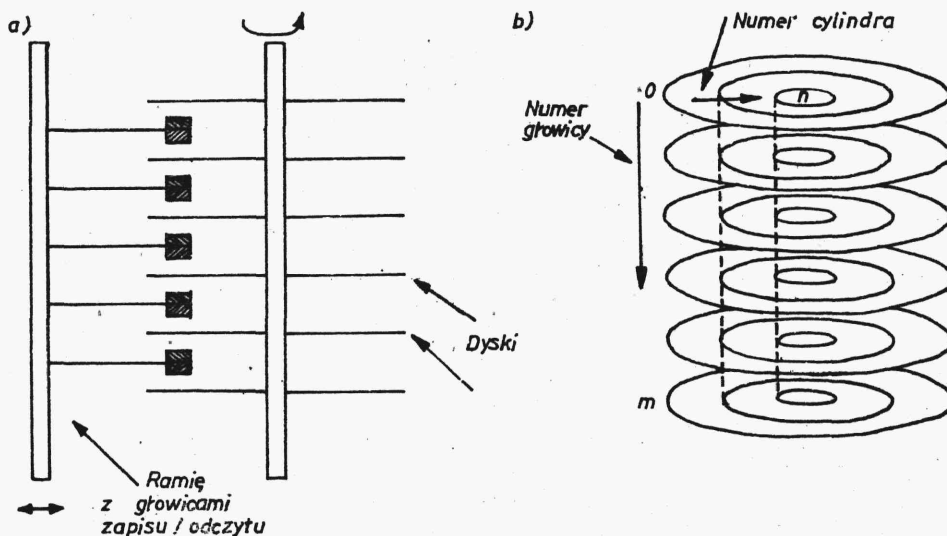


9.6. Pamięci dyskowe

9.6.1. Budowa i zasada działania

Nośnikiem informacji w pamięciach dyskowych są dyski metalowe (lub w niektórych rozwiązaniach - plastikowe) pokryte materiałem twardym magnetycznie. Zestaw dysków umieszczonych na wspólnej osi nazywamy pakiem. Pakiet poruszany jest przez silnik elektryczny i obraca się ze stałą prędkością $\omega = 33 - 50$ obr/s.

Zazwyczaj do przechowywania informacji używane są obie powierzchnie dysku, zwane powierzchniami roboczymi. Wyjątkiem są zewnętrzne powierzchnie pakietu, które mogą być narażone najłatwiej na kontakt z otoczeniem, czyli mogą być najłatwiej uszkodzone. Dlatego pakiet n -dyskowy ma tylko $2n-2$ powierzchni roboczych. Informacje są zapisywane na ścieżkach tworzących koła koncentryczne na powierzchni dysku.



Rys.9.7. Pamięć dyskowa z ruchomymi głowicami: a) przekrój poprzeczny, b) koncepcja cylindra

Zbiór ścieżek z danej powierzchni roboczej obsługuje oddzielna głowica lub czasami zestaw głowic. Głowice mogą być stałe lub ruchome. W przypadku głowic stałych odpowiednia głowica (czyli tym samym - ścieżka) jest wybierana i przełączana elektronicznie, czyli czas przełączania jest pomijalny. Głowice ruchome mogą być przesuwane grupowo lub indywidualnie, przy czym w danej chwili operację odczytu/zapisu może wykonywać tylko jedna z nich.

W dalszym ciągu będziemy się zajmować najczęściej spotykanymi pamięciami dyskowymi z głowicami ruchomymi, umieszczonymi na wspólnym ramieniu i poruszającymi się grupowo razem z ramieniem prostopadle do osi obrotu pakietu (rys.9.7a). Linia pionowa przechodząca przez wszystkie głowice jest tworzącą walca, dlatego też zbiór ścieżek, który może być obsługiwany przez zestaw głowic bez zmiany jego położenia, nazywamy cylindelem. Liczba cylindrów równa jest liczbie ścieżek na powierzchni roboczej dysku, zaś liczba ścieżek w cylindrze równa jest liczbie powierzchni roboczych pakietu, czyli tym samym liczbie głowic zapisu/odczytu. Porównując ideę budowy pamięci bębnowej i dyskowej łatwo można zauważyć, że pakiet dyskowy składa się z szeregu włożonych jeden w drugi "bębnow" (są to właśnie cylindry); z których pozostały jednak tylko ścieżki (rys.9.7b).

Ze względu na charakter połączenia pakietu z jednostką dyskową możemy podzielić pamięci dyskowe na stałe i z wymiennymi pakietami. Pamięci dyskowe stałe są na ogół pamięciami o bardzo dużej pojemności, lecz dość drogimi i stosunkowo mało rozpowszechnionymi. Zastosowanie stałych pamięci dyskowych może być uzasadnione ekonomicznie i technicznie w wielkich systemach informatycznych, w których konieczne jest posiadanie dużych zbiorów informacji dostępnych bezpośrednio i przechowywanych w pamięciach adresowalnych. W dalszym ciągu nie będziemy się zajmować pamięciami stałymi.

Charakteryzując pamięć dyskową z wymiennymi pakietami, z punktu widzenia jej pojemności, należy pamiętać, że:

- do jednostki centralnej można podłączyć pewną ilość jednostek sterujących pamięcią dyskową,

- jednostka sterująca może sterować określoną ilością jednostek dyskowych,
- do jednostki dyskowej zakładany jest pakiet dysków wymiennych,
- pakiet dysków składa się z pewnej ilości płyt połączonych ze sobą na stałe,
- każda płyta ma jedną lub dwie płaszczyzny robocze,
- każda płaszczyzna robocza posiada pewną ilość koncentrycznych ścieżek,
- każda ścieżka zawiera pewną ilość słów maszynowych, znaków lub bajtów,
- w niektórych systemach komputerowych (np. ICL) każda ścieżka podzielona jest na pewną ilość sektorów, przy czym sektor jest najmniejszą, z punktu widzenia sprzętu, adresowalną jednostką.

Na przykład pamięć dyskową ICL typ 2802 można scharakteryzować następująco:

- do komputera mogą być podłączone najwyżej dwie jednostki sterujące pamięcią dyskową,
- do każdej jednostki sterującej może być dołączonych 8 jednostek dyskowych,
- pakiet dysków składa się z 6 płyt, czyli 10 powierzchni roboczych,
- każda powierzchnia robocza zawiera 200 ścieżek,
- każda ścieżka zawiera 8 sektorów,
- pojemność sektora wynosi 512 znaków,
- pojemność pakietu - 8 192 000 znaków,
- maksymalna pojemność całej konfiguracji dostępnej w trybie bezpośrednim (ang.on-line) wynosi 131 072 000 znaków (6-bitowych).

Podobnie można zaprezentować pamięć dyskową JS RIAD typ 5056:

- dwie jednostki sterujące do komputera,
- do każdej jednostki maksymalnie 8 jednostek dyskowych,
- pakiet składa się z 6 płyt i 10 powierzchni roboczych,
- każda powierzchnia robocza zawiera 200 ścieżek (plus 3 zapasowe),

- pojemność ścieżki - 3625 bajtów,
- pojemność pakietu - 7 250 000 bajtów,
- pojemność pełnej konfiguracji - 116 000 000 bajtów.

9.6.2. Fizyczna organizacja danych w pamięciach dyskowych

Informacje są zapisywane na ścieżkach sekwencyjnie bit za bitem, znak za znakiem. W większości pamięci dyskowych każda ścieżka zawiera tę samą ilość znaków, czyli gęstość zapisu rośnie przy poruszaniu się do środka pakietu. Początek ścieżki jest określony przez specjalny punkt odniesienia wspólny dla wszystkich dysków pakietu (może to być nacięcie lub otwór w jednym z dysków). Informacje przechowywane są na ścieżkach, podobnie jak na taśmie magnetycznej, blokami stałej lub zmiennej długości. Struktura bloku może być mniej lub bardziej rozbudowana, w zależności od stopnia złożoności i autonomiczności kanałów zewnętrznych oraz pamięci dyskowej.

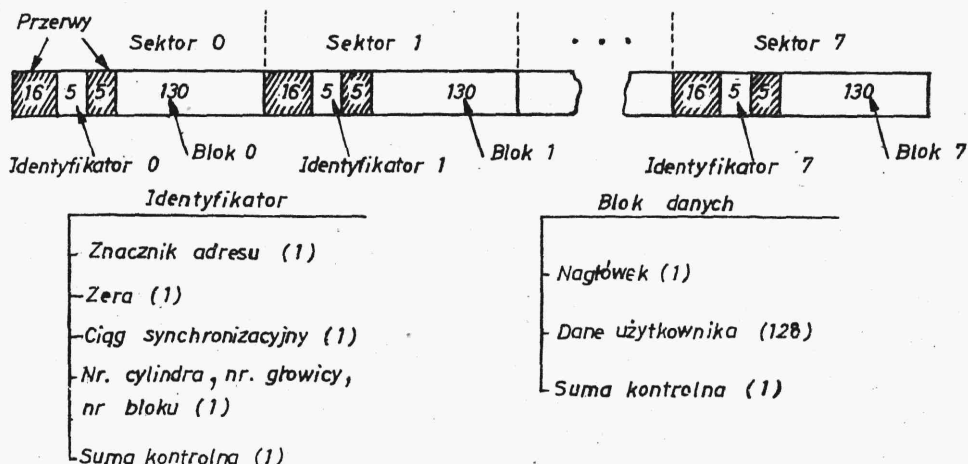
Każdy blok danych jest identyfikowany przez:

- numer cylindra,
- numer powierzchni roboczej dysku (numer głowicy),
- numer bloku na ścieżce.

9.6.2.1. Fizyczna organizacja danych dla komputerów serii ODRA 1300 i ICL 1900

W komputerach serii ODRA 1300 oraz ICL 1900 ścieżka podzielona jest na 8 równych części, zwanych sektorami. Każdy sektor zawiera identyfikator oraz blok danych (rys.9.8). Jednostka sterująca pamięci dyskowej nie potrafi rozpoznać struktury wewnętrznej bloku. Programy zarządzania danymi umożliwiają zapisywanie/odczytywanie danych z dysków w tzw. porcjach (ang. bucket), czyli porcja jest najmniejszą, z punktu widzenia programisty, jednostką wymiany informacji między pamięcią dyskową a pamięcią operacyjną. Porcja może mieć dłu-

gość jednego, dwóch, czterech lub ośmiu sektorów w obrębie tej samej ścieżki. Porcja w takim ujęciu odpowiada pojęciu bloku wprowadzonemu w p.9.1.



Rys.9.8. Struktura ścieżki pamięci dyskowej wg standardów ICL/ODRA (wszystkie liczby oznaczają długości w słowach 24-bitowych)

Do porcji może należeć jeden lub więcej zapisów, przy czym rozmiar zapisu nie może być większy niż rozmiar porcji, czyli największy zapis nie może przekraczać długości ścieżki.

Wielkość porcji jest ustalana dla każdego zbioru danych oddzielnie, przy czym na decyzję mają wpływ m.in. następujące czynniki:

- rozmiar i typ zapisu (stałej czy zmiennej długości),
- wielkość dostępnego obszaru pamięci operacyjnej (im większy obszar mamy do dyspozycji, tym większe można stosować porcje),
- aktywność zbioru *) (im większa aktywność, tym większe powinny być porcje),

*) Aktywnością zbioru nazywamy stosunek (wyrażony najczęściej w procentach) liczby zapisów zbioru, które będą wykorzystywane w jednym przebiegu programu (tzw. "zapisy trafione"), do liczby wszystkich zapisów zbioru. Im większa aktywność i większa porcja, tym większe prawdopodobieństwo, że w znalezionej porcji znajdzie się więcej niż jeden szukany zapis.

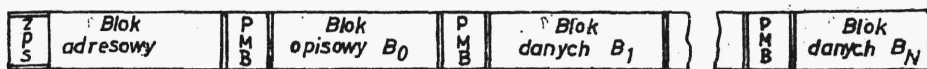
- czas przetwarzania (szybciej można zapisać/ odczytać porcję 8-sektorową niż 8 porcji 1-sektorowych).

Adresem określonej jednostki danych w zbiorze przechowywanym w pamięci dyskowej, z punktu widzenia projektanta systemu informatycznego, jest numer porcji w zbiorze. Porcje zawierające rozważany zbiór są numerowane kolejno, począwszy od 1, 2 itd., przy czym wielkość porcji określona dla tego zbioru nie może ulec zmianie. Natomiast dla różnych zbiorów znajdujących się na tym samym pakiecie dyskowym wielkość porcji może być różna. Dzięki programom zarządzania danymi wystarczy wiedzieć, że na przykład zapis o danym pracowniku znajduje się w porcji nr 15 zbioru o nazwie KARTOTEKA-OSOBOWA; nie musimy znać rzeczywistego, związanego ze sprzętem adresu mianowicie numeru pakietu, numeru cylindra, numeru ścieżki na cylindrze oraz ewentualnie numeru sektora na ścieżce.

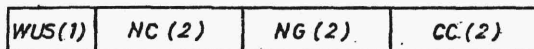
9.6.2.2. Fizyczna organizacja danych dla komputerów IBM System 360/370 oraz JS RIAD

Standardy organizacji danych w pamięciach dyskowych komputerów IBM 360/370 i JS RIAD pozwalają na istnienie bloków nie tylko stałej i zmiennej długości, ale także bloków przekraczających wielkość ścieżki. Należy zwrócić uwagę, że w nomenklaturze wspomnianych systemów nie występuje pojęcie blok, tylko zapis fizyczny (notka w p.9.1).

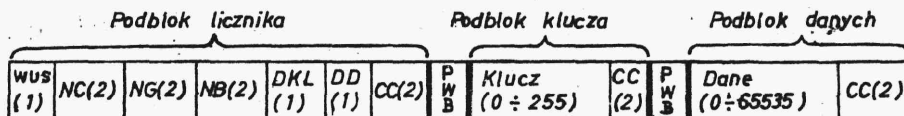
Początek każdej ścieżki, jak już wspomniano, oznaczony jest specjalnym znacznikiem (otwór lub nacięcie). Na początku ścieżki w bloku adresowym zapisany jest jej adres, czyli numer cylindra oraz numer głowicy zapisu/odczytu (czyli numer powierzchni roboczej). Adres ten jest wykorzystywany w celach kontrolnych. Za adresem umieszczony jest blok opisowy B_0 , który jest wykorzystywany do przechowywania informacji o ścieżce. Za blokiem opisowym występują kolejne bloki danych B_1 , B_2 , itd. Blok danych, którego strukturę wewnętrzną przedstawiono na rys.9.9 zawiera 3 podbloki, mianowicie:



Struktura wewnętrzna ścieżki



Blok adresowy (struktura wewnętrzna)



Blok danych (struktura wewnętrzna)

Rys.9.9. Struktura ścieżki pamięci dyskowej wg standardów JS RIAD oraz IBM 360/370. (wszystkie liczby oznaczają długości pól w bajtach). ZPS-znacznik początku ścieżki, PMB - przerwa międzyblokowa, PWB - przerwa wewnątrzblokowa, WUS-wskaźnik uszkodzenia ścieżki, NC-numer cylindra, NG-numer głowicy, CC-kontrola cykliczna (suma kontrolna), NB-numer bloku, DKL-długość klucza, DD-długość danych

- podblok licznika zawierający informacje identyfikujące oraz długości pozostałych podbloków,

- podblok klucza, który może być wykorzystany do przyspieszenia lokalizacji określonego zapisu w zbiorze; podblok klucza może być pominięty, a jego długość może wynosić 0 - 255 bajtów,

- podblok danych zawierający dane użytkownika; jego długość może zmieniać się w przedziale 0 - 65 535. Dla pamięci dyskowej typ 2311 maksymalna długość podbloku danych jest równa długości ścieżki zmniejszonej o podblok opisowy, podblok klucza oraz poprzednie inne bloki.

Wielkości przerw międzyblokowych nie są stałe i zależą od długości poprzedzających je bloków.

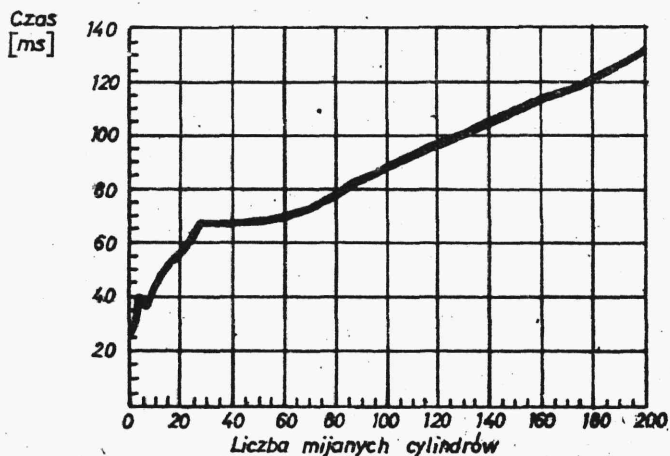
Blok opisowy B_0 ma taki sam format jak inne bloki, przy czym podblok danych ma długość 8 bajtów, zaś podbloku klucza nie ma (długość = 0 bajtów). Blok ten jest wykorzystywany do wskazywania zapasowej ścieżki w przypadku uszkodzenia ścieżki podstawowej. W czasie inicjalizacji pakietu dysków, polegającej na wpisaniu adresów własnych na ścieżkach oraz bloków opisowych B_0 , wyznaczone są ścieżki zapasowe, których adresy zosta-

ją zapisane w podbloku licznika. W podbloku danych bloku B_0 umieszczany jest numer ostatniego bloku na ścieżce oraz wielkość wolnego miejsca na ścieżce (ilość wolnych bajtów). Pojemność ścieżki liczona jest z pominięciem bloku opisowego B_0 .

9.6.3. Czas dostępu do danych w pamięciach dyskowych

Czas dostępu do informacji w pamięci dyskowej jest sumą czterech składników, które omówimy krótko poniżej:

Czas przemieszczenia głowic jest to czas przemieszczenia ramienia z głowicami i ustawienia ich nad odpowiednim cylindrem. Ramię z głowicami poruszane jest hydraulicznym serwowmotorem lub tzw. elektromagnetycznym silnikiem liniowym. Czas ten będzie w przybliżeniu liniowo zależny od liczby cylindrów, które muszą minąć głowice. Głowice poruszają się wzdłuż ustalonego promienia, przy czym nie muszą rozpoczynać ruchu od środka lub obwodu płyty. Po znalezieniu szukanego cylindra głowice pozostają "zawieszone" nad ścieżkami, tworzącymi ten cylinder, aż do pojawienia się żądania informacji z innej ścieżki. Na rys.9.10 przedstawiono zależność czasu przesunięcia przemieszczenia głowic od liczby mijanych ścieżek dla pa-



Rys.9.10. Zależność czasu przemieszczania głowic od liczby mijanych cylindrów (dla pamięci dyskowej typ IBM 2311)

mięci dyskowej IBM typ 2311. Czas przemieszczania głowic zazwyczaj przyjmuje wartości z przedziału $\langle 10, 150 \rangle$ ms.

Czas przełączania (lub czas wybrania) głowicy jest to czas potrzebny na podłączenie do wzmacniacza zapisu/odczytu określonej głowicy z kompletu "omiatającego" wybrany cylinder, czyli jest to czas wyboru określonej ścieżki z cylindra. Czas ten jest pomijalnie mały, ponieważ przełączanie wykonywane jest elektronicznie.

Czas oczekiwania zwany też czasem opóźnienia (ang. rotational delay, latency time), jest to czas potrzebny, by fragment ścieżki, z którym realizujemy wymianę informacji znalazł się pod głowicą. Czas ten zależy od prędkości obrotowej dysku i od odległości żadanego bloku danych na ścieżce od głowic w momencie zainicjowania w kanale odpowiedniego rozkazu zapisu/odczytu. Czas ten jest zawarty w przedziale $\langle 0, 1/\omega \rangle$ gdzie ω - prędkość obrotowa dysku. Na ogół przyjmuje się, że czas ten jest równy połowie czasu obrotu, np. 12,5 ms dla pamięci IBM 2311.

Czas transmisji danych określany jest jako stosunek liczby znaków (bajtów) w bloku do prędkości transmisji. Należy zwrócić uwagę, że podobnie jak w przypadku pamięci taśmowych, jeśli nawet interesuje nas tylko jeden zapis bloku wielozapisowego, to i tak musimy przesłać cały blok. Prędkość transmisji w dużym stopniu zależy od prędkości obrotowej dysku oraz od gęstości zapisu.

Czasami należy także uwzględniać czas kontroli poprawności zapisania danych. Mianowicie blok danych jest zapisywany z tzw. znakami kontroli cyklicznej, ale w odróżnieniu od pamięci taśmowych, blok ten nie jest automatycznie wczytywany do pamięci operacyjnej i porównywany z "oryginałem". Użytkownik ma możliwość skorzystania z rozkazu "czytaj i weryfikuj", który powoduje powtórne wczytanie i sprawdzenie poprawności zapisania bloku. W wyniku tej operacji zwiększa się czas dostępu o czas pełnego obrotu dysku, który jest potrzebny do ustawienia głowic na początku danego bloku i powtórne odczytanie.

Jako podsumowanie podamy poniżej kilka uwag o działaniu i wykorzystaniu pamięci dyskowych:

- Pierwszym zadaniem programu zarządzania danymi (należącego do standardowego oprogramowania lub napisanego przez użytkownika w języku niskiego rzędu) przed dostępem do bloku danych w pamięci dyskowej jest określenie numeru cylindra i numeru ścieżki, zawierających szukany blok. Adres ten jest następnie wykorzystywany w operacji przemieszczania ramienia z głowicami do odpowiedniego cylindra, a następnie do wyboru odpowiedniej głowicy zapisu/odczytu. Operacja przemieszczania może być wykonywana jednocześnie z innymi procesami w procesorze, ponieważ jest realizowana przez jednostkę sterującą pamięcią dyskową. Następnie inicjowana jest operacja szukania bloku, zawierającego żądany zapis, która polega na porównywaniu kluczy zapisów znajdujących się na ścieżce z kluczem zapisu szukanego (w rzeczywistości może istnieć wiele rodzajów wyboru zapisu wg klucza). W końcu program inicjuje operację transmisji danych. Korzystając ze standardowego oprogramowania operacji we/wy, użytkownik nie musi troszczyć się o wspomniane powyżej szczegóły.

- Ze względu na to, że czas przełączania głowic jest pomijalnie mały, zbiory danych, do których chcemy uzyskać szybki dostęp powinny być zapisane w kolejnych cylindrach, nie zaś na kolejnych ścieżkach danego talerza, aby ograniczyć do minimum ruchy głowic.

- Jeśli chcemy mieć dostęp do kolejnych zapisów ze względu np. na wartość klucza, to tworząc blok wielozapisowy tracimy tylko jeden czas oczekiwania dla danego bloku. Poza tym z każdym blokiem jest związana przerwa międzyblokowa oraz informacje bezpośrednio nieprzydatne użytkownikowi (ale nieodzownie potrzebne systemowi operacyjnemu i standardowym programom zarządzania danymi, jak np. adres ścieżki, znaki kontroli cyklicznej, wartość największego klucza w bloku itp.). A więc bloki wielozapisowe pozwalają zmniejszyć wspomniane "straty".

W tablicy 9.3 przedstawiono wartości podstawowych parametrów kilku typów pamięci dyskowych.

Tablica 9.3

Parametr	3340/48 IBM	2311 IBM	JS 5052	MERA 9425	BASF 6613
Pojemność pakietu [mln znaków]	69,8	7,25	7,25	6,25	7,25
Czas przemieszczania głowic max/o-1 cy- linder [ms]	50/10	135/25	140/30	120/12	65/9
Prędkość obrotowa dysku [min^{-1}]	3000	2400	2400	2400	2400
Prędkość transmisji [Kznaki/s]	885	156	156	312	156
Pojemność ścieżki [znaki]	8368	3625	3625	7812	3625
Liczba ścieżek/cy- linder	12	10	10	4	10
Liczba cylindrów/ /pakiet	696	200	200	200	200

9.7. Zbiory danych w pamięciach taśmowych i dyskowych

Zbiory danych przechowywane w pamięciach zewnętrznych w ośrodkach obliczeniowych zajmują częstokroć wiele krążków taśmy lub pakietów dysków. Aby uniknąć możliwych pomyłek operatora, konieczne było opracowanie specjalnych metod oznaczeń poszczególnych krążków lub pakietów oraz zbiorów danych przechowywanych w pamięciach. Poniżej przedstawimy metody oznaczeń stosowane dla pamięci taśmowych oraz dyskowych.

Typowa metoda polega na umieszczeniu na początku i końcu krążka taśmy oraz początku i końcu zbioru specjalnych zapisów zawierających informacje, pozwalające na identyfikację wspomnianych jednostek. W celu uniknięcia niejednoznaczności zapisy te, zwane etykietami, mają standardową zawartość i format i są zapisywane automatycznie przez programy obsługi operacji we/wy do/z pamięci taśmowych.