

## VII. ROZWÓJ PROGRAMOWANIA A ROZWÓJ KONSTRUKCJI MASZYN

Programowanie i konstrukcja stanowią dwa wzajemnie warunkujące się elementy składowe tego, co nazywamy komputerem. Rozwój tych elementów nie odbywa się jednak w idealnej harmonii. W początkach rozwoju komputerów, kiedy dopiero wykrywano ich możliwości, sprzężenie zwrotne pomiędzy tymi elementami było szybsze. Rozwiązania przebiegały w stosunkowo małej skali (niewiele koncepcji, mało indywidualnych konstrukcji, brak walki konkurencyjnej dużych firm) stąd nietrudno było o koordynację i szybkie rezultaty. W miarę rozkręcania wyścigu o rekordy szybkości działania coraz mniej uwagi udzielano sprawom programowania. Ponadto opóźnienie tego ostatniego wynikało z naturalnej kolejności opracowania komputera (mimo pewnej równoległości prac, software opracowywuje się w zasadzie dla gotowych konstrukcji). Ponieważ cykl opracowania software'u jest o wiele dłuższy od konstrukcyjnego przygotowania, często nie nadążano po prostu z dopracowaniem go przed zejściem nowego modelu komputera z taśmy produkcyjnej. Wg I.L. Auerbacha (A - 2) system operacyjny IBM 36C jest opóźniony o 5 lat w stosunku do rozwiązań konstrukcyjnych.

W pewnych przypadkach konstrukcje są wyprzedzane przez pomysły software'owe (np. pamięci asocjacyjne).

Tworzy się maszyny IV generacji o wysokim stopniu modularności, obejmującej oprócz dotychczas stosowanych procesorów wejścia-wyjścia, również niezależne procesory centralne i niezależne (o równoczesnym dostępie) moduły pamięci operacyjnej. Stwarza to nowe problemy zarówno hardware'owe jak i software'owe.



A. Spróbujmy prześledzić rozwój urządzeń pamięciowych, stanowiących główną przesłankę rozwoju programowania (służą do przechowywania programów użytkowych, translatorów, systemu operacyjnego-dyrygenta, biblioteki programów itp.):

1. Początkowe do przechowywania informacji używane były przerzutniki (np. w ENIACu - przerzutniki lampowe - jako pamięć operacyjna). Następnie do połowy lat pięćdziesiątych stosowano pamięci dynamiczne na rtęciowych (po raz pierwszy - 1949 EDSAC) oraz niklowych (od 1951) liniach opóźniających. Można wspomnieć również o pamięciach elektrostatycznych na lampach kineskopowych (po raz pierwszy budowanych przez Prof. Williamsa w Manchester University oraz w MIT).

Pamięci dynamiczne i elektrostatyczne, aczkolwiek niedoskonałe (wolne i małopojemne - 512, 1024 słów) stanowiły w porównaniu z ENIACem duży krok naprzód, ponieważ umożliwiały przechowywanie programów w pamięci. Wystąpiła więc możliwość stosowania instrukcji skoków oraz wzywania podprogramów.

2. Jeszcze przed pamięciami na liniach opóźniających, bo mniej więcej od 1947 roku używano bębna magnetycznego, niemniej jednak z powodu dużego czasu dostępu nie bardzo nadawał się na pamięć operacyjną.

Uto pierwsze zastosowania bębna (koniec lat 40-tych):

- SEC (Simple Electronic Computer), zbudowany na uniwersytecie londyńskim,
- ERA 1101, zbudowana w 1950 roku przez Engineering Research Associates,
- MARK III, MARK IV, zbudowane w Harvard University w latach 40-tych.



Pierwszą maszyną używającą bębna w charakterze pamięci pomocniczej była maszyna WHIRLWIND I, której budowę zakończono w 1951 roku w MIT. Pamięć bębnową posiadała maszyna IBM 650, będąca najpopularniejszą maszyną na świecie w latach 50-tych. Maszyna ta posiadała środki programowe (system SOAP) do optymalizacji wybierania danych z bębna.

3. Głównym rodzajem pamięci operacyjnej, niezastąpionym od lat kilkunastu, jest pamięć ferrytowa. Teoretyczne artykuły na temat tego typu pamięci zaczęły pojawiać się dopiero na początku lat pięćdziesiątych. Niemniej jednak już w 1951 roku firma Jacob Instrument Company wprowadziła tę pamięć do maszyny Jain Comp D-1 (M - 3). Poważne prace badawcze nad pamięciami ferrytowymi prowadzone były w MIT od mniej więcej 1953 roku.

Firma IBM użyła po raz pierwszy rdzeni ferrytowych w maszynach 704 i 705 (około 1955 r.). W marcu 1956 roku zastosowała je firma Remington Rand w maszynie UNIVAC 1103A.

Wprowadzenie pamięci ferrytowych zapewniło maszynom dużą szybkość (mniej więcej tysiąckrotnie wyższą niż w przypadku bębna), umożliwiło zastosowanie podziału czasu (a więc i pracy wieloprogramowej). Dzięki dużym pojemnościom (od kilku tysięcy do kilku milionów słów) zaistniała możliwość użycia złożonych języków programowania i systemów operacyjnych. Ze względu na ciągłe wzbogacanie translatorów (m.in. o powiązania z systemem operacyjnym) uważa się, że obecny "standard" 32 K, w maszynach IV generacji zostanie podwyższony do 64 K.

Pamięci ferrytowe budowane mogą być "wyrazowo" lub "znakowo" względnie posiadać mogą konstrukcję mieszaną pozwalającą na bezpośrednie adresowanie zarówno znaków (lub byte'ów) jak i



słów (komórek). Do niedawna stosowano najczęściej jednostki pamięciowe 24-bitowe i 8 (lub 6-)-bitowe. Ostatnio obserwujemy tendencje pośrednie, a mianowicie wprowadzanie pamięci o jednostce adresowania 16-bitowej. Jest to kompromis pomiędzy dwoma sprzecznymi walorami. Krótsze jednostki adresowania umożliwiają sprawniejsze manipulacje danymi (co jest szczególnie przydatne przy tłumaczeniach) oraz lepsze wykorzystanie pamięci (mniej pustych bitów). Pamięci "wyrazowe" natomiast zapewniają wyższe szybkości działania dzięki równoległemu przesyłaniu większej liczby bitów.

Podkreślaliśmy znaczenie pojemnej pamięci operacyjnej. Istnieją środki hardware'owe-programowe, określane jako tzw. stronicowanie<sup>1/</sup> (paging), które umożliwiają programiście traktowanie pamięci, jakby była nieskończona. Na przykład, stronicowanie w maszynie IRIS 80 pozwala na pisanie programów o wielkości 16 milionów słów przy maksymalnej fizycznej wielkości pamięci 1 ml słów. Nie chodzi tutaj o klasyczną segmentację programów. Programista posługuje się teoretycznymi obszarami pamięci, zwanymi "stronami", podczas gdy grupa danych, znajdująca się fizycznie w pamięci, nazywana jest "blokiem" (niekiedy stosuje się odwrotne przyporządkowanie pojęć strona i blok). Problem polega na tym, by stronie przyporządkować odpowiedni blok, tj. dokonać konwersji adresu strony na adres bloku. Jeśli "strony" nie ma aktualnie w pamięci, to wtedy następuje automatyczne jej przesłanie bez udziału programisty. Do przechowywania informacji o aktualnie używanych stronach służą specjalne rejestry (w ICL 1906A jest ich 16), które wszystkie mogą być równocześnie angażowane. Jeśli żądany adres strony nie występuje w żadnym z nich, wtedy szuka się jej odpowiednika

x/Używa się też terminu "paginowanie" (Przyp.Red.).



za pomocą specjalnej tabeli (special-look-up-table).

Duże nadzieje wiąże się z pamięciami budowanymi na układach scalonych. W szczególności dotyczy to tzw. pamięci notatnikowych (scratch-pad memory). Czas dostępu do takiej pamięci jest minimalny: w maszynie SDS Sigma 7 - 150 ns (z roku 1966), w maszynie IRIS-80 - 60 ns (dla rejestru 16-bitowego).

#### 4. Podstawowe znaczenie dla przetwarzania danych ekonomiczno-administracyjnych posiadają masowe pamięci pomocnicze.

Za datę pierwszego użycia taśmy magnetycznej zwykle się podawać rok 1954, kiedy to zastosowano ją w maszynie UNIVAC I. Niemniej jednak już w 1949 roku (!) została ona wprowadzona do maszyny BINAC, zbudowanej tak, jak UNIVAC I przez Eckerta i Mauchly'ego (M - 3).

W maju 1955 roku firma IBM poinformowała o stworzeniu dysku magnetycznego (model 305). Pojemność dysku wynosiła 5-6 milionów znaków, zaś czas dostępu był dość znaczny (200-600 mlsek). W 1957 roku wprowadzono (K-2) pamięć karuzelową (rodzaj pamięci taśmowej), zaś w 1961 roku zastosowano karty magnetyczne.

Prace nad pamięciami masowymi zmierzały w kierunku zwiększenia pojemności, zmniejszenia czasu dostępu i obniżenia kosztu.

Pojawienie się pamięci masowych postawiło przed programistami nowe zadania. W przypadku pamięci taśmowych opracowano szereg algorytmów sortowania (np. wg rozkładu Fibbonaci'ego, metodą kaskadową i polifazową) oraz ustalono, tzw. standardowe metryki zbiorów. Pamięci dyskowe okazały się trudne do opanowania od strony programowej ze względu na różnorodność sposobów przechowywania i wybierania informacji (sposoby te podajemy w terminologii angielskiej w celu uniknięcia nieporozumień:



serial, sequential, self-indexing, partial indexing, full indexing, randomizing).

Eksploatacja pamięci dyskowych wymaga oprogramowania "serwisowego", obejmującego m.in. procedury reorganizacji zbiorów (mających na celu likwidację nadmiarów -overflow - na poszczególnych sektorach), programy "oczyszczania" dysku, dumping na taśmę magnetyczną itp. Koncepcja cylindra (seek area) stwarza możliwości optymalizacji (z punktu widzenia czasu dostępu) rozmieszczenia zbiorów dotyczących tego samego programu poprzez lokowanie ich na jednym cylindrze, tj. obciążenie poszukiwań. O trudnościach software'owego opracowania pamięci dyskowych świadczy np. słabość dotychczas stosowanych algorytmów randomizacji (nierównomierne obciążenie sektorów) oraz fakt, że dopiero w 10 lat po stworzeniu pierwszej pamięci dyskowej powstała "oficjalna" dyskowa wersja COBOLu, którą z kolei do roku 1967 potrafiła wdrożyć jedynie firma IBM.

5. Mówiąc o wzajemnym oddziaływaniu hardware'u i software'u nie sposób pominąć konkretnego rezultatu tych oddziaływań, a mianowicie mikroprogramowania.

Posiadać ono będzie szczególne znaczenie, jako tzw. firmware, w maszynach IV generacji, kiedy to użytkownik będzie mógł sam tworzyć wymienne pakiety mikroprogramów (stosując np. specjalne karty dziurkowane o trójkątnych otworach) i w ten sposób dostosowywać niektóre parametry konstrukcyjne do konkretnych zastosowań (A - 2).

Pierwsze publikacje na temat mikroprogramowania pojawiły się już w 1953 roku (L - 3). W 1956 roku na konferencji w MIT przyjęto niejako oficjalną nazwę mikroprogramowanie dla określenia techniki budowy układów logicznych, realizujących ope-



racje za pomocą sekwencji impulsów. Każdy impuls można nazwać mikrorozkazem. Mikroprogramy mogą być realizowane "pionowo" tzn. jako sekwencja następujących po sobie mikrorozkazów lub "poziomo", tj. kiedy programista decyduje o otwarciu odpowiednich bramek poprzez zastosowanie odpowiedniej struktury bitowej w kodach operacji (I - 16). Ważną zaletą mikroprogramów jest to, że realizacja ich nie "obciąża" jednostki centralnej, ponieważ działają one niejako automatycznie i co ważniejsze, mogą przebiegać równocześnie (in one pulse time).

Mikroprogramy są przedstawiane za pomocą pamięci pasywnych (read-only memory, non-volatile store, fixed store). Jedną z pierwszych maszyn programowanych był EDSAC II, w którym mikroprogramowanie realizowane było poprzez odpowiednie łączenia w pamięci ferrytowej. Znaczne mikroprogramowanie posiadała maszyna TX-0, zbudowana w Lincoln Laboratories M I T (w maszynie tej wykorzystano dorobek wspomnianej konferencji na temat mikroprogramowania).

Mikroprogramowanie stanowi ważny element ujednolicania architektury maszyn (np. modeli serii IBM 360), wchodząc w skład środków emulacji (rozdział VI, pkt.2).

6. Krokiem zmierzającym do wyeliminowania strat pamięci potrzebnej na przechowywanie adresów i ułatwienia techniki programowania zadań w zakresie wyszukiwania informacji jest propozycja pamięci asocjacyjnej. Koncepcję pamięci asocjacyjnej po raz pierwszy sformułowali prawdopodobnie Newell A., Shaw J.C., Simon H.A. (C - 3), wykorzystując metodę pośredniego adresowania.

Istnieją różne koncepcje organizacji i konstrukcji tego typu pamięci (K - 1).



Hardware'owe rozwiązywanie pamięci asocjacyjnej posiada znaczne walory w porównaniu z tzw. software'owym typem pamięci asocjacyjnej. Każda komórka posiada możliwość wykonania operacji porównania ze z góry zadanymi wartościami (oczywiście bez angażowania urządzenia arytmetycznego). Poszukiwanie określonych wartości odbywa się bez pośrednictwa adresów i wykonywane jest równocześnie we wszystkich komórkach. Rezultat porównań zapamiętywany jest w specjalnych wskaźnikach. Koncepcja działania tego typu pamięci szokuje oryginalnością i efektywnością. Jest z technicznego punktu widzenia trudna do zrealizowania.

Sposób software'owej organizacji pamięci asocjacyjnej polega na zastosowaniu tzw. list adresowych (łańcuchowego adresowania).

Ogólnie rzecz biorąc, pamięć asocjacyjna adresowana jest zawartością, tzn. informacja odszukiwana jest w pamięci na podstawie treści a nie adresów. Poza usprawnianiem procesów wybierania, zalety pamięci asocjacyjnej wykorzystywane być mogą do przyspieszenia sortowania (dzięki ominięciu pracy sekwencyjnej).

Nie tylko pamięć asocjacyjna jest próbą przełamania adresowości. Podobną rolę spełnia również pamięć stosowa (push-down memory, stack store).

- B. 1. Jedną z podstawowych charakterystyk języków wewnętrznych i symbolicznych jest adresowa struktura rozkazów. Liczba części adresowych rozkazu waha się od jednego do pięciu (najczęściej spotyka się maszyny jedno i dwu-adresowe) i określana jest przez konstrukcję każdej maszyny. Maszyny UNIVAC I, II, seria IBM 700, większość maszyn typu



"Princeton Class" (a więc opracowanych wg propozycji Johna von Neumanna) były maszynami jednoadresowymi. Inne, takie jak np. UNIVAC Scientific ERA-1103, należały do maszyn dwuadresowych. Nadmienić można, że rozróżnia się dwa rodzaje systemu dwuadresowego: jeden, gdzie ukazywany jest adres argumentu i adres rezultatu, i drugi, tzw. 1+1 adresowy, gdzie ukazywany jest adres argumentu i adres następnego rozkazu. Adresowe rozkazy jeden plus jeden są szczególnie przydatne w maszynach z pamięcią bębnową, ze względu na możliwość usprawnienia wybierania (stosowane były w maszynach IBM 650, ODRA 1003). Konstruowane też były maszyny trójadresowe (NORC, MIDAC, STRIELA), czteroadresowe (EDVAC, SEAC), pięcioadresowe (maszyna SAPO-CSR - wybór czwartego lub piątego adresu następował alternatywnie w zależności od tego, czy wynik operacji był dodatni czy ujemny).

Około roku 1960 publikowane były w różnych krajach (w tym również w Polsce) koncepcje tzw. maszyn bezadresowych (P - 1). Generalnym założeniem tych maszyn miało być znaczne uproszczenie zarówno konstrukcji jak i programowania. Aczkolwiek poczyniono pierwsze eksperymenty (m.in. w Polsce i Australii), nie doszło do przemysłowej produkcji tych maszyn. Maszyny bezadresowe przeznaczone były w zasadzie do wykonywania prostych i powtarzalnych obliczeń technicznych. Być może idee te zostaną znowu podjęte, jeśli na szerszą skalę zaczną się stosować niezależne moduły asocjacyjnej pamięci operacyjnej.

2. Wiadomo, że elektroniczna maszyna cyfrowa to zespół zarówno środków hardware'owych (konstrukcyjnych - w dosłownym tłumaczeniu "żelaznych") i software'owych (programowych - "miękkich"). Dokładna definicja komputera nie została właściwie przez nikogo



podana, mimo, iż wszyscy mniej więcej zdajemy sobie sprawę, o co chodzi, gdy mówimy o komputerze. Po to, by unaocnić software'owe i konstrukcyjne strony nowoczesnego komputera podajemy jego następującą definicję: "Komputer jest to środek o dużej złożoności konstrukcyjnej (zespół różnych urządzeń) automatycznie wykonujący ciągi operacji arytmetycznych, logicznych, przesyłowych, sterujący pracą własnych urządzeń, sygnalizujący własne błędy, kontaktujący się z operatorem, posiadający własny język porozumiewania się (programowania) i język liczenia dwójkowy, dwójkowo-dziesiętny)".

Jak z powyższych definicji wynika, elementy "zmiennie" (software'owe) odgrywają w maszynie decydującą rolę (przynajmniej z punktu widzenia użytkownika). Nie zawsze jednak tak było.

Pierwsza elektroniczna maszyna cyfrowa ENIAC właściwie komputerem jeszcze nie była. Składała się ona prawie wyłącznie z hardware'u (nawet program nie był przechowywany, m.in. z powodu małej pamięci, składającej się z 20 rejestrów po 10 cyfr). Już przed tą maszyną istniały próby budowy automatycznych przekątnikowych maszyn liczących, np. MARK I - ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator) budowany w Harvard University w latach 1939 - 1944 pod kierownictwem prof. H. Aikena oraz Complex Computer skonstruowany w Bell Telephone przez dra G.R. Stibitza.

Zaintersowanie software'm znacznie wzrosło dopiero przy maszynach III generacji, wyposażonych w time-sharing, wielo-dostępnych i wieloprogramowych. Jeszcze w 1957 roku udział kosztów software'u w ogólnym koszcie maszyny wynosił (K - 4) za- ledwie 25%, zaś na przestrzeni lat 1967 - 1972 ma wzrosnąć do 70%.



Z technicznego punktu widzenia przyjęto wyróżniać następujące generacje komputerów:

zerowa - przekątnikowa (lata czterdzieste),

pierwsza - lampowa (ENIAC - 1945, ODRA 1001 - 1960,

ZAM-2 - 1961)

druga - tranzystorowa (mniej więcej od 1954 r - TRADIC).

Rozróżnienie dalszych generacji na podstawie powyższego kryterium jest w zasadzie niemożliwe ze względu na wzrost znaczenia organizacji działania komputerów.

Z programowego punktu widzenia pierwsza generacja charakteryzuje się stosowaniem języków wewnętrznych i symbolicznych prostych (1:1), zaś w drugiej dochodzą języki wyższego rzędu, języki symboliczne z makrorozkazami oraz proste systemy operacyjne.

Nie ukształtowały się jeszcze definicje maszyn III i IV generacji. przytoczymy więc tylko niektóre typowe ich cechy:

### III generacja

#### 1. praca w podziale czasu (time sharing,

czyli zdolność współpracy - w kolejnych krótkich jednostkach czasu - jednostki centralnej z wieloma urządzeniami wejścia - wyjścia,

#### 2. wieloprogramowość

czyli zdolność realizacji kilku programów znajdujących się równocześnie w maszynie,

#### 3. wielodostępność

czyli zdolność współpracy maszyny z wieloma operatorami, przy czym każdy z nich ma wrażenie, że jest wyłącznym jej użytkownikiem,

#### 4. minimalna pojemność pamięci operacyjnej 32K słów ( o ile nie



na masowej pamięci pomocniczej o dostępie wyrywkowym); z reguły stosowana jest byte'owa lub znakowa organizacja pamięci (zamiast wyrazowej),

5. praca asynchroniczna

m.in. dzięki budowie modularnej, w której moduły wejścia-wyjścia kontrolują urządzenia transferowe bez angażowania jednostki centralnej,

6. złożony system operacyjny do sterowania pracą asynchroniczną, komunikacji z operatorem itp.

IV generacja obejmuje cechy III generacji plus:

1. firmware

stosowany zarówno w emulacji, jak i w programach użytkowych,

2. wielka integracja elektroniczna (L S I - large scale integration),

3. rozbudowa pamięci operacyjnej do 1 ml słów (lub 4 ml byte'ów),

4. wzrost stopnia wielodostępności i środków komunikacji człowiek-maszyna (w szczególności opracowanie praktycznych języków konwersacyjnych),

5. wieloprocesorowość

oznaczająca zastosowanie kilku jednostek centralnych,

(np. cztery jednostki w maszynach IRIS 80 lub K 202),

6. wzrost stopnia modularności

oznaczający m.in. stosowanie kilku modułów pamięci operacyjnej o niezależnym dostępie, modułów niezależnych (nie powiązanych hierarchicznie) jednostek centralnych, niezależnych modułów wejść-wyjść, itp.

Cechą charakterystyczną IV generacji jest znaczny wzrost szybkości maszyny głównie poprzez ulepszenie organizacji działania



( a nie zmianę parametrów technicznych poszczególnych układów elektronicznych).

Maszyny IV generacji powinny być wzajemnie bardziej zamienne ze względu na elastyczność organizacji działania: modułowość, wymienne pakiety firmware'u, rozwinięte stronicowanie, software do kierowania przepływem danych itp. Trudno jest w tej chwili mówić o ostatecznym kształcie maszyn IV generacji , tym bardziej, że właściwie nie rozpoczęto jeszcze ich produkcji na skalę przemysłową. Jeszcze parę lat temu generacja ta stanowiła "szyld" tego wszystkiego, co może być ulepszone w komputerach.

W 1967 roku redakcja znanego fachowego czasopisma amerykańskiego DATAMATION (X - 17) przeprowadziła ankietę na temat maszyn IV generacji. 50% pytaných oświadczyło, że produkcja komputerów tej generacji rozpocznie się w latach 1971-1975, 25% - pod koniec 1970 roku, zaś pozostałe 25% oświadczyło, że komputery te w ogóle ... nie zostaną wyprodukowane. Prognozowanie rozwoju komputerów jest bardzo zawodne. Oto przykłady:

1. skonstruowanie perceptronu w 1958 roku stało się podstawą przepowiedni o zastąpieniu programowania przez systemy samoorganizujące,
2. kriotrony (1959) miały stać się jedną z podstawowych pamięci,
3. od paru lat mówi się o możliwości wykorzystania światła laserowego w urządzeniach pamięciowych,
4. kiedy w 1953 roku dokonano tłumaczenia z rosyjskiego na angielski, wydawało się, że otwiera się droga do automatyzacji tłumaczeń na szeroką skalę.



3. Jedną z ciekawszych tendencji rozwoju konstrukcji maszyn jest praca wieloprocesorowa ( w ramach jednej maszyny) i praca wielomaszynowa.

Przez system wielomaszynowy rozumiemy zespół kilku (nastu, dziesięciu) maszyn pracujących równocześnie i komunikujących się wzajemnie np. za pośrednictwem centralnego systemu operacyjnego, wymieniających dane pomiędzy sobą itp. Granice pomiędzy systemem wieloprocesorowym i wielomaszynowym są czasem trudne do uchwycenia, jeśli rozpatrujemy je jedynie na tle funkcjonalnym i możliwości przetwarzania. Jakims, w miarę pomocnym kryterium może być rozrzucenie terytorialne poszczególnych jednostek w systemach wielomaszynowych.

W pracy niniejszej używamy pojęcia "system wielomaszynowy" zamiennie do pojęcia "wielosystem"<sup>1/</sup>. W publikacji ( G - 5 ) za system wielomaszynowy uważa się taki rodzaj wielosystemu, w którym wszystkie "maszyny" są równoprawne i posiadają identyczną wydajność (w odróżnieniu od systemów hierarchicznych, w których rozróżnia się maszyny nadrzędne i podrzędne). Na marginesie tej definicji można rzucić uwagę, że maszyny wieloprocesorowe IV generacji najczęściej posiadają właśnie taką organizację działania, a mimo to nie uważa się ich za systemy wielomaszynowe.

Jako przykład systemu wielomaszynowego wymienić można system 29 maszyn pracujących dla IPC (International Paper Company), w którym maszyny są rozrzucone w 25 miejscach i połączone siecią transmisji danych.

---

1/ Termin "wielosystem", podany przez autora budzi zastrzeżenia. Zdaniem Redakcji, wystarczy operowanie terminem "systemu wielomaszynowego". (Przyp.Red.).



Ilustracją maszyny wieloprocessorowej jest ILLIAC IV. Maszyna ta posiada 256 urządzeń arytmetycznych, podłączonych do 4 jednostek sterowania. Dzięki zwielokrotnieniu urządzeń arytmetycznych maszyna ta osiąga szybkość 1 mld oper/sek (X-18).

Część centralna innej maszyny - CDC 6600 - zawiera 10 wyspecjalizowanych jednostek przetwarzania (m.in. do operacji zmiennoprzecinkowych (D - 4)).

Systemy wielomaszynowe stosowane są wtedy, gdy:

- a/ wymagana jest praca bezawaryjna, np. przy sterowaniu procesami technologicznymi,
- b/ wyniki obliczeń muszą być bezbłędne (w tym celu na kilku maszynach-processorach wykonywane są takie same zadania),
- c/ występują różnorodne zadania, wykonanie których może być podzielone pomiędzy maszynami,
- d/ ilość informacji jest tak duża, że gwarantuje pewien stopień obciążenia dla każdej z maszyn.

Niekiedy brany jest pod uwagę tylko jeden z powyższych czynników.

Historia systemów wielomaszynowych jest dosyć długa. Już jedna z pierwszych automatycznych maszyn przekaźnikowych BELL V (1944) firmy Bell Telephone Laboratories składała się z dwóch identycznych maszyn, równolegle podłączonych do wejścia, pracujących niezależnie i porównujących wyniki takich samych obliczeń.

W zbudowanej w 1958 roku w Czechosłowacji maszynie SAPO zastosowano trzy podłączone równolegle arytmometry, korygujące wzajemnie wyniki (za wynik prawidłowy uważano rezultat uzyskany co najmniej na dwóch arytmometrach).

Projekt SOLOMON, realizowany przez firmę Westinghouse (USA)



przewiduje zastosowanie około tysiąca niezależnych jednostek liczących równolegle zadany program.

System STRETCH (IBM, 1961) obejmuje dwie maszyny cyfrowe, z których jedna o działaniu szeregowym (tzn. wolniejsza) przeznaczona jest do wykonywania prac przygotowawczych, zaś druga o działaniu równoległym wykonuje podstawowe obliczenia.

W latach 50-tych w USA do sterowania środkami obrony przeciwlotniczej stosowano zestawy dwóch maszyn ANFSQ-7 (1956) pracujących równolegle w celu zabezpieczenia wysokiej pewności działania.

Również w USA stosowany jest system Meiseng, w skład którego wchodzi 3 maszyny (IBM 1620, IBM 1410, S-C 4020), przeznaczony do prac inżynierskich i przedstawiania wyników w postaci graficznej.

Znana jest koncepcja zastosowania kilkunastu emc w kombinacji metalurgicznym Spencer Works do obsługi wielopoziomowego kompleksu produkcyjnego. Maszyny działają na tzw. poziomach ustawionych hierarchicznie: maszyny poziomu I sprawują funkcje nadrzędne w stosunku do maszyn poziomu II itp. Różnicowanie poziomów nastąpiło nie wg etapów przetwarzania danych, lecz poziomów zarządzania. Poziom I przeznaczony był do wykonywania prac związanych z planowaniem wieloletnim i rocznym, poziom II i III zajmował się planowaniem krótkookresowym i harmonogramami produkcji, zaś poziom IV - sterowaniem procesów technologicznych.

4. Jedną z głównych cech nowoczesnego komputera jest praca wielo-  
dostępna w podziale czasu. Z punktu widzenia programowania  
systemy te możemy podzielić na uniwersalne i wyspecjalizowane.



Systemy uniwersalne są zdolne do realizacji dowolnego programu. Praca maszyny jest programowana bezpośrednio przez użytkownika w terminalu<sup>1/</sup> (względnie program jest ściągany z biblioteki), w związku z czym operator w zasadzie nie wie, co maszyna w danej chwili wykonuje.

Systemy wyspecjalizowane przeznaczone są do wykonywania jednego zespołu programów dla wielu użytkowników. Przykładem takiego systemu może być program rezerwacji miejsc w komunikacji lotniczej. Maszyny pracujące w tych systemach mogą być konstrukcyjnie (mikroprogramowo) przystosowane do określonego rodzaju pracy. Wprowadzenie uniwersalnych systemów było możliwe dzięki osiągnięciom w konstruowaniu i programowaniu maszyn cyfrowych, które z kolei zostały przygotowane przez prace teoretyczne.

W 1959 roku na konferencji UNESCO wygłoszony został przez Ch.Strachey'a pierwszy referat na temat idei time-sharingu i pracy wielodostępnej. W dwa lata później J.Mc Carthy sformułował pięć głównych wymogów podziału czasu:

- 1/ duża ferrytowa pamięć operacyjna,
- 2/ system przerywania,
- 3/ ciągła (non-stop) praca maszyny przy realizacji różnych programów, a więc automatyczne przechodzenie od zadania do zadania,
- 4/ ochrona pamięci dla poszczególnych programów,
- 5/ masowa pamięć pomocnicza, przeznaczona do przechowywania zbiorów współpracujących z poszczególnymi programami.

Zanim doszło do pierwszych teoretycznych rozpraw, musiała zostać postawiona sama problematyka. Konieczność zastosowania time-sharingu wyszła w trakcie budowy systemu obronnego SAGE

1/ Coraz częściej używa się terminu "urządzenie końcowe" (Przyp.Red.).



(Semi-Automatic Ground Environment) prowadzonej przez Lincoln Laboratory MIT i Rand Corp.

W listopadzie 1961 roku zademonstrowano w ośrodku obliczeniowym MIT jeden z pierwszych uniwersalnych systemów, który nie spełniał jednak wszystkich pięciu wymogów Mc Carthy'ego. W 1963 roku znane były dwa zaawansowane wielodostępne systemy uniwersalne. Jeden z nich narodził się w MIT, gdzie opracowano projekt MAC (Multiple-Access Computer) i uruchomiono system CTSS (Compatible Time-Sharing System) na maszynie IBM 7090. W tym samym roku opracowano system w System Development Corp.

W roku 1964 działało w USA około dziesięciu systemów wielodostępnych. W roku 1965 pojawiają się pierwsze seryjne maszyny spełniające wszystkie wymagania - GE 265 i UNIVAC 491.

Specjalizowane systemy wielodostępne niekoniecznie muszą pracować w podziale czasu. W 1952 roku w American Airlines uruchomiono system rezerwacji miejsc, w którym użyto specjalizowanej maszyny z pamięcią bębnową z wbudowanymi programami. Wśród systemów specjalizowanych rozróżnia się tzw. rozwinięte systemy, które, mimo ograniczeń związanych z danym rodzajem pracy, mogą być modyfikowane w zależności od potrzeb każdego użytkownika (np. systemy informacyjno-diagnostyczne w szpitalnictwie, systemy wybierania informacji itp.).

Rozwój zastosowań systemów wielodostępnych zależny był m.in. od wprowadzenia odpowiednich języków "konwersacyjnych", innych od używanych w partiowo-okresowym przetwarzaniu.

Pionierskim osiągnięciem był tutaj JOSS, opracowany w RAND CORP. Mniej więcej w tym samym czasie (1964) powstał język BASIC autorstwa J.Kemeny i T.E. Kurtz z Dartmouth College.



Do tej pory języków konwersacyjnych opracowano wiele.

Pewne informacje na ten temat można znaleźć w rozdziale IV.

## VIII. ROZWÓJ PROGRAMOWANIA A ZASTOSOWANIA ELEKTRONICZNYCH MASZYN CYFROWYCH

### 1. Uwagi ogólne o przeszłości i perspektywach zastosowań.

Jeden z ojców przemysłu komputerowego John Mauchly twierdził, że tylko 4-5 wielkich koncernów USA potrafi zagospodarować komputery. Tymczasem już w 1951 roku pracowało około 100 komputerów, zaś obecnie jest ich tysiąc razy więcej. Jest to skok ogromny, zważywszy, że komputer to nie liczydło biurowe za kilkadziesiąt złotych, lecz drogi zestaw urządzeń przeciętnie za kilkaset tysięcy dolarów. Mamy więc do czynienia z urządzeniem, które co prawda bezpośrednio w zasadzie nie tworzy dóbr produkcyjnych (materialnych) ani (przynajmniej dotychczas) nie stanowi przedmiotu prywatnego użytku szerokich rzesz obywateli, ale stało się przedmiotem działania najnowocześniejszych gałęzi przemysłu i miernikiem poziomu technicznego krajów.

Upraszczając zagadnienie, można powiedzieć, że już po pierwszej wojnie światowej istniały pewne przesłanki do zbudowania i zastosowania komputera. Znany był zapis magnetyczny (stanowiący podstawę urządzeń pamięciowych), wynaleziono lampy elektronowe oraz tak ważny układ, jakim jest przerzutnik. Babbage podał funkcje automatycznej maszyny liczącej, zaś Boole sformułował aparat formalny do opisu jej działania. Istniało duże zapotrzebowanie na obliczenia w astronomii i ilościowej analizie chemicznej.