



**OBRI** TELEWIZYJNY  
KURS  
INFORMATYKI **PORADNIK  
ZAWODOWY**

Jerzy Mieścicki

**SPRZĘT INFORMATYKI:  
PODSTAWOWE WIADOMOŚCI  
O BUDOWIE I DZIAŁANIU  
MASZYN CYFROWYCH**

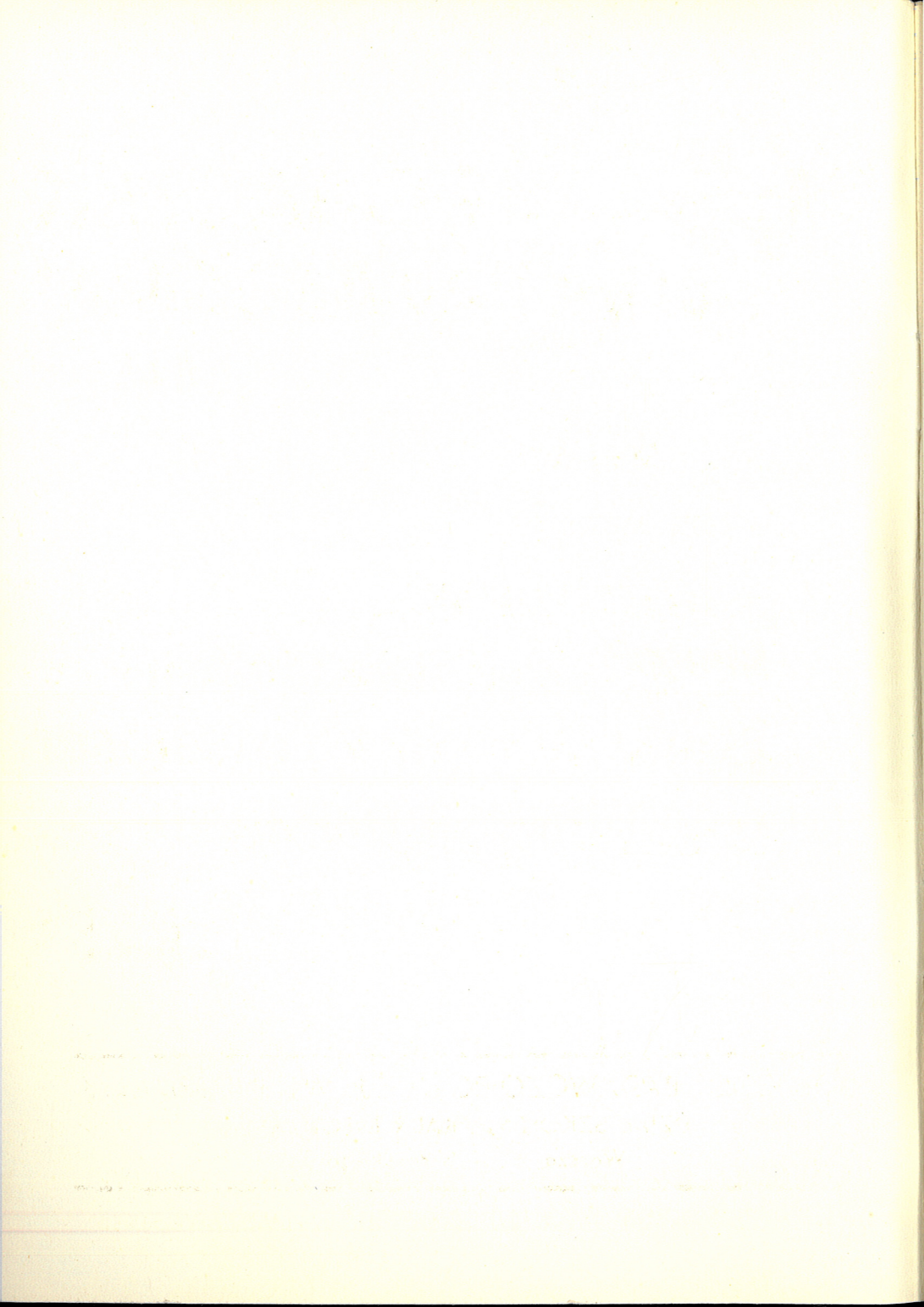
**B/4,5**

---

**OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI  
DZIAŁ SZKOLENIA KADR INFORMATYKI**

Warszawa ul. Skrońskiego 7a

---





MATERIAŁY SZKOLENIOWE  
DLA TELEWIZYJNEGO KURSU  
INFORMATYKI

**B/4,5**

Jerzy Mieścicki

**SPRZĘT INFORMATYKI:  
PODSTAWOWE WIADOMOŚCI  
O BUDOWIE I DZIAŁANIU  
MASZYN CYFROWYCH**

OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI  
DZIAŁ SZKOLENIA KADR INFORMATYKI • WARSZAWA 1975

Wszelkie przedruki powinny być uzgadniane  
z Działem Szkolenia Kadr Informatyki OBRI

---

Redaguje Komitet Redakcyjny Wydawnictw Szkoleniowych OBRI  
w składzie: J.Gwiazda, T.Hanusz /zastępca przewodniczącego/,  
L.Kazalski /przewodniczący/, B.Obirek, A.Rybarska /sekretarz/

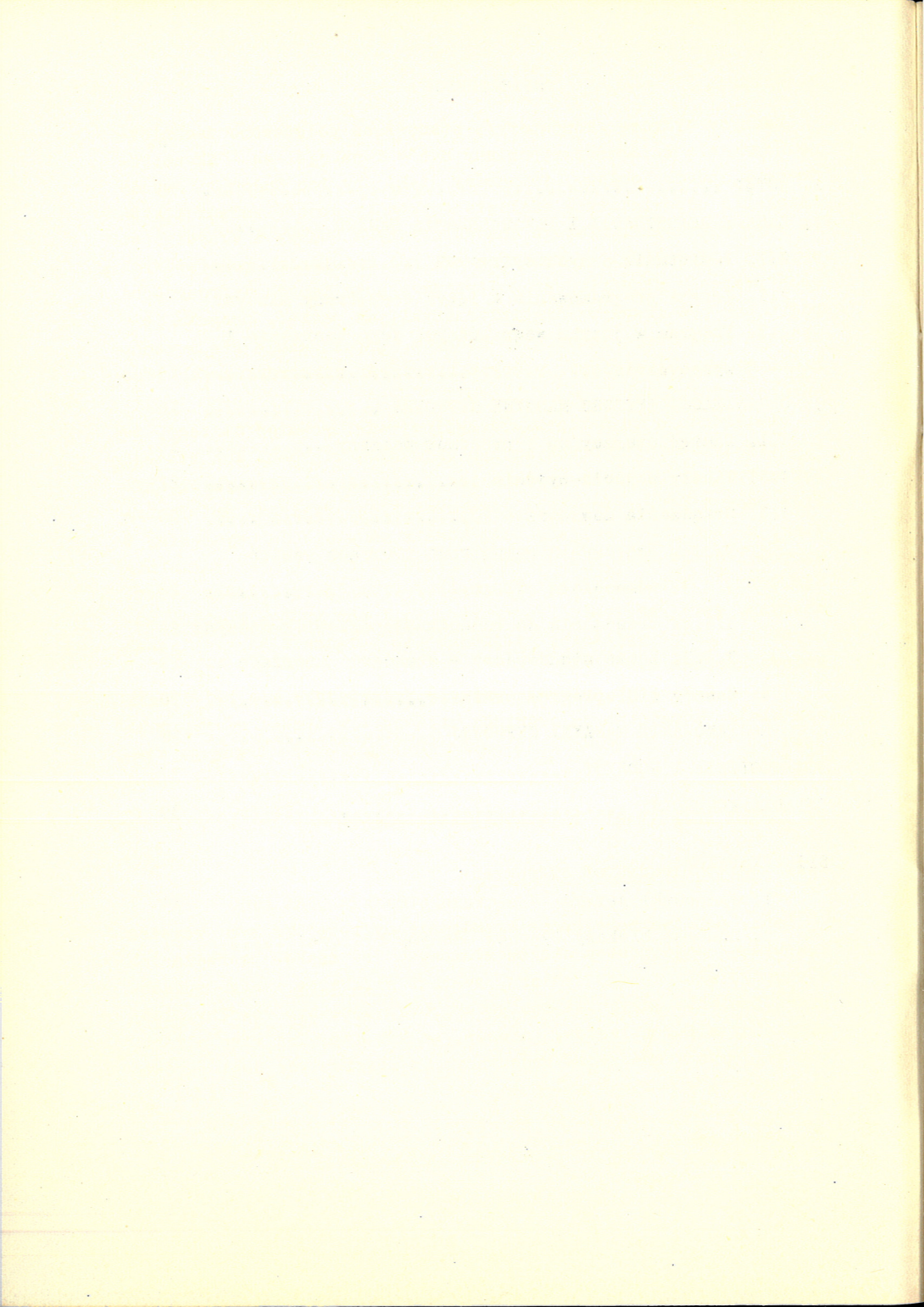
---

## SPIS TREŚCI

	s.
1. WSTĘP .....	5
2. ZASADY REJESTRACJI I PRZETWARZANIA DANYCH .....	5
2.1. Pamiętanie danych cyfrowych .....	5
2.2. Języki programowania a język wewnętrzny maszyny	9
2.3. Program w języku wewnętrznym, jego tworzenie i wykonywanie .....	14
3. ORGANIZACJA TYPOWEJ MASZINY CYFROWEJ .....	16
3.1. Pamięć operacyjna i procesor maszyny .....	16
3.2. Kanały wejścia-wyjścia .....	21
3.3. Urządzenia zewnętrzne .....	22
3.3.1. Urządzenia zewnętrzne tworzące pamięć pomocniczą .....	22
3.3.2. Urządzenia do komunikacji człowiek-maszyna	24
3.3.3. Łącze standardowe = standard interface ..	29
3.4. Zasady wieloprogramowania .....	30
4. OPROGRAMOWANIE MASZINY CYFROWEJ .....	32
5. POKOLENIA I RODZINY .....	37
PYTANIA KONTROLNE .....	39

### SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1. Jednostki języka wewnętrznego maszyn ODRA 1300	14
Rys. 2. Schemat blokowy typowej maszyny cyfrowej .....	17



## 1. WSTĘP

Maszyny cyfrowe /komputery/, stanowiące podstawowe techniczne narzędzia informatyki, powinny być - i na ogół są - skonstruowane w sposób celowy, to znaczy tak, by ich budowa i zasady działania odpowiadały w możliwie doskonały sposób zadaniom, które mają wykonywać. Dlatego charakterystyka budowy i właściwości sprzętu informatyki rozpoczyna się od omówienia podstawowych cech procesów algorytmicznego przetwarzania danych cyfrowych, od pojęć tak podstawowych dla informatyki, jak pamięć, program, język, bez dokładnego rozumienia których, zapoznawanie się z technicznymi właściwościami pewnych urządzeń elektronicznych jest bardzo utrudnione.

Stwierdzenie to nabiera szczególnej wagi również dlatego, że w przypadku współczesnych maszyn cyfrowych fizyczna ich budowa, parametry elektryczne sprzętu itd. nie są ani jedynym czynnikiem decydującym o wartości użytkowej tych urządzeń, ani czynnikiem, z którym przeciętny użytkownik ma wiele do czynienia. O wartości sprawności komputera decydują łącznie i nierozdzielnie fizyczny, dotykalny sprzęt /hardware/ oraz "niewidzialna" część maszyny, oprogramowanie /software/. Roli obu tych elementów maszyny nie można wyjaśnić, zajmując się wyłącznie "anatomiczną" budową komputera.

Według zamierzeń autora, pojęcia pojawiające się w drugim rozdziale poradnika są omawiane wyłącznie w tym zakresie, jaki jest potrzebny do wyjaśnienia zasad funkcjonowania typowego komputera.

## 2. ZASADY REJESTRACJI I PRZETWARZANIA DANYCH

### 2.1. Pamiętanie danych cyfrowych

Dane, przetwarzane przez urządzenia cyfrowe /w tym również komputery/ mają postać ciągów złożonych ze znaków pochodzących z pewnego skończonego zbioru, zwanego alfabetem danego sposobu przedstawiania danych. Alfabetem cyfrowym może być dowolny, lecz skończony zbiór obiektów, stanów, znaków itp. Tak więc alfabetem cyfrowym w znaczeniu stosowanym w informatyce jest zarówno

kilkudziesięcioelementowy zbiór znaków konwencjonalnej maszyny do pisania /zawierający oprócz cyfr arabskich - litery łacińskie, znaki przestankowe itd./, jak dwuelementowy zbiór stanów semafora kolejowego lub zbiór zawierający dwa symbole: 0 i 1.

Wiadomo, że dane cyfrowe są zorganizowane w hierarchiczny system jednostek: najmniejszą jednostką jest pojedynczy znak, większymi pole, zapis /rekord/ i zbiór /plik, kartoteka, ewidencja/. Są one rejestrowane na pewnych fizycznych nośnikach, które podczas przetwarzania stanowią magazyn zarówno danych wejściowych, jak wyników przetwarzania. Oczywiście, najpowszechniej używanym przez człowieka nośnikiem informacji jest zapisany lub zadrukowany papier. Można również podać bardzo wiele przykładów innych stosowanych przez człowieka nośników: od najdawniejszych tabliczek glinianych do współczesnych mikrofilmów. W magazynach danych, przystosowanych do współpracy z mechanicznymi lub elektronicznymi urządzeniami przetwarzającymi dane innym powszechnie stosowanym nośnikiem jest taśma papierowa, lub karty papierowe, na których znaki przybierają postać kombinacji prostokątnych lub okrągłych dziurek, wycinanych /perforowanych/ w papierze przez klawiaturowe urządzenie zwane dziurkarką /kart lub taśmy/. Wśród nośników stosowanych w magazynach danych elektronicznych maszyn cyfrowych na szczególną uwagę zasługują także szeroko używane nośniki magnetokinetyczne, w przypadku których dane rejestruje się na poruszającej się powierzchni pokrytej warstwą materiału ferromagnetycznego, na zasadach zbliżonych do zapisu magnetofonowego.

Wszelkie urządzenia służące do zapisywania /rejestrowania/ danych w celu ich późniejszego odczytywania nazwane są w informatyce pamięciami.

Mimo całkowitej zgodności z podaną wyżej definicją, konwencjonalnych urządzeń używanych tylko przez człowieka /książki, tabele, kartoteki, notesy/ nie nazywamy - ze względów jedynie czysto zwyczajowych - pamięciami. W zasadzie jednak, np. dla celów dydaktycznych można powiedzieć zupełnie poprawnie, że rocznik statystyczny jest dla ekonomisty rodzajem pomocniczej pamięci, podobnie jak pewnym rodzajem pamięci jest kartka, na której notujemy wyniki pośrednie w dłuższych okresach czasu.

Rzeczna budowa pamięci narzuca podział zawartych na nim in-



formacji na pewne jednostki fizyczne. Książka telefoniczna dzieli się na kartki, te na stronicę, stronicę na szpalty, szpalty na wiersze. Kartoteka osobowa pracowników dzieli się na karty, te zaś na rozmaite rubryki i "okienka". Szpula taśmy magnetycznej dzieli się /umownie/ na odcinki, zwane blokami, których granicami są miejsca włączenia i wyłączenia mechanizmu przesuwania taśmy. Podział taki nie musi być identyczny z układem naturalnych, logicznych jednostek danych /znak, pole, rekord, zbiór/, pożądane jest jednak, by podział na jednostki naturalne i fizyczne był przynajmniej niekonfliktowy. Na przykład wygodnie byłoby, gdyby największa fizyczna jednostka danych o abonentach telefonów - książka telefoniczna - zawierała całą największą jednostkę naturalną - zbiór, by każdy zapis rozpoczynał się od nowego wiersza /tzn. zajmował całkowitą liczbę wierszy/, szpalta - całkowitą liczbę zapisów itd. Zasada ta dotyczy i nośników maszynowych: najczęściej szpula taśmy zawiera jeden zbiór /choćby zajmował on tylko mały jeden odcinek/, w jednym bloku mieści się całkowita liczba rekordów itd.

Jest to ważne dlatego, że daną zawartą w większości rodzajów pamięci daje się zlokalizować najłatwiej określając miejsce jej przebywania.

Określenie fizycznego miejsca przebywania pewnej jednostki informacji nazywa się adresem. Pamięci skonstruowane tak, że zawarte w niej dane lokalizuje się najłatwiej przez podanie adresu - nazywane są pamięciami adresowanymi. Stanowią one większość stosowanych obecnie w praktyce pamięci maszyn cyfrowych.

Człowiek - użytkownik maszyny - wolałby z pewnością lokalizować daną w pamięci według jej treści /zawartości/, a nie położenia. W ten sposób człowiek wyszukuje na przykład w książce telefonicznej numer telefonu znajomego, którego nazwisko /a nie strona, szpalta i wiersz, czyli fizyczny "adres" w spisie/ jest mu znane. Mając jednak do dyspozycji techniczną pamięć adresowaną można naśladować taki skojarzeniowy /asocjacyjny/ dostęp do danych w niej zawartych, podając algorytm wyszukiwania w zbiorze. W najgorszym przypadku algorytm taki może polegać na przejrzaniu i sprawdzeniu zawartości wszystkich kolejnych zapisów w zbiorze; w rzeczywistości, dąży się zawsze do tego, by zbiór był z góry uporządkowany według pewnego klucza /w naszym przykła-

dzie - alfabetycznie według nazwisk/,co znacznie usprawnia przeszukiwanie, a algorytm wyszukiwania bywa bardzo precyzyjny /dokładny/.

Czynności wyszukiwania w zbiorze danych, zmiany sposobu uporządkowania zbiorów, aktualizacja poszczególnych zapisów zbioru, scalenie dwóch lub więcej zbiorów w jeden, podział zbioru na podzbiory według ustalonego kryterium - stanowią zasadniczą część ogromnej liczby procesów przetwarzania danych, np. z dziedziny zarządzania przedsiębiorstwem, wyszukiwania informacji patentowych, naukowych itp., danych związanych z ewidencją ludności, czy części w magazynach, technicznym przygotowaniem produkcji itd. Fakt ten stanowi jedną z głównych przyczyn powszechnego stosowania maszyn cyfrowych.

Zauważmy, że w procesie algorytmicznego przetwarzania danych operuje się najczęściej nie całą zawartością pamięci od razu przetwarzaniu podlegają stopniowo poszczególne fragmenty zbioru. Dokonując na przykład aktualizacji pewnych pól w "papierowej" kartotece ewidencyjnej mamy w każdej chwili do czynienia z jedną kartą: pozostałe przebywają w tym czasie w stosie kart już zaktualizowanych lub oczekujących na aktualizację. Karty są pobierane ze zbioru lub odkładane do niego jako całość: jako pewien fizyczny blok danych. Podczas samego przetwarzania zależy nam jednak na tym, by mieć swobodny dostęp do każdej jednostki informacji wewnątrz bloku. W informatyce mówi się, że mamy tu do czynienia z dwoma poziomami pamięci:

- pamięcią operacyjną, w której możliwy jest swobodny dostęp do każdej jednostki danych,
- pamięcią pomocniczą, z której pobiera się dane /lub do której wpisuje się dane/ w większych porcjach zwanych blokami.

Wyróżnia się również jeszcze jeden poziom pamięci: roboczą pamięć notatnikową, w której przechowuje się /jak gdyby na podręcznej kartce/ pośrednie wyniki obliczeń, dane wielokrotnie używane w pewnym fragmencie przetwarzania itd.

W maszynach cyfrowych na każdym z wymienionych funkcjonalnych poziomów pamięci stosuje się odmienne urządzenia. O ich zasadach działania i parametrach technicznych będzie mowa w dalszej części niniejszego poradnika.

## 2.2. Języki programowania a język wewnętrzny maszyny

Opracowanie algorytmu pewnego procesu przetwarzania danych polega na podzieleniu tego procesu na proste, elementarne czynności i podaniu szczegółowego przepisu co do kolejności następowania ich po sobie.

W opisie algorytmu czynności te przybierają postać elementarnych instrukcji, na przykład:

- weź kolejną kartę z kartoteki,
  - sprawdź, czy w czterdziestej drugiej rubryce jest litera "C",
  - dodaj zawartość pola "POBORY" i pola "DODATEK",
  - oblicz 5% od zawartości pola "SUMA",
  - przepisz zawartość pola "NAZWISKO" na podręczną kartkę, lub/w obliczeniach matematycznych/:
  - oblicz pierwiastek kwadratowy,
  - wypisz wynik w postaci X = .....
- i tak dalej.

Dla uniknięcia dowolności, niejasności i niejednoznaczności tego typu zwrotów powinna być dokładnie określona gramatyka języka, w którym formułujemy algorytm. Gramatyka ta definiuje dopuszczalne, poprawne w danym języku "słowa", konstrukcje gramatyczne i zasady ortografii. Do celów formułowania algorytmów wykonywanych później przez maszyny cyfrowe opracowano dosłownie tysiące sztucznych, sformalizowanych języków zwanych językami programowania. Są one zwykle oparte na języku etnicznym angielskim, zarówno ze względu na dość powszechną w środowisku informatyków znajomość tego języka, jak i ze względu na to, że język angielski, dzięki prostocie odmiany rzeczowników i czasowników umożliwia tworzenie "sztucznych" zdań nie tak rażąco niezgrabnych jak np. polski. Do najbardziej rozpowszechnionych języków programowania należą FORTRAN, COBOL, PL/I, ALGOL, każdy w kilku historycznych wersjach i wielu odmianach, różniących się pewnymi szczegółami wprowadzonymi lokalnie przez producentów maszyn cyfrowych.

Algorytm zapisany w pewnym języku programowania, czyli program, ma dla człowieka postać ciągu stosunkowo czytelnych zwrotów /instrukcji/, formuł itd. Nie ma w tym nic dziwnego, skoro

zarówno alfabet języka /zwykle konwencjonalny alfabet łaciński uzupełniony cyframi arabskimi oraz znakami arytmetycznymi i przestankowymi/, jak jego słownik i składnia są w sposób zamierzony dostosowane do ludzkich obyczajów językowych. Konstrukcje składniowe i słownik opracowane są tak, by instrukcje języka miały dla człowieka znaczenie możliwie bliskie potocznemu. Maszyna jednak nie może rozróżniać znaczeń: dla niej program jest długim "napiem", złożonym z dużej liczby takich samych znaków, jak dane, których przetwarzanie ten program opisuje. "Napis" ten można zatem również przetwarzać: można np. na zasadzie ciągu czysto mechanicznych porównań /stwierdzających tylko tożsamość lub nietożsamość/ wyróżniać znaki oznaczające początek i koniec instrukcji, odróżniać znaki oznaczające liczby i dane alfabetyczne od znaków lub ich grup /słów/ oznaczających - według słownika języka - czynności /jak gdyby czasowniki/ w instrukcji itd. Można wreszcie, po zidentyfikowaniu polecanej przez program czynności /np. DODAJ/ uruchomić właściwą część maszyny /np. w tym przypadku sumator/, która jest skonstruowana specjalnie do wykonywania tych czynności.

Zakłócenie - w tym - zdawałoby się prostym modelem funkcjonowania automatu przetwarzającego dane, zgodne z programem wnosi fakt, że każda elektroniczna maszyna cyfrowa ma własny wewnętrzny język, którego gramatykę kształtują przede wszystkim względy konstrukcyjne i technologiczne, a nie przyzwyczajenia językowe człowieka.

Gdybyśmy chcieli zbudować maszynę, posługującą się bezpośrednio kilkudziesięcioznakowym, konwencjonalnym alfabetem, to każdy elementarny układ pamiętający najmniejszą jednostkę /jeden znak/ musiałby być zdolny do znalezienia się w jednym z kilkudziesięciu różnych stanów. Arytmometr dodający dwie zaledwie jednocyfrowe liczby dziesiętne musi być przygotowany na pojawienie się stu różnych par danych wejściowych. Operacja arytmetyczna, którą oznaczymy jednym znakiem  $\sqrt{\quad}$  /pierwiastek kwadratowy/ i jesteśmy często skłonni uważać za czynność elementarną - w praktyce wykonywana jest jako złożony ciąg mnożeń, dzielenia i dodawań. Dlatego ze względów praktycznych w języku wewnętrznym maszyny stosuje się najmniejszy z możliwych alfabetów cyfrowych: alfabet dwójkowy, natomiast zbiór elementarnych czyn-

ności jest ustalony również z uwzględnieniem łatwości technicznej realizacji układów, które te czynności będą wykonywać.

W alfabecie dwójkowym dopuszczalne jest stosowanie jedynie dwóch symboli, które przyjęto oznaczać umownie cyframi 0 i 1. Tak więc, każda dana cyfrowa ma w języku wewnętrznym maszyny postać ciągu składającego się wyłącznie z zer i jedynek. Najmniejszą jednostką informacji w języku maszyny jest więc nie znak, lecz bit czyli cyfra dwójkowa, mogąca mieć wartość 0 albo 1.

Jeden bit reprezentuje wybór jednej z dwóch możliwości. Grupa złożona z dwóch bitów może mieć cztery różne "treści": 00, 01, 10, 11. Grupa złożona z trzech bitów na odpowiednio  $2^3 = 8$  różnych możliwych zawartości, ogólnie mówiąc - n-bitowy ciąg zer i jedynek może przybierać  $2^n$  różnych wartości.

Jeśli więc na przykład alfabet /"zewnątrzny"/, którego używamy do zapisywania danych i algorytmów, liczy 64 znaki, to w języku wewnętrznym maszyny każdy ze znaków może być jednoznacznie reprezentowany przez pewną sześciobitową / $2^6 = 64$ / grupę zer i jedynek. Tabela, w której ustalono, jakim znakom odpowiadają jakieś kombinacje zer i jedynek nazywa się tabelą kodową; odpowiednik dwójkowy znaku nazywa się kodem tego znaku; natomiast grupa bitów /o ustalonej dla każdej maszyny długości, zwykle 6 lub 8 bitów/ potrzebna do zakodowania jednego znaku nazywa się bajtem /ang. byte/. W praktyce stosuje się kilka tabel kodowych, które są często przedmiotem umów między firmami, norm państwowych, a nawet umów w skali międzynarodowej.

Każdy tekst, który na zewnątrz maszyny ma postać ciągu znaków z konwencjonalnego alfabetu - wewnątrz maszyny staje się ciągiem bajtów, z których każdy zawiera dwójkowy kod odpowiadający mu znakowi. Do przekształcania znaków graficznych "ludzkiego" alfabetu na postać dwójkową służą urządzenie z klawiaturą zawierającą stosowane przez człowieka znaki. Naciśnięcie klawisza /jak w maszynie do pisania/ powoduje wytworzenie "na wyjściu" urządzenia dwójkowego odpowiednika znaku w przyjętym kodzie.

Większą niż bajt jednostką informacji w języku wewnętrznym maszyny jest słowo maszynowe. Ma ono zazwyczaj długość 16 /w licznych minikomputerach/, 24 /np. w maszynach ODRA 1300 i innych/ lub 32 /np. w maszynach IBM S/360 lub Jednolitego Systemu Maszyn Cyfrowych Krajów RWFG/ bitów. Słowo może zawierać - od-

powiednio - 2 lub 4 oddzielne bajty, może być jednak również traktowane jako całość. W tym ostatnim przypadku zawiera ono zwykle liczbę, lub umowy, zerojedynkowy kod jakiejś innej informacji, np. rozkaz maszynowy. Tak więc np. w szesnastobitowym słowie maszynowym można zapisać dwa osmiobitowe bajty lub jedną z  $2^{16} = 65536$  różnych liczb /np. całkowitych od - 32767 do + 32768, z wliczeniem zera/ lub jedno z 65536 różnej treści zerojedynkowych umownych oznaczeń kodowych pewnych elementarnych - dla danej maszyny - czynności /rozkazów/.

Oczywiście, przy przekształcaniu liczb zapisanych w konwencjonalnym dla nas trzynastoelementowym alfabecie numerycznym /cyfry od 0 do 9, znaki + i - oraz przecinek dziesiętny/ na zapis dwójkowy - nie posługujemy się tabelą kodową /musiałaby ona mieć w powyższym przykładzie 65536 pozycji dla samych tylko liczb całkowitych/, lecz pewnymi systematycznymi regułami tworzenia dwójkowych liczb całkowitych /dodatnich i ujemnych/, ułamkowych i mieszanych. Omawianie różnych metod przedstawiania liczb w dwójkowym systemie zapisu nie jest w tym miejscu możliwe, warto jednak podkreślić, że

- podobnie jak w przypadku kodów znakowych, liczba stosowanych w praktyce konwencji jest niewielka,
- na liczbach w postaci dwójkowej można wykonywać operacje arytmetyczne, podobnie jak na liczbach w postaci dziesiętnej, przy czym reguły wykonywania tych operacji są bardzo proste.

Przykładem ilustrującym ostatecznie stwierdzenie jest postać "tabliczki mnożenia" i "tabliczki dodawania", w systemie dwójkowym:

<u>mnożenie</u>	<u>dodawanie</u>
0 . 0 = 0	0 + 0 = 0
0 . 1 = 0	0 + 1 = 1
1 . 0 = 0	1 + 0 = 1
1 . 1 = 1	1 + 1 = 10

Zastępują one analogiczne, lecz stupozycyjne tabliczki mnożenia i dodawania dla systemu dziesiętnego. Operacje mnożenia i dodawania dla systemu dwójkowego na całych słowach maszynowych wykonuje się również podobnie jak w systemie dziesiętnym, stosu-

jąc podane w powyższych tabelkach zasady do kolejnych /od prawej do lewej/ cyfr /bitów/ słowa i przestrzegając określonych reguł uwzględniania przeniesień przy dodawaniu i "pożyczki" przy odejmowaniu, przesuwania /przy mnożeniu/ wyniku w lewo, zgodnie z położeniem aktualnej cyfry mnożnika itd.

Dwójkowo koduje się również instrukcje /rozkazy/ języka wewnętrznego maszyny.

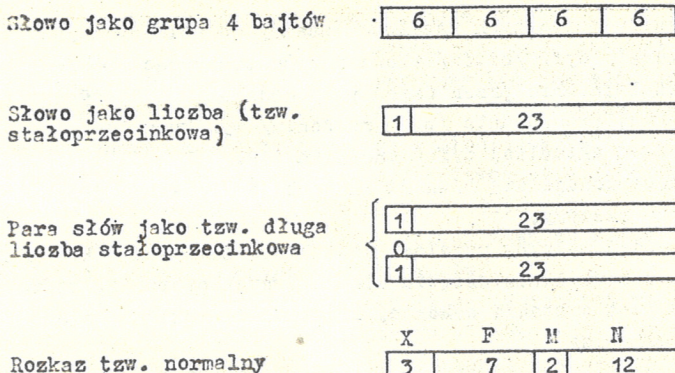
Dla każdej maszyny ustalona jest lista zazwyczaj kilkudziesięciu lub stukilkudziesięciu elementarnych operacji, które maszyna ta jest w stanie wykonać. Przykładami takich elementarnych działań są:

- przepisanie zawartości określonej komórki pamięci głównej do określonej komórki pamięci notatnikowej lub odwrotnie,
  - arytmetyczne dodanie zawartości dwóch określonych komórek pamięci i zapisanie wyniku do pierwszej z nich,
  - przepisanie określonego bajtu z określonej komórki pamięci - innej komórki pamięci,
  - badanie, czy zawartość pewnych dwóch komórek pamięci są identyczne i zapisanie w określonym bicie pamięci cyfry "1" jeśli tak, a cyfry "0" jeśli nie,
- i tak dalej.

Treść takiej listy rozkazów języka wewnętrznego jest w praktyce dla każdego typu maszyny cyfrowej inna, ustalona arbitralnie przez projektantów maszyny. Każdej pozycji listy rozkazów projektant przypisuje kombinację zer i jedynek jednoznacznie reprezentującą dany rozkaz. Grupa bitów przeznaczona na ten cel w słowie maszynowym nazywa się częścią operacyjną rozkazu. W pozostałych częściach słowa muszą być podane również inne informacje potrzebne maszynie do wykonania danej czynności; w szczególności - zakodowane dwójkowo adresy komórek pamięci, których operacja ta dotyczy.

Rozpatrzmy dla przykładu budowę rozkazów tzw. normalnych w języku wewnętrznym maszyn serii ODRA 1300. Jak wynika z rys. 1 rozkazy takie składają się z:

- trzybitowej części X
- siedmiobitowej części F
- dwubitowej części M
- dwunastobitowej części N.



Rys. 1. Niektóre jednostki języka wewnętrznego maszyn ODRA 1300

W części F zawarty jest /siedmiobitowy/ kod części operacyjnej rozkazu /a więc rodzaj wykorzystywanej funkcji/. Część X zawiera adres /numer/ jednej z  $2^3 = 8$  komórek pamięci notatnikowej, natomiast części M i N służą do wyznaczenia adresu komórki pamięci głównej.

### 2.3. Program w języku wewnętrznym, jego tworzenie i wykonywanie

W czasie wykonywania programu cały program /oczywiście w języku wewnętrznym/, lub przynajmniej aktualnie wykorzystywany jego dłuższy fragment musi przebywać w pamięci operacyjnej maszyny. Działanie maszyny polega na kolejnym pobieraniu pojedynczych, następujących po sobie rozkazów z pamięci operacyjnej do urządzenia zwanego procesorem i wykonywania zawartych w każdym rozkazie poleceń. Tak więc - przynajmniej w zasadzie - procesor maszyny zajmuje się w każdej chwili tylko jednym rozkazem i może przystąpić do pobierania i wykonania następnego dopiero po całkowitym zakończeniu rozkazu bieżącego. Znajdująca się w procesorze jednostka elektroniczna, sterująca pobieraniem i wykonywaniem kolejnych rozkazów rozróżnia jedynie "znane" jej dwójkowe kody operacji z listy rozkazów, podległe jej inne urządzenia - np. elektroniczny arytmometr dwójkowy - potrafią wykazywać działania jedynie na zerojedynkowych danych. Dlatego wszystko, cokolwiek maszyna wykonuje, jest realizacją jakiegoś programu zarejestrowanego aktualnie w pamięci operacyjnej w znanej



maszynie postaci dwójkowej. Dotyczy to zarówno czynności, które zostały zaprogramowane jako zagadnienia użytkowe z dziedziny inżynierii, administracji, sterowania obiektem itd., jak czynności związanych z organizowaniem pracy samej maszyny, jak na przykład: wczytywanie nowego programu do pamięci maszyny, wypisywanie obsłuzki tekstów o charakterze organizacyjnym /np. nazwy zakończonego programu, nazwy nowo wpisanego zbioru danych, informacji o awarii pewnego podzespołu maszyny itd./. Dla wszystkich procesów tego typu muszą być przygotowane odpowiednie programy. Są one opracowane dla każdej maszyny przez jej producenta i powinny być dostarczane odbiorcy maszyny wraz z "fizycznymi" jej urządzeniami.

Do takich firmowych programów należą w szczególności tzw. translatory języków programowania. Zgodnie ze swą nazwą, translator spełnia obowiązki programu, który tłumaczy programy użytkowe, napisane w wygodnym dla użytkownika języku źródłowym programowania /np. FORTRAN, COBOL itp./ - na obcy człowiekowi, ale "wygodny" dla maszyny jej język wewnętrzny. Translator nie wykonuje zatem programu użytkowego /zwanego w tym kontekście programem źródłowym/: uważa go on jedynie za długi "napis" /skonstruowany ze znaków dostarczonych mu już w formie dwójkowej przez urządzenie wejściowe/, który należy przeglądać znak po znaku, wyszukując w nim znaki i grupy znaków, które w danym języku oznaczają dane instrukcje, opisy warunków itd. Po natrafieniu na określoną jednostkę gramatyczną translator wyszukuje w swojego rodzaju słowniku jej odpowiednik w języku wewnętrznym maszyny i dostawia ten odpowiednik do tworzącego się w ten sposób krok po kroku programu wynikowego, już w języku wewnętrznym. Po zakończeniu procesu tłumaczenia skompilowany w ten sposób program wynikowy jest gotowy do wykonania i może być przez maszynę wykonany natychmiast /jeśli przygotowane są dla niego dane/, bądź zostaje zarejestrowany w pamięci maszyny albo "wydany na zewnątrz" na taśmie dziurkowanej lub kartach dziurkowanych - dla późniejszego wykorzystania. Program, raz przetłumaczony na postać wynikową, może być oczywiście zlecony maszynie do powtórne go wykonania, już bez pośrednictwa translatora.

Przy wykorzystaniu działających w ten sposób translatorów, zwanych kompilatorami /kompilerami/ procesy tłumaczenia i wyko-

nywania programu użytkowego są oddzielone w czasie. Inne translatory, zwane interpretatorami /interpretatorami/, umożliwiają przeplatanie procesu tłumaczenia i wykonywania programów: pobierają pewien fragment programu źródłowego, tłumaczą go na język wewnętrzny i powodują natychmiastowe wykonanie; następnie pobierają kolejny fragment, tłumaczą, wykonują itd. Ten sposób działania jest szczególnie przydatny przy konwersacyjnej współpracy człowieka z maszyną.

- Dla użytkownika maszyny cyfrowej najważniejsze jest to, że
- specjaliści przygotowujący translator uwalniają go od konieczności posługiwania się językiem wewnętrznym,
  - gotowe translatory kilku języków programowania stanowią obecnie obowiązkowe wyposażenie każdej maszyny,
  - wyposażona w kilka translatorów różnych języków programowania ta sama maszyna może akceptować i wykonywać programy pisane w różnych językach.

### 3. ORGANIZACJA TYPOWEJ MASZINY CYFROWEJ

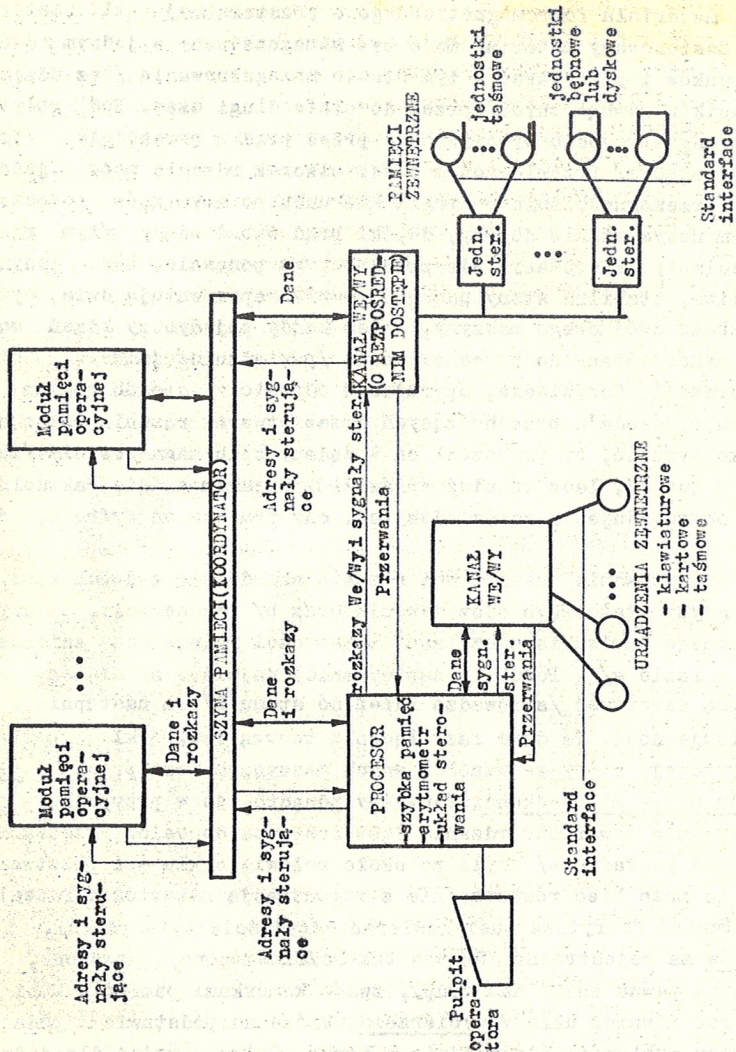
#### 3.1. Pamięć operacyjna i procesor maszyny

Na schemacie blokowym typowej maszyny cyfrowej /rys. 2/ wyróżniono kilka podstawowych jednostek maszyny i pokazano ich wzajemne połączenia drogami przesyłania danych, rozkazów oraz różnorodnych sygnałów i danych o charakterze sterującym.

Pamięć operacyjna /główna/ maszyny przechowuje w czasie pracy wykonywany program /lub aktualnie wykonywany fragment dłuższego programu/, dane bezpośrednio potrzebne w danym etapie przetwarzania oraz wyniki wyprodukowane przez program /przed ich "wydaniem" na zewnątrz/. Jest to, jak wiemy, adresowana pamięć o swobodnym dostępie do komórek. Komórki mają zazwyczaj pojemność jednego słowa maszynowego, choć niekiedy /w tzw. maszynach znakowych lub bajtowych/ oddzielnie adresowalną jednostkę pamięci głównej jest każdy bajt.

Z technicznego punktu widzenia pamięć operacyjna w większości maszyn zbudowana z tzw. rdzeni ferrytowych. Każdy taki rdzeń ma kształt małej obrączki /o średnicy zewnętrznej rzędu 1 mm/ z

PAMIĘĆ OPERACYJNA (GŁÓWNA)



Rys. 2. Schemat blokowy typowej maszyny cyfrowej

tw. materiału ferromagnetycznego o prostokątnej pętli histerezy. Zastosowany materiał może być namagnesowany w jednym z dwóch kierunków i pozostawać w tym stanie namagnesowania /bez udziału czynników zewnętrznych/ przez dowolnie długi czas. Pod wpływem pola magnetycznego wywoływanego przez prąd w przewodzie /tzw. wzbudzającym/ przewleczonym przez otworek rdzenia może jednak ulec przemagnesowaniu w drugim kierunku, po czym znów pozostaje w tym nowym stanie dopóty, dopóki prąd wzbudzający /tym razem przeciwnie skierowany/ nie przełączy go ponownie. Dwa jedynie możliwe, stabilne stany namagnesowania reprezentują dwie cyfry alfabetu dwójkowego maszyny, zatem każdy pojedynczy rdzeń może być wykorzystany do przechowywania /pamiętania/ jednego bitu informacji. Oczywiście, operując w odpowiedni sposób prądem w kilku przewodach przechodzących przez otworek rdzenia można nie tylko wymusić, by przeszedł on w żądany stan magnesowania /zapisać 0 lub 1/, lecz również sprawdzić, w jakim stanie aktualnie się on znajduje, a zatem odczytać, czy pamięta on cyfrę 0, czy 1.

"Odczytywanie" zawartości rdzenia składa się z dwóch faz: a/ jak gdyby właściwego odczytywania oraz b/ regeneracji, czyli ponownego zapisania odczytanej zawartości /ulega ona zniszczeniu w fazie a//. Podobnie zapisywanie: najpierw a/ niszczy aktualną zawartość /sprowadza rdzeń do stanu 0/, a następnie b/ zapisuje nową. Te dwie fazy łącznie tworzą tzw. cykl pamięci ferrytowej, który we współczesnych maszynach trwa przez czas rzędu 0.8-2 mikrosekund. Zauważmy ponadto, że w przypadku odczytywania zawartość rdzenia jest dostępna do celów przetwarzania już po fazie a/ czyli po około połowie cyklu - i przetwarzanie to może iść równocześnie z regeneracją zawartości rdzenia.

Pamięć ferrytowa musi zawierać oczywiście tyle rdzeni, ile bitów ma rejestrować. Są one tak rozmieszczone i uzwojone, że tworzą pewne znane nam grupy, zwane komórkami pamięci. Musi zawierać również układy wybierania, które na podstawie podanego adresu wybierają odpowiednią komórkę. Opisane wyżej dla jednego rdzenia zjawiska zachodzą we wszystkich rdzeniach komórki równolegle, tak więc np, w przypadku odczytywania po upływie ułamka mikrosekundy od momentu podania adresu maszyna ma dostęp do wszystkich bitów słowa zapisanego w komórce jednocześnie i może

je pobrać do przetwarzania. Równolegle, jednocześnie we wszystkich rdzeniach wybranej komórki zachodzą również procesy regeneracji. Ponowne odwołanie się do pamięci /w celu odczytania lub zapisania komórki o określonym adresie/ może nastąpić dopiero po zakończeniu regeneracji - a zatem po ukończeniu pełnego cyklu pamięci. Można więc stwierdzić, że szybkość przenoszenia informacji jest równa odwrotności czasu cyklu pamięci, np. pamięć ferrytowa o czasie cyklu równym 1 mikrosekundzie /czyli  $10^6$  sek./ zapisuje i odczytuje  $10^6 = 1$  mln komórek na sekundę.

Pojemność pamięci operacyjnej podaje się umownie w wielokrotnościach liczby  $K = 1024 = 2^{10}$  komórek. W maszynach małych pamięci rdzeniowe liczą zwykle od 4 K do 32 K lub 64 K komórek /tzn. od 4096 do 65536 oddzielnie adresowanych jednostek: słów lub bajtów/, w maszynach wielkich może osiągać aż do 512 K - 1024 K komórek.

Kolejną ważną jednostką, pokazaną na schemacie blokowym jest procesor maszyny. Wykonuje on sekwencyjnie, jeden po drugim kolejne rozkazy programu zapisanego w pamięci głównej. Zawiera on w sobie m.in.

- pamięć notatnikową /zwaną niekiedy pamięcią własną procesora/ składającą się z kilku, kilkunastu lub kilkadziesiątu komórek zwanych rejestrami procesora. Rejestry te są często zbudowane nie z rdzeni ferrytowych, lecz dwustanowych półprzewodnikowych układów elektronicznych, zapewniających dostęp do informacji po czasie rzędu dziesiętnych lub setnych części mikrosekundy /a zarazem kilkadziesiąt razy szybszej niż pamięć ferrytowa/,
- jednostkę arytmetyczno-logiczną w skrócie arytmometr, który wykonuje operacje takie, jak dodawanie, odejmowanie, przesuwanie, działania logiczne, porównywanie itd., na danych stanowiących zawartość komórek pamięci notatnikowej lub głównej /w tym ostatnim przypadku - po sprowadzeniu tej zawartości do wnętrza procesora/,
- układ sterowania, który zarządza pracą procesora.

Układ sterowania /inaczej - jednostka sterująca/ procesora jest złożonym automatem cyfrowym, zbudowanym z dwustanowych uk-

żadów elektronicznych, zawierającym w sobie m.in. również liczne rejestry, czyli wyróżnione "szybkie" komórki pamięci, służące jednak nie do przechowywania przetwarzanych danych użytkowych, lecz do celów "organizacyjnych": do przechowywania informacji o jak gdyby "wewnętrznym", "służbowym" znaczeniu dla samej jednostki sterującej.

W trakcie pracy maszyny, po zakończeniu wykonywania pewnego rozkazu układ sterowania

- wysyła do pamięci operacyjnej adres następnego rozkazu wraz z żądaniem odczytania komórki pamięci o tym adresie. Adres ten przechowywany jest w jednym z "organizacyjnych" rejestrów procesora /tzw. rejestr licznika rozkazów/,
- zapisuje w innym własnym rejestrze rozkaz odczytany z pamięci operacyjnej,
- na podstawie układu zer i jedynek w części operacyjnej rozkazu wysyła odpowiednie zlecenie /również w postaci sygnałów zerojedynkowych/ do podległych sobie jednostek procesora.

Kod zawarty w części operacyjnej może w szczególności wymagać sprowadzenia z pamięci głównej innej komórki, zawierającej daną. Wtedy jednostka sterująca przesyła do pamięci głównej podany w rozkazie adres danej z odpowiednim żądaniem dostępu /odczytu lub zapisu/. Po wykonaniu przez arytmometr zleconej czynności układ sterowania, przystępuje do pobierania z pamięci kolejnego rozkazu programu. Najczęściej będzie to rozkaz z następnej komórki pamięci, niekiedy jednak - rozkaz spod innego adresu. Z tym ostatnim przypadkiem mamy do czynienia wtedy, gdy w programie przewidziano tzw. rozgałęzienie, to znaczy możliwość wyboru jednej z alternatywnych dalszych dróg postępowania, zależnie od aktualnej sytuacji /np. od badania czy wynik ostatniego dodawania jest równy zeru/.

Opisane działania te powtarzają się cyklicznie. Cały taki cykl rozkazowy w przypadku prostych rozkazów /np. typu dodawania arytmetycznego dwóch słów maszynowych/ trwa przez czas jednego lub dwóch cykli pamięci, tak więc na przykład maszyna o pamięci operacyjnej z cyklem równym 1  $\mu$ s jest w stanie wykonać 500.000 - 1.000.000 takich operacji w ciągu sekundy.

Podane tu oszacowanie szybkości pracy maszyny jest oczywiście bardzo przybliżone: czasy wykonywania poszczególnych typów rozkazów są różne, a nawet dla tego samego typu rozkazu cykl jego wykonania może zajmować różny czas zależnie od tego, w jakim poziomie pamięci przebywają dane będące przedmiotem jego działania, wreszcie - nie tylko wielkość czasu cyklu pamięci ma wpływ na szybkość maszyny. Można jednak stwierdzić bez obawy popełnienia zasadniczego błędu, że szybkość działania współczesnej, typowej, poprawnie zaprojektowanej maszyny cyfrowej jest rzędu kilkuset tysięcy rozkazów /języka wewnętrznego/ na sekundę.

### 3.2. Kanały wejścia - wyjścia

Kanał wejścia - wyjścia reprezentuje przed procesorem pewną grupę urządzeń zewnętrznych. Od procesora otrzymuje on instrukcje nakazujące mu zorganizowanie przesyłania danych. Do procesora przekazuje sygnały informujące o przebiegu procesu przesyłania. Same transmitowane dane mogą być jednak wymieniane albo między kanałem a procesorem, albo między kanałem a pamięcią operacyjną. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z tzw. kanalami o bezpośrednim dostępie do pamięci. Kanał taki /może być ich zresztą kilka/ stanowi z punktu widzenia pamięci źródło "żądań dostępu" takie samo, jak procesor. Dlatego zarówno procesor, jak i kanały o bezpośrednim dostępie korzystają z pamięci za pośrednictwem koordynatora pamięci /inaczej - maszyny pamięci/, który pełni rolę jak gdyby centralnej "łącznicy telefonycznej" w ruchu danych w maszynie.

Kanał wybiera i uruchamia podległe sobie urządzenia zewnętrzne po otrzymaniu od procesora pełnej informacji o wymaganej transmisji. Procesor zleca kanałowi takie działanie po natrąceniu w wykonywanym przez siebie programie na instrukcję wejścia-wyjścia. Instrukcja ta musi pozwalać na zidentyfikowanie numeru urządzenia zewnętrznego, kierunku przesyłania, rozmiaru przesyłanego skoku znaków itd. Przesłaniu podlega bowiem zawsze cały blok bajtów; oczywiście w bardzo szczególnym przypadku może on mieć długość jednego znaku.

Zgodnie z zasadą wykonywania kolejno, rozkaz po rozkazie po-

szczególnej instrukcji programu, procesor nie może przystąpić do wykonywania następnej instrukcji programu, dopóki kanał nie zasygnalizuje mu zakończenia poprzedzającej ją instrukcji wejścia-wyjścia.

### 3.3. Urządzenia zewnętrzne

Urządzenia zewnętrzne, pozostające pod kontrolą kanałów można podzielić na trzy grupy:

- 1/ jednostki pamięci pomocniczej,
- 2/ urządzenia do porozumiewania się człowieka z maszyną: głównie klawiaturowe, kartowe i taśmowe,
- 3/ urządzenia do porozumiewania się maszyny z innymi urządzeniami technicznymi, np. z aparaturą do sterowania procesorami produkcyjnymi, urządzeniami telekomunikacyjnymi itd.

Ze względu na encyklopedyczny charakter niniejszego poradnika urządzeniami trzeciej grupy nie będziemy zajmowali się.

#### 3.3.1. Urządzenia zewnętrzne tworzące pamięć pomocniczą

Pamięć pomocniczą /masową/ maszyny stanowią najczęściej jednostki pamięci magnetokinetycznej: dyskowej lub bębnowej o dostępie swobodnym /do bloków/ i taśmowej o dostępie szeregowym. Liczbę i rodzaj dołączanych do kanałów wejścia/wyjścia jednostek pamięci zewnętrznej można ustalić w bardzo szerokich granicach /np. od zera do 128 jednostek pamięci/, zależnie od potrzeb i możliwości finansowych użytkownika maszyny. Ponieważ każda jednostka pamięci /pojedyncze urządzenie taśmowe, dyskowe lub bębnowe/ może zarejestrować wiele milionów znaków, a ponadto w przypadku wszystkich pamięci taśmowych i wielu dyskowych nośnik/krażki, taśmy, zestawy dysków/ jest wymienialny - przeto pojemność pamięci masowej można uważać za praktycznie nieograniczoną.

W przypadku pamięci taśmowej nośnik ma kształt - oczywiście - taśmy plastikowej, o szerokości 1/2 cala, pokrytej proszkiem ferromagnetycznym podobnie jak taśma magnetofonowa. W linii prostopadłej do kierunku przesuwania się taśmy umieszczonych jest



7 lub 9 głowic odczytująco-zapisujących, które służą do rejestracji lub odczytywania na siedmiu lub dziewięciu ścieżkach dwójkowej informacji cyfrowej z gęstością 556, 800 /lub nawet 1600/ bitów na jeden cal długości każdej ścieżki. Łatwo zauważyć, że w takim razie na taśmie siedmiościeżkowej rejestruje się 556, 800 lub 1600 sześciobitowych bajtów /siódmy bit jest tzw. bitem parzystości, służącym celom kontrolnym/ na jednym calu długości taśmy, na taśmie dziewięćścieżkowej - tyleż bajtów ośmiobitowych /plus bit parzystości/. Przy długości taśmy rzędu od kilkuset metrów do ok. 1200 m w szpuli daje to ogromną pojemność.

Taśma poruszana jest przez bardzo precyzyjny mechanizm napędowy, który umożliwia rozpędzenie taśmy od stanu spoczynkowego do pełnej szybkości w czasie kilku milisekund, co odpowiada 2-3 centymetrowemu odcinkowi "pustej" taśmy. Podobny czas zajmuje zatrzymanie taśmy. Pomiędzy pełnym rozruchem a początkiem hamowania rejestruje się /lub odczytuje/ "jednym ciągiem" - z szybkością 20.000-100.000 bajtów na sekundę - pewien blok bajtów. Można więc powiedzieć, że czas dostępu do najbliższego bloku jest rzędu kilku milisekund. Czas dostępu do dowolnego bloku w szpuli musiałby być rzędu minut: przewijanie całej szpuli z pełną szybkością trwa przez czas właśnie ok. 3-5 minut. Dlatego pamięć taśmowa jest używana wyłącznie jako pamięć sekwencyjna.

W przypadku pamięci dyskowej proszek ferromagnetyczny jest napyłany na powierzchni płaskiego krążka o średnicy dużej płyty gramofonowej. Głowice odczytująco-zapisujące są bądź umieszczone sztywno na listwie biegnącej nad dyskiem wzdłuż jego promienia /wtedy jest ich kilkadziesiąt/ bądź na ruchomym pręcie, które może wysuwać się lub cofać małymi skokami wzdłuż promienia dysku mogąc przyjmować kilkadziesiąt położeń /wtedy wystarczy jedna głowica na jedną powierzchnię dysku/. Każdej nieruchomej głowicy /lub każdemu położeniu ruchomej głowicy/ odpowiada jedna kłosa ścieżka, na której głowica ta rejestruje /lub odczytuje/ dane. W małych pamięciach dyskowych dysk jest jeden, niewymienny, a głowice umieszczone nieruchomo. W pamięciach większych na jednej osi wiruje kilka obustronnie napyłanych dysków, głowice są ruchome, umieszczone na "grzebieniu" wchodzącym między płyty, a cały taki pakiet kilku razem umocowanych na osi

dysków można wymieniać /podobnie jak płyty gramofonowe w domowym adapterze/. Pojemność takiej jednostki pamięci dyskowej jest rzędu pojedynczych milionów bajtów, zatem mniejsza niż szpuli pamięci taśmowej, ale - jak wiemy - pamięć dyskowa ma dostęp swobodny do bloków.

Czas dostępu w dużych jednostkach dyskowych składa się z: czasu ustalenia położenia grzebienia z głowicami /rzędu 50 - 80 milisekund/ oraz czasu oczekiwania na początek bloku, związany z obrotem pakietu dysków /rzędu kilkunastu milisekund/. W sumie, średni czas dostępu do dowolnego bloku w pamięci dyskowej wynosi od kilkudziesięciu do około stu milisekund.

Pamięć bębnowa, w której nośnik ferromagnetyczny jest nałożony na powierzchnię wirującego walca, a głowice /w liczbie kilkudziesięciu - stukilkudziesięciu/ umieszczone są sztywno wzdłuż tworzącej - ma czas dostępu określony szybkością obracania się bębna /średnio ok. 10 milisekund/. Ten rodzaj pamięci ustępuje coraz częściej miejsca pamięciom dyskowym.

### 3.3.2. Urządzenia zewnętrzne do komunikacji człowiek - maszyna

Szybkość ręcznego nadawania znaków alfabētu zewnętrznego na klawiaturze jest nieznaczna: właściwości psychomotoryczne człowieka sprawiają, że nie jest on w stanie wprowadzać bezpośrednio do maszyny danych z /szybkością większą niż kilka /na pewno nie więcej niż 10/ znaków na sekundę. Dlatego też większość danych dla maszyny przygotowuje się /dziurkuje/ na nośnikach pośrednich /karty papierowe, taśma papierowa/ za pomocą klawiaturowych urządzeń zwanych dziurkarkami kart lub taśmy papierowej, które nie są bezpośrednio połączone z maszyną; nie są więc urządzeniami zewnętrznymi maszyny sensu stricto. Pliki kart lub szpule taśmy papierowej, wyprodukowane przez dział przygotowania danych ośrodka obliczeniowego są wozytywane do maszyny za pośrednictwem rzeczywistych urządzeń zewnętrznych: czytnika kart dziurkowanych lub taśmy dziurkowanej, pracujących z wielokrotnie większą prędkością.

Ręczna dziurkarka /perforator/ kart rejestruje dane wprowadzane z klawiatury na znormalizowanych kartach papierowych o pojemności do 80 znaków każda. Znak zakodowany na karcie ma pos-

tać prostokątnej dziurki /w przypadku cyfr dziesiętnych/ lub kombinacji dwóch dziurek /w przypadku pozostałych znaków alfabety/ rozmieszczonych zgodnie z ustalonym kodem kartowym w jednej z 80 "kolumn" karty. Niektóre modele dziurkarek drukują ponadto u góry kolumny zarejestrowany znak.

Dziurkarki taśmy rejestrują dane na ciąglej taśmie papierowej. Zależnie od przyjętego kodu każdy znak ma postać kombinacji dziurek i braku dziurek w jednym rzędku o pięciu, sześciu, siedmiu lub ośmiu ścieżkach.

Czytniki kart dziurkowanych wczytują do maszyny dane z szybkością rzędu 400-600 kart na minutę. Czytnik stwierdza obecność lub brak dziurki w określonej kolumnie karty /na zasadzie kontaktu dwóch styków elektrycznych przesuwających się po obu stronach karty lub na zasadzie fotoelektrycznej/ i w zależności od tego przesyła do maszyny dwójkowy kod znaku.

Czytniki taśmy dziurkowanej pozwalają na wprowadzenie danych do maszyny z szybkością rzędu 1000 znaków na sekundę. Są to zazwyczaj czytniki fotoelektryczne, w których obecność dziurki w taśmie wykrywa fotokomórka.

W procesie przygotowania danych na nośnikach papierowych biorą udział również urządzenia, zwane sprawdzarkami kart lub taśmy. Porównują one kolejne znaki zarejestrowane na kartach lub taśmie ze znakami tego samego zbioru danych, nadawanego ponownie na klawiaturze sprawdzarki. Wykrycie niezgodności jest sygnalizowane: pozwala to na usunięcie wielu przypadkowych błędów manualnych pierwszego dziurkowania.

W ostatnich latach w coraz powszechniejsze użycie wchodzi urządzenie rejestrujące dane z klawiatury nie na nośnikach papierowych, lecz na taśmie magnetycznej lub dyskach magnetycznych. Zapisany i sprawdzony w takim urządzeniu /pracującym niezależnie od głównej maszyny ośrodka/ krążek taśmy magnetycznej lub pakiet dysków zostaje założony do odpowiedniej jednostki pamięci zewnętrznej maszyny i podlega przetwarzaniu już jako zbiór taśmowy lub dyskowy. W najbardziej zaawansowanych rozwiązaniach takich urządzeń zbieraniem danych z kilkunastu klawiatur, ich sprawdzeniem i rejestrowaniem na taśmie lub dysku steruje minikomputer, będący samodzielną maszyną cyfrową wyposażo-

na w odpowiedni zestaw programów do celów rejestrowania danych.

Dane można również wyprowadzać z maszyny na karty dziurkowane i taśmę dziurkowaną. Do tego celu służą maszynowe urządzenia dziurkujące /dziurkarka kart i dziurkarka taśmy/, przetwarzające kod znaku /otrzymanego poprzez standardowe łącze od maszyny/ na sygnały sterujące ruchem noży wycinających odpowiednie dziurki w papierze.

Dziurkarki taśmy na wyjściu z EMC pracują z szybkością rzędu 150 znaków na sekundę. Służą one zwłaszcza do stosunkowo szybkiego wyprowadzania wyników obliczeń w małych maszynach /zwłaszcza służących do obliczeń naukowych i inżynierskich/, jeśli nie są one wyposażone w szybkie drukarki /patrz niżej/. Dziurkarki kart na wyjściu z EMC stosowane są bardzo rzadko. Przypomnijmy, że spośród wymienionych urządzeń kartowych i taśmowych jedynie czytniki i maszynowe dziurkarki obu rodzajów nośników można uważać za urządzenia zewnętrzne maszyny sensu stricto: ręczne dziurkarki i sprawdzarki kart i taśm nie są fizycznie połączone z maszyną.

W opisany sposób wprowadzane są z zewnątrz do maszyny dane o znacznej objętości. Istnieją jednak również urządzenia zewnętrzne pozwalające człowiekowi na bardziej bezpośredni kontakt z maszyną, bez pośrednictwa nośników pomocniczych. Do takich urządzeń należą urządzenia klawiaturowe, jak elektryczna maszyna do pisania, lub dalekopis telekomunikacyjny oraz liczne odmiany monitorów ekranowych.

Pierwsze dwa wymienione urządzenia pozwalają zarówno na wprowadzanie do maszyny znaków bezpośrednio z klawiatury /z jednoczesnym drukowaniem tych znaków na arkuszu papieru/, jak i odbieranie od maszyny cyfrowej tekstów w postaci drukowanej. Maksymalna szybkość zarówno wprowadzania, jak wyprowadzania jest rzędu 15 znaków na sekundę. Urządzenia tego typu są stosowane przede wszystkim jako monitor operatorski, stanowiący obowiązkowe wyposażenie pulpitu sterującego maszyną. Za pośrednictwem takiego monitora obsługa maszyny wywołuje i uruchamia programy, odbiera od maszyny informacje o przebiegu pracy, sytuacjach awaryjnych itp., zachowując jednocześnie papierową, drukowaną kopię "dialogu" z maszyną.

Dalekopisy telekomunikacyjne są zazwyczaj od razu wyposażone

we własną wolną /15 znaków na sekundę/ dziurkarkę taśmy i czyt-  
nik pięćdziesiętkowej taśmy papierowej. Obecność dziurkarki u-  
możliwia otrzymanie taśmy dziurkowanej z kopią danych wyprowa-  
dzanych z maszyny lub wprowadzanych do niej za pomocą klawiatu-  
ry i jednocześnie drukowanych na papierze/. Obecność czytnika  
pozwala na wprowadzenie danych z taśmy wyprodukowanej uprzednio  
przez ten sam dalekopis lub inne urządzenia. Z tego powodu w  
bardzo małych zestawach minikomputerowych dalekopis może sta-  
nowić jedyne, powolne, ale uniwersalne urządzenie zewnętrzne.  
Zespół dalekopisów nie połączonych z maszyną może służyć do  
drukowania wyników wydziurkowanych uprzednio przez maszynę za  
pośrednictwem szybkiej /150 znaków na sekundę/ dziurkarki taśmy  
dalekopisowej.

W monitorach ekranowych /ang. displays/ do wprowadzenia da-  
nych służy normalna klawiatura znakowa, do wyprowadzania -ekran  
kineskopowy, na którym dane są wyświetlane. Umożliwia to kon-  
wersacyjną pracę z maszyną, ze znacznie większą niż w poprzed-  
nich urządzeniach szybkością wyprowadzenia danych z maszyny.  
Brak za to drukowanej, trwałej kopii dialogu.

Prostsze monitory ekranowe /display'e/ alfanumeryczne pozwa-  
lają wyłącznie na wprowadzanie i wyświetlanie znaków alfabetu.  
Bardziej złożone /i odpowiednio droższe/ monitory ekranowe u-  
możliwiają maszynie wyświetlanie oprócz znaków - również rysun-  
ków złożonych z linii, a nawet wprowadzanie danych do maszyny  
przez ręczne rysowanie na ekranie linii za pomocą tzw. ołówka  
światelnego. Monitory ekranowe mogą być również wyposażone w ka-  
merę filmową, pozwalającą na trwałe zarejestrowanie danych z  
ekranu.

Najbardziej rozpowszechnionymi urządzeniami do wyprowadzania  
danych /zwłaszcza wyników przetwarzania/ z maszyny są szybkie  
drukarki, działające na innych zasadach niż odcinkowe podzes-  
poły drukujące dalekopisów i maszyn do pisania.

W drukarkach wierszowych podstawowym elementem drukującym  
jest wałek metalowy, na którym w szczególny sposób umieszczone  
są wszystkie znaki stosowanego w danej maszynie alfabetu. Jeśli  
np. alfabet ten liczy 64 znaki, a drukarka ma zapisywać wyniki  
na arkuszu papieru o szerokości np. 120 znaków w wierszu, to  
można wyobrazić sobie, że wałek drukarski dzieli się na 120

"plasterków", przy czym na obwodzie każdego z nich umieszczone są 64 znaki, tak, że litery A w wszystkich "plasterkach" tworzą jedną linię /wzdłuż tworzącej walca/, litery B, C itd. - również. Nad wałkiem umieszczona jest warstwa taśmy barwiącej, nad tą taśmą przesuwana jest papier. Każdej pozycji znakowej w wierszu, a zatem każdemu plasterkowi walca odpowiada młoteczek, który uderzając w papier dociska go poprzez taśmę barwiącą do litery umieszczonej na wałku i powoduje odbicie się znaku. Podczas drukowania walec obraca się ze stałą szybkością, a maszyna cyfrowa podaje jednostce sterującej drukarki wierszowej zawartość całego, 120-znakowego wiersza. Jednostka sterująca drukarki, "znając" treść całego wiersza powoduje jednoczesne uruchomienie młoteczków odpowiadających wszystkim literom A w wierszu - w momencie, gdy pod papierem znajduje się rząd liter A na wałku; po 1/64 obrotu powoduje wydrukowanie wszystkich przewidzianych liter B itd., zatem po jednym pełnym obrocie wałka wypełnia się cały wiersz. Tak skonstruowane drukarki wierszowe, pracujące z szybkością do 1300 wierszy na minutę, stanowią główne urządzenia wyjściowe maszyn średnich i wielkich.

Znacznie wolniejsze, ale wielokrotnie tańsze drukarki mozaikowe /szeregowo/ drukują wiersz szeregowo, znak po znaku. Nad papierem i taśmą barwiącą przesuwana jest wzdłuż wiersza głowica drukująca, zawierająca 35 pręcików, ułożonych w prostokąt 5 x 7. Każdy znak jest drukowany przez wysunięcie kilku pręcików takiej mozaiki, zgodnie z rysunkiem tego znaku. Szybkość drukowania jest rzędu 150 znaków na sekundę, a więc porównywalna z szybkością maszynowego dziurkowania taśmy. Drukarki szeregowe są coraz częściej stosowanymi urządzeniami wyjściowymi.

Z urządzeń zewnętrznych bardzo użytecznych w wielu zastosowaniach zwłaszcza naukowo-technicznych należy wymienić również pisaki /plottery/ kreślące pod kontrolą maszyny rysunki na papierze o powierzchni walcowej lub płaskiej. Maszyna przesyła do urządzenia dane cyfrowe, stanowiące współrzędne następnego punktu linii. Jednostka sterująca pisaka przetwarza je na analogowe sygnały powodujące ruch piórka wzdłuż jednej lub dwóch osi współrzędnych.

### 3.3.3. Łącze standardowe - standard interface

Potrzeby użytkowników co do liczby i rodzaju urządzeń zewnętrznych są bardzo różnorodne. Dlatego w interesie zarówno producentów, jak użytkowników maszyn leży zapewnienie maszynie modularnej struktury układów wejścia-wyjścia. Istotnie, współczesne maszyny projektowane są tak, że zależnie od potrzeb i możliwości finansowych użytkownika wybiera on określoną konfigurację maszyny, zestawianą z pewnych modułów. Ustaleniu podlega zarówno liczba i typ kanałów, jak liczba i rodzaj urządzeń zewnętrznych wszystkich trzech poprzednio wymienionych grup. Jest rzeczą zrozumiałą, że urządzenia dołączane modularnie do maszyny muszą mieć ustalony, wspólny, standardowy sposób łączenia tak, by "pasowały do siebie" w różnych konfiguracjach. Ujednolicony sposób łączenia, określający liczbę i znaczenie sygnałów sterujących, formaty przesyłanych danych, a nawet nierzadko także szczegóły techniczne, jak budowę gniazdek łączeniowych - nazywany jest łączem standardowym /ang. standard interface/ urządzeń zewnętrznych.

Ponieważ jednak urządzenia zewnętrzne są w swej istocie bardzo różne co do konstrukcji mechanicznej, szybkości, sposobu przedstawiania danych itd., przeto w zasadzie każde urządzenie zewnętrzne wyposażone jest we własną elektroniczną jednostkę sterującą, która adaptuje sygnały odbierane z łącza standardowego na lokalne sygnały obowiązujące w danym urządzeniu i odwrotnie. Niekiedy, ze względów oszczędnościowych buduje się jedną nadrzędną jednostkę sterującą reprezentującą przed kanałem grupę identycznych urządzeń zewnętrznych. Do urządzeń tego typu należą np. tzw. adaptery pamięci taśmowych maszyn ODRA, sterujące pracą np. 6 lub 8 jednostek pamięci taśmowej.

Producent maszyny określa zawsze najmniejszą dopuszczalną konfigurację, podając jej cenę i standardowe właściwości. Podaje również inne typowe zestawy, np. typowy zestaw do prac inżynierskich, typowy zestaw do przetwarzania danych administracyjnych, itd., a także wymienia urządzenia, które mogą być dodatkowe dołączane do maszyny na życzenie użytkownika.

Warto zauważyć, że tak rozumiana modularność współczesnych

maszyn dotyczy nie tylko urządzeń zewnętrznych, lecz również pamięci głównej, a nawet właściwości funkcjonalnych wnętrza procesora i zestawu firmowych programów.

#### 3.4. Zasady wieloprogramowania

Wspomniano już, że po natrafieniu na instrukcję wejścia-wyjścia wykonywanie programu musi być wstrzymane do czasu zakończenia transmisji.

Oczekiwanie na całkowite zakończenie operacji wejście/wyjście jest jednak wielką stratą czasu dla procesora. Zauważmy, że nawet w przypadku urządzeń zewnętrznych bardzo szybkich dysproporcja szybkości między tymi urządzeniami a procesorem jest bardzo wielka: odczytanie nowego bloku z pamięci dyskowej o ruchomych głowicach wymaga niezależnie od długości bloku co najmniej czasu ustalenia położenia głowic równego np. 60 milisekundom. Wystarczyłby on procesorowi maszyny o pamięci jednomilisekundowej na wykonanie 30-60 tys. prostych rozkazów. Jeszcze większe dysproporcje występują w przypadku wolnych urządzeń znakowych. Jest rzeczą zrozumiałą, że pewien program A, zlecający kanałowi wykonanie operacji wejścia-wyjścia powinien zostać na jej czas zawieszony, zwalniając procesor czasowo dla /innego/ programu B. Zawieszenie programu A nie może oznaczać zniszczenia jakiegokolwiek ważnej dla niego informacji. Należy przechować stan wszystkich ważnych dla programu rejestrów procesora, tak by można było później program ten wznowić, odtwarzając zawartość pamięci własnej procesora itd., a następnie uruchamiając cykl wykonywania rozkazu, rozpoczynający się - jak wiemy - od pobrania komórki pamięci, zawierającej rozkaz następny po właśnie zakończonym.

Jednocześnie, ponieważ od chwili zawieszenia programu A procesor będzie wykonywał program B, całkowitą kontrolę nad bieżącą operacją wejścia-wyjścia /dla potrzeb zawieszzonego programu/ musi przejąć kanał, zwykle o bezpośrednim dostępie do pamięci. Znaczy to, że od momentu otrzymania zlecenia przeprowadzenia transmisji kanał pracuje autonomicznie, sam żądając dostępu do pamięci głównej, zliczając przesyłane znaki, modyfikując stopniowo adres zapisywanych lub odczytywanych bajtów w pa-



mięci głównej itp. Po zakończeniu transmisji całego bloku kanał wysyła do procesora sygnał przerwania. Sygnał ten powoduje istotnie przerwanie i zawieszenie programu B, który był przez cały ten czas wykonywany i wznowienie programu A.

Maszyna cyfrowa, która pracuje w opisany wyżej sposób jest nazywana maszyną wieloprogramową lub pracującą w trybie wieloprogramowania. W jej pamięci głównej przebywa kilka przygotowanych do wykonania programów. Z zewnętrznego punktu widzenia wykonywane są one pozornie jednocześnie, w istocie jednak realizowane są przez procesor kolejno, a każdy z nich zajmuje ten fragment czasu procesora, który udostępnił mu na czas swojej operacji wejścia-wyjścia poprzednik w kolejce.

Zauważmy, że wprowadzenie pracy wieloprogramowej, znakomicie zwiększające efektywność wykorzystania bardzo szybkiego sprzętu elektronicznego - ma głębokie konsekwencje w organizacji maszyn cyfrowych. Oto programista - użytkownik traci pełną kontrolę nad maszyną. Wraz z jego programem będą przebywały w pamięci maszyny zupełnie inne programy. Nie wolno mu zatem korzystać z całej pamięci. Maszyna musi kontrolować, czy program nie żąda dostępu do "nie-swojego" pola pamięci. Nie wolno mu żądać przypisania swojemu programowi konkretnych urządzeń zewnętrznych, o numerach podanych w programie *explicite*: nie wiadomo bowiem, czy konkurencyjny użytkownik nie zażąda tego samego. Przypisywanie urządzeń zewnętrznych - programom musi należeć również do maszyny.

Wiadomo jednak, że wszystko co w maszynie się dzieje, zachodzi pod kontrolą jakiegoś programu: na przykład stwierdzenie, że "maszyna musi przechować stan procesora w momencie zawieszenia programu A" oznacza w istocie "musi w maszynie istnieć program, który spowoduje zapisane zawartości rejestrów procesora w znanych sobie komórkach pamięci głównej". Jakiś program musi kontrolować granice pól w pamięci i przypisywać urządzenia zewnętrzne programowania. Jakiś program musi, sprowadzać przed wykonywaniem programu A i B z pamięci pomocniczej lub kart dziurkowanych do pamięci głównej itd. Musi się więc pojawić szczególny rodzaj programu, pełniącego rolę zarządzającą, nadzorującą w stosunku do wszystkich programów użytkowych. Ścisłej mówiąc, jest to nie jeden program, lecz zbiór programów, łącznie nazy-

wanych systemem operacyjnym maszyny.

#### 4. OPROGRAMOWANIE MASZYNY CYFROWEJ

W dotychczasowych rozważaniach wspomniano już wielokrotnie o tym, że w posługiwaniu się maszyną cyfrową dopomagają człowiekowi pewne programy, przygotowywane przez producenta maszyny i sprzedawane jako jej nierozłączna część.

Zbiór tych programów ma dwa zasadnicze zadania:

- . ułatwić użytkownikowi programowanie i uruchamianie programów użytkowych,
- . zarządzać całą maszyną w czasie jej pracy.

Do grupy programów, których podstawowym celem jest ułatwienie programowania i uruchamiania programów - należą przede wszystkim translatory języków programowania.

O roli translatorów języków takich jak: FORTRAN, ALGOL, COBOL wspomniano już w rozdz. 2.3. Języki te, zwane często językami wyższego rzędu, nie wymagają od programisty dobrej znajomości samej maszyny. Każda maszyna jest jednak również wyposażona w tzw. assembler, to znaczy translator podstawowego języka programowania, będącego "zewnątrzną" wersją języka wewnętrznego maszyny. Układanie programów w języku assemblera polega na pisaniu ciągów instrukcji języka wewnętrznego maszyny, zakodowanych dla wygody za pomocą kilkuliterowych oznaczeń o walorach mnemotechnicznych. Dla przykładu, w języku PLAN /będącym językiem assemblerowym maszyn ODRA 1300 i ICL 1900/ część operacyjna instrukcji zapisywania komórki pamięci do rejestru akumulatora ma skrót LDX /ang. load accumulator X/, część operacyjna instrukcji mnożenia /ang. multiply/ - skrót MPY, instrukcja dodawania z zapisu wyniku do pamięci /ang. add to storage/ - skrót ADS itd.

Współczesne assemblyery z reguły umożliwiają również posługiwanie się adresami symbolicznymi, to znaczy umownymi, np. kilkuliterowymi /przypisywanymi arbitralnie przez programistę/ oznaczeniami jednostek danych, co uwalnia od konieczności podawania w programie adresów bezwzględnych, czyli fizycznych numerów komórek pamięci, w których znajdują się potrzebne dane lub rozkazy. Przypisywaniem adresów bezwzględnym adresom symbolicznym

zajmuje się sam translator /assembler/ w czasie procesu tłumaczenia.

Programowanie w podstawowym języku assemblerowym /określane często - niezbyt poprawnie - programowaniem w języku wewnętrznym maszyny/ wymaga od programisty dobrej znajomości organizacji maszyny i jej języka wewnętrznego, dając jednocześnie możliwość pisania programów bardzo sprawnych, zawierających stosunkowo mało rozkazów, za to wykorzystujących do maksimum specyficzne cechy i zalety sprzętu. Programista posługujący się takim językiem ma świadomość, że w zasadzie każdy zapisany przez niego rozkaz staje się pojedynczym rozkazem programu wynikowego /w języku wewnętrznym/, co ułatwia optymalizację programów zwłaszcza, jeśli chodzi o obszar pamięci, zajęty przez nie w czasie wykonywania. Dlatego język assemblerowy jest podstawowym narzędziem dla programistów układających inne elementy firmowego oprogramowania maszyny /w tym również translatory innych języków/, a także programy użytkowe o szczególnych wymaganiach co do czasu wykonywania lub co do rozmiarów wykorzystywanego przez nie obszaru pamięci.

Ponieważ w praktyce nie zdarza się nigdy, by jakikolwiek nietrywialny program był od razu po napisaniu bezbłędny /jest to ważna i prawdziwa zasada, z którą jedynie początkujący programiści trudno się godzą/, przeto szczególnego znaczenia nabierają firmowe programy ułatwiające usuwanie błędów programów użytkowych. Niektóre z nich stanowią już fragment translatorów: każdy translator produkuje na zakończenie swego działania listę błędów formalnych "zauważonych" przezeń w programie źródłowym. Istnieją jednak również inne, odrębne programy umożliwiające kontrolę przebiegu programu, np. drukujące na życzenie zawartość wskazanych miejsc pamięci głównej w kodzie dwójkowym, drukujące zawartość rejestrów procesorów i wskazanych komórek pamięci w chwili pojawienia się rozkazu skoku, wyprowadzające na drukarkę treść wskazanych rekordów zbioru taśmowego lub dyskowego etc.

Znacznym ułatwieniem w programowaniu są również firmowe programy standardowe, a zatem gotowe programy użytkowe często występujących problemów, np. rozwiązywania układów równań liniowych, obliczania wartości funkcji hiperbolicznych itd. - w ob-

liczeniach matematycznych; programy sortowania zbioru, aktualizacji zbioru itd. w obliczeniach administracyjnych. Dobre firmy komputerowe zrzeszają ponadto użytkowników swych maszyn w kluby użytkowników, których zadaniem jest /obok wymiany doświadczeń z dziedziny eksploatacji sprzętu/ również rozpowszechnianie opracowanych programów użytkowych. Członkowie takiego klubu mają możliwość korzystania z programów użytkowych opracowywanych przez dział programowania firmy patronującej klubowi, bądź z programów przygotowanych w innych ośrodkach eksploatujących maszyny tego samego typu. Gromadząca się w ten sposób biblioteka programów stanowi rodzaj kolektywnego doświadczenia wszystkich użytkowników.

Jeszcze dalej posuniętym ułatwieniem w programowaniu jest posługiwanie się tzw. pakietami użytkowymi. Pakiet taki jest przemyślanym, zorganizowanym jako pewna całość zbiorem programów wykorzystywanych najczęściej w obliczeniach z pewnej konkretnej dziedziny zastosowań, np. projektowania sieci energetycznych, obliczeń statyki budowlanej, geodezji, technicznego przygotowania produkcji, gospodarki materiałowej, rezerwacji miejsc lotniczych itd. Produkcją pakietów użytkowych zajmują się działy programowania wielkich firm komputerowych, ale również liczne specjalne przedsiębiorstwa nie produkujące maszyn, a jedynie oprogramowanie. Firmy takie przyjmują zlecenia bądź od producentów maszyn, bądź od przedsiębiorstw użytkujących maszyny, albo wreszcie prowadzą własną politykę produkcyjną, przygotowując i sprzedając pakiety użytkowe na zasadzie analizy podaży i popytu na rynku.

Inną rolę mają do spełnienia programy nadzorujące samą pracę maszyny. Zbiór tych programów, zwany systemem operacyjnym ma na celu możliwie jak najdalej idące zautomatyzowanie pracy, a zatem ograniczenie konieczności interwencji operatora maszyny. W maszynie z ubogim systemem operacyjnym operator musi sprawdzać stan sprawności urządzeń zewnętrznych; wyznaczać, które z nich mają być użyte przez dany program; musi ręcznie umieszczać w urządzeniach zewnętrznych pliki kart dziurkowanych, książki taśmy magnetycznej czy pakiety dysków potrzebne do wykonywania pojedynczego programu; sam musi wybierać z biblioteki programów żądany podprogram użytkowy lub translator i uruchamiać go pos-

żugując się maszyną do pisania i przycoiskami kontrolnymi umieszczonymi w pulpicie sterującym. Wreszcie, po wykonaniu pewnego programu użytkowego operator musi zatrzymać maszynę, wybrać nowy program wraz z jego danymi, przygotować na nowo urządzenie zewnętrzne itd. Wiele z tych czynności istotnie daje się stosunkowo łatwo przedstawić w postaci algorytmu i zaprogramować. Wykonanie takich programów przez maszynę, a nie operatora daje znaczne korzyści czasowe już w przypadku maszyn pracujących nad jednym programem na raz. Ręczne sterowanie pracą wieloprogramową /patrz rozdział 4/ jest w oczywisty sposób niemożliwe, stąd istnienie systemu operacyjnego w maszynach wieloprogramowych jest nie tylko oszczędnością czasu, ale nieuchronną koniecznością.

Głównym elementem systemu operacyjnego jest główny program nadzorczy /ang. executive supervisor/, przebywający na stałe w pamięci operacyjnej maszyny. Obszar pamięci przeznaczony na ten program jest oczywiście nietykalny. Żadnemu programowi użytkowemu nie zezwala się nigdy na odwoływanie się do którejkolwiek z komórek tego obszaru, bowiem zniszczenie nawet fragmentu programu nadzorczego praktycznie dezintegruje maszynę: przestaje ona działać mimo całkowitej sprawności swych elementów elektronicznych czy mechanicznych. Natomiast program nadzorczy "panuje" nad całą maszyną: wolno mu dokonywać zmian zawartości dowolnych komórek pamięci, badania stanu, włączania i wyłączania dowolnych jednostek maszyny. Dlatego lista rozkazów języka wewnętrznego zawiera zwykle tzw. rozkazy nielegalne, które nigdy nie mogą pojawić się w programie użytkowym, bowiem powodują wykonanie czynności, do których ma prawo jedynie system operacyjny.

Główny program nadzorczy może być wywołany przez program użytkowy. Program użytkowy nie ma na przykład "władzy" nad urządzeniami zewnętrznymi: w maszynach z systemem operacyjnym rozkazy wejścia-wyjścia są rozkazami nielegalnymi. W tej sytuacji program użytkowy może jedynie zwrócić się do systemu operacyjnego /za pomocą specjalnego rozkazu, jednego z tzw. ekstrakodów/ o zorganizowanie transmisji. Podobnie, ostatni rozkaz programu użytkowego /o znaczeniu "koniec"/ nie może wyłączyć maszyny: program może jedynie zawiadomić system operacyjny za pomocą odpowiedniego ekstrakodu, że kończy pracę. W każdym z takich wypad-

ków główny program nadzorczy analizuje treść ekstrakodu i reaguje zależnie od sytuacji.

Program nadzorczy może być także wywołany nie "z woli" programu użytkowego, lecz również przez automatyczny system przerwania zawieszający działanie aktualnie wykonywanego programu użytkowego w momencie pojawienia się sygnału przerwania "z zewnątrz" tego programu. Program nadzorczy analizuje znów przyczynę przerwania i podejmuje stosowne działanie.

Program nadzorczy w czasie pracy maszyny bardzo często drukuje operatorowi na monitorze doniesienia o znaczących wydarzeniach: o zakończeniu każdego programu użytkowego, o podjęciu i zakończeniu pracy translatora, o stanie urządzeń zewnętrznych, o pojawieniu się w przetwarzaniu nowych zbiorów taśmowych lub dyskowych itd. Przyjmuje on również od operatora teksty pisane przez niego na monitorze i wykonuje przekazane w ten sposób polecenia. Operator i system operacyjny wymieniają więc między sobą informacje o charakterze organizacyjnym: mają one postać krótkich tekstów czy skrótów tworzących łącznie język systemu operacyjnego.

W bardziej rozbudowanych systemach cyfrowych obszar pamięci głównej zarezerwowany na program nadzorczy musiałby być zbyt wielki. Dlatego też w takim przypadku główny program nadzorczy rezydujący na stałe w pamięci operacyjnej jest ograniczony do rozsądnego minimum, mając jednocześnie do dyspozycji własną pamięć pomocniczą /zazwyczaj dyskową/, z której może sprowadzać inne elementy systemu operacyjnego, w zależności od aktualnej potrzeby. Przy takim rozwiązaniu na wspomnianym "dysku systemowym" przebywają zazwyczaj również translatory najczęściej stosowanych języków programowania, oraz programy do testowania i uruchamiania programów użytkowych, i niektóre inne standardowe programy, o których była mowa wcześniej.

Łączna większość systemu operacyjnego zależy od wielkości konfiguracji i od zastosowanej wersji samego systemu. Bardzo z grubsza można jednak stwierdzić, że waha się ona /bez uwzględnienia translatorów i programów bibliotecznych/ w granicach od kilku tysięcy słów w przypadku maszyn małych, gdzie jedynym elementem systemu operacyjnego jest program nadzorczy, aż do kilkuset tysięcy słów w maszynach wielkich, z czego w pamięci ope-

racyjnej przebywa na stałe program o rozmiarach kilkudziesięciu tysięcy słów.

Z podanego - niestety z konieczności bardzo ogólnikowo - zarysu funkcji, jaką spełnia system operacyjny wynika, że błędem jest ocenianie maszyny na podstawie jedynie informacji o technicznych parametrach tworzącego ją sprzętu. Zbudowana z najnowocześniejszych elementów elektronicznych maszyna cyfrowa jest w istocie raczej mało przydatna, jeśli nie jest wyposażona w sprawny, wypróbowany system operacyjny i bibliotekę przynajmniej podstawowych programów usługowych.

Sprzęt /ang. hardware/ i oprogramowanie maszyny /ang. software/, stanowią nierozdzieloną całość łącznie decydującą o jej walorach użytkowych.

## 5. POKOLENIA I RODZINY

Przeszło dwudziestoletni okres produkcji i praktycznej eksploatacji maszyn cyfrowych przyjęto umownie dzielić na kilka okresów rozwojowych, nazywanych pokoleniami lub generacjami maszyn.

Do pierwszej generacji należą maszyny produkowane /w przodujących w tej dziedzinie krajach/ w latach pięćdziesiątych. Druga generacja - to okres od końca lat pięćdziesiątych - do lat 1963-64. Od tego czasu aż do chwili obecnej dominują w produkcji maszyny trzeciej generacji, jednocześnie jesteśmy świadkami opracowywania maszyn następnego czwartego już pokolenia, które zapewne w ciągu kilku dosłownie najbliższych lat będą produkowane na masową skalę.

Najbardziej ewidentną cechą, różniącą maszyny różnych generacji jest rodzaj użytych elementów elektronicznych. W maszynach pierwszej generacji budowano układy elektroniczne w oparciu o technikę lamp elektronowych, w drugiej generacji lampy zostały zastąpione przez tranzystory; w maszynach trzeciej generacji całe złożone układy elektroniczne są wytwarzane w postaci tzw. układów scalonych, a czwarta generacja opiera się na stosowaniu układów scalonych o tak wielkim stopniu miniaturyzacji, że prowadzi to do dalszych jakościowych zmian w organizacji systemu cyfrowego. Postęp technologiczny sprawia, że maszyny cyfrowe ko-

lejszych generacji są coraz mniejsze, coraz szybsze, coraz bardziej niezawodne. Należy jednak pamiętać również, że postępowi w technologii elementów elektronicznych towarzyszy równoległy postęp w dziedzinie organizacji maszyn cyfrowych, metod projektowania, języków programowania, systemów operacyjnych itd., że zakres zastosowań i potrzeb nieustannie wzrasta. Maszyny kolejnych generacji różnią się zatem wieloma cechami funkcjonalnymi, a nie tylko technologią układów elektronicznych.

Jednym z ważniejszych zjawisk w dziedzinie współczesnej informatyki jest wprowadzenie do produkcji i użytkowania rodzin maszyn cyfrowych. Rodziną nazywamy grupę maszyn cyfrowych /wraz z ich urządzeniami zewnętrznymi/, w którym obowiązuje zasada jednolitości języka wewnętrznego /lista rozkazów, format danych itd./ oraz jednakowe standardowe łącza /standard interface/ dla urządzeń zewnętrznych. Poszczególne modele maszyn rodziny różnią się natomiast od siebie znacznie sprawnością obliczeniową, możliwościami modularnej rozbudowy oraz ceną. Użytkownik, pragnący zainstalować maszynę cyfrową należącą do rodziny, ma zatem do dyspozycji zróżnicowany zbiór procesorów, modułów pamięci operacyjnej, kanałów wejścia/wyjścia, urządzeń zewnętrznych itd., "pasujących" z założenia do siebie, dzięki czemu ma możliwość wyboru optymalnej dla siebie konfiguracji systemu cyfrowego ze znaczną /choć nie całkowitą/ dowolnością. Dzięki jednolitości języka wewnętrznego programy maszynowe przygotowane dla jednej maszyny można wykonywać przy użyciu innych komputerów tej rodziny: taka zgodność /compatibility/ ma znaczenie wyjątkowe ze względu na to, że umożliwia przenoszenie na nowe modele maszyn nie tylko biblioteki programów użytkowych, lecz również programów systemu operacyjnego.

Najbardziej rozpowszechnioną na świecie rodzinę maszyn stanowią maszyny IBM System/360, produkowane od pierwszej połowy lat sześćdziesiątych przez amerykańskomiędzynarodowy koncern IBM. W obecnej chwili jest wiele rodzin maszyn. Ze znanych i eksploatowanych w Polsce należy wymienić rodzinę angielskich maszyn ICL 1900, zgodnych /kompatybilnych/ w wyżej omówionym sensie /język wewnętrzny, standard interface/, stąd również zgodność oprogramowania z produkowaną przez Wrocławskie Zakłady Elektroniczne ELWRO rodziną ODRA 1300 /zawierającv modele 1304,



1305, 1325/. Niesłychanie ważkim przedsięwzięciem jest obecnie również budowa - wspólnym wysiłkiem krajów wspólnoty socjalistycznej - Jednolitego Systemu Elektronicznych Maszyn Cyfrowych /RIAD/. Rodzina ta składa się z siedmiu procesorów i około 100 różnych typów urządzeń zewnętrznych, a które są obecnie sukcesywnie przygotowywane do produkcji seryjnej.

#### PYTANIA KONTROLNE

1. Pewna maszyna cyfrowa wyposażona jest m.in. w:
  - A. czytnik kart dziurkowanych o prędkości 600 standardowych kart na minutę,
  - B. czytnik taśmy dziurkowanej o prędkości 1000 znaków na sekundę,
  - C. drukarkę wierszową o prędkości 1200 wierszy na minutę /po 120 znaków w wierszu/,
  - D. jednostki taśmy magnetycznej o prędkości 20.000 bajtów na sekundę.

Jak uszeregować te cztery typy urządzeń zewnętrznych pod względem prędkości wprowadzania lub wyprowadzania danych /np. od prędkości najmniejszej do największej/?

2. W pewnym minikomputerze, po umieszczeniu w pamięci operacyjnej programu nadzorczego oraz programu użytkowego, pozostaje wolnych 24 K szesnastobitowych słów pamięci, które chcemy wykorzystać na umieszczenie w nich danych mających postać ciągów, znaków alfanumerycznych. Jakiej liczbie standardowych /całkowicie zapełnionych/ kart dziurkowanych odpowiada ten wolny obszar pamięci, jeśli przyjąć, że dane te będą tam wprowadzone bezpośrednio z czytnika kart?
  - A.  $24 \cdot 1024 = 24576$  kart?
  - B. 12288 kart?
  - C. 615 kart?
3. Ile czasu zajmie przygotowanie wyliczanej /w pytaniu 2/ liczby kart za pomocą ręcznej dziurkarki klawiaturowej, jeśli przyjąć orientacyjną prędkość ręcznego dziurkowania rzędu

100 kart na godzinę? A ile czasu zajmie wprowadzanie tej liczby kart do maszyny za pomocą czytnika kart dziurkowanych pracującego z prędkością 600 kart na minutę?

4. W wydanym przez producenta opisie maszyny ODRA 1304 mówi się, że może wykonywać ona jednocześnie 4 programy w trybie wieloprogramowania. Ile zatem różnych programów może przebywać jednocześnie w pamięci operacyjnej tej maszyny:
- A. cztery?
  - B. pięć?
  - C. jeden /a pozostałe w pamięci pomocniczej?/
5. W sytuacji, opisanej w pytaniu 3, ile jednocześnie rozkazów przebywa w jednostce sterującej procesora podczas pracy maszyny
- A. cztery?
  - B. pięć?
  - C. jeden?
6. Które z niżej wymienionych urządzeń zewnętrznych dają drukowany na papierze zapis informacji wprowadzanej do, lub wprowadzanej z maszyny?
- A. ekranowy monitor alfanumeryczny
  - B. dalekopis
  - C. monitor operatora
  - D. czytnik taśmy papierowej
7. Czy maszynę o pamięci operacyjnej 4 K należy uważać za maszynę
- A. małą?
  - B. średnią lub dużą?
  - C. trudno odpowiedzieć, zależy to jeszcze od długości słowa

ODPOWIEDZI

1. Urządzenie A. ma prędkość 600 kart . 80 znaków/60 sekund =  
= 800 znaków/sek.  
B. ma prędkość 1000 znaków/sek.  
C. ma prędkość 1200 wierszy - 120 znaków/60 sek.  
= 2400 znaków/sek.  
D. ma prędkość 20.000 znaków/sek.  
zatem kolejność A - B - C - D, przy czym warto zauważyć, że  
szybkość jednostki taśmy magnetycznej /D/ jest o rząd wiel-  
kości większa od trzech pozostałych.
2. Można przyjąć za pewnik, że w maszynach o słowie szesnasto-  
bitowym bajt ma długość 8 bitów, zatem w jednym słowie miesz-  
czą się 2 znaki. Tak więc 24 K słów pamięci może pomieścić  
 $2 \cdot 24 \cdot 1024 = 49152$  znaki, co odpowiada 614,5 kartom dziurko-  
wanym osiemdziesięcioznakowym. Należy zatem przygotować 615  
kart.
3. W takiej sytuacji przygotowanie kart trwa ok. 6 godzin, wpre-  
wadzenie ich do maszyny - około 1 minuty.
4. Prawidłowa odpowiedź brzmi: pięć - B /4 użytkowe plus nad-  
zorczy/.
5. Maszyna zajmuje się jednak /zgodnie z treścią rozdziału 3.4.  
poradnika/ wykonaniem tylko jednego programu na raz. W jed-  
nostce sterującej przebywa zatem jeden rozkaz, należący do  
któregoś z pięciu programów.
6. Prawidłowo: B i C.
7. Prawidłowo: A. Pamięci o pojemności 4 K mają najmniejsze kon-  
figuracje minikomputerów, które skądinąd mają jednocześnie  
długość słowa nie przekraczającą 16 bitów.

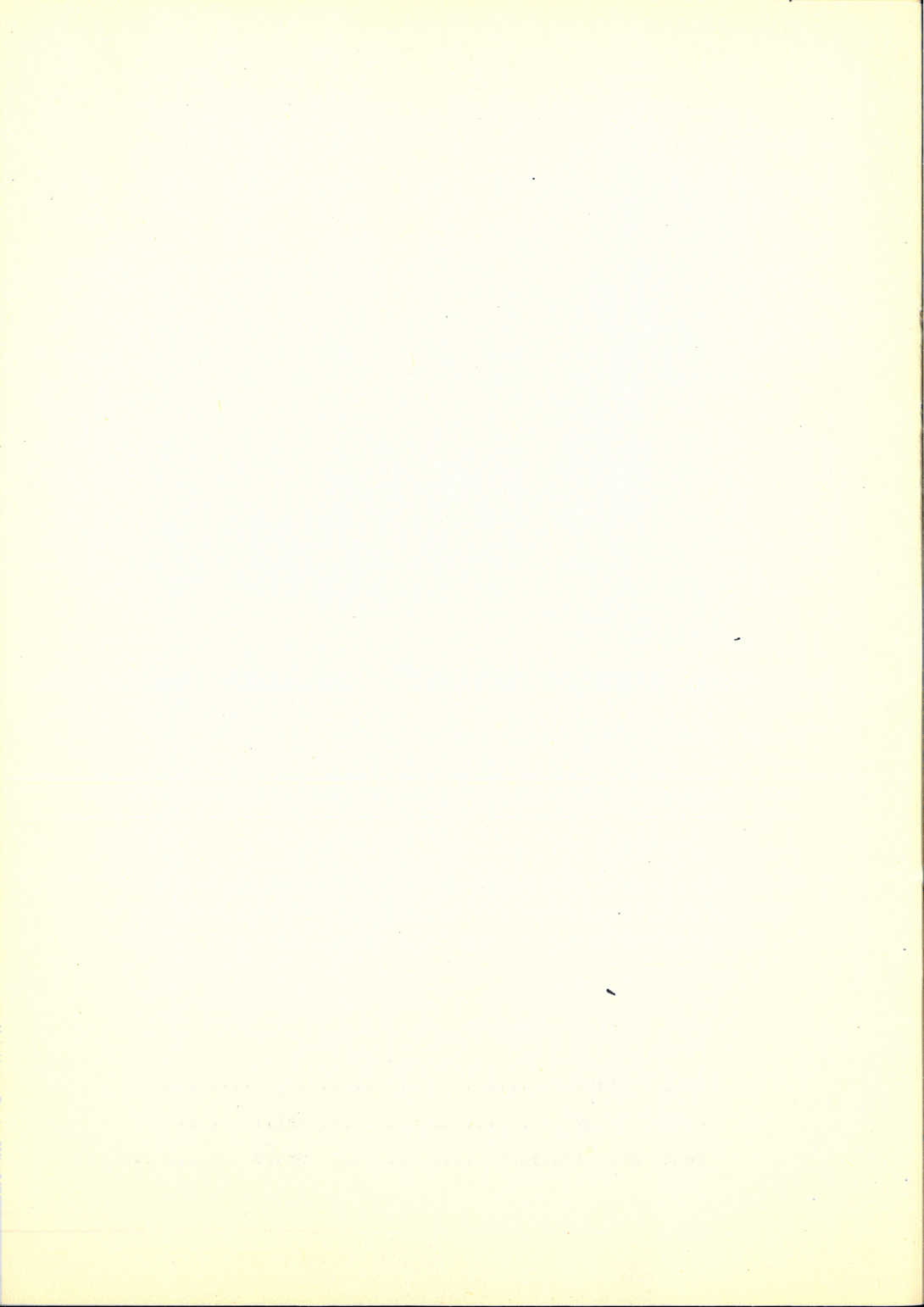
LITERATURA

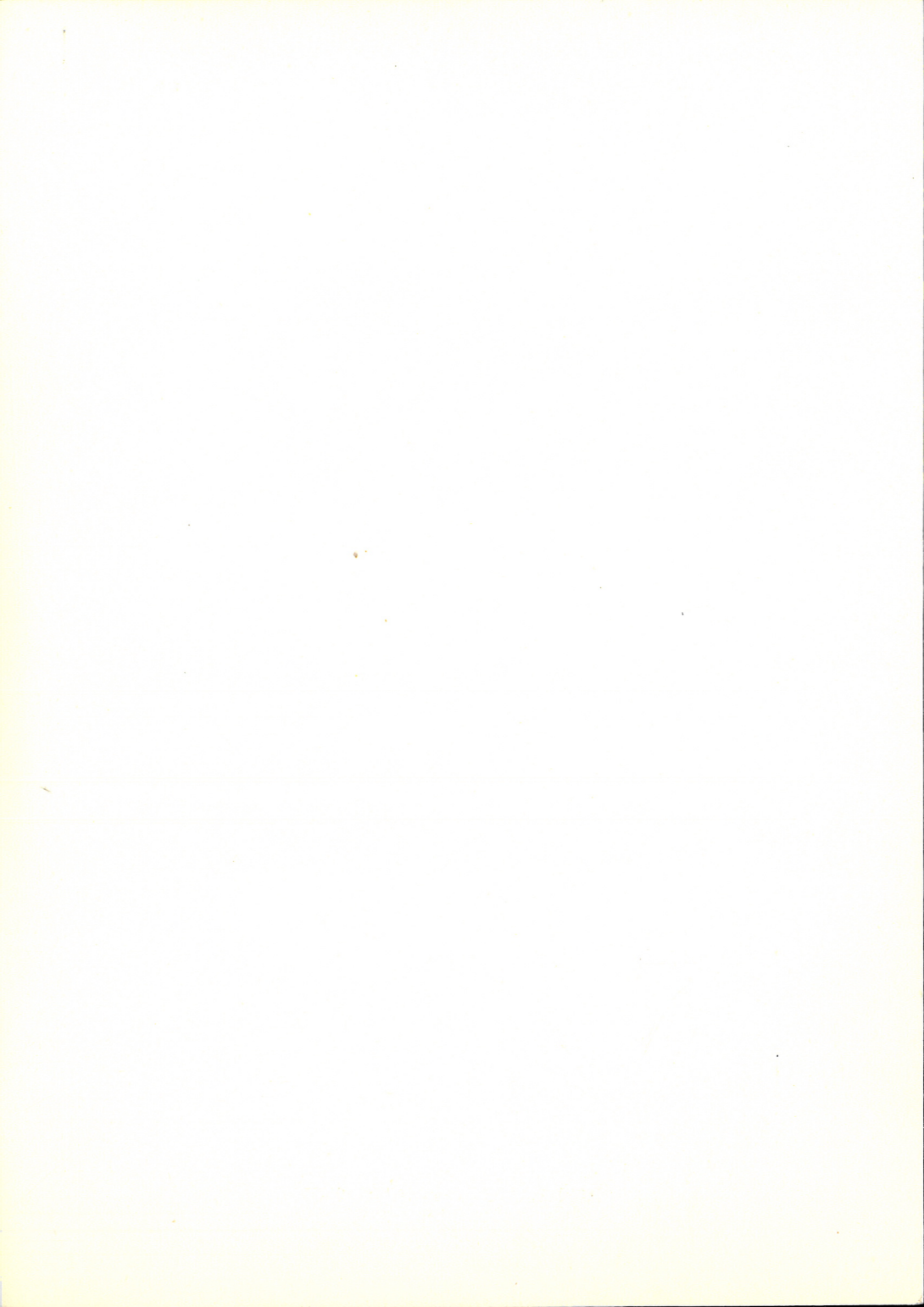
1. Gliksman B.: Trendy rozwojowe sprzętu informatyki, 1974.
2. Szul K.: Trendy rozwojowe sprzętu informatyki, Warszawa 1973.
3. Walczak T.: Maszyny liczące. Mechanizacja i automatyzacja przetwarzania danych. Warszawa 1968.
4. Zapendowski W.: Środki techniczne mechanizacji i automatyzacji przetwarzania danych. Warszawa 1975.

Po przeczytaniu poradnika i wysłuchaniu wykładu miałem  
trudności ze zrozumieniem następujących zagadnień:

=====  
Proszę wypełnić, oderwać i po wykładzie TV przekazać zakładowej komórce szkoleniowej

Imię i nazwisko .....  
Zakład pracy ..... tel.: .....  
Punkt Konsultacyjny ..... Grupa .....





**Cena 10 zł**

WZPPT Żyrardów zam. 147 n. 10.500