

### CELE DYDAKTYCZNE

Po przestudiowaniu tego rozdziału powinieneś być w stanie:

- ◆ Wyjaśnić ogólne zasady funkcjonowania oraz strukturę komputera cyfrowego.
- ◆ Przedstawić przegląd ewolucji technologii komputerowej od wczesnych komputerów cyfrowych do najnowszych mikroprocesorów.
- ◆ Przedstawić przegląd ewolucji architektury x86.
- ◆ Zdefiniować systemy wbudowane i wymienić niektóre wymagania i ograniczenia, które muszą spełniać różne systemy wbudowane.

## 1.1. ORGANIZACJA I ARCHITEKTURA

Opisując systemy komputerowe często wprowadza się rozróżnienie pomiędzy *architekturą komputera* i *organizacją komputera*. Chociaż trudno jest podać dokładne definicje tych terminów, to istnieje konsensus co do ogólnych obszarów, których dotyczy każdy z nich. Przykłady można znaleźć w [VRAN80], [SIEW82] i [BELL78a], a ciekawy alternatywny pogląd został przedstawiony w [REDD76].

**Architektura komputera** odnosi się do atrybutów systemu widocznych dla programisty lub, innymi słowy, tych atrybutów, które mają bezpośredni wpływ na logiczne wykonanie programu. Terminem często używanym zamiennie wobec architektury komputera jest **model programowy procesora lub architektura listy rozkazów** (ang. instruction set architecture, ISA). ISA definiuje formaty instrukcji, kody operacyjne instrukcji, rejestry, pamięć instrukcji i danych, wpływ wykonywanych instrukcji na rejestry i pamięć oraz algorytm sterowania wykonaniem instrukcji. **Organizacja komputera** odnosi się do jednostek operacyjnych oraz ich wzajemnych połączeń, które realizują specyfikację związaną z architekturą. Przykłady atrybutów związanych z architekturą obejmują listę rozkazów, liczbę bitów używanych do reprezentowania różnych typów danych (np. liczby, znaki), mechanizmy wejścia/wyjścia oraz metody adresowania pamięci. Atrybuty związane z organizacją obejmują szczegóły sprzętowe niewidoczne dla programisty, takie jak sygnały sterujące, interfejsy między komputerem a urządzeniami peryferyjnymi oraz zastosowana technologia pamięci.

Na przykład to, czy komputer będzie wyposażony w instrukcję mnożenia, jest zagadnieniem projektowym dotyczącym architektury. Z kolei kwestią organizacyjną jest to, czy instrukcja ta będzie realizowana przez specjalną jednostkę mnożącą, czy też przez mechanizm wielokrotnie wykorzystujący jednostkę systemu odpowiedzialną za sumowanie. Decyzja dotycząca organizacji może opierać się na przewidywanej częstotliwości użycia instrukcji mnożenia, względnej szybkości obu rozwiązań oraz kosztach i fizycznej wielkości specjalnej jednostki mnożącej.

Historycznie, jak i obecnie, rozróżnienie między architekturą a organizacją jest bardzo istotne. Wielu producentów komputerów oferuje rodziny modeli komputerów, które zostały oparte na tej samej architekturze, ale różnią się w kwestii organizacji. W związku z tym różne modele pochodzące z tej samej rodziny mogą mieć zarówno różne ceny, jak i właściwości użytkowe. Co więcej, dana architektura może być

stosowana na przestrzeni wielu lat i obejmować wiele różnych modeli komputerów, natomiast organizacja może się zmieniać wraz z postępem technologicznym. Wybitnym przykładem obu tych zjawisk jest architektura Systemu 370 IBM. Architektura ta została wprowadzona po raz pierwszy w roku 1970 i obejmowała wiele modeli. Klient o skromnych wymaganiach mógł kupić tańszy i wolniejszy model, a następnie w miarę wzrostu wymagań dokonać później aktualizacji do droższego i wydajniejszego modelu bez konieczności rezygnacji z już opracowanego oprogramowania. Z biegiem lat IBM wprowadził wiele nowych modeli wykorzystujących nowsze technologie, zastępując starsze modele, oferując jednocześnie klientowi większą wydajność, niższy koszt lub jedno i drugie. Te nowsze modele zachowały tę samą architekturę, dzięki czemu inwestycja w oprogramowanie była chroniona. Co ciekawe, architektura Systemu 370, z kilkoma ulepszeniami, przetrwała do dziś jako architektura głównej linii produktów IBM.

W klasie komputerów zwanych mikrokomputerami związek między architekturą i organizacją jest bardzo ścisły. Zmiany w technologii wpływają nie tylko na organizację, ale skutkują także wprowadzeniem coraz wydajniejszej i bardziej złożonej architektury. Ogólnie rzecz biorąc, wymagania dotyczące kompatybilności pomiędzy generacjami są mniejsze w przypadku mikrokomputerów. W ten sposób istnieje większa wzajemna zależność pomiędzy decyzjami projektowymi dotyczącymi organizacji i architektury. Intrygującym przykładem jest komputer o zredukowanej liście rozkazów (RISC), który został omówiony w rozdziale 15 w tomie II.

W tej książce przedstawiono analizę zarówno organizacji, jak i architektury komputera. Być może znacznie większy nacisk został położony na część dotyczącą organizacji. Jednakże, ponieważ organizacja komputera musi być zaprojektowana w celu zaimplementowania określonej specyfikacji architektury, dokładne omówienie organizacji wymaga również szczegółowego omówienia architektury.

## 1.2. STRUKTURA I DZIAŁANIE

Komputer jest złożonym systemem, a współczesne komputery mogą zawierać miliony podstawowych komponentów elektronicznych. W jaki sposób można zatem je precyzyjnie opisać? Kluczem jest podejście zakładające hierarchiczny charakter najbardziej złożonych systemów, w tym komputera [SIMO96]. System hierarchiczny jest zestawem powiązanych ze sobą podsystemów, a każdy podsystem może z kolei zawierać podsystemy niższego poziomu, aż do osiągnięcia najniższego poziomu podsystemu elementarnego.

Hierarchiczny charakter złożonych systemów ma fundamentalne znaczenie zarówno w przypadku projektu tych systemów, jak i ich opisu. Projektant musi zajmować się tylko określonym poziomem systemu. Z kolei na każdym poziomie system składa się z zestawu komponentów i ich wzajemnych relacji. Działanie na każdym poziomie zależy tylko od uproszczonej i abstrakcyjnej charakterystyki systemu na kolejnym niższym poziomie. Na każdym poziomie projektant musi zająć się zarówno strukturą, jak i funkcjami komponentów systemu.

- **Struktura:** sposób, w jaki komponenty są ze sobą powiązane.
- **Funkcje:** działanie każdego pojedynczego komponentu jako części całej konstrukcji.

Opisu systemu można dokonać na dwa sposoby: zaczynając od dołu i kompletując opis aż do uzyskania pełnego opisu lub zaczynając od góry i rozkładając system na jego elementy składowe. Wyniki prac z wielu dziedzin sugerują, że to drugie podejście jest najprecyzyjniejsze i najbardziej efektywne [WEIN75].

W tej książce przyjęto właśnie takie podejście. System komputerowy został opisany, zaczynając od góry i następnie przechodząc w dół. Rozważania rozpoczęto od głównych elementów komputera, opisując ich strukturę oraz działanie, a następnie zostały omówione kolejne poziomy, położone niżej w hierarchii. Pozostała część tego rozdziału zawiera bardzo krótki przegląd tego podejścia.

### Działanie

Zarówno struktura, jak i funkcjonowanie komputera są w istocie proste. Ogólnie rzecz biorąc, istnieją tylko cztery podstawowe funkcje, do których można wykorzystać komputer:

- **Przetwarzanie danych:** Dane mogą przybierać różne formy, a zakres wymagań dotyczących ich przetwarzania jest szeroki. Jak pokazano w dalszej części, istnieje tylko kilka podstawowych metod lub rodzajów przetwarzania danych.
- **Przechowywanie danych:** Nawet jeśli komputer przetwarza dane na bieżąco (dane są dostarczane i przetwarzane, a wyniki otrzymywane natychmiast), to komputer musi tymczasowo przechowywać co najmniej te dane, które są przetwarzane w danym momencie. W związku z tym mamy do czynienia z co najmniej krótkoterminową funkcjonalnością przechowywania danych. Równie istotne jest to, że komputer może również przechowywać dane długoterminowo, kiedy to pliki danych są przechowywane do późniejszego pobierania i aktualizacji.
- **Przenoszenie danych:** Środowisko operacyjne komputera składa się z urządzeń, które służą jako źródła lub miejsca docelowe danych. Jeśli dane są odbierane lub dostarczane do urządzenia bezpośrednio podłączonego do komputera, to proces ten jest nazywany *procesem we-wy* (wejścia/wyjścia), a urządzenie jest określane jako *urządzenie peryferyjne*. W przypadku gdy dane są przenoszone na większe odległości, do lub z urządzenia zdalnego, wówczas proces jest określany jako *transmisja danych*.
- **Sterowanie:** W komputerze jednostka sterująca zarządza zasobami komputera i wydajnością jego części funkcjonalnych w odpowiedzi na instrukcje.

Poprzednia dyskusja może wydawać się absurdalnie uogólniona. Z pewnością jest możliwe rozróżnienie wielu różnych funkcji systemu komputerowego, nawet na najwyższym poziomie struktury komputera, jednak cytując [SIEW82]:

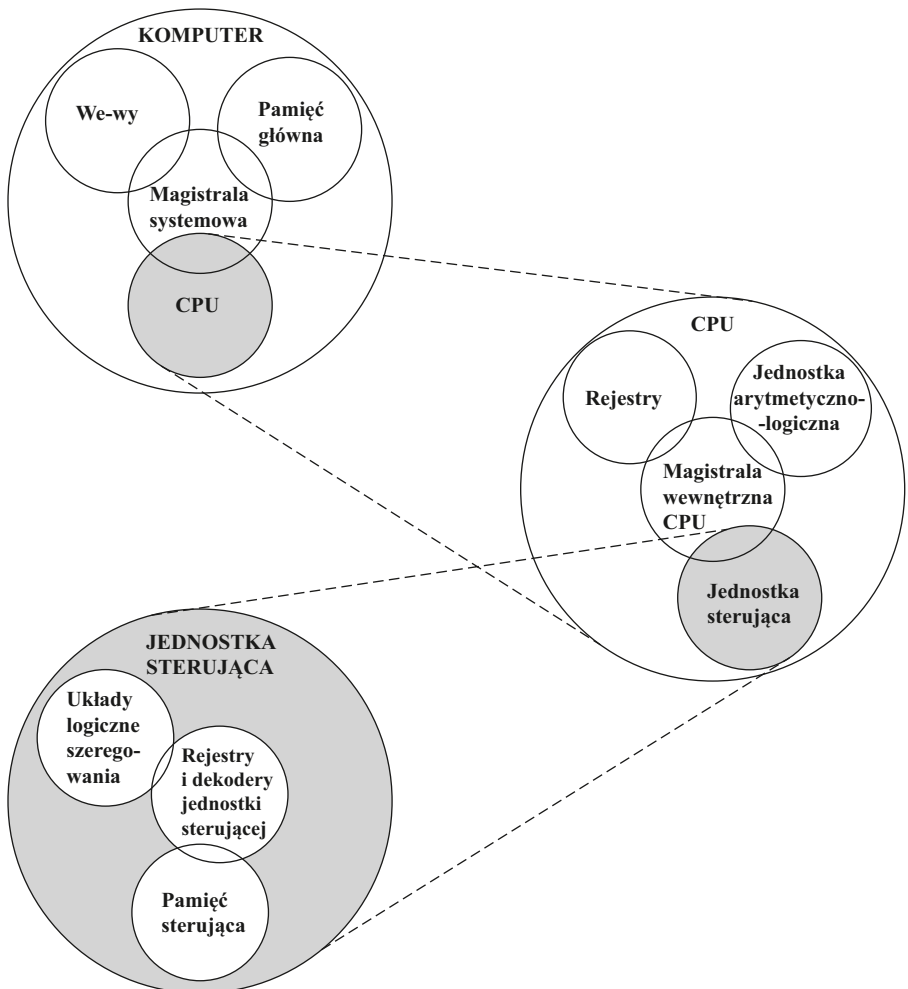
W przypadku komputerów kształtowanie struktury komputera tak, by pasowały do zamierzonej funkcji jest na ogół marginalne. Wynika to z ogólnie użytkowego charakteru komputerów, w których cała specjalizacja działania występuje w fazie programowania, a nie w fazie projektowania.

### Struktura

W tej części omówiono w bardzo ogólny sposób wewnętrzną strukturę komputera. Rozważania rozpoczynają się od tradycyjnego komputera z jednym procesorem, który wykorzystuje mikroprogramowany układ sterowania, a następnie omówiono typową strukturę wielordzeniową.

*PROSTY KOMPUTER JEDNOPROCESOROWY.* Na rysunku 1.1 przedstawiono hierarchię wewnętrzną struktury tradycyjnego komputera jednoprocessorowego. Wyróżnić można cztery główne elementy strukturalne:

- **Jednostka centralna (CPU):** steruje działaniem komputera i wykonuje działania związane z przetwarzaniem danych. Często jest nazywana po prostu **procesorem**.
- **Pamięć główna:** jest wykorzystywana do przechowywania danych.
- **Układ wejścia/wyjścia:** jego przeznaczeniem jest przenoszenie danych pomiędzy komputerem i jego środowiskiem zewnętrznym.
- **Połączenie systemowe:** jest to pewien mechanizm, który zapewnia komunikację pomiędzy procesorem, pamięcią główną i układem we/wy. Typowym przykładem połączenia systemowego jest **magistrala systemowa**, składająca się z szeregu przewodów przewodzących, do których podłączone są wszystkie pozostałe komponenty.



Rysunek 1.1. Komputer: struktura najwyższego poziomu