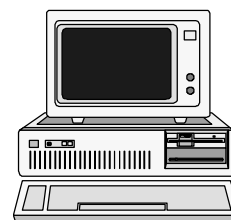


# 1 Sprzęt komputerowy



W poprzednich rozdziałach pisząc o świecie komputerów starałem się pokazać, skąd się wziął ten nowy, wspaniały świat komputerów. Spróbuję teraz wyjaśnić, co to jest, czyli napisać o podstawowych pojęciach związanych ze **sprzętem**, zwanym też „**hardware**” komputerowym<sup>13</sup>. Rozdział ten zawiera jedynie podstawowe pojęcia, przydatne każdemu użytkownikowi komputera. Zainteresowanym szczegółami technicznymi odsyłam do literatury zamieszczonej na końcu tego rozdziału. Zajrzymy komputerom pod obudowę, wspomnimy o technologii produkcji elementów scalonych, które się w tej obudowie kryją i popatrzymy na elementy konstrukcji komputerów. Zaczniemy od elementów scalonych, od ich technologii - jest to bardzo opisowe jej przedstawienie i nawet całkowicie anty-technicznie nastawieni Czytelnicy nie powinni mieć trudności ze zrozumieniem tekstu. Bardziej techniczne informacje o technologii półprzewodnikowej, obwodach scalonych i mikroprocesorach zawarte są w Dodatku. Warto przynajmniej wiedzieć, że we wnętrzu komputera nie ma magicznych substancji ani też nie chowają się tam demony ...

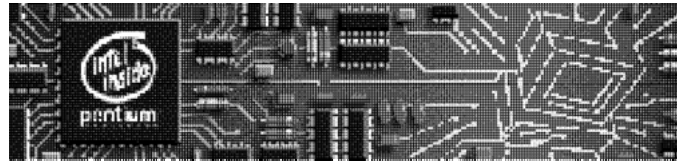
## 1.1 Gra w kości.



Wszyscy wiemy, że komputery to urządzenia elektroniczne. W pewnym sensie elektronika pełni rolę drugorzędną, gdyż te same procesy obliczeniowe można wykonać przy pomocy urządzeń mechanicznych, optycznych czy biologicznych. Urządzenia przetwarzające informację muszą jednak być odpowiednio złożone a skonstruować bardzo złożone urządzenia mechaniczne lub hydrauliczne jest trudno. Na obecnym etapie rozwoju techniki najłatwiej jest wytwarzać złożone elementy logiczne w oparciu o elektronikę wykorzystującą półprzewodniki.

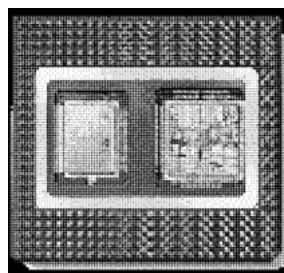
---

<sup>13</sup> Angielskie słowo „hardware” oznacza sprzęt wszelkiego typu, w szczególności wyroby żelazne, stąd nazwa „żelastwo” czasami pojawiająca się w polskim żargonie komputerowym.



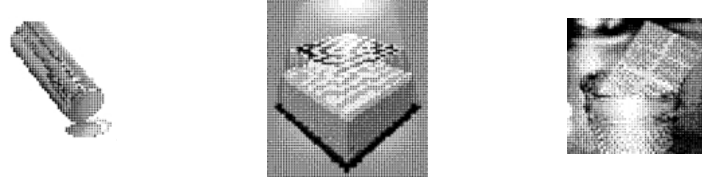
Jeśli zajrzemy do wnętrza komputerów lub innych urządzeń elektronicznych zobaczymy w nich plastikowe kostki. Z plastikowej obudowy wystają liczne metalowe nóżki wciskane lub wlutowane w podstawki. Jeśli zerwiemy z nich obudowę zobaczymy półprzewodnikowe obwody scalone. Sam obwód scalony jest najczęściej znacznie mniejszy od obudowy, w którą został wmontowany. Niektóre obwody z powodzeniem przechodzą przez ucho igielne! Obwody scalone nazywa się popularnie „chipami” (od angielskiej nazwy „chip” czyli „wiór, drzazga”) lub w skrócie „IC”, od „Integrated Circuit”. Najczęściej mówi się o nich po prostu „kości”. W komputerach niektóre z nich spełniają zadania logiczne a inne służą do przechowywania danych, są to więc kości pamięci. Wśród nich jest przynajmniej jedna, stosunkowo duża i bardzo skomplikowana, zwana mikroprocesorem. Skąd biorą się te cuda?

Najprostsza odpowiedź na pytanie: „skąd biorą się obwody scalone” brzmi: przede wszystkim z Dalekiego Wschodu, gdyż tam mieści się większość fabryk produkujących



takie obwody. Nie jest to jednak pełna odpowiedź, gdyż większość projektów obwodów scalonych i część samych obwodów powstaje w USA, Japonii i Europie. Konstrukcja komputerów z gotowych już elementów nie jest rzeczą trudną i w wielu krajach, również i u nas, składa się komputery, produkując lokalnie jedynie obudowy oraz płytki drukowane, do których mocuje się elementy scalone. Produkcja obwodów scalonych jest bardzo trudna i w tej dziedzinie tylko kilka krajów dorównać może USA, Japonii i „azjatyckim tygrysom”, jak nazywa się Koreę, Tajwan, Singapur i Hong-Kong.

Obwody scalone zbudowane są z materiałów półprzewodzących: materiały te nie przewodzą równie dobrze prądu, jak metale z których robi się przewody, ale też nie stawiają mu tak wysokiego oporu jak izolatory. Półprzewodniki tworzą kryształy a najczęściej używanym półprzewodnikiem jest zwykły krzem, powszechnie występujący w postaci piasku. Mamy pełne prawo by powiedzieć komputerowi: z piasku powstałeś i w piasek się obrócisz... Narodziny obwodów scalonych rozpoczynają się w piecu, w którym hodowany jest wielki kryształ. Może on liczyć ponad pół metra długości i mieć średnicę 20 centymetrów. Kryształ ten musi być superczysty - zanieczyszczenia stanowiąc mogą nie więcej niż 0.00000001%.



*Od kryształu krzemu, przez wprowadzanie domieszek do obwodu scalonego.*

Z jednego takiego kryształu można zrobić ponad milion obwodów scalonych. Kroci się go na cieniutkie plasterki o grubości 2/100 milimetra, a w nich tworzy się mikroskopijnej wielkości złożone struktury, wprowadzając do krzemu domieszki, różne substancje mniej lub bardziej przewodzące. Wielkości domieszkowanych struktur mierzy się w mikrometrach ( $\mu\text{m}$ ), czyli milionowych częściach metra lub tysięcznych częściach milimetra. Jak się to robi? W bardzo skomplikowany sposób, który użytkowników urządzeń elektronicznych wcale nie interesuje. Chociaż technologia jest skomplikowana, materiały do produkcji obwodów nie są drogie a ich produkcja tak masowa, że ceny nawet bardzo skomplikowanych obwodów ciągle spadają. Główny koszt produkcji obwodów scalonych to koszty czystej myśli technicznej, czyli pracy nad projektem. Wiele firm usiłuje zaoszczędzić na tych kosztach poddając obwody scalone wiodących producentów mikroprocesorów dokładnej analizie a następnie kopiując je z drobnymi ulepszeniami (takie postępowanie określa się jako „reversed engineering” czyli inżynierii odwrotnej). Szczególnie kosztowne jest opanowanie nowych technologii, np. zamiast krzemu stosuje się od kilku lat w superkomputerach również obwody wykonane z arsenku galu (GaAs), materiału pozwalającego na budowę obwodów scalonych o większej szybkości niż obwody z krzemu.

Najczęściej robi się dwa rodzaje obwodów scalonych: **pamięci** i **obwody logiczne**. Jest to jedynie sprawa proporcji, gdyż komórki pamięci znajdują się w obwodach logicznych a elementy logiczne w komórkach pamięci. Odrębną grupą obwodów scalonych są projektowane w krótkich seriach obwody specjalizowane, czyli **ASIC (Application Specific Integrated Circuits**, czyli po prostu specjalizowane obwody scalone). Nie będę o nich dalej pisał. Najczęściej mamy do czynienia z kośćmi pamięci i o nich warto jest coś wiedzieć.

### **Kości pamięci**

Podstawowym parametrem charakteryzującym kości pamięci jest ich pojemność, czyli liczba bitów, które można w danej kości zapamiętać. Wielkość pamięci mierzymy liczbą znaków, które można w niej przechować. Ponieważ znaki reprezentuje się przy pomocy grupy **8 bitów**, czyli **Bajtu**, wielkość pamięci mierzymy podając liczbę bajtów. Warto zwrócić uwagę na to, że pojemność kości pamięci podaje się najczęściej w kilobitach

**(Kb)** a nie w kilobajtach **(KB)**. Używane obecnie w komputerach kości pamięci mają pojemności od 64 Kb czyli 8 KB (w starszych urządzeniach) do 4 Mb czyli 0.5 MB, ale w projektach są już kości 64 Mb. Kości pamięci ustawia się w rzędach, zwanych „bankami” pamięci. W jednym banku spotyka się kości o różnej pojemności. Producenci często oferują zwiększenie pamięci o 4 lub 16 MB używając kości o pojemności 1 lub 4 Mbity.

### Wielkości

1 K = *kilo* oznacza tysiąc,  $10^3$   
1 M = *mega* oznacza milion,  $10^6$   
1 G = *giga* oznacza miliard,  $10^9$   
1 T = *tera* oznacza bilion,  $10^{12}$

Drugim parametrem charakteryzującym kości pamięci jest czas potrzebny na przeczytanie lub zapisanie w niej danych. Czas ten podaje się zwykle w miliardowych częściach sekundy, zwanych nanosekundami (ns), i często nazywa się **czasem dostępu** lub szybkością kości pamięci. Jakość kości pamięci często decyduje o szybkości obliczeń danego komputera. Procesory komputerów są obecnie tak szybkie, że mogą przetworzyć więcej danych niż można odczytać i zapisać do pamięci.

Prawie wszystkie sprzedawane obecnie kości pamięci zawierają pewien mechanizm kontroli możliwych błędów. Najczęściej jest on oparty na tzw. kontroli parzystości, czyli zapamiętaniu, czy liczba bitów równych 1 w bajcie była parzysta czy nie. Wymaga to zapamiętania jednego dodatkowego bitu dla każdego bajtu. Chociaż taka kontrola nie daje całkowitej pewności, że pamięć działa poprawnie, w praktyce błędy komputera z powodu awarii pamięci zdarzają się już bardzo rzadko. Błędy takie najczęściej prowadzą szybko do całkowitej blokady komputera, nie pozwalając na jego dalsze używanie, dzięki czemu łatwo jest je wykryć. Nawet przy wykonywaniu bardzo wielkich obliczeń bardziej martwimy się o to, że może nastąpić awaria w dostawie energii elektrycznej niż błąd w działaniu komputera.

Z punktu widzenia funkcji, jaką spełniają kości pamięci w komputerach, wyróżnia się dwa rodzaje obwodów pamięci. Pierwszych z nich nazywany jest **RAM** (**R**andom **A**ccess **M**emory, co dosłownie znaczy „Pamięć Przypadkowego Dostępu”). Ta dość dziwna nazwa ma podkreślać odmienną tego typu pamięci w porównaniu z **pamięcią sekwencyjną**, np. wykorzystującą zapis na taśmie magnetycznej. Pamięć sekwencyjna wymaga odczytania po kolei wszystkich danych poprzedzających te, do których chcemy dotrzeć w danym momencie. Wprowadzenie pamięci bezpośrednio adresowalnej utrwalone zostało w nazwie RAM. Drugi rodzaj kości pamięci nazywany jest **ROM** (**R**ead **O**nly **M**emory), czyli pamięć, z której możliwy jest jedynie odczyt, ale samemu nie można jej zmienić. Pamięć ROM nie traci swojej zawartości nawet po wyłączeniu zasilania. Dzięki temu można w niej przechowywać dane i programy konieczne do inicjacji (uruchomienia) komputera.

### Jednostki czasu

1 ms (milisekunda) = 0.001 sekundy;  
1  $\mu$ s (mikrosekunda) = 0.000 001 sekundy,  
1 ns (nanosekunda) = 0.000 000 001 sekundy

### Jednostki częstości

1 kHz (kiloherc) = 1000 impulsów na sekundę, zegar tykający co 1 ms;  
1 MHz (megaherc) = 1000 kHz, czyli zegar tykający co 1  $\mu$ s ;  
1 GHz (gigaherc) = 1000 MHz, czyli zegar tykający co 1 ns.

Innym rodzajem pamięci, pośrednim pomiędzy pamięcią RAM i ROM, są **EPROMy** (Erasable Programmable ROM, czyli wymazywalna programowalna pamięć ROM). Są to kości pamięci nie tracącej danych po wyłączeniu zasilania, które można wymazywać przez naświetlenie lampą kwarcową (promieniowaniem ultrafioletowym), wówczas dają się zapisywać ponownie. Odmianą EPROMów, stosowaną w niektórych urządzeniach zamiast pamięci stałych ROM, są kości EEPROM, czyli kości EPROM wymazywalne szokiem elektrycznym.

Z technologicznego punktu widzenia kości pamięci dzielą się na **pamięć dynamiczną**, zwaną **DRAM** (dynamic RAM) i **pamięć statyczną**, zwaną **SRAM** (static RAM). Wystarczy wiedzieć, że pamięć SRAM działa szybciej ale jest droższa (jej budowa wewnętrzna jest bardziej skomplikowana), w związku z czym w komputerach jest jej zwykle znacznie mniej niż pamięci DRAM. Służy ona jako szybka pamięć podręczna do przechowywania najczęściej potrzebnych danych. Pamięć **DRAM** ma stosunkowo prostą budowę, jest to rodzaj mikroskopijnych kondensatorów, naładowane oznaczają bit 1 a rozładowane bit 0. Aby utrzymać ładunki, a więc zachować pamięć, należy w miarę często kondensatorki doładowywać, co wydłuża czas potrzebny na odczytanie danych. „**Komórkami pamięci**” (memory cells) powszechnie określa się najmniejszą bezpośrednio adresowalną grupę bitów pamięci RAM. We współczesnych komputerach jest to prawie zawsze bajt, chociaż spotyka się również komputery (przeznaczone głównie do obliczeń numerycznych) o procesorach adresujących całe słowa (kilka bajtów). Jest to jednak związane z procesorami a nie z organizacją dostępu do zawartości kości pamięci na poziomie sprzętowym.

**Ceny pamięci RAM** spadły znacznie w latach 90-tych i ta tendencja powinna się utrzymać. Ma to wielkie znaczenie dla rozpowszechnienia się przyjaznych, graficznie zorientowanych systemów zarządzania komputerami, wymagających coraz większych pamięci. Chociaż możliwe są chwilowe wahania cen pamięci należy oczekiwać stałej

### Na wagę złota

*Najnowsze obwody scalone warte są znacznie więcej niż złoto o tej samej wadze. W centrum światowego przemysłu półprzewodników, słynnej Dolinie Krzemowej nad Zatoką San Francisco w Kalifornii, jak również w krajach Azjatyckich, w których produkuje się takie obwody, dokonuje się często napadów na hurtownie elementów półprzewodnikowych i na przewożące je ciężarówki.*

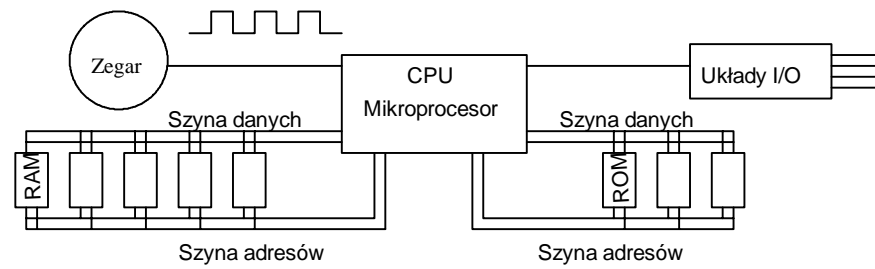
tendencji do ich spadku. Oprócz samych kości pamięci w starszych komputerach potrzebne są jeszcze dodatkowe obwody scalone organizujące dostęp do banków pamięci, stąd karty rozszerzenia pamięci są droższe niż same kości pamięci. Całkowity koszty pamięci w urządzeniach komputerowych nie zmniejszyły się gdyż same komputery jak i współpracujące z nimi urządzenia, takie jak drukarki laserowe, umożliwiając wygodniejszą pracę wymagają coraz więcej i więcej pamięci. Do mikrokomputerów, notesów menadżerskich i innych miniaturowych urządzeń potrzebne są specjalne kości pamięci, rzadziej spotykane i znacznie droższe.

Druga grupa obwodów scalonych zawiera mniej komórek pamięci, za to więcej elementów wykonujących operacje logiczne. Wszystkie obliczenia arytmetyczne i przetwarzanie informacji sprowadzić można do kilku najprostszych czynności, takich jak porównywanie znaków ze sobą czy dodawanie dwóch liczb, lub jeszcze prostszych operacji logicznych na bitach. W obwodach scalonych te najbardziej elementarne operacje realizowane są przez struktury, znane pod nazwą „bramek logicznych”, realizujące najprostsze operacje logiczne.

## 1.2 Budowa komputerów

Chociaż technologia obwodów scalonych jest trudna ich łączenie, pozwalające stworzyć użyteczne urządzenia, jest znacznie łatwiejsze. Architektura komputera to po prostu wewnętrzna organizacja jego elementów. Najważniejsze elementy systemu komputerowego mieszczą się w komputerach osobistych na jednej płycie a w większych komputerach w jednej szafce i są zawsze podobne, w istocie takie same jak te, które opisał Babbage przed 150 laty.

**Zegar** wytwarza prostokątne impulsy nadające rytm wszelkim zmianom napięć w obwodach scalonych. Ponieważ w komputerze mamy układy logiczne i wszystkie



*Kluczowe elementy komputera: zegar, CPU, pamięć, układy I/O (wejścia i wyjścia) oraz połączenia między nimi: szyna adresowa i szyna danych.*

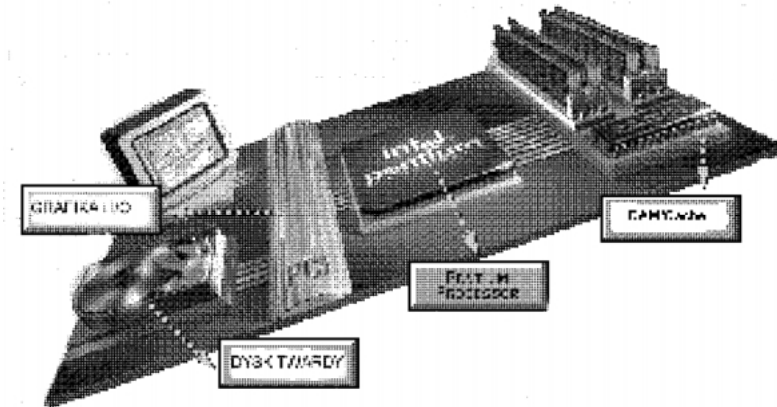
wartości napięć interpretowane są jako 0 lub 1 zegar musi działać na tyle wolno, by napięcia w obwodach przyjęły stabilne wartości. W praktyce „wolno” oznacza nie mniej niż milion tyknięć w ciągu sekundy. Jeden takt zegara trwa wówczas milionową część sekundy, czyli mikrosekundę. Najszybsze zegary działają ponad 300 razy szybciej!

**CPU** czyli Centralna Jednostka Przetwarzająca (Central Processing Unit) zwana jest też procesorem. W mniejszych komputerach zastępuje ją **mikroprocesor**, integrujący kilka funkcji. Mikroprocesor to procesor wykonany w technologii VLSI, czyli technologii obwodów scalonych o bardzo wielkiej skali integracji. Jest to „serce” komputera - koordynuje pracę wszystkich pozostałych elementów i wykonuje wszystkie operacje logiczne i arytmetyczne na danych, pobieranych z pamięci. Rozbudowana część arytmetyczna pozwalająca na operacje na liczbach zmiennoprzecinkowych (są to liczby niecałkowite, zawierające przecinek, np. liczby postaci  $0,634454321365437 \times 10^{-35}$ ) nazywa się **FPU** (Floating Point Unit), czyli jednostką zmiennoprzecinkową.

**Pamięć stała ROM**, czyli Read Only Memory (pamięć pozwalająca tylko na odczyt) przechowuje dane niezależnie od tego, czy komputer jest włączony, czy nie. Dzięki zawartości tej pamięci komputer po włączeniu wie, co ma robić i gdzie szukać dalszych instrukcji.

**Pamięć RAM**, czyli Random Access Memory (pamięć, której komórki dostępne są bezpośrednio) przechowuje dane tylko w czasie pracy komputera. W pamięci tej można zapisać a potem odczytać potrzebne dane. Obszar pamięci wydzielony w celu przechowywania danych lub wyników nazywa się czasem „buforem pamięci”.

**Szyna adresowa** wysyła informację z CPU do pamięci pozwalając odszukać adres poszukiwanej komórki pamięci.



*Płyta główna z procesorem Pentium, magistralą PCI, podsystemem pamięci RAM i twardym dyskiem.*

**Szyna danych** przesyła dane, znajdujące się w pamięci pod wskazanym adresem do i z CPU.

**Adresowanie** pamięci, czyli odnajdywanie miejsc, z których chcemy pobrać lub w które chcemy wpisać poszczególne bajty, wymaga rozróżnienia wszystkich jej komórek. Gdyby szyna adresowa miała tylko 2 połączenia można by rozróżnić zaledwie 4 komórki pamięci nazywając je 00, 01, 10 i 11. Liczbę równoległych połączeń w szynie adresowej nazywa się jej szerokością (używana jest też nazwa „magistrala” i „szerokość magistrali”). Szerokość szyny równa 8 pozwala rozróżnić zaledwie  $2^8=256$  komórek, ale szyna o szerokości 16 daje już 65536 czyli 64k możliwości. Mówi się również, że szyna jest 8 lub 16-bitowa. **Przestrzeń adresowa**, czyli liczba rozróżnialnych komórek pamięci, rośnie więc bardzo szybko wraz ze wzrostem szerokości szyny adresów. W nowszych mikroprocesorach stosuje się szyny 20, 24, 32 a nawet 64-bitowe. Jeśli mamy do dyspozycji 20 przewodów możemy nimi przesłać 1M różnych sygnałów, lub też wskazać adresy jednego miliona (megabajta) komórek. Szyna 32-bitowa daje nam cztery tysiące razy większą przestrzeń adresową, czyli bezpośrednio adresowanie 4 miliardów (gigabajtów) komórek pamięci.

**Układy I/O** (Input/Output), czyli wejścia/wyjścia, potrzebne są do komunikacji procesora ze światem zewnętrznym: ekranem, klawiaturą, pamięcią zewnętrzną. Większe systemy komputerowe zawierają bardzo skomplikowane układy wejścia/wyjścia, obsługujące wiele urządzeń zewnętrznych. Często mówi się o **kanalach** wyjściowych, czyli bardzo wyspecjalizowanych procesorach służących tej komunikacji. Bardziej wymagające urządzenia łączone są z CPU poprzez **kontrolery**. Kontroler stanowi łącze pośrednie pomiędzy CPU a dyskami i dyskietkami, np. adapter graficzny to rodzaj kontrolera



monitora. Kanały bezpośredniego dostępu (DMA) pozwalają na omijanie mikroprocesora przy transmisji danych z urządzeń zewnętrznych (np. dysków) do pamięci operacyjnej.

**Łąca (porty) zewnętrzne** są dołączone do układów I/O i pozwalają na przyłączenie wielu zewnętrznych urządzeń. Jednym z nich jest monitor, innym klawiatura. Komputery osobiste dysponują dwoma rodzajami standardowych portów zewnętrznych. Pierwszy z nich wysyła kolejno bit po bicie. Można sobie wyobrazić szereg bitów przesyłanych przez taki port, stąd nazwa **port szeregowy** (serial port). Wymyślono go w celu komunikacji pomiędzy komputerami. Sposób wysyłania danych przez ten port zgodny jest z standardem znanym jako **RS232**, opracowanym w 1969 roku, na długo przed pojawieniem się komputerów osobistych (RS oznacza po prostu *Recommended Standard*, czyli Zalecany Standard), stąd wyjście szeregowe nazywa się czasem „wyjściem RS”. Niektóre stacje robocze i komputery firmy Apple używają nieco odmiennego standardu, oznaczonego symbolem **RS422**.

Drugi rodzaj portu zewnętrznego to **port równoległy** (parallel port), zgodny ze standardem **Centronics**, przesyłający jednocześnie 8 bitów. Najczęściej przyłącza się do niego drukarki, plotery, zdarza się również, że jest do niego przyłączony zewnętrzny dysk lub inny komputer.

Do przyłączania takich urządzeń zewnętrznych (nazywa się je również „urządzeniami peryferyjnymi”) jak klawiatury, myszy, skanery, kamery wideo, syntezery dźwięku, pamięci zewnętrzne i monitory służą specjalne porty zewnętrzne. Mogą one znajdować się na wkładanych do wnętrza komputera dodatkowych kartach.

Trzecim, najpóźniej wprowadzonym i szybko się rozpowszechniającym rodzajem portu zewnętrznego jest **PCMCIA** (Personal Computer Memory Card International Association, czyli Międzynarodowe Stowarzyszenie Karty Pamięci do Osobistych Komputerów). Ten standard wprowadzono w 1989 roku by umożliwić rozszerzenie pamięci RAM w komputerach przenośnych, jednak już wprowadzona w 1992 roku wersja **PCMCIA 2** stała się standardem portu zewnętrznego, do którego można dołączyć karty pamięci, karty sieci lokalnych, modemy, a nawet stałe dyski. Łącze **PCMCIA 3** wprowadzono w 1993 roku. Zamiast nazwy PCMCIA stosuje się coraz częściej określenie PC Card.

Bezprzewodowe sprzęgi korzystające z podczerwieni (podobnie jak sterowniki telewizorów) o szybkości 1.1 Mb/sekundę oparte są na standardzie IrDA (Infrared Data Association). Ze względu na ich dużą szybkość, wygodę, niezbyt wysokie koszty i uwzględnienie obsługi takich łącz w systemie operacyjnym Windows 95 należy się spodziewać ich szybkiego rozpowszechnienia.

**Zasilanie** konieczne jest w każdym urządzeniu elektronicznym. By uniknąć przegrzania się kluczowych obwodów komputera (mikroprocesora i koprocessora) zasilacze wyposaża się najczęściej w wentylatory.

**Koprocessory** są układami współpracującymi z mikroprocesorem, wyspecjalizowanymi w bardzo szybkim wykonywaniu pewnych funkcji. Najczęściej spotyka się koprocessory arytmetyczne (zwane też numerycznymi), pozwalające na przyspieszenie operacji na liczbach zmiennoprzecinkowych, jest to więc wydzielona z procesora jednostka FPU. Często spotykane są również **koprocessory graficzne**, przyspieszające tworzenie i manipulację obrazów. Spotyka się również **koprocessory wejścia/wyjścia**, przyspieszające dostęp do danych z urządzeń zewnętrznych.

Początkowo mikroprocesory wymagały wiele układów wspomagających. Nowsze płyty główne mają takich układów coraz mniej. Bardzo zaawansowane są plany budowy całej płyty głównej na jednym obwodzie scalonym. Komputer składałby się wówczas z jednego obwodu scalonego realizującego wszystkie funkcje i kilku „kości” pamięci.

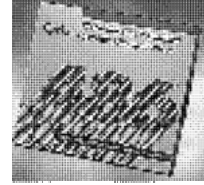
**Magistrala** ma duże znaczenie dla szybkości przesyłu danych wewnątrz komputera, do zainstalowanych na płycie głównej kart rozszerzeń oraz kontrolera dysków i karty graficznej. Standardowo w komputerach osobistych (począwszy od IBM PC-AT) montowano 16-bitową magistralę **ISA**. Można nią przesłać maksymalnie 4 MB danych na sekundę. Współczesne komputery dysponując bardzo szybkim procesorem i pracując pod kontrolą systemu operacyjnego działającego w trybie graficznym z wysoką rozdzielczością przesyłają do karty graficznej duże ilości danych. „Wąskim gardłem” procesu tworzenia obrazu i odczytu oraz zapisu danych na dysku może być właśnie magistrala, stąd coraz większa popularność w komputerach osobistych nowszych typów magistrali. Należy do nich **EISA**, czyli rozszerzony standard (**E**xtended **I**ndustry **S**t**A**ndard), ulepszona wersja najczęściej stosowanej magistrali ISA, będąca odpowiedzią grupy producentów komputerów na wprowadzoną przez IBM i chronioną ich patentami magistralę **MCA** (**M**icro**C**hannel **A**rchitecture). Obydwie magistrale przesyłają jednocześnie 32 bity z kilkukrotnie większą szybkością od magistrali ISA. Nie są one jednak pozbawione wad. Pierwszą z nich jest wysoka cena komputerów wyposażonych w takie rozszerzone magistrale. Drugą jest konieczność konfiguracji wymagająca dość dużej wiedzy technicznej, którą rzadko dysponują sprzedawcy komputerów. Problemy z konfiguracją kart, zwłaszcza nowych kart dźwiękowych i kart do przetwarzania obrazu i sekwencji wideo spowodowały rozpowszechnienie się w 1995 roku nowej technologii określanej jako „plug-and-play”, czyli „włóż i korzystaj”. Komputer sam powinien rozpoznawać rodzaj karty i prawidłowo ją skonfigurować, jeśli jest to karta zgodna z tym standardem. Można więc mieć nadzieję, że problemy z konfiguracją kart będą wkrótce należeć do przeszłości.

Największe szybkości oferują obecnie magistrale lokalne (**local bus**). Początkowo były to rozwiązania niestandardowe, lecz po krótkim czasie pozostały tylko dwa konkurencyjne

standardy magistrali lokalnych, PCI oraz VL-Bus. Od 1993 roku lokalne magistrale dla grafiki i sterowników dysków zaczęły wypierać w komputerach osobistych inne rozwiązania.

### **1.3 Mikroprocesory.**

Ponieważ mikroprocesor jest najważniejszym obwodem scalonym znajdującym się we wnętrzu typowego komputera warto jest wiedzieć o nim nieco więcej. Szczegółowe informacje o mikroprocesorach zgromadzone są w części technicznej tej książki. Budowa mikroprocesora nie różni się zasadniczo od budowy dowolnego procesora (CPU) komputera. CPU odczytuje kolejne polecenia a następnie je wykonuje.



**Cykl instrukcji** procesora wygląda następująco:

Pobierz instrukcje z pamięci RAM do wewnętrznej pamięci procesora.

Pobierz dane z pamięci RAM do wewnętrznej pamięci procesora.

Wykonaj instrukcję.

Zapisz wynik w pamięci RAM.

Do wykonywania operacji logicznych i arytmetycznych służy część mikroprocesora zwana **arytmometrem**. Komórki pamięci procesora nazywają się **rejestrami**. Jest wśród nich licznik rozkazów, który zawiera adres następnego rozkazu do wykonania, rejestr rozkazów zawierający kod wykonywanego aktualnie rozkazu, akumulator przechowujący dane, potrzebnych jest również kilka rejestrów pomocniczych.

W celu przyspieszenia działania procesora stosuje się różne sztuczki pozwalające na pobieraniu nowych instrukcji w każdym cyklu zegara (przetwarzanie potokowe), zanim jeszcze wykonają się poprzednie, wykonywanie wielu instrukcji w tym samym czasie przez różne części procesora (architektura superskalarna) lub wykonywanie tej samej operacji na całej tablicy liczb (architektura wektorowa i macierzowa procesorów).

Mikroprocesor może interpretować zwykle od 20 do 200 instrukcji. Po rozbudowywaniu liczby instrukcji by ułatwić życie programistom pracującym nad kompilatorami, czyli programami tłumaczącymi polecenia jakiegoś języka programowania na zrozumiałe dla mikroprocesora rozkazy stwierdzono, że większość tych rozkazów jest bardzo rzadko stosowana. Pojawiła się wówczas idea zmniejszenia liczby tych instrukcji. Takie mikroprocesory, wyposażone w proste, ale bardzo szybko wykonujące się instrukcje, nazywa się mikroprocesorami **RISC** (od „Reduced Instruction Set Computer”, czyli „Komputer o zredukowanej liczbie instrukcji”).



Ile rozkazów wykonać można na sekundę? W typowym procesorze **CISC** (Complex Instruction Set Computer, czyli komputer ze zbiorem złożonych instrukcji) około 1/10 częstości zegara. Nowoczesne procesory typu RISC w czasie jednego taktu zegara potrafią wykonać nawet kilka instrukcji. Najważniejszą poza częstością zegara i liczbą wykonywanych instrukcji cechą mikroprocesora jest określenie na ilu bitach jednocześnie wykonywane są operacje: najstarsze mikroprocesory działały na 4 bitach, później na 8, 16, 32 i 64 bitach. Mikroprocesory wykonujące operacje na 32 bitach jednocześnie nazywają się 32-bitowymi itp.

Mikroprocesor wynalazł w 1971 roku pracownik firmy Intel, Ted Hoff. Już rok później pojawił się udany mikroprocesor 8-bitowy, w 1982 roku rozpowszechniły się mikroprocesory 16-bitowe, w połowie lat 80-tych pojawiła architektura RISC i mikroprocesory 32-bitowe, a na początku lat 90-tych 64-bitowe. Najbardziej popularne mikroprocesory, używane w komputerach osobistych zgodnych ze standardem IBM PC, produkowane są przez firmę **Intel** i należą do rodziny określanej symbolami 8086, 80286, 80386 i 80486 oraz Pentium i procesor o roboczej nazwie P6. Bardzo udane są również mikroprocesory firmy Motorola serii 68000, 68020, 68030 i 68040, używane w komputerach Apple MacIntosh, Commodore Amiga i Atari serii ST. Konkurencja na rynku mikroprocesorów jest obecnie ogromna i wszystko wskazuje na to, iż okres dominacji firmy Intel powoli się kończy. Nowe procesory serii PA firm Hewlett-Packard, procesory **SPARC** (Scalable **P**rocessor **A**rchitecture) produkowane przez wiele firm, procesory **R4000** firmy MIPS Computer Systems (pierwsze w pełni 64-bitowe procesory), **Power Architecture**, mikroprocesor RISC firmy IBM, oraz rodzina mikroprocesorów **Alpha AXP** firmy DEC znajdują drogę nie tylko do drogich komputerów przeznaczonych do prac naukowych i inżynierskich ale i do komputerów osobistych, przetwarzających bardzo szybko informację graficznie i wyposażonych w coraz bardziej inteligentne oprogramowanie. Dokładne dane o różnych mikroprocesorach podane zostały w Dodatku.

## 1.4 System komputerowy

Wydajny system komputerowy to nie tylko kwestia dobrego mikroprocesora ale właściwego doboru wszystkich elementów systemu. Współczesne graficznie zorientowane systemy operacyjne wymagają bardzo wielkich pamięci RAM i nawet najszybsze mikroprocesory nie zastąpią braku pamięci. Minimalna pamięć zalecana dla komputerów pracujących z MS-Windows to 4 MB a dla Windows 95 to 8 MB, ale w praktyce komputer wyposażony w większą pamięć z nieco gorszym procesorem prawie zawsze zakończy swoje zadanie szybciej, niż komputer z mniejszą pamięcią a lepszym procesorem. Dzieje się tak dlatego, że systemy komputerowe nadrabiają brak pamięci

korzystając z tak zwanej „pamięci wirtualnej”, czyli wykorzystują część dysku po to, by fragmenty programów i danych usunąć z pamięci RAM do momentu, w którym będą znowu potrzebne. Zapisywanie na dysku i odczytywanie potrzebnych w danym momencie danych (w żargonie informatycznym nazywa się to „swapowaniem”) umożliwia co prawda wykonywanie programów wymagających większej pamięci RAM niż mamy naprawdę do dyspozycji ale bardzo przedłuża czas wykonania programu. Oprócz wielkości pamięci trzeba również zwrócić uwagę na jej rodzaj - nowe systemy komputerowe oferują bowiem bardzo szybką pamięć podręczną (cache memory), w której przechowywane są najczęściej wykorzystywane dane i fragmenty programów. Pamięć ta pośredniczy pomiędzy właściwą pamięcią RAM a mikroprocesorami dostarczając im danych do szybkiego przetwarzania. Mikroprocesory mają również większe pamięci podręczne wbudowane w ten sam obwód scalony co układy logiczne - nazywa się ją pamięcią podręczną pierwszego poziomu (L1) a zewnętrzną pamięć podręczną pamięcią drugiego poziomu (L2). Mamy więc do czynienia z całą hierarchią rodzajów pamięci różniących się szybkością.

Drugim elementem jest podsystem pamięci stałej, składający się z dysku i kontrolera dysku. Tu również mamy do czynienia z hierarchią szybkości dostępu do pamięci, gdyż kontrolery korzystają z pamięci podręcznej by zaoszczędzić czas oczekiwania mikroprocesora na zakończenie zapisu na dysk. „Inteligentne” kontrolery usiłują również przewidywać, które dane będą za chwilę potrzebne i przygotować je w pamięci podręcznej.

Trzecim ważnym elementem systemu komputerowego jest podsystem graficzny. W przypadku prac graficznych, prac nad projektowaniem, składem publikacji lub obróbką obrazów, zwłaszcza przy korzystaniu z monitorów o dużej rozdzielczości, właściwy dobór karty graficznej i (w nieco mniejszym stopniu) magistrali łączącej tę kartę z mikroprocesorem może znacznie zwiększyć wydajność całego systemu. Dla potrzeb grafiki używa się specjalnego rodzaju szybkich kości pamięci a tworzenie obrazów wysokiej jakości wymaga kilku megabajtów takiej pamięci. Karta graficzna decyduje również o jakości obrazów wideo i animacji komputerowych coraz częściej odciążając mikroprocesor przy końcowych obliczeniach przekształceń obiektów graficznych lub sekwencji wideo. Dla sprawnego działania gier odpowiednia karta graficzna jest często również elementem najważniejszym.

Połączenie wszystkich podsystemów w wydajny system komputerowy odróżnia często dobre firmy, sprzedające sprawdzone systemy, od nieco tańszych, składających komputery z dobrych ale nie zawsze właściwie dobranych elementów. Intel ocenia, że w komputerach z procesorami Pentium całkowite różnice wydajności z powodu niewłaściwie dobranych kart graficznych wynoszą ponad 40%, dodanie pamięci RAM i pamięci podręcznej może zwiększyć wydajność o 30%, a dodanie szybszego dysku o 10%. Zakup komputera wymaga zorientowania się w możliwościach sprzętu, który dostępny jest na rynku. Oprócz wydajności warto zwrócić uwagę na możliwości zarządzania poborem mocy - jest to bardzo wygodne, gdyż pozwala nam zostawiać

włączony komputer i monitor w stanie „uśpienia”, gotowy do kontynuacji pracy w miejscu, w której ją przerwaliśmy. Czasami mówi się o „zielonych komputerach”, mając na myśli takie właśnie energooszczędne zasilacze. Nie bez znaczenia jest też modułarna budowa komputera, wymienne dyski pozwalające schować dane lub wędrować z nimi z pracy do domu, łatwość rozbudowy systemu. Kompetentni i życzliwi sprzedawcy należą do rzadkości we wszystkich krajach świata a bez odpowiedniej skali porównawczej łatwo da się nabrać na techniczny żargon, który często maskuje brak prawdziwych wiadomości.

### **Literatura**

Dużo ładnych obrazków przestarzałego sprzętu, trochę wiadomości o technologii obwodów scalonych zawiera:

A. Klein, *Informatyka: Podstawy Wiedzy* (Wydawnictwo Penta, Warszawa 1992)

W księgarniach jest też wiele poradników, jak kupić komputer osobisty.