejestru adresowego jednostki sterującej.

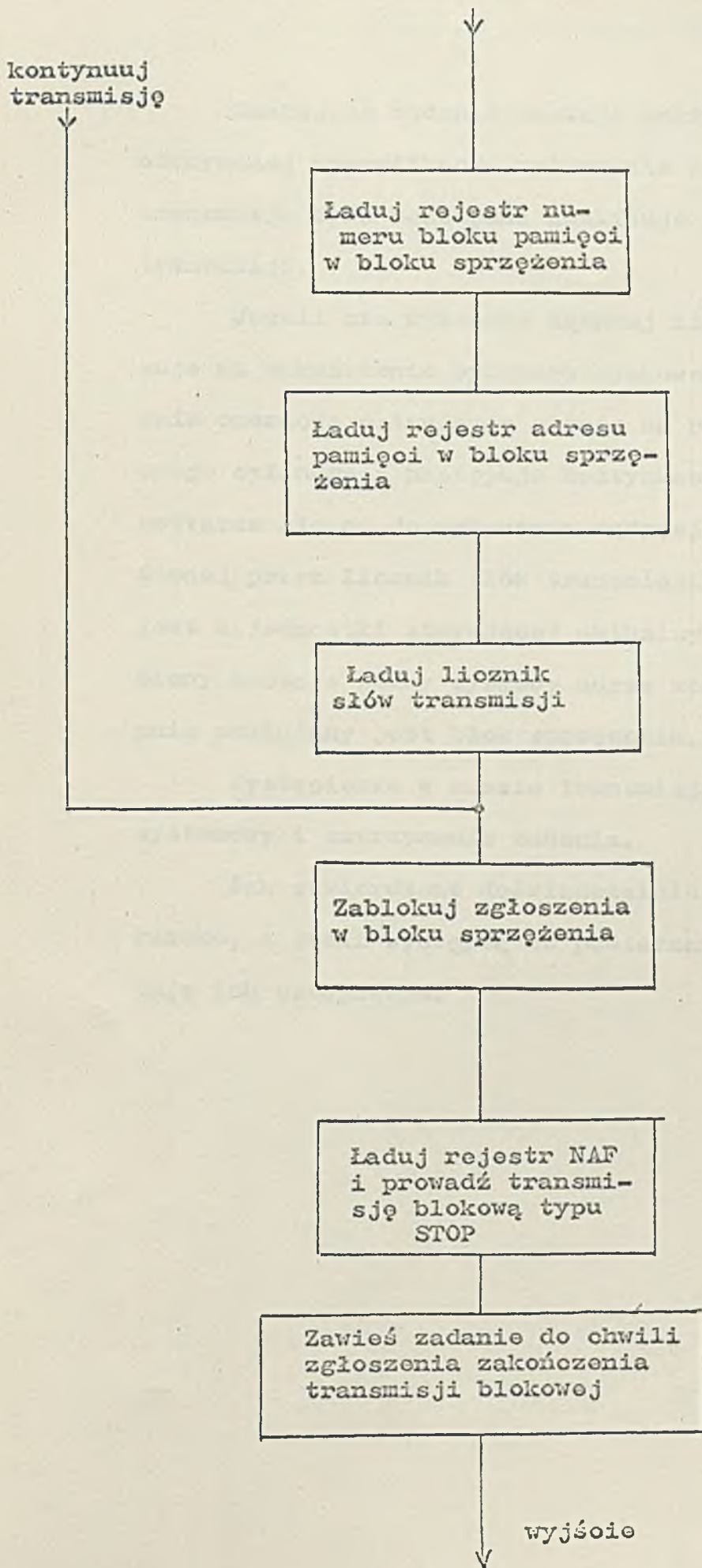
Jeżeli głowica dysku już się znajdują na żądanej ścieżce, to jednostka sterująca natychmiast przysyła sygnał zgłoszenia. W przeciwnym wypadku zadanie zostaje zawieszona do chwili otrzymania sygnału zgłoszenia potwierdzającego ustawienie głowic. Na czas tego czekania blok sprzężenia pozostaje zajęty, aby wykluczyć możliwość przestawienia głowic przez inne zadanie. Następnie ładowane są kolejno:

- rejestr numeru bloku pamięci;
- rejestr adresu;
- licznik słów transmisji w bloku sprzężenia;

oraz jest inicjowana transmisja blokowa typu STOP /rys.11/. Do chwili zakończenia transmisji zadanie zostaje zawieszona.

Nadejście przerwania sygnalizujące koniec transmisji powoduje dalsze oczekiwanie na sygnał zgłoszenia z bloku, który prowadził transmisję. Po otrzymaniu sygnału zgłoszenia wczytywana jest osobną operacją na magistrali specyfikacja tego zgłoszenia.

Rys.11 Procedura transmisji CAMAC



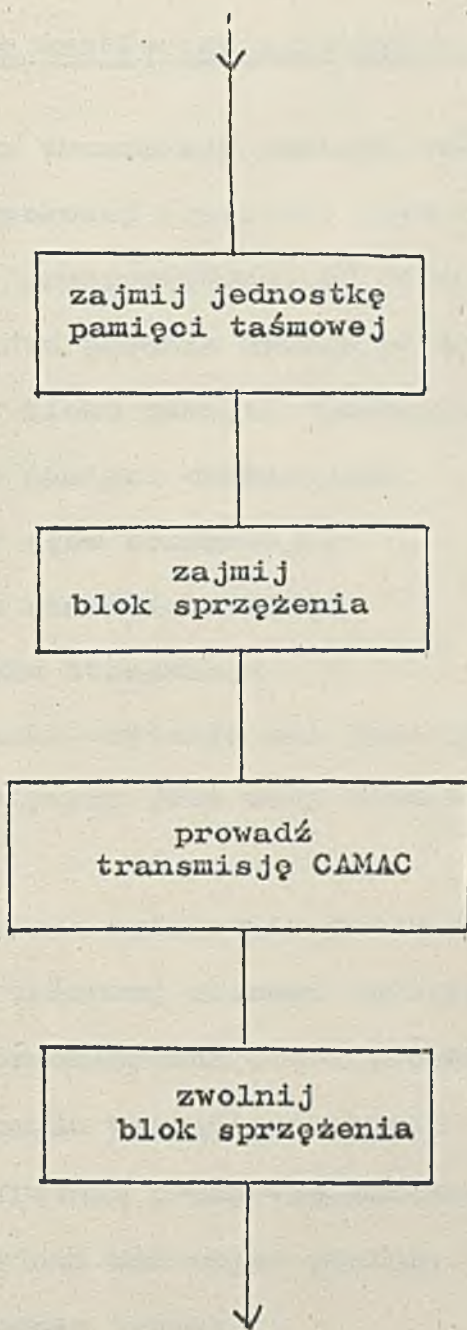
Czekające zadanie zostaje uaktywnione, dokonuje analizy otrzymanej specyfikacji zgłoszenia i jeśli przeprowadzona transmisja była bezbłędna analizuje przyczynę zakończenia transmisji.

Jeżeli nie wykonało żądanej liczby przesłań, co wskazuje na zakończenie cylindra dyskowego wykonywana jest ponownie operacja ustawiania głowic na pierwszy sektor następnego cylindra i następuje kontynuacja transmisji. Cykl ten powtarza się aż do wykonania żądanej liczby przesłań określonej przez licznik słów transmisji. Następnie wczytywany jest z jednostki sterującej aktualny numer sektora i określony zostaje pełny dyskowy adres końca transmisji, a następnie zwalniany jest blok sprzężenia.

Wystąpienie w czasie transmisji błędów powoduje alarm systemowy i zatrzymanie zadania.

Jak stwierdzono doświadczalnie błędy występują dość rzadko, a jeśli wystąpią to powtarzanie transmisji nie powoduje ich ustąpienia.

Rys.12 Procedura transmisji pamięci taśmowej



6.3. Procedury współpracy z pamięcią taśmową

Procedura transmisji pamięci taśmowych jest znacznie prostrza od dyskowej /rys.12/, gdyż nie wymaga ustawiania głowic i jest przeprowadzana od razu w całości.

W przypadku pisania wymaga podania:

- numeru bloku pamięci operacyjnej;
- adresu pamięci operacyjnej;
- liczby słów transmisji;
- numeru stanowiska CAMAC;
- kierunku transmisji.

W przypadku ozytania nie jest podawana liczba słów transmisji, a wozytywany jest cały blok taki, jaki został zapisany na taśmie.

Specyfikacja zgłoszenia podawana przez jednostkę sterującą pamięci taśmowej stanowi informację o ewentualnych błędach i jest przekazywana przez procedurę.

W przypadku wystąpienia błędów transmisja może być wykonywana wielokrotnie przez wielokrotne wywoływanie procedury. Poza transmisjami kontroler pamięci taśmowej umożliwia operację sterowania ruchem taśmy:

skocz o bok do przodu;

skocz o bok do tyłu;

skocz o zbiór do przodu;

skocz o zbiór do tyłu;

przesuń taśmę do fizycznego początku,

i operacja pisz: znacznik końca zbioru.

Operacje te są wykonywane jako pojedyncze operacje na magistrali CAMAC z oczekaniem na sygnał zgłoszenia potwierdzającym wykonanie operacji.

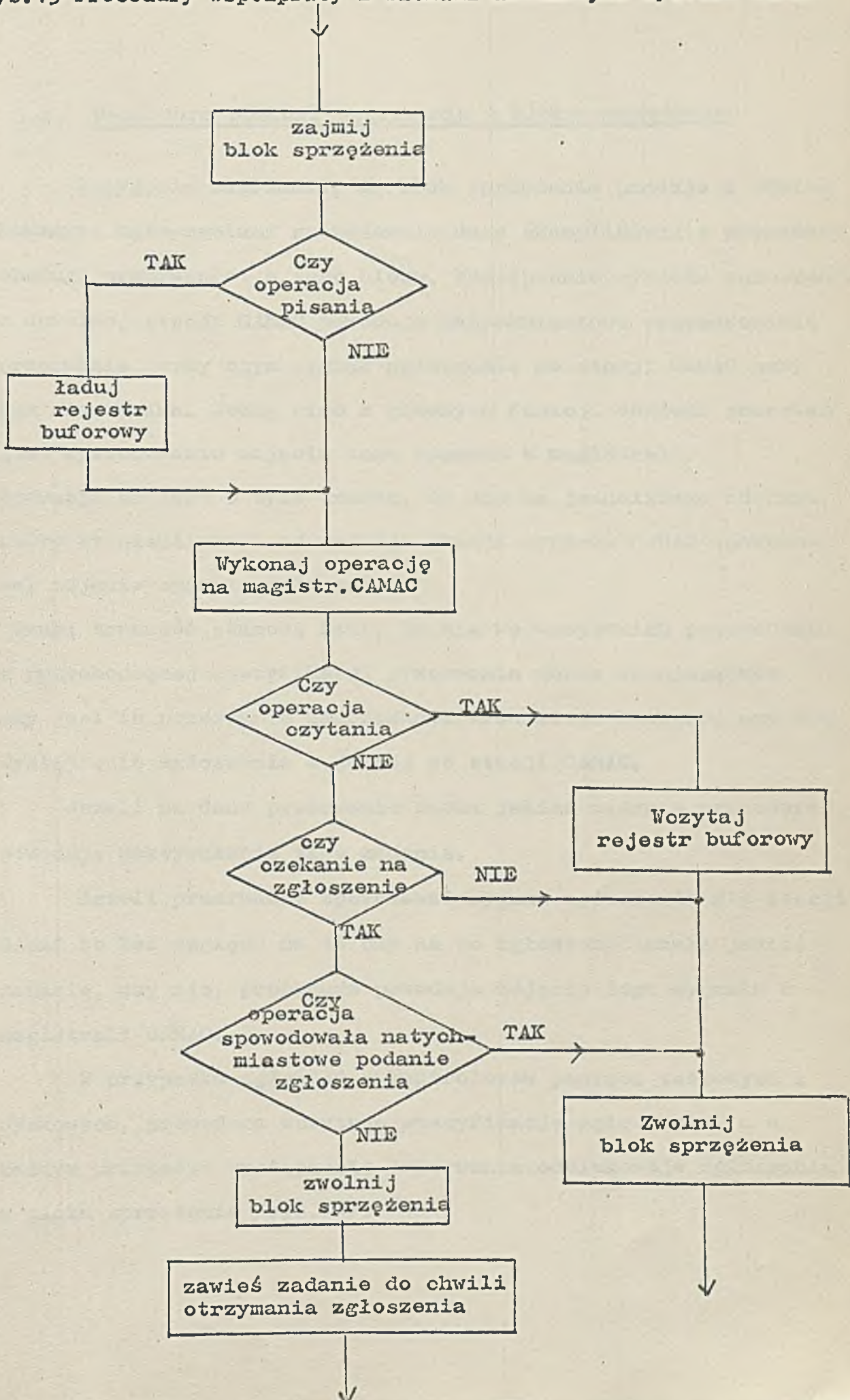
6.4. Procedura współpracy z blokami automatyki systemu CAMAC

Procedura ta umożliwia wykonywanie pojedynczych operacji na magistrali CAMAC dotyczących dowolnej stacji. Możemy rozróżnić zatem cztery typy operacji:

- operacja pisania słowa 24-bitowego;
- operacja czytania słowa 24-bitowego;
- operacja na magistrali;
- operacja na magistrali z zawieszeniem zadania do chwili otrzymania sygnału zgłoszenia.

W ostatnim przypadku blok sprzężenia zwalniany jest przed zawieszeniem zadania /rys.13/.

Rys.13 Procedury współpracy z blokami automatyki systemu CAMAC



6.5. Procedura obsługi przerwania z bloku sprzężenia

Przyjęcie założenia, że blok sprzężenia pracuje z odblokowanymi zgłoszeniami spowodowało duże skomplikowanie procedury obsługi przerwania z tego bloku. Wystąpienie sygnału zgłoszenia z dowolnej stacji CAMAC powoduje natychmiastowe wygenerowanie przerwania, przy czym sygnał zgłoszenia ze stacji CAMAC przy tym nie zanika. Jedną więc z głównych funkcji obsługi przerwania jest spowodowanie zdjęcia tego sygnału z magistrali. Operacja ta jest o tyle trudna, że nie ma jednolitego rozkazu, który by niezależnie od rodzaju stacji systemu CAMAC spowodował zdjęcie sygnału zgłoszenia.

Drugą trudność stanowi fakt, że nie we wszystkich przypadkach z przychodzącej specyfikacji przerwania można wywnioskować czy jest to przerwanie zakończenia transmisji blokowej czy też wystąpienie zgłoszenia z jednej ze stacji CAMAC.

Jeżeli na dane przerwanie czeka jakieś zadanie procedura powoduje uaktywnienie tego zadania.

Jeżeli przerwanie spowodował sygnał zgłoszenia się stacji CAMAC to bez względu na to czy na to zgłoszenie czeka jakieś zadanie, czy nie, procedura powoduje zdjęcie tego sygnału z magistrali CAMAC.

W przypadku zgłoszeń z kontrolerów pamięci taśmowych i dyskowych, procedura wczytuje specyfikację zgłoszenia, a w każdym przypadku wystąpienia przerwania odblokowuje zgłoszenia w bloku sprzężenia /rys.14/.

Rys.14 Procedura obsługi przerwania z bloku sprzężenia

