ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984

Seria: INFORMATYKA z. 7 Nr kol. 809

Krzysztof BUCHAŁA

Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej PAN

MIKROKOMPUTEROWA JEDNOSTKA STERUJĄCA PAMIĘCI KASETOWYCH Z INDEKSOWO-SEKWENCYJNYM DOSTĘPEM DO ZBIORÓW

Streszczenie. W pracy przedstawiono skróconą charakterystykę mikrokomputerowej jednostki sterującej czterech pamięci kasetowych, opartej na mikroprocesorze Intel 8085A, w kontekście ogólnych tendencji rozwojowych, notowanych w dziedzinie konstrukcji urządzeń tego typu. Szczególną uwagę zwrócono przy tym na duże możliwości funkcjonalne, wynikające z zastosowania dwóch niezależnych modułów transmisji szeregowej, opartych na układach wielkiej skali integracji oraz specyficznego formatu taśmy, pozwalającego na indeksowo-sekwencyjny dostęp do zbiorów danych.

W końcowej części zestawiono i porównano czasy dostępu do informacji według algorytmów: sekwencyjnego i indeksowo-sekwencyjnego - zastosowanego w zaprezentowanym modelu.

1. WPROWADZENIE

Ważną grupę wśród komputerowych pamięci masowych stanowią pamięci kasetowe, które swą pozycję zawdzięczają głównie wygodzie użytkowania i trwałości przechowywanej informacji.

Wśród najnowszych światowych rozwiązań mechanizmów pamięci kasetowych i ich sterowników wyraźnie rysują się następujące charakterystyczne tendencje:

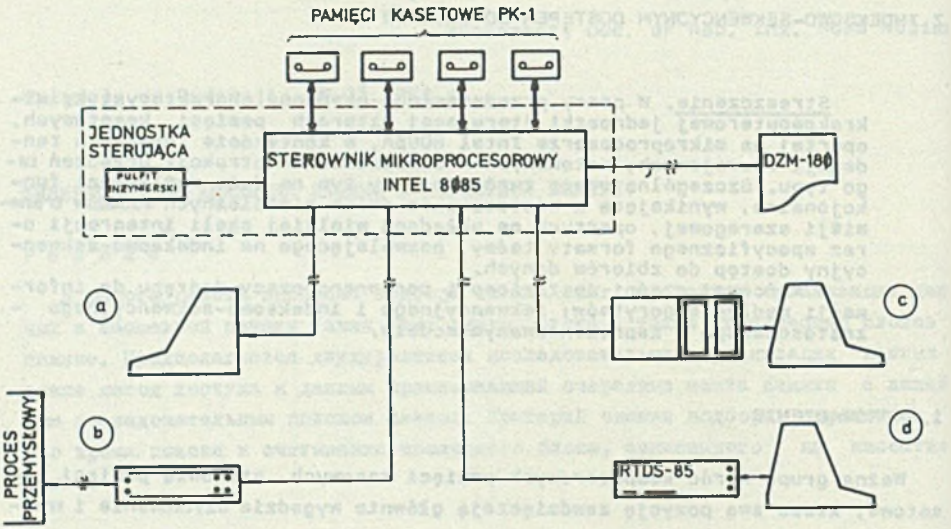
- zwiększenia pojemności taśmy,
- zmniejszenia czasu dostępu do informacji zapamiętanej na nośniku,
- dopuszczalności różnych formatów taśmy,
- rozbudowy mechanizmów kontroli zapisu i odczytu z taśmy,
- precyzyjnej zewnętrznej sygnalizacji statusu urządzenia,
- możliwości współbieżnej pracy kilku przewijaków,
- minimalizacji liczby sygnałów sterujących pracą mechanizmów jednostki,
- stabilizacji prędkości przesuwu taśmy i zmniejszenia czułości na jej nierównomierności.

Zaprezentowany w tym artykule sterownik pamięci kasetowych PK-1 został zaprojektowany i wykonany w oparciu o 8-bitowy mikroprocesor Intel 8085A. Stał się w ten sposób systemem o szerszych możliwościach funkcjonalnych i diagnostycznych w stosunku do kilku innych krajowych jednostek tego typu.

Duże ograniczenia nakłada tu co prawda mechanizm PK-1, lecz mimo to sterownik ten stanowi pewien krok w kierunku upowszechnienia stosowania

pamięci kasetowych, ciągle jeszcze traktowanych jako urządzenie wolne i mało pojemne.

Zrealizowany model jest autonomiczną jednostkę sterującą czterech pamięci kasetowych PK-1 połączoną interfejsem szeregowym z dowolnym systemem użytkowym o określonym interfejsie komunikacyjnym (rys. 1). Opracowana jednostka od strony konstrukcyjnej pozwala na równoczesną współpracę z czterema systemami komputerowymi.



a - Terminal
b - Kontroler procesu przemysłowego
c - Software Development System
d - Mikroprocesorowy system uruchamiania

Rys. 1. Przykładowi użytkownicy jednostki sterującej pamięci kasetowych

Istotę prezentacji skonstruowanego w Zakładzie Systemów Automatyki Kompleksowej PAN w Gliwicach modelu stanowią trzy następujące jego zasadnicze własności:

- większe możliwości funkcjonalne w stosunku do innych przykładowych sterowników krajowych [3], [7],
- zastosowanie dwóch niezależnych układów synchronicznej i asynchronicznej transmisji szeregowej z wykorzystaniem programowalnych elementów wielkiej skali integracji - Intel 8251A,
- wprowadzenie specyficznego formatu taśmy, pozwalającego na indeksowo-sekwencyjny dostęp do zbiorów (w miejsce powszechnie stosowanego dla pamięci kasetowych dostępu sekwencyjnego), co wydatnie skróciło czas wyszukiwania informacji z taśmy.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA JEDNOSTKI STERUJĄCEJ

2.1. Podstawowe własności funkcjonalne

Dzięki zmaksymalizowaniu ilości działań na pamięci systemowej kosztem operacji na przewijakach, a także zastosowaniu specyficznego formatu taśmy, osiągnięto stosunkowo szybką i wygodną w użyciu jednostkę o dużej łącznej pojemności pamięci (2x4x250kB).

Konstrukcja jednostki dzięki zastosowaniu kilku interesujących rozwiązań opartych na układach LSI pozwala na:

- podłączenie czterech przewijaków,
- przyłączenie 1-4 użytkowników,
- zmniejszenie ilości niezbędnych sygnałów sterujących i kontrolnych [1], [6],
- wygodną obsługę operatorską systemu.

Oprócz podstawowych możliwości, jakie posiadają wszystkie urządzenia tego typu, takich jak: zapis i odczyt informacji, formatowanie taśmy, wyszukiwanie zbiorów, logiczna organizacja zbiorów w kasetach itp., omawianą jednostkę charakteryzują jeszcze inne:

- indywidualna numeracja poszczególnych bloków,
- zminimalizowanie czasu wyszukiwania zbiorów dzięki eliminacji konieczności początkowego przewijania taśmy,
- prowadzenie odczytu kontrolnego podczas zapisywania,
- synchronizacja odczytu i zapisu na pojedynczym bloku,
- równoległa w czasie (współbieżna) praca dwóch różnych pamięci kasetowych,
- omijanie uszkodzonych odcinków taśmy (tzw. dziur magnetycznych),
- dopuszczalność stosowania zwykłych kaset typu COMPACT,
- odtwarzanie stanu systemu (kartoteki) na podstawie zawartości taśmy,
- odporność układu odczytu na nierównomierności prędkości przesuwu taśmy (do ok. 50%-wej odchyłki wartości nominalnej prędkości roboczej).

Spośród innych własności opracowanego modelu należałoby wymienić:

- komunikację z użytkownikiem na poziomie rekordów,
- stałą długość bloku (rekordu): 512 znaków,
- pojemność sformatowanej kasety: 2 x 250 kB (ok. 2 x 450 rekordów),
- pojemność kartoteki jednej strony kasety: 18 zbiorów,
- gęstość zapisu na nośniku: 320 bitów/cm (ok. 4 znaki/mm),
- prędkość transmisji łączami szeregowymi z przewijakami: ok. 500 zn/s,
- prędkość transmisji łączem komunikacyjnym z użytkownikiem: 4800 bodów,
- pobór mocy jednostki 3A/+5V.

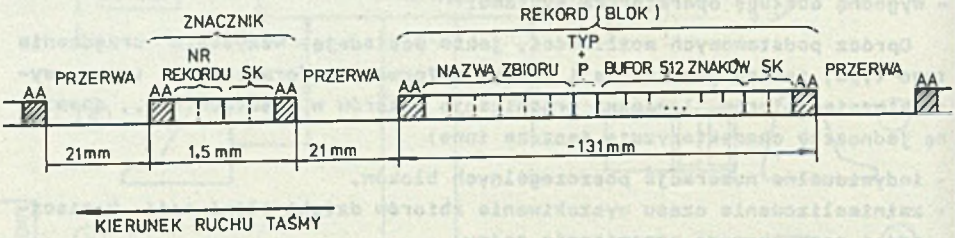
Aktualne oprogramowanie jednostki pozwala na współpracę z jednym użytkownikiem, zapewniając mu łatwą organizację pracy dzięki udostępnieniu szerokiego wachlarza zleceń, rozbudowanego systemu zabezpieczeń i precyzyjnego zestawu komunikatów.

Dopuszczono tu dwa typy zbiorów: binarny i alfanumeryczny (pkt 2.2), przy czym każdy zbiór posiada swój wyróżniony koniec logiczny i koniec fizyczny. Przez koniec logiczny rozumiany jest numer pierwszego niezapisanego bloku w zbiorze (koniec użytkowej części zbioru), natomiast przez koniec fizyczny - numer ostatniego możliwego do zapisu bloku w obrębie danego zbioru [1].

2.2. Format taśmy

Podstawą powstawania koncepcji sterowników pamięci kasetowych jest implikujące większą część ich własności funkcjonalnych, przyjęcie określonego formatu taśmy.

W omawianym sterowniku informacja zapisywana na taśmie zorganizowana jest w zbiory, rekordy (bloki) i znaczniki rekordów (rys. 2).



Rys. 2. Format danych na taśmie

Każdy rekord jest częścią informacji zapisywanę i czytanę jako całość. W trakcie zapisu i odczytu rekordu nie można zatrzymać ruchu taśmy.

Rekord składa się z:

- ciągu wstępu - preamble (1 bajt - $AA[x]),
- nazwy zbioru, do którego rekord należy (6 bajtów),
- typu i parametru[xx] tego zbioru (1 bajt),
- bufora (stałej długości) informacji binarnej (512 bajtów),
- sumy kontrolnej (sumy arytmetycznej wszystkich kolejnych bajtów) liczonej modulo 64 k (2 bajty),
- ciągu zakończenia - postamble (1 bajt - $AA).

W przypadku zbioru typu alfanumerycznego informację użyteczną stanowią dane od początku bufora aż do sekwencji czterech wykrzykników, natomiast w przypadku zbioru binarnego - dokładnie 512 znaków (bajtów) w buforze. Oznacza to, że rekordy w zbiorze alfanumerycznym mogą mieć "logicznie" różną długość (1-508 znaków), natomiast w binarnym - zawsze stałą.

---

[x] Symbolem "$" oznaczono liczby w zapisie szesnastkowym.

[xx] Jako parametr przyjęto jeden z 2 rodzajów zbioru: "odczyt/zapis" oraz "tylko odczyt".

Każdy rekord poprzedzony jest znacznikiem zawierającym:

- ciąg wstępu (1 bajt - $AA),
- numer bezpośrednio następującego rekordu (2 bajty),
- sumę kontrolną modulo 64 k (2 bajty),
- ciąg zakończenia (1 bajt - $AA).

Bloki i znaczniki rozdzielone są przerwami, które są wykasowanymi odcinkami taśmy o długości 21 mm (programowo zmienialnej). Wystarcza to na wykrycie przerwy (również na ruchu szybkim) i zatrzymanie taśmy mniej więcej w połowie między blokiem a znacznikiem. Przerwa między znacznikiem a odpowiadającym mu rekordem jest uzasadniona rozstawem głowic: kasującej, zapisującej i odczytującej (podczas zapisywania rekordów znaczniki pozostają nienaruszone, służąc do synchronizacji tej operacji).

Zabezpieczenie poprawności zapisu i odczytu odbywa się poprzez:

- odczyt kontrolny podczas zapisywania informacji,
- naliczanie i sprawdzanie sumy kontrolnej,
- kontrolę dopuszczalnego opóźnienia czasowego w czasie odczytu pojedynczego znaku,
- omijanie uszkodzonych odcinków taśmy podczas formatowania.

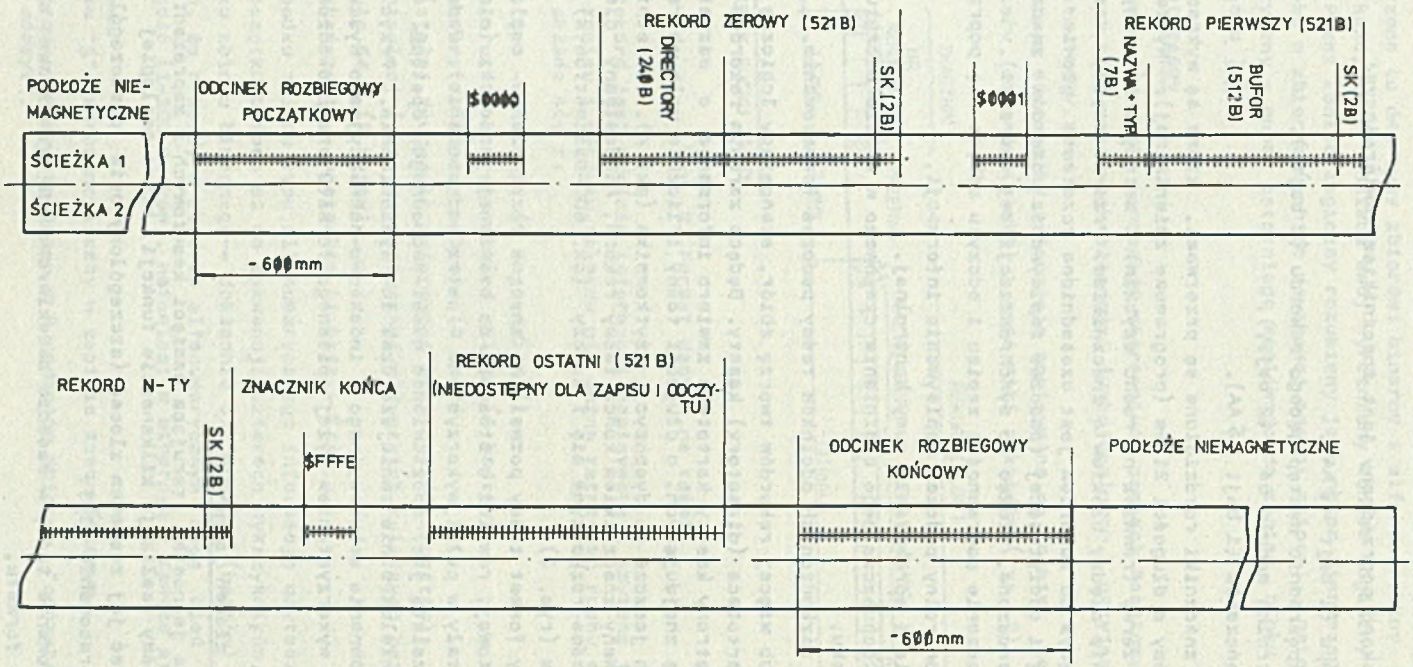
Jeden lub więcej rekordów tworzą zbiór, stanowiący logiczną całość opisaną w kartotece (directory) kasety. Będąca zerowym rekordem każdej sformatowanej strony kasety kartoteka zawiera informacje o wszystkich zbiorach tu się znajdujących, o długości taśmy i liczbie wolnych rekordów pozostających jeszcze do dyspozycji użytkownika (pkt 4). Ostatnim blokiem jest sygnowany znacznikiem końca taśmy rekord, niedostępny dla zapisu i odczytu. Taśma rozpoczyna się i kończy (ok. 600-milimetrowym) odcinkiem rozbiegowym (rys. 3).

Powyższy format taśmy pozwala na znaczne rozszerzenie możliwości pamięci kasetowej, również w stosunku do omawianej jednostki (nie wszystkie z nich zostały w pełni wykorzystane - patrz podsumowanie). Podstawową jednak jego zaletą jest umożliwienie quasi-swobodnego dostępu do zbiorów, co często wielokrotnie zmniejsza czas ich wyszukiwania. Przybliżoną analizę i porównanie sekwencyjnego i indeksowo-sekwencyjnego wyszukiwania informacji z wykorzystaniem wyżej opisanego formatu przeprowadzono w punkcie 5.

2.3. Lista zleceń jednostki

Omawiana jednostka sterująca pamięci kasetowych z zaprezentowaną organizacją taśmy realizuje kilkanaście funkcji, które najlepiej można scharakteryzować jej zestawem zleceń (szczegółowy opis poszczególnych zleceń zawiera opracowanie [1]):

F - formatowanie taśmy w kasecie zadeklarowanego przewijaka wg wyżej podanego formatu,



Rys. 3. Organizacja informacji na taśmie

L - odczytanie kartoteki z taśmy określonego przewijaka (o ile nie była jeszcze odczytana) do pamięci RAM i przedstawienie jej użytkownikowi w czytelnej postaci (pkt 4),

O - otwarcie zbioru, polegające na przepisaniu parametrów wybranego zbioru z kartoteki kasety do tzw. kartoteki otwartego zbioru (pkt 4), i ustawieniu głowicy odczytującej przewijaka na pierwszym znaczniku tego zbioru na taśmie,

P - względne lub bezwzględne pozycjonowanie na określonym rekordzie w obrębie otwartego zbioru,

R - odczyt aktualnego rekordu z taśmy i przesłanie jego zawartości do użytkownika,

W - zapis jednego bloku informacji przesłanej od użytkownika w aktualnym miejscu na nośniku z równoczesną aktualizacją kartoteki,

Z - zamknięcie zbioru (odłączenie użytkownika od przewijaka),

C - utworzenie nowego zbioru w kartotece i na taśmie,

S - pytanie o stan jednego lub wszystkich przewijaków,

E - zmiana parametru dostępu do określonego zbioru,

U - przepisanie kartoteki kasety z pamięci RAM na taśmę,

A - aktualizacja kartoteki na podstawie zawartości taśmy,

B - kopiowanie zbiorów z kasety na kasetę (przy równoczesnym ruchu obu kaset),

D - wydruk zbioru na drukarce (pkt 3).

Wszelkie błędy obsługi operatorskiej, jak również nieprawidłowości w funkcjonowaniu przewijaków zaistniałe podczas wykonywania powyższych operacji, są natychmiast przez system wykrywane. Komunikat o błędzie jest przesyłany użytkownikowi i dodatkowo wyświetlony na wyświetlaczu umieszczonym na płycie czołowej modelu.

3. KONFIGURACJA URZĄDZENIOWA JEDNOSTKI

Konstrukcja jednostki (rys. 4) opiera się na wewnętrznej magistrali, poprzez którą mikroprocesor Intel 8085A komunikuje się ze wszystkimi modułami systemu.

W skład całego układu wchodzą:

a) moduły typowe dla większości systemów mikroprocesorowych,

b) układy interfejsu szeregowego z przewijakami i z użytkownikiem,

c) moduły dodatkowe (opcjonalne).

W pierwszej grupie znajdują się:

- blok pamięci EPROM, zawierający oprogramowanie systemowe,
- blok pamięci RAM, z przeznaczeniem do przechowywania aktualnych parametrów i buforowania danych,

- moduły programowalnych zegarów systemowych (Intel 8253, 8155),
- programowo maskowalny, wektorowy, ośmiopoziomowy układ przerwań.

Podstawową częścią składową jednostki, w dużej mierze stanowiącą o jej zaletach, jest moduł interfejsu szeregowego z przewijakami PK-1. W skład tego modułu wchodzą dwa nadajniki /odbiorniki linii z konwersją szeregową i równoległą - USART, zrealizowane na układach wielkiej skali integracji - Intel 8251A i mogące pracować niezależnie od siebie w tym samym czasie. Oba te układy USART samodzielnie organizują synchroniczną wymianę informacji - co zapewnia dotrzymanie zgodności zapisu (na poziomie znaku) z przyjętymi standardami - z jednoczesną kontrolą transmisji. Każdy z nich poprzez koder /dekoder PE informacji zapisu/ odczytu może być połączony z dowolnym z przewijaków dzięki zastosowaniu odpowiedniej przełącznicy sygnałów. Trzy skojarzone z nią porty służą do odbierania i wysyłania sygnałów kontrolnych i sterujących pracą pamięci kasetowych. Warto zauważyć, że tak skompletowany moduł może już stanowić odrębną jednostkę funkcjonalną, pracującą jako karta wejścia/wyjścia.

Taka konfiguracja pozwala na wspomnianą już współbieżną pracę dwóch różnych przewijaków, co znacznie przyspiesza wykonanie niektórych operacji, np. kopiowania.
Podczas drukowania zawartości zbiorów dowolnej kasety możliwa jest równoległa niezakłócona praca z jednym z trzech pozostałych mechanizmów pamięci kasetowych.

Zastosowanie układów USART do organizacji współpracy z pamięciami kasetowymi i komunikacji z użytkownikami, oprócz znacznego uproszczenia konstrukcji, pozwala na programowy wybór parametrów interfejsu, nadając mu w ten sposób większą elastyczność.

Dodatkowymi układami jednostki są:

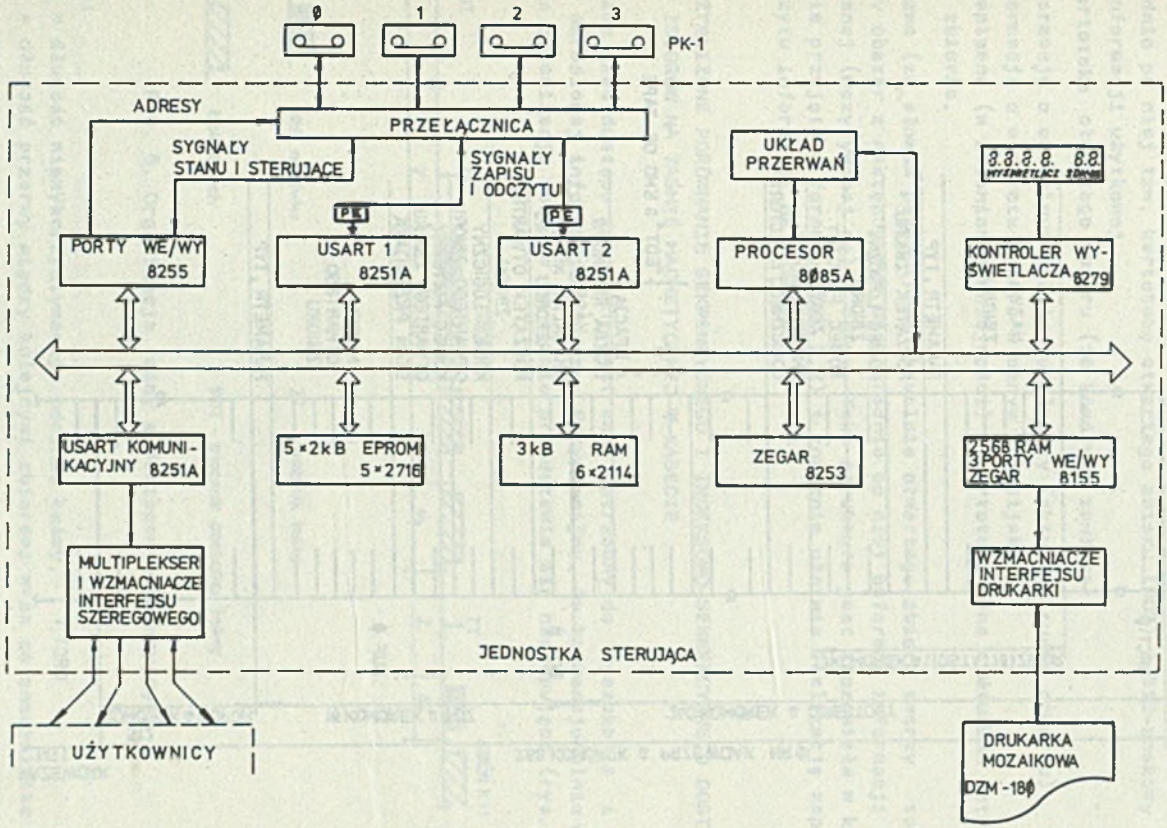
- moduł podłączenia drukarki mozaikowej DZM-180, pozwalający na prowadzenie lokalnych wydruków,
- moduł kontrolera wyświetlacza z płyty czołowej modelu.

Szczegółową charakterystykę wszystkich wyżej wymienionych układów zawiera praca [1].

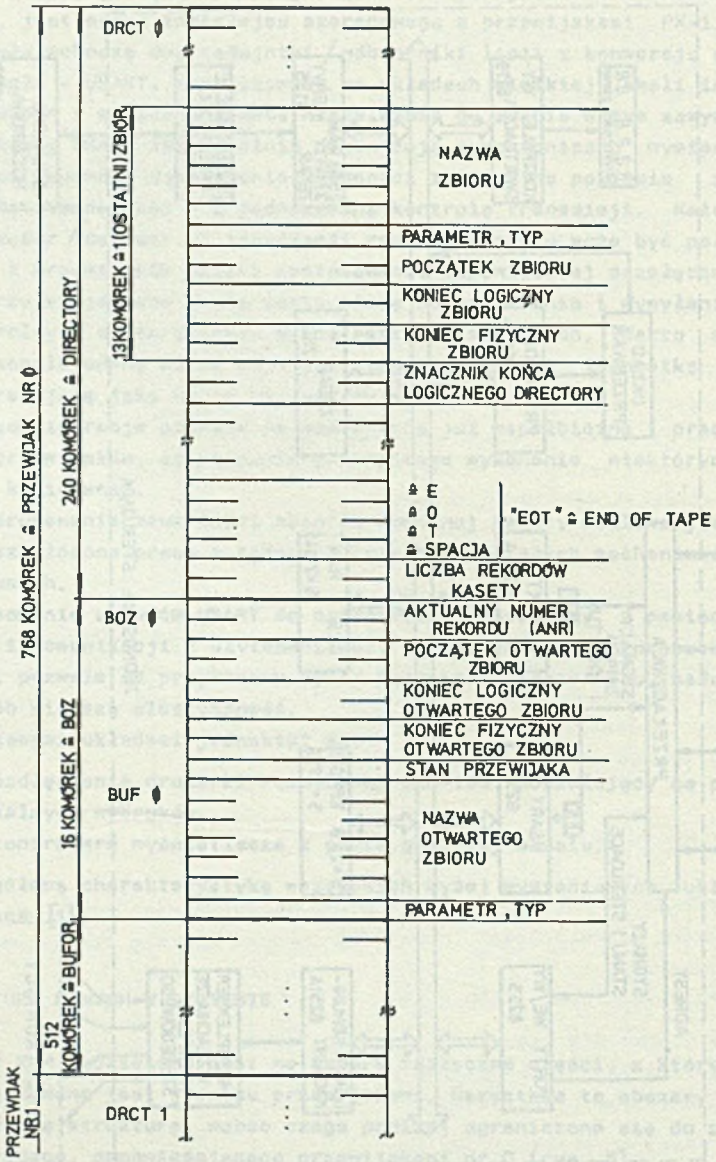
4. STRUKTURA DANYCH W SYSTEMIE

Pamięć RAM podzielona jest na cztery rozłączne części, z których każda przyporządkowana jest jednemu przewijakowi. Wszystkie te obszary posiadają identyczną strukturę, wobec czego poniżej ograniczono się do przedstawienia jednego, odpowiadającego przewijakowi nr 0 (rys. 5).

Początkowe 240 bajtów stanowi kartoteka kasety, przepisywana do tego obszaru przy pierwszym nawiązaniu współpracy z przewijakiem (pkt 2.2). Koniec informacji użytkowej o zbiorach sygnowany jest znacznikiem końca



Rys. 4. Struktura blokowa mikroprocesorowej jednostki sterującej



Rys. 5. Organizacja danych w pamięci RAM (dla przewijaka nr 0)

logicznego kartoteki, a ostatnie jej sześć komórek przeznaczonych jest do przechowania informacji o ilości rekordów na taśmie.

Chociaż zerowy rekord na taśmie zawiera tylko wyżej opisaną kartotekę, to odpowiadający jej obszar pamięci RAM zawiera dodatkowo następującą bezpośrednio po niej tzw. kartotekę otwartego zbioru (BOZ) i 512-znakowy bufor informacji użytkowej.

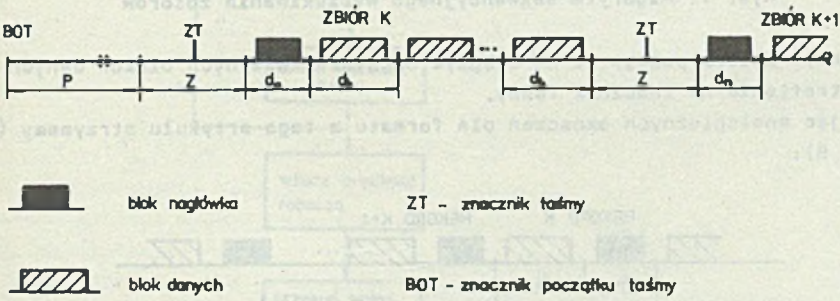
Kartoteka otwartego zbioru (16 komórek) zawiera:

- informację o aktualnym położeniu głowicy (aktualny numer rekordu),
- informację o otwarciu zbioru w danym przewijaku,
- przepisane (w zmienionej kolejności) z kartoteki dane o aktualnie otwartym zbiorze.

Nazwa (ze słowem parametrów) aktualnie otwartego zbioru tworzy teraz spójny obszar z następującym bezpośrednio po niej buforem informacji zapisywanej (wczytywanej na) z taśmy. Taka struktura jest zrozumiała w kontekście przyjętego formatu (pkt 2.2) i znacznie ułatwia realizację zapisu i odczytu informacji na nośniku.

5. PRZYBLIŻONE PORÓWNANIE SEKWENCYJNEGO I INDEKSOWO-SEKWENCYJNEGO DOSTĘPU DO ZBIORÓW NA TAŚMIE MAGNETYCZNEJ W KASECIE

Przez czas dostępu rozumiany jest czas potrzebny do wyszukania i odczytu określonej informacji z taśmy. Przypomnijmy, że konwencjonalnie stosowana organizacja zbiorów na taśmie przedstawia się następująco (rys. 6):



Rys. 6. Organizacja taśmy z dostępem sekwencyjnym

gdzie:

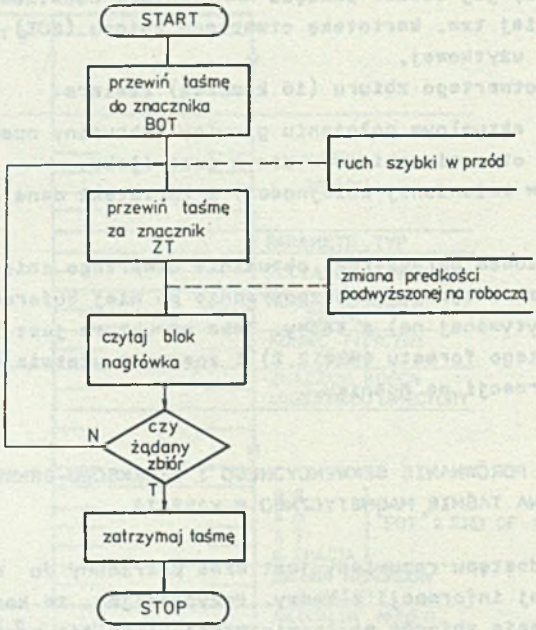
p = długość niewykorzystywanego odcinka taśmy,

z = długość przerwy między kolejnymi zbiorami wraz ze znacznikiem taśmy,

d_n = długość bloku nagłówka wraz z przerwą międzyblokową,

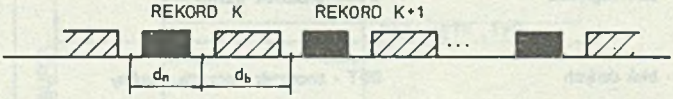
d_b = długość bloku danych wraz z przerwą międzyblokową.

Algorytm wyszukiwania zbioru dla tak sformatowanego nośnika wygląda następująco (rys. 7):



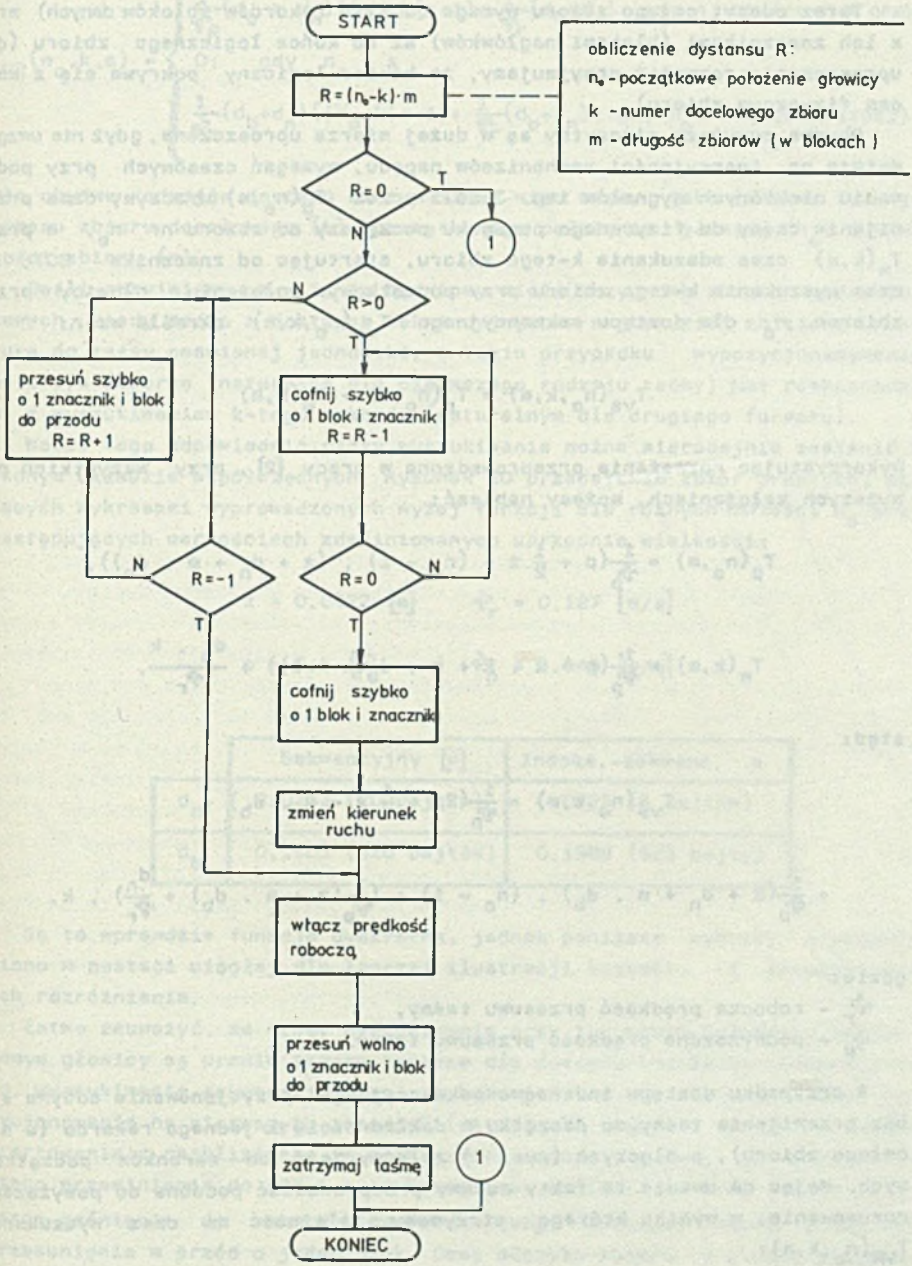
Rys. 7. Algorytm sekwencyjnego wyszukiwania zbiorów

Odczyt zbioru polega tu na ciągłym odczycie kolejnych bloków danych aż do natrafienia na znacznik taśmy.
Używając analogicznych oznaczeń dla formatu z tego artykułu otrzymamy (rysunek 8):



Rys. 8. Organizacja taśmy z dostępem indeksowo-sekwencyjnym

W tym przypadku pozycjonowanie głowicy przewijaka odbywa się z dokładnością do jednego rekordu, wobec tego zakładając równość wszystkich zbiorów (każdy po "m" bloków) przyjmiemy następujący już nieco bardziej złożony algorytm odszukiwania zbioru (rys. 9):



Rys. 9. Algorytm indeksowo-sekwencyjnego wyszukiwania zbiorów

Teraz odczyt całego zbioru wymaga odczytu rekordów (bloków danych) wraz z ich znacznikami (blokami nagłówków) aż do końca logicznego zbioru (dla uproszczenia rozważań przyjmujemy, że koniec logiczny pokrywa się z końcem fizycznym zbioru).

Obydwa powyższe algorytmy są w dużej mierze uproszczone, gdyż nie uwzględniają np. inercyjności mechanizmów napędu, wymagań czasowych przy podawaniu niektórych sygnałów itp. Jeżeli przez $T_p(n_o,m)$ oznaczymy czas przewijania taśmy do fizycznego początku począwszy od zbioru nr n_o, a przez $T_w(k,m)$ czas odszukania k-tego zbioru, startując od znacznika BOT, to czas wyszukania k-tego zbioru przy początkowym położeniu głowicy przed zbiorem n_o dla dostępu sekwencyjnego $T_{vs}(n_o,k,m)$ określa wzór:

$$T_{vs}(n_o,k,m) = T_p(n_o,m) + T_w(k,m)$$

Wykorzystując rozważania przeprowadzone w pracy [2], przy wszystkich powyższych założeniach, możemy napisać:

$$T_p(n_o,m) = \frac{1}{\vartheta_p}(p + \frac{1}{2} z + (n_o - 1) \cdot (z + d_n + m \cdot d_b)),$$

$$T_w(k,m) = \frac{1}{\vartheta_p}(p + z \cdot k + m \cdot d_b(k - 1)) + \frac{d_n \cdot k}{\vartheta_r},$$

stąd:

$$T_{vs}(n_o,k,m) = \frac{1}{\vartheta_p}(2p + \frac{1}{2} z - m \cdot d_b) +$$

$$+ \frac{1}{\vartheta_p}(z + d_n + m \cdot d_b) \cdot (n_o - 1) + (\frac{1}{\vartheta_p}(z + m \cdot d_b) + \frac{d_n}{\vartheta_r}) \cdot k,$$

gdzie:

ϑ_r - robocza prędkość przesuwu taśmy,

ϑ_p - podwyższona prędkość przesuwu taśmy.

W przypadku dostępu indeksowo-sekwencyjnego pozycjonowanie odbywa się bez przewijania taśmy do początku z dokładnością do jednego rekordu (a nie całego zbioru), a algorytm (rys. 9) zależny jest od warunków początkowych. Mając na uwadze te fakty możemy przeprowadzić podobne do powyższego rozumowania, w wyniku którego otrzymamy zależność na czas wyszukania $T_{VR}(n_o,k,m)$:

$$T_{VR}(n_o,k,m) = \begin{cases} \frac{1}{\vartheta_p}(d_b + d_n)(|n_o-k|m-1)+ \frac{1}{\vartheta_r}(d_b+d_n); & \text{gdy } n_o < k \text{ (ruch w przód)} \\ 0; \quad \text{gdy } n_o = k & \\ \frac{1}{\vartheta_p}(d_b+d_n)(|n_o-k|m+1)+ \frac{1}{\vartheta_r}(d_b+d_n); & \text{gdy } n_o > k \text{ (ruch wstecz)} \end{cases}$$

Dla obydwu rodzajów dostępu otrzymaliśmy więc czasy jako liniowe funkcje numeru zbioru docelowego (k), początkowego położenia głowicy (n_o) i długości zbioru (m).

Jeśli przyjmiemy m = 1, to będziemy mieli przypadek zbiorów jednoblokowych, kiedy taśma z dostępem sekwencyjnym ma najbardziej zbliżoną strukturę do taśmy omawianej jednostki. W takim przypadku wypozycjonowywanie na k-tym zbiorze (naturalne dla pierwszego rodzaju taśmy) jest równoznaczne z wyszukiwaniem k-tego rekordu (naturalnym dla drugiego formatu).

Wobec tego odpowiednie czasy wyszukiwania można miarodajnie zastawić w jednym układzie współrzędnych. Rysunek 10 przedstawia zbiór prostych, będących wykresami wyprowadzonych wyżej funkcji dla różnych wartości n_o przy następujących wartościach zdefiniowanych uprzednio wielkości:

$$z = 0.0822 \ [m] \qquad \vartheta_r = 0.127 \ [m/s]$$

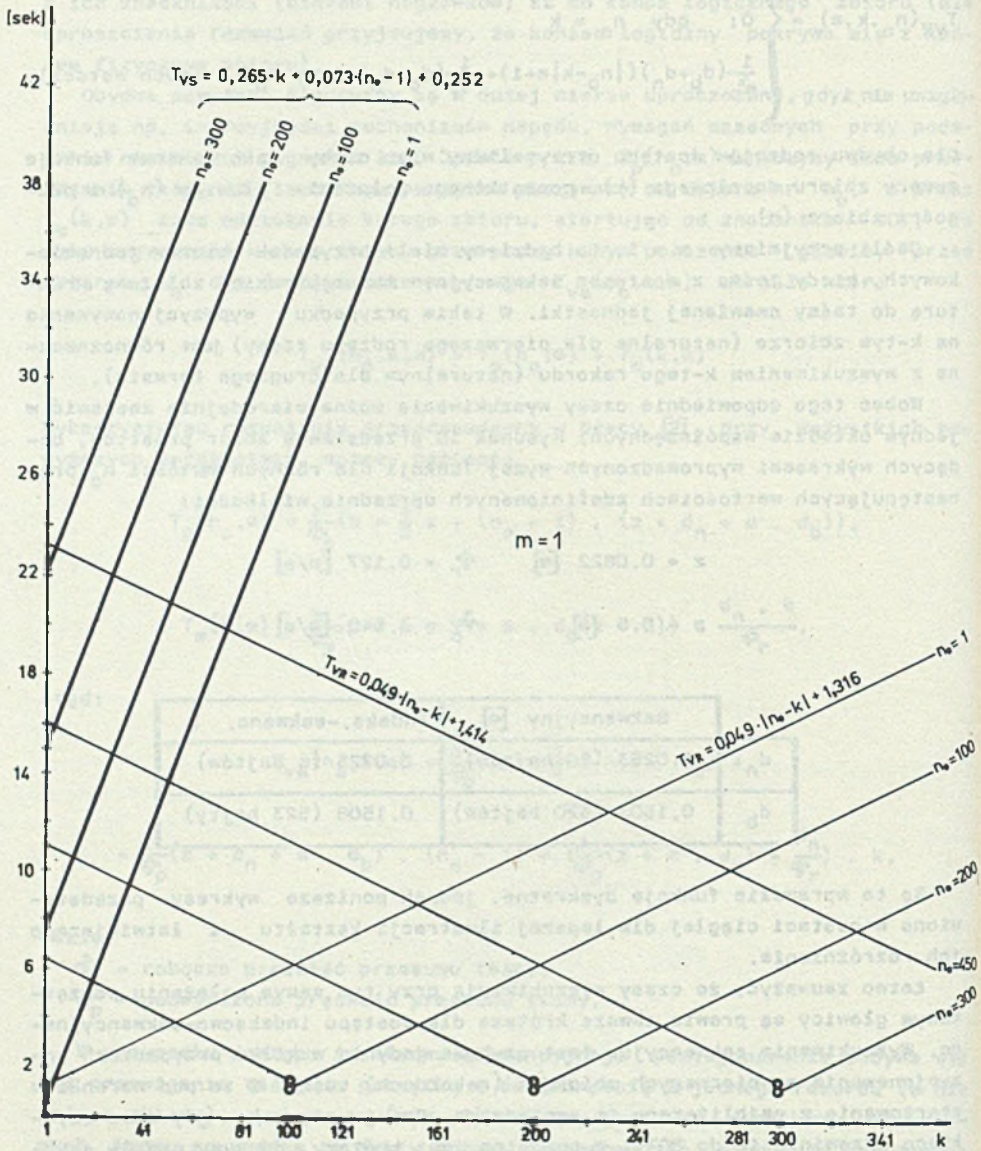
$$p = 0.5 \ [m] \qquad \vartheta_p = 3.540 \ [m/s]$$

	Sekwencyjny [m]	Indeks.-sekwenc. m
d_n	0.0253 (20 bajtów)	0.0225 (6 bajtów)
d_b	0.1503 (520 bajtów)	0.1508 (523 bajty)

Są to wprawdzie funkcje dyskretne, jednak poniższe wykresy przedstawiono w postaci ciągłej dla lepszej ilustracji kształtu i łatwiejszego ich rozróżnienia.

Łatwo zauważyć, że czasy wyszukiwania przy tym samym położeniu początkowym głowicy są prawie zawsze krótsze dla dostępu indeksowo-sekwencyjnego. Wyszukiwanie sekwencyjne jest szybsze jedynie w kilku przypadkach pozycjonowania na pierwszych zbiorach (rekordach) taśmy i to pod warunkiem startowania z najbliższego im sąsiedztwa. Dzieje się tak, gdy czas szybkiego przewinięcia do BOT i z powrotem jest krótszy od sumy czasów szybkiego cofnięcia do rekordu poprzedzającego docelowy rekord i wolnego przesunięcia w przód o jeden blok. Czas odczytu zbioru w obydwu przypadkach jest liniową funkcją długości zbiorów:

$$T_{OS}(m) = \frac{1}{\vartheta_r}(m \cdot d_b + \frac{1}{2}z).$$



Rys. 10. Wykresy czasów wyszukiwania jednoblokowych zbiorów dla obu rodzajów taśmy

$$T_{OR}(m) = \frac{1}{v_r}(d_n + d_b)m,$$

a dla konkretnych wartości:

$$T_{OS}(m) = 1.183\ m + 0.324\ [s],$$

$$T_{OR}(m) = 1.365\ m\ [s].$$

Nietrudno wywnioskować, że zbiory zawierające więcej niż jeden blok są fizycznie krótsze przy konwencjonalnej organizacji taśmy, stąd też krótszy jest czas ich odczytu. Wynika to z faktu, iż nie ma tu strat czasu potrzebnego na odczyt znaczników rekordów, jakie zawiera drugi format.

Dodając czas odczytu do czasu wyszukania, otrzymamy wzór na czas dostępu:

$$T_S(n_o,k,m) = T_{VS}(n_o,k,m) + T_{OS}(m); \qquad T_R(n_o,k,m) = T_{VR}(n_o,k,m) + T_{OR}(m)$$

Z powyższych rozważań wynika, że w przypadku nowego formatu, czas odczytu wydłuża wypadkowy czas dostępu i to w tym większym stopniu, im dłuższe są zbiory. Potwierdza to zestawienie wartości czasów dostępu dla przykładowych długości zbiorów (tabela 1).

Tabela nie tylko pozwala zorientować się w konkretnych wartościach czasu, ale i dowodzi, że czas sekwencyjnego wyszukiwania jest zawsze narastający przy wzroście numeru zbioru docelowego dla danego położenia początkowego głowicy, a dla dostępu indeksowo-sekwencyjnego zmniejsza się w miarę zmniejszania się różnicy między tymi dwoma parametrami. Przy analizowaniu powyższej tabeli należy pamiętać, że k-ty zbiór na taśmie o organizacji sekwencyjnej leży fizycznie bliżej początku nośnika niż k-ty zbiór na drugiej omawianej taśmie. Stąd porównywanie zawsze będzie w pewnym stopniu przybliżone.

Czasowe relacje dwóch powyższych sposobów wyszukiwania informacji wyraźniej ilustrują wykresy procentowego stosunku czasów dostępu: indeksowo-sekwencyjnego i sekwencyjnego dla $m = 2$ i $m = 15$ (rys. 11 i 12).

Hiperboliczny kształt krzywych ilustruje wszystkie dotychczasowe uwagi dotyczące czasu wyszukiwania i odczytu. Widać, że nowy format taśmy najmniej korzystny jest wtedy, gdy głowica jest na początku taśmy i tam też jest zbiór docelowy, czyli gdy często odwołujemy się do początkowych zbiorów taśmy.

Najkorzystniejszy jest przypadek startu z okolic zbioru docelowego bardziej oddalonego od początku nośnika (obniżający się w miarę wzrostu n_o punkt przegięcia wykresu). Dla zbiorów krótszych T_R jest prawie zawsze mniejsze od T_S (większość wykresów w ogóle nie przekracza wartości 100%). Procentowy udział T_R wzrasta w miarę wydłużania się zbiorów (wykresy układają się wyżej i więcej z nich większą częścią przekracza wartość 100%).

Tabela 1

Długość zbioru [m]	Startowy nr zbioru [n_0]	Nr zbioru docelowego [k]	Czas dostępu sekwencyjnego [T_S] (sek)	Czas dostępu indeksowo-sekwencyjnego [T_R] (sek)
1	2	3	4	5
		1	2.02	1.36
	1	225	56.4	13.6
		449	110	24.6
		1	18.2	13.8
1	226	225	72.7	2.83
		449	127	13.6
		1	34.5	24.8
	451	225	88.9	13.8
		449	143	2.88
		1	3.21	2.73
	1	113	35.2	15.0
		225	67.2	25.7
		1	16.0	15.1
2	113	113	48.0	2.73
		225	80.0	15.0
		1	28.9	26.1
	225	113	60.9	15.1
		225	92.9	2.73

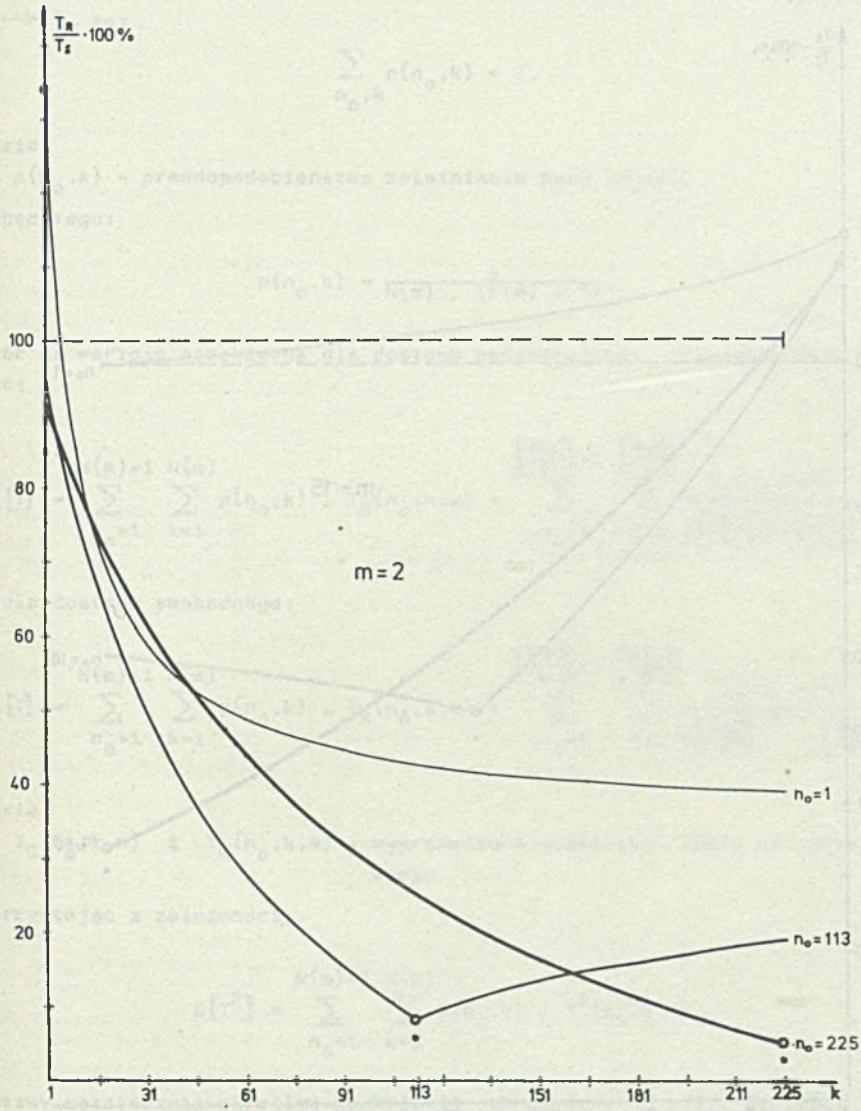
1	2	3	4	5
		1	4.39	4.09
	1	75	28.7	16.2
		149	53.0	27.1
		1	16.2	16.5
3	76	75	40.5	5.65
		149	64.8	16.1
		1	28.0	27.5
	151	75	52.3	16.7
		149	76.6	5.80
		1	6.76	6.82
	1	45	24.9	18.9
		89	43.1	29.7
		1	17.7	19.3
5	46	45	35.9	8.48
		89	54.0	18.7
		1	28.6	30.2
	91	45	46.8	19.5
		89	65.0	8.73
		1	9.12	9.55
	1	31	24.1	21.1
		61	39.0	31.4
		1	19.6	21.9
7	33	31	34.6	11.7
		61	49.5	20.5
		1	30.1	32.8
	65	31	45.1	22.6
		61	60.0	12.3

1	2	3	4	5
		1	11.5	12.3
	1	25	25.5	24.2
		49	39.5	34.7
		1	21.8	24.7
9	26	25	35.8	14.1
		49	49.9	23.7
		1	32.2	35.7
	51	25	46.2	25.2
		49	60.2	14.6
		1	15.0	16.4
	1	19	27.9	28.3
		37	40.7	38.8
		1	24.8	28.4
12	19	19	37.6	16.4
		37	50.4	28.3
		1	34.5	38.9
	37	19	47.3	28.4
		37	60.2	16.4
		1	24.5	27.3
	1	11	35.1	38.3
		21	45.6	48.1
		1	34.3	39.4
20	12	11	44.8	29.7
		21	55.3	37.4
		1	44.0	50.2
	23	11	54.5	40.5
		21	65.0	30.7

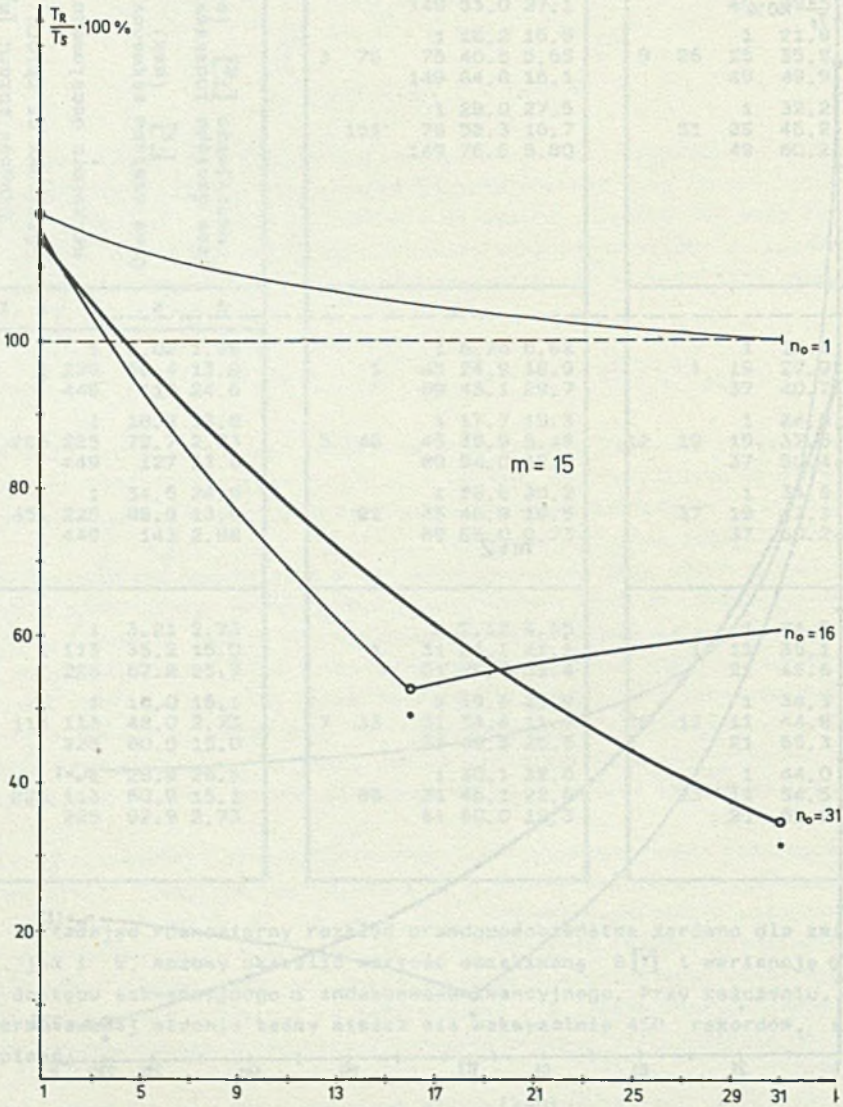
Zakładając równomierny rozkład prawdopodobieństwa zarówno dla zmiennej n_0, jak i k, możemy określić wartość oczekiwaną $E[T]$ i wariancję σ^2 czasu dostępu sekwencyjnego i indeksowo-sekwencyjnego. Przy założeniu, że na sformatowanej stronie taśmy mieści się maksymalnie 450 rekordów, możemy napisać:

$$1 \leqslant k \leqslant N(m) = \left[\frac{450}{m}\right],$$

$$1 \leqslant n_0 \leqslant N(m) + 1 = \left[\frac{450}{m}\right] + 1,$$



Rys. 11. Procentowy udział czasu dostępu indeksowo-sekwencyjnego w stosunku do sekwencyjnego dla zbiorów o długości dwóch bloków



Rys. 12. Procentowy udział czasu dostępu indeksowo-sekwencyjnego do sekwencyjnego dla zbiorów o długości piętnastu bloków

gdzie:

$N(m)$ - maksymalna liczba zbiorów o długości m.

Jeżeli przez parę (n_o,k) będziemy rozumieli zdarzenie wyboru k-tego zbioru przy początkowym położeniu głowicy na zbiorze nr n_o (przejście: $n_o \rightarrow k$), to:

$$\sum_{n_o,k} p(n_o,k) = 1,$$

gdzie:

$p(n_o,k)$ - prawdopodobieństwo zaistnienia pary (n_o,k).

Wobec tego:

$$p(n_o,k) = \frac{1}{N(m) \cdot (N(m)+1)}.$$

Wzór na wartość oczekiwaną dla dostępu sekwencyjnego przyjmuje więc postać:

$$E_S[T] = \sum_{n_o=1}^{N(m)+1} \sum_{k=1}^{N(m)} p(n_o,k) \cdot T_S(n_o,k,m) = \sum_{n_o=1}^{\left[\frac{450}{m}\right]+1} \sum_{k=1}^{\left[\frac{450}{m}\right]} \frac{T_S(n_o,k,m)}{\left(\left[\frac{450}{m}\right]\right)^2 + \left[\frac{450}{m}\right]},$$

a dla dostępu swobodnego:

$$E_R[T] = \sum_{n_o=1}^{N(m)+1} \sum_{k=1}^{N(m)} p(n_o,k) \cdot T_R(n_o,k,m) = \sum_{n_o=1}^{\left[\frac{450}{m}\right]+1} \sum_{k=1}^{\left[\frac{450}{m}\right]} \frac{T_R(n_o,k,m)}{\left(\left[\frac{450}{m}\right]\right)^2 + \left[\frac{450}{m}\right]},$$

gdzie:

$T_S(n_o,k,m)$ i $T_R(n_o,k,m)$ - wyprowadzone wcześniej wzory na czasy dostępu.

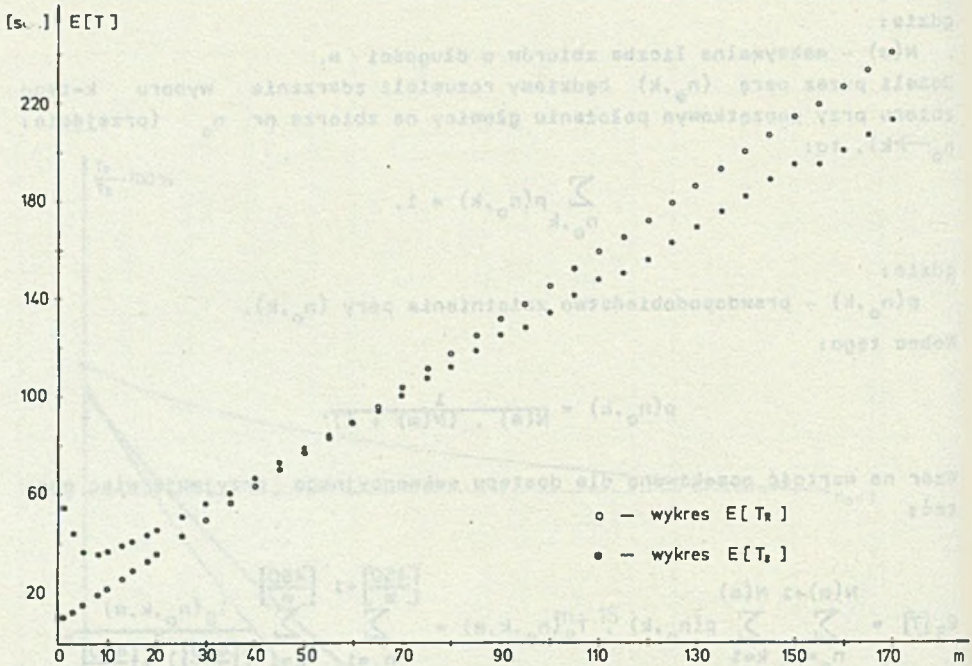
Korzystając z zależności:

$$E[T^2] = \sum_{n_o=1}^{N(m)+1} \sum_{k=1}^{N(m)} p(n_o,k) \cdot T^2(n_o,k,m),$$

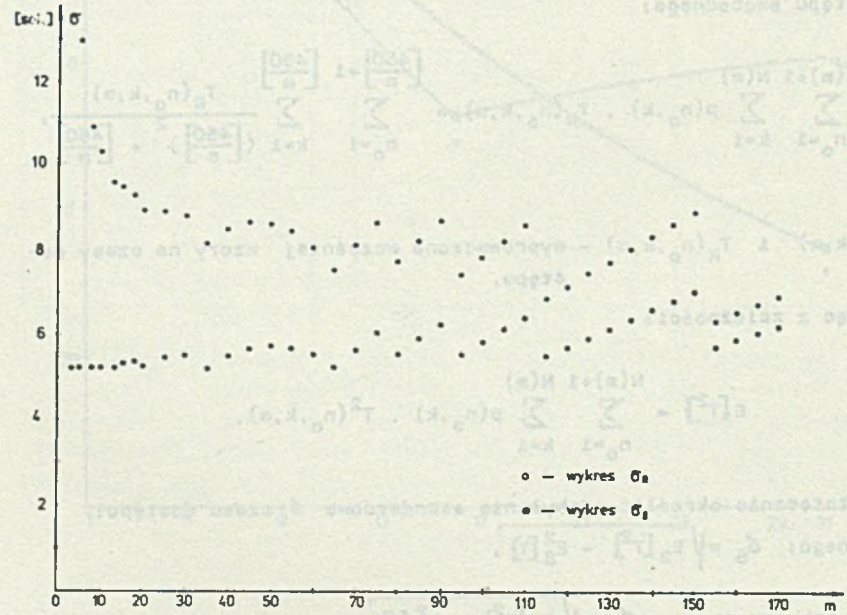
możemy ostatecznie określić odchylenie standardowe σ czasu dostępu:

sekwencyjnego: $\sigma_S = \sqrt{E_S[T^2] - E_S^2[T]}$,

inseksowo-sekwencyjnego: $\sigma_R = \sqrt{E_R[T^2] - E_R^2[T]}$.



Rys. 13. Wartość oczekiwana czasów dostępu w funkcji długości zbiorów



Rys. 14. Odchylenie standardowe czasów dostępu w funkcji długości zbiorów

Rysunki 13 i 14 przedstawiają wykresy wartości średniej i odchylenia standardowego dla obu przypadków w zależności od długości zbiorów. Statystyki te pokazują, że w najczęściej w praktyce występujących przypadkach ($1 \leqslant m \leqslant 60$) dostęp indeksowo-sekwencyjny jest wyraźnie korzystniejszy pod względem czasowym.

6. PODSUMOWANIE

Zaprezentowana w tym artykule jednostka sterująca pamięci kasetowych jest kolejnym przykładem zastosowania systemów mikrokomputerowych. Oparcie jej na mikroprocesorze Intel 8085A pozwoliło nie tylko zwiększyć jej autonomiczność, ale i w znacznym stopniu poszerzyć jej możliwości funkcjonalne i diagnostyczne. Obok elastyczności jednostki uzyskanej dzięki zastosowaniu układu transmisji opartego na programowalnym układzie USART wielkiej skali integracji, o wysokich parametrach użytkowych całej konstrukcji decyduje także nowy (wśród krajowych rozwiązań) sposób wyszukiwania informacji z taśmy. Jak wykazała przybliżona analiza, daje on całkiem wymierne efekty w postaci znacznego skrócenia czasu dostępu do zbiorów. Na uwagę zasługuje również fakt, że projekt całej jednostki jest projektem otwartym, mogącym być łatwo rozbudowanym w kierunku pełniejszego wykorzystania jej potencjalnych możliwości, takich jak:

- rozszerzalność i upakowywanie zbiorów,
- wprowadzenie zmiennej długości bloków,
- komunikacja z systemem użytkownika na poziomie linii (a nie całych rekordów - jak dotychczas),
- podłączenie czterech równoprawnych użytkowników z możliwością ich współbieżnej i niezależnej pracy, z różnymi regulaminami obsługi zgłoszeń do jednostki.

LITERATURA

[1] Buchała K.: Mikrokomputerowa jednostka sterująca pamięci kasetowych oparta na systemie Intel 8085. Praca dyplomowa. Instytut Informatyki Czasu Rzeczywistego Politechniki Śląskiej, Gliwice 1981.

[2] Balcer R.: Rozmieszczenie zbiorów na taśmie magnetycznej. Podstawy Sterowania, t. 11, z. 3, 1981, ss. 229-238.

[3] Grzegorczyk J., Skowronek M., Wojtuszek J., Wołek St.: Współpraca pamięci kasetowej z minikomputerem. Podstawy Sterowania, t. 8, z. 2, 1978, ss. 84-108.

[4] Peatman J.: Microprocessor based design. Mc Graw Hill, 1977.

[5] MCS-80/85 Family User's Manual, Intel Corp. 1980.

[6] DTR Pamięci kasetowej PK-1, MERAMAT, 1978.

[7] Mikrokomputerowe stanowisko komunikacyjne. Zespół Mikroprogramowania, Raport ZSAK - PAN, Gliwice 1978.

Recenzent: Doc. dr inż. Zdzisław Pogoda

Wpłynęło do Redakcji: 20.10.1982 r.

МИКРОКОМПЬЮТЕРНЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ КАССЕТНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С ИНДЕКСНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ДОСТУПОМ К ФАЙЛАМ

Р е з ю м е

В работе дана короткая характеристика микрокомпьютерного блока управления четырёх кассетных запоминающих устройств, который основан на микропроцессоре Интель - 8085А, в контексте общих тенденций развития, отмечаемых в области конструкций устройств этого типа. Особое внимание было обращено на большие функциональные возможности вытекающие из применения двух независимых модулей последовательной передачи данных, которые основываются на системе большого масштаба интеграции а также на специфические формы ленты, ведущие к индексно-последовательному доступу к файлам. В заключительной части работы составлено и сравнено время доступа к информации по последовательному и индексно-последовательному алгоритмам, применяемых в представленной модели.

MICROCOMPUTER CASSETTE STORAGE CONTROL UNIT WITH INDEX-SEQUENTIAL METHOD OF DATA ACCESS

S u m m a r y

The paper presents short characterictics of the microcomputer unit of four digital cassette stores based on the INTEL-8085A microprocessor. It is considered in the context of some development tendencies common for this type devices design.

Special attention is paid to wide functional capabilities. They result from the utilization of two independent serial transmission modules based on USART's, as well as from a specific tape data format. This format makes index - sequential method of data access possible.

Specification and comparison of the access times for sequential and index-sequential access algorithms are also included.