

B

ELEKTRONICZNA MASZYNA CYFROWA

Elektroniczna maszyna cyfrowa (w skrócie: EMC) składa się z jednostki centralnej i urządzeń zewnętrznych. Jednostka centralna składa się z trzech części:

- a) układu centralnego sterowania,
- b) arytmometru,
- c) pamięci operacyjnej (w skrócie: PAO).

Na urządzenia zewnętrzne składają się:

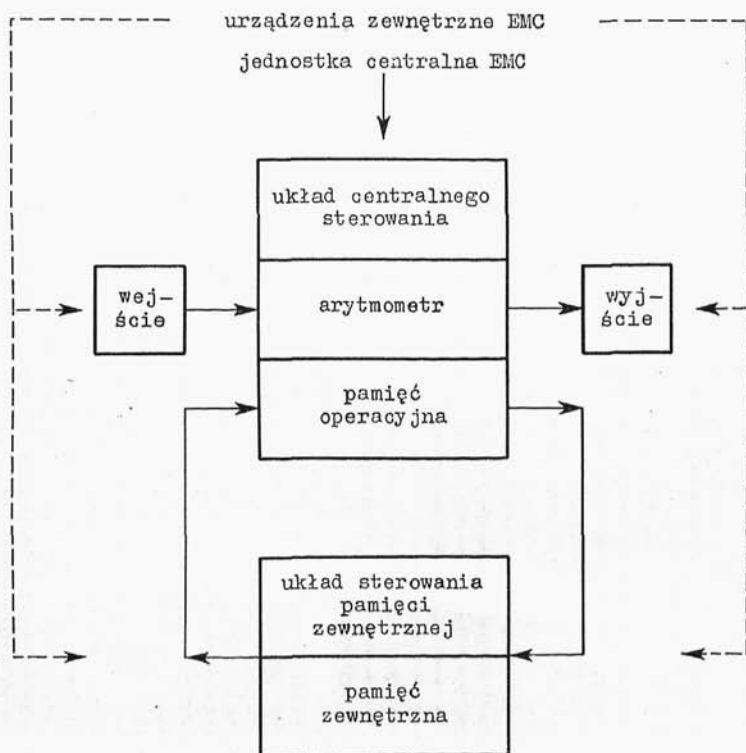
- d) urządzenie wejściowe (krótko: wejście),
- e) urządzenie wyjściowe (krótko: wyjście),
- f) pamięć zewnętrzna wraz z lokalnym układem sterowania.

Na rysunku 35 pokazana jest schematycznie EMC z uwzględnieniem dróg przesyłania pomiędzy jednostką centralną a urządzeniem zewnętrznym, na rys. 36 zaś zdjęcie średniej wielkości EMC dla przetwarzania danych.

Część elektroniczna EMC składa się z różnego typu układów dwustanowych, czyli binarnych. Umownie jeden z tych stanów będziemy nazywali „zerem“, drugi „jedyneką“. Te dwie cyfry, „zero“ i „jeden“, obejmujemy wspólną nazwą bit (skrót od słów *binary digit*). Wszelkie informacje przechowywane w EMC są przedstawione jako kombinacje jedno- lub wielobitowe. Tak na przykład cyfry dziesiętne są przedstawione w większości współczesnych EMC jako kombinacja czterech bitów. Każdy z czterech bitów ma swoją wagę, np. 8, 4, 2, 1. Przejść od kodu cyfry dziesiętnej do jej dziesiętnej wartości możemy mnożąc wagi przez towarzyszące bity. Dla układu wag 8, 4, 2, 1 kody kolejnych cyfr dziesiętnych są przedstawione w tabl. B.1.

Tablica B.1

8 4 2 1	Cyfry dziesiętne	8 4 2 1	Cyfry dziesiętne
Kod binarny		Kod binarny	
0 0 0 0	0	0 1 0 1	5
0 0 0 1	1	0 1 1 0	6
0 0 1 0	2	0 1 1 1	7
0 0 1 1	3	1 0 0 0	8
0 1 0 0	4	1 0 0 1	9



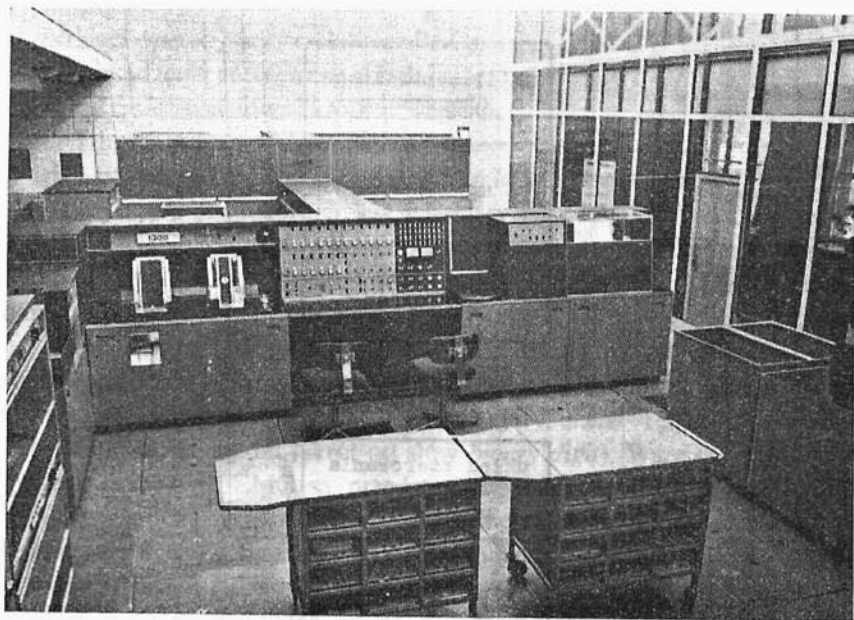
Rys. 35. Schemat powiązań jednostek centralnej EMC z urządzeniami zewnętrznymi

U w a g a: na rysunku nie pokazano dróg sterowania.

Ze względu na arytmetykę rozróżniamy dwa rodzaje EMC: wykonujące automatycznie działania arytmetyczne na liczbach w rozwinięciu binarnym i wykonujące automatycznie działania na liczbach w rozwinięciu dziesiętnym, gdzie każda z cyfr liczby jest kodowana binarnie (np. tak jak w tabl. B.1). Wyjaśnienie, na czym polega rozwinięcie binarne liczb, znajdzie czytelnik w pracy [18].

W dalszym ciągu EMC wykonujące działania na liczbach binarnych będziemy nazywali maszynami binarnymi, EMC zaś wykonujące działania na liczbach dziesiętnych będziemy nazywali maszynami dziesiętnymi. Nasze rozważania ograniczamy jedynie do maszyn dziesiętnych.

Dotychczas mówiliśmy o cyfrach dziesiętnych będących argumentami działań arytmetycznych. W dalszym ciągu cyfry takie będziemy nazywali znakami numerycznymi (*numeric character*). Często obok cyfr dziesiętnych do zbioru znaków numerycznych zaliczamy jeszcze plus, minus



Rys. 36. Widok ogólny EMC I.C.T. 1300 zainstalowanej z Zakładzie Przetwarzania Danych Centralnego Ośrodka Doskonalenia Kadr Kierowniczych w Warszawie (fot. S. Porowski)

i znak punktu dziesiętnego. Jednakże w odróżnieniu od cyfr dziesiętnych znaki te odgrywają jedynie pomocniczą rolę — informując o tym, jak rozumieć daną sekwencję cyfr dziesiętnych.

Dla zwiększenia czytelności informacji wejściowych i wyjściowych zachodzi konieczność operowania literami i znakami pomocniczymi. Znaki takie, aby mogły być przechowywane w pamięci EMC, muszą być również zakodowane za pomocą kombinacji zero-jedynkowych. Najczęściej stosowane są metody kodowania liter alfabetu, tzw. znaków alfabetycznych (*alphabetic character*), za pomocą sześciu albo ośmiu bitów. Ograniczmy się do omówienia przykładowo jednego z kodów ośmiobitowych — kodu I.C.T. Ośmiobitowe kombinacje dzielimy na dwie czterobitowe części. Pierwszą z nich będziemy nazywali składnikiem strefowym, drugą składnikiem numerycznym. W tablicy B.2 podane są wartości skła-

Tablica B.2

Składniki numeryczne	Składniki strefowe			
	0010	0011	0100	0101
0 0 0 0	A	E	*	Ł
0 0 0 1	A	J	+	,
0 0 1 0	B	K	S	%
0 0 1 1	C	L	T	(
0 1 0 0	D	M	U	—
0 1 0 1	E	N	V	/
0 1 1 0	F	O	W	=
0 1 1 1	G	P	X	.
1 0 0 0	H	Q	Y	' (apostrof)
1 0 0 1	I	R	Z)

dowych strefowych i numerycznych dla znaków alfabetycznych i znaków „pisarskich“ w kodzie I.C.T. (wersja dla alfabetu polskiego).

Każdy ze znaków przedstawionych w tabl. B.2 możemy traktować jako parę cyfr dziesiętnych. Pierwsza z tych liczb odpowiada składnikowi strefowemu, druga zaś — składnikowi numerycznemu. W przypadku gdy

chcielibyśmy wykonywać działania arytmetyczne na znakach alfabetycznych, EMC wykonywałaby działania nie na znakach alfabetu, a na ich kodach binarnych, czyli na składnikach strefowych i numerycznych tych znaków.

Ponieważ często zachodzi konieczność umieszczania w napisach odstępów (spacji) i cyfr dziesiętnych, należy rozszerzyć zbiór znaków

Tablica B.3

<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; transform: rotate(45deg); transform-origin: center; border-bottom: none;"></div> </div>	Składnik strefy	
	0000	0001
0 0 0 0	spacja	0
0 0 0 1		1
0 0 1 0		2
0 0 1 1		3
0 1 0 0		4
0 1 0 1		5
0 1 1 0		6
0 1 1 1		7
1 0 0 0		8
1 0 0 1		9

z tabl. B.2 o znaki numeryczne i spacje. W tablicy B.3 pokazane są kody składników strefowych i numerycznych dla spacji i cyfr dziesiętnych.

Mamy więc dwa różne kody dla cyfr dziesiętnych: czterobitowe dla cyfr będących elementami liczb, na których EMC wykonuje działania arytmetyczne, i ośmiobitowe dla cyfr będących elementami napisów. W dalszym ciągu zbiór znaków przedstawiony w tabl. B.2 i B.3 będziemy nazywali zbiorem znaków alfanumerycznych, elementy zaś zbioru — znakami alfanumerycznymi (*alphanumeric character*).

B.1. PAMIĘĆ OPERACYJNA EMC

Jest to urządzenie przeznaczone do przechowywania informacji kodowanych binarnie. Pamięć operacyjna podzielona jest na komórki, z których każda przeznaczona jest do przechowywania jednego wielobitowego

kodu. Każda taka komórka zaopatrzona jest numerem identyfikacyjnym, tzw. adresem, na podstawie którego układ sterowania może ją odzyskać.

Jeśli każda komórka pamięci operacyjnej przeznaczona jest do przechowywania kodu sześćo- albo ośmiobitowego, to komórkę taką będziemy nazywali znakiem (*character*). EMC o pamięci operacyjnej, w której każdy znak jest indywidualnie adresowany, będziemy nazywali maszynami „znakowymi“ (*character computer*).

Jeśli natomiast każda komórka pamięci operacyjnej przeznaczona jest do przechowywania kodu wielobitowego (np. 24-, 36- albo 48-bitowego), to komórkę taką będziemy nazywali słowem. EMC o pamięci operacyjnej, w której adresowane są poszczególne słowa, będziemy nazywali maszynami „słowowymi“ (*word computer*). W dalszym ciągu ograniczymy się do EMC „słowowych“.

W każdym słowie pamięci operacyjnej może być przechowywana: liczba lub rozkaz (rozказы), dla układu sterowania EMC, lub napis czy też fragment napisu. Należy podkreślić, że jedna i ta sama informacja może być w różny sposób interpretowana w trakcie wykonywania programu.

Na zakończenie podamy jeszcze kilka uwag o parametrach technicznych. W powszechnym użyciu znajdują się obecnie pamięci ferrytowe (szczegóły patrz [18]). Pamięci ferrytowe charakteryzują trzy zasadnicze (z punktu widzenia użytkownika) parametry: pojemność, długość słowa (znaku) i cykl.

Pojemność typowej pamięci operacyjnej we współczesnych EMC wynosi w przeliczeniu na znaki od 4096 znaków 8-bitowych do 8 388 508 znaków 8-bitowych. Przez cykl pamięci operacyjnej rozumiemy najkrótszy czas pomiędzy dwoma kolejnymi wybraniem słów o różnych adresach a odczytem (albo zapisem) zawartości tych słów. We współczesnych pamięciach ferrytowych cykl wynosi od 0,5 μs ⁽¹⁾ do 10 μs . Koszt pamięci ferrytovej rośnie proporcjonalnie do pojemności i długości słowa, a odwrotnie proporcjonalnie do długości cyklu.

Informacje odczytywane i zapisywane w pamięci operacyjnej są umieszczone przez układ centralnego sterowania w tzw. rejestrze przejściowym.

⁽¹⁾ μs — mikrosekunda, czyli 1/1 000 000 sekundy.

wym (rys. 37). Użyliśmy już wprowadzić kilkakrotnie terminów: odczyt i zapis informacji w pamięci operacyjnej, ale nie sprecyzowaliśmy bliżej, co przez to rozumiemy.

Definicja 1. Przez odczyt informacji z pamięci operacyjnej (w skrócie: odczyt) będziemy rozumieli odczytanie zawartości jednej komórki pamięci o adresie określanym przez układ centralnego sterowania EMC i umieszczenie kopii zawartości komórki w rejestrze przejściowym (patrz rys. 37), przy czym zawartość tej komórki nie ulega zmianie.

Definicja 2. Przez zapis informacji w pamięci operacyjnej (w skrócie: zapis) będziemy rozumieli umieszczenie kopii zawartości rejestru przejściowego (patrz rys. 37) w komórce pamięci o adresie określonym przez układ centralnego sterowania EMC, przy czym poprzednia zawartość tej komórki zostaje zniszczona.

Obok pojęć odczytu i zapisu wprowadzimy jeszcze trzecie pojęcie: przeniesienia informacji z jednej części pamięci (np. operacyjnej) do innej (np. zewnętrznej).

Definicja 3. Przez przesyłanie informacji pomiędzy pamięcią operacyjną a pamięcią zewnętrzną albo w obrębie pamięci operacyjnej (w skrócie: przeniesienie) będziemy rozumieli sekwencje:

a) odczytów zawartości komórek pamięci o kolejnych położeniach lub adresach w przypadku pamięci operacyjnej, przy czym pierwszy adres, od którego zaczynamy odczyt, jest określony przez układ centralnego sterowania;

b) zapisów do komórek pamięci o kolejnych położeniach lub adresach w przypadku pamięci operacyjnej, przy czym pierwszy adres, od którego zaczynamy zapis, jest określony przez układ centralnego sterowania;

c) ilość słów kolejno odczytywanych, a następnie zapisywanych, jest również określona przez układ centralnego sterowania i jest większa lub równa jedności.

B.2. ARYTMOMETR EMC

Jest to urządzenie elektroniczne, działające podobnie do elektrycznej maszyny do liczenia; z tą różnicą, iż zbudowane jest z elementów elektronicznych, przez co znacznie szybciej działa, oraz że działanie poszczegół-

nych funkcji arytmetycznych jest uruchamiane przez układ centralnego sterowania. Ponadto arytmometr EMC obok działań arytmetycznych może wykonywać działania logiczne (jak alternatywę, koniunkcję, różnicę symetryczną itp.), których argumentami są poszczególne wzajemnie sobie odpowiadające bity składające się na słowa.

W skład arytmometru wchodzi (patrz rys. 37):

a) rejestr podstawowy zwany zwykle akumulatorem (są EMC zawierające więcej niż jeden akumulator);

b) rejestry pomocnicze, jak przedłużenie akumulatora i rejestr mnożnej (nie we wszystkich EMC występują, często rolę rejestru mnożnej odgrywa rejestr przejściowy);

c) indykatory, czyli jednobitowe rejestry, których stany sygnalizują wystąpienie jakiejś (jednoznacznie określonej) sytuacji w wyniku wykonywania sekwencji działań arytmetycznych i logicznych albo w wyniku ostatnio wykonanego działania (np. indykator: „wynik ostatniego działania różny od 0” — stan 1, jeśli tak, stan 0, jeśli nie; indykator: „wynik ostatniego działania większy od 0” — stan 1, jeśli tak, stan 0, jeśli nie; indykator: „wynik ostatniego działania mniejszy od 0” — stan 1, jeśli tak, stan 0, jeśli nie; indykator: „nadmiar” — stan 1, jeśli w ostatnio wykonanej sekwencji działań arytmetycznych wystąpił co najmniej raz nadmiar⁽¹⁾, stan 0, w przeciwnym przypadku).

d) sumator i układy realizujące operacje logiczne.

Arytmometry współczesnych EMC wykonują $10\,000 \div 10\,000\,000$ dodawań na sekundę.

B.3. UKŁAD CENTRALNEGO STEROWANIA EMC

Jest to urządzenie sterujące pracą jednostki centralnej EMC i inicjujące działanie urządzeń zewnętrznych. Układ centralnego sterowania działa w następujący sposób: rozkazy dla EMC (czyli instrukcje postępowania maszyny) są zakodowane w postaci liczbowej i przechowywane w pamięci operacyjnej; każdy rozkaz składa się z dwu części: z części

⁽¹⁾ Przez nadmiar rozumiemy wyjście wyniku działania arytmetycznego poza przedział, do którego należą liczby, na których EMC automatycznie (a nie z pomocą programu) wykonuje działania.