



# Podstawy informatyki

Izabela Szczęch

*Politechnika Poznańska*

# **BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA KOMPUTERA**

# Plan wykładu

---

- System komputerowy
- Wybrane rodzaje komputerów
- Architektura komputera
  - procesor
  - magistrala systemowa
  - pamięć operacyjna
  - urządzenia zewnętrzne
- Komputery wczoraj i dziś

---

# **SYSTEM KOMPUTEROWY**



# Funkcje systemu komputerowego

---

- przetwarzanie danych
- przechowywanie danych (krótkotrwałe lub długotrwałe)
- przenoszenie danych (pomiędzy komputerem a światem zewnętrznym)
- sterowanie (trzema powyższymi funkcjami)

---

# **WYBRANE RODZAJE KOMPUTERÓW**

# Komputer

---

- elektroniczna maszyna licząca  
(łac. computare, ang. compute – obliczać)
- urządzenie elektroniczne służące do automatycznego przetwarzania informacji (danych), przedstawionych cyfrowo (tzn. za pomocą odpowiednio zakodowanych liczb), wyposażone w możliwość wprowadzania, przechowywania i wyprowadzania danych





# Superkomputer

---

- komputer, który ma jedną z największych mocy obliczeniowych na świecie w danym momencie. Jest to pojęcie względne, gdyż moc obliczeniowa komputerów rośnie nieustannie i dany superkomputer pozostaje w tej klasie zwykle tylko kilka lat.
- Za pierwszy superkomputer uznaje się [CDC 6600 z 1963 r.](#) (Control Data Corporation)
  - według projektu i pod ścisłym nadzorem Seymoura Craya
  - maszyna wykonywała 3 miliony operacji na sekundę
  - pierwszy komputer gdzie zastosowano tranzystory krzemowe
  - technika chłodzenia podzespołów freonem

## Klastry komputerowe (ang. cluster)

---

- grupa połączonych jednostek komputerowych, które współpracują ze sobą w celu udostępnienia zintegrowanego środowiska pracy
- Komputery wchodzące w skład klastra (będące członkami klastra) nazywane są **węzłami** (ang. node)

## Klastry komputerowe - podział

---

- **Klastry wydajnościowe**: pracujące jako komputer równoległy. Celem ich budowy jest zwiększenie mocy obliczeniowej. Wiele obecnych superkomputerów działa na tej zasadzie.
- **Klastry niezawodnościowe**: pracujące jako zespół komputerów dublujących nawzajem swoje funkcje. W razie awarii jednego z węzłów, następuje automatyczne przejęcie jego funkcji przez inne węzły.
- W praktyce rozwiązania klastrowe często mają **charakter mieszany**: dla pewnych aplikacji wykonują funkcje wydajnościowe, przy jednoczesnym pełnieniu roli niezawodnościowej

## Grid (ang. grid)

---

- system przetwarzania danych, który integruje i zarządza zasobami będącymi pod kontrolą różnych domen (od instytucji po system operacyjny) połączony siecią komputerową
- używa standardowych, otwartych protokołów i interfejsów ogólnego przeznaczenia (odkrywania i dostępu do zasobów, autoryzacji, uwierzytelniania)
- celem technologii gridowej jest stworzenie prostego, lecz mimo to wielkiego i potężnego, wirtualnego komputera z ogromnej ilości połączonych, niejednorodnych systemów współdzielących różnego rodzaju zasoby
- grid jest rozwinięciem idei klastra poza tradycyjne granice domeny

# Grid

---

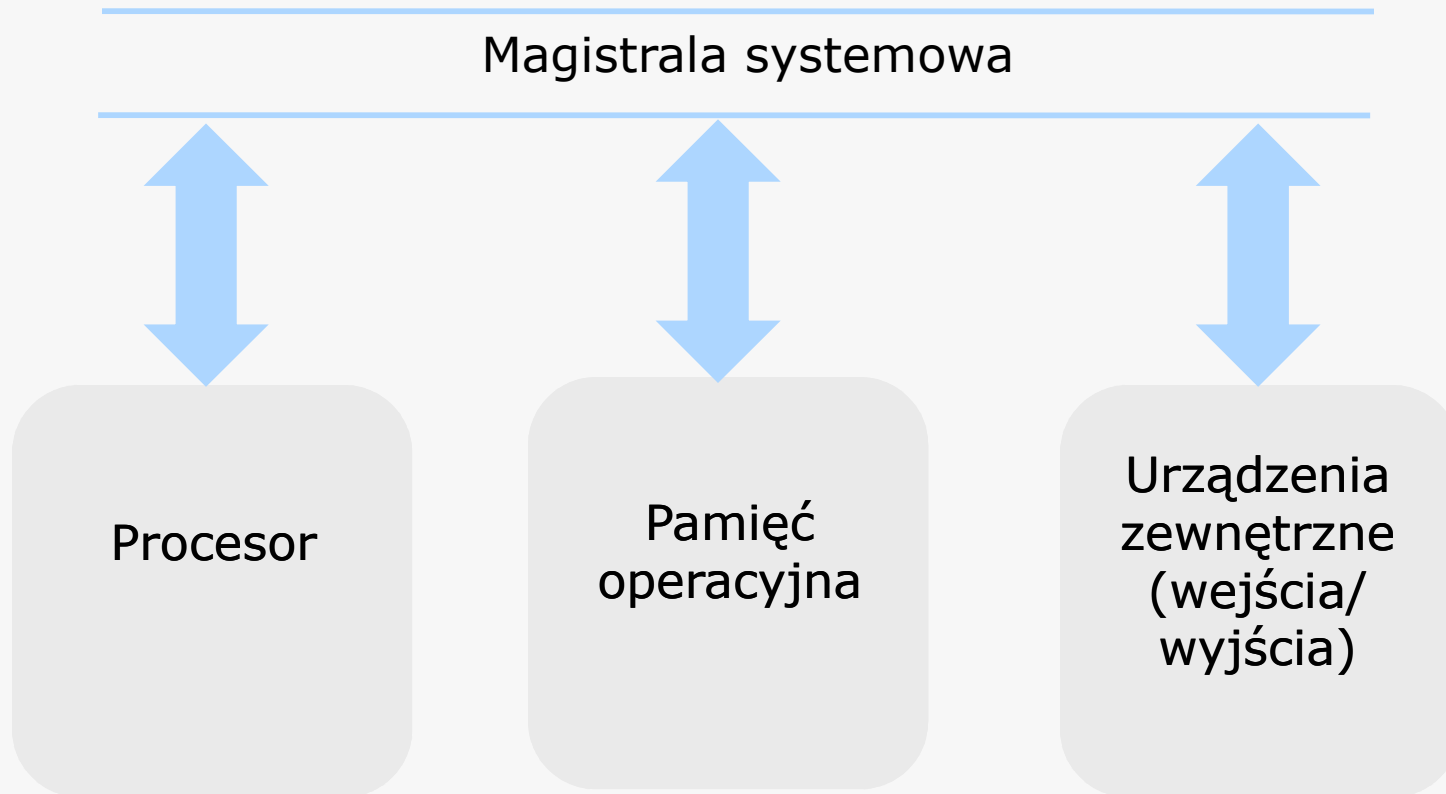
- Za „ojca gridów” uznawany jest [Ian Foster](#), profesor na Uniwersytecie w Chicago
- Pierwsze inicjatywy gridowe:
  - GIMPS (Great Internet Mersenne Prime Search)
  - SETI@home (Search for Extra-Terrestrial Intelligence)

---

# **ARCHITEKTURA KOMPUTERA (BUDOWA SPRZĘTU)**

# Architektura komputera

---



# Architektura komputera

---

- Komputer składa się z czterech głównych składników:
  - **procesor (jednostka centralna, CPU)** – steruje działaniem komputera i realizuje funkcje przetwarzania danych
  - **pamięć operacyjna** – pamięć bezpośrednio połączona z procesorem, przechowuje dane i program
  - **urządzenia zewn. (urządzenia wejścia/wyjścia)** – np. klawiatura, monitor, drukarka, dysk, CD, DVD, etc. Komunikacja między procesorem a tymi urządzeniami odbywa się za pośrednictwem sterowników
  - **magistrala systemowa** - połączenia systemu; wszystkie mechanizmy zapewniające komunikację między jednostką centralną, pamięcią operacyjną a urządzeniami zewnątrz



## Zegar systemowy

---

- Komputer złożony z pamięci, procesora i urządzeń zewnętrznych będzie prawidłowo funkcjonował, o ile coś nada mu rytm pracy – tym elementem jest **zegar systemowy**
- Zegar systemowy jest urządzeniem generującym sygnał zegarowy, który **synchronizuje** pracę wszystkich elementów systemu komputerowego, tzn. zmieniają one swój stan w takt zegara.

# Częstotliwość zegara

---

- to liczba cykli sygnału zegarowego na sekundę
- Zwiększenie częstotliwości zegara zwiększa szybkość zmian stanu elementów systemu komputerowego, a zatem zwiększa szybkość pracy komputera
- Szybkość komputera mierzona jest w następujących jednostkach:
  - **MIPS** (Milion Instructions per Second) – milion ( $2^{20}$ ) rozkazów wykonywanych przez procesor w sekundę
  - **Megaflop** - milion ( $2^{20}$ ) operacji zmiennoprzecinkowych wykonywanych przez procesor w sekundę

## Częstotliwość zegara - ograniczenia

---

- Im większa częstotliwość zegara, tym szybciej pracuje komputer
- Dlaczego występują ograniczenia na częstotliwość zegara?
  - **czas propagacji** – związany z odległością pomiędzy elementami składowymi procesora (np. tranzystorami). Im mniejsza odległość między elementami (aspekty technologiczne) tym krótszy czas propagacji, choć i tak nigdy nie on będzie zerowy. Jeśli częstotliwość zegara byłaby zbyt duża w stosunku do tych ograniczeń, to system nie działałby poprawnie.

## Częstotliwość zegara - ograniczenia

---

Dlaczego występują ograniczenia na częstotliwość zegara?

- **wydzielana moc** – energia wydzielana w jednostce czasu (moc) jest wprost proporcjonalna do częstotliwości, co rodzi problemy z odprowadzaniem tej energii czyli chłodzeniem systemów. Jeśli częstotliwość zegara będzie zbyt duża do możliwości odprowadzania wydzielanej energii to układ zostanie fizycznie zniszczony.

# Czy istnieje granica szybkości?

---

Szybkość procesora

Częstotliwość x Liczba instrukcji w cyklu

Pojemność dynamiczna x Napięcie<sup>2</sup> x Częstotliwość

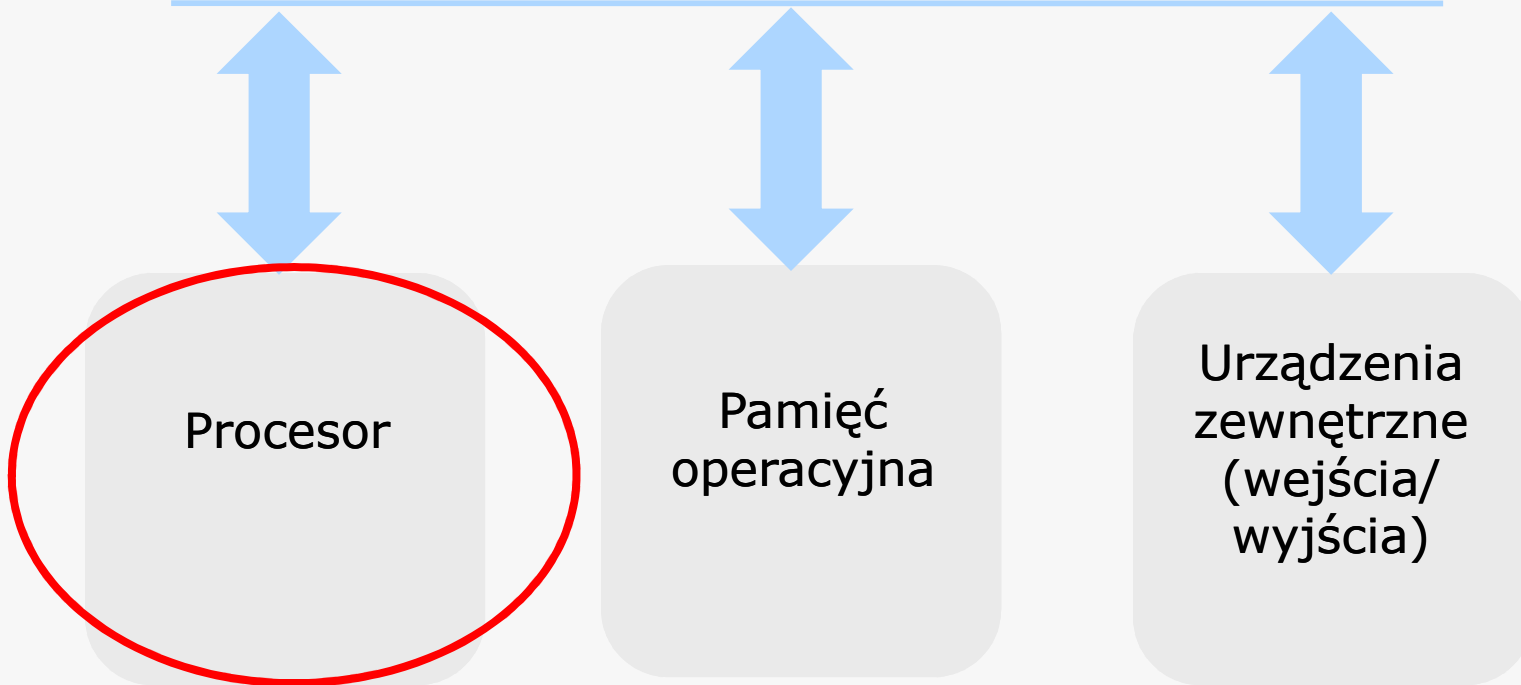
Wydzielana moc



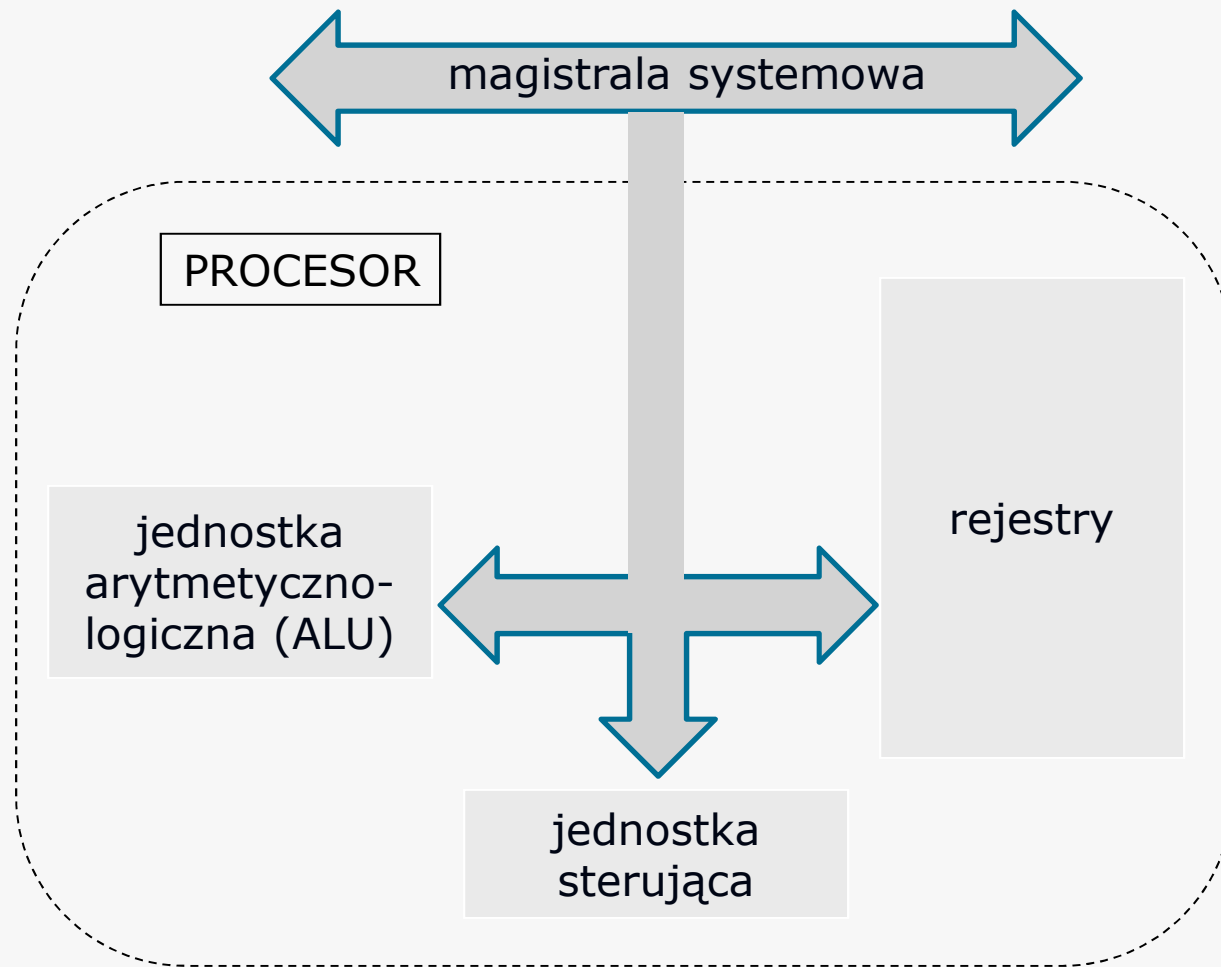
# PROCESOR



Magistrala systemowa



# Budowa procesora



# Budowa procesora

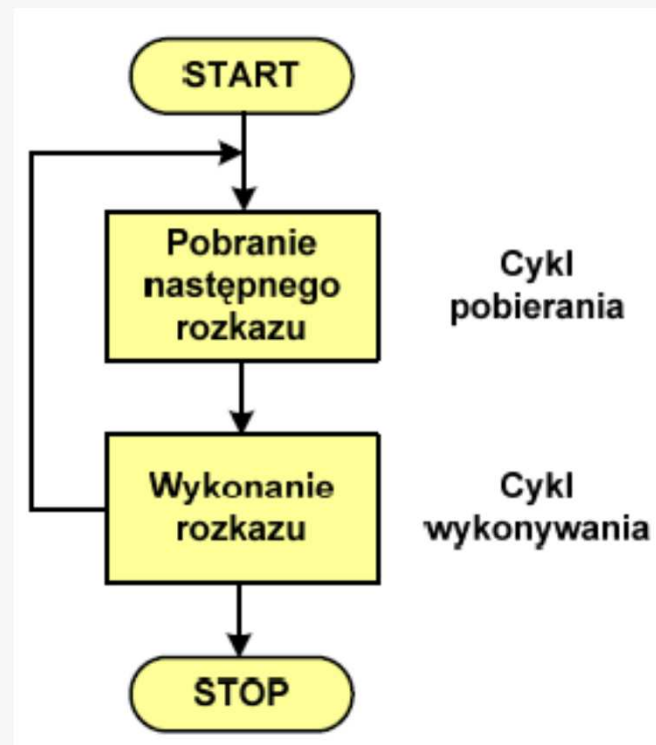
---

- Główne składniki procesora to:
  - **jednostka sterująca** - steruje działaniem procesora i pośrednio całego komputera
  - **jednostka arytmetyczno-logiczna (ALU)** - realizuje funkcję przetwarzania danych przez komputer
  - **rejstry (słowa)** - realizują wewnętrzne przechowywanie danych w procesorze, cechą charakterystyczną jest ich długością czyli liczba bitów jakie równolegle są w nich zapamiętywane
  - **połączenia procesora** – wszystkie mechanizmy zapewniające komunikację między jednostką sterującą, ALU i rejestrami



## Zasada działania procesora

- Podstawowe zadanie procesora to wykonywanie programu przechowywanego w pamięci operacyjnej
- W procesorach sekwencyjnych kolejne rozkazy są pobierane z pamięci operacyjnej i następnie wykonywane przez procesor



## Cykl pobrania (ang. fetch)

---

- odczytanie rozkazu z pamięci, którego adres wskazuje rejestr procesora zwany **licznikiem rozkazów** (IP – instruction pointer, PC – program counter)
- na ogół po wykonaniu każdego rozkazu IP jest automatycznie inkrementowany

## Cykl wykonania (ang. execution)

---

- może zawierać kilka operacji, jest zależny od natury rozkazu
- pobrany rozkaz jest ładowany do rejestru w procesorze zwanego **rejestrem rozkazu (IR)**
- rozkaz ma formę kodu binarnego określającego działania, które ma podjąć procesor
- procesor interpretuje rozkaz i przeprowadza wymagane działania

## Format rozkazu procesora

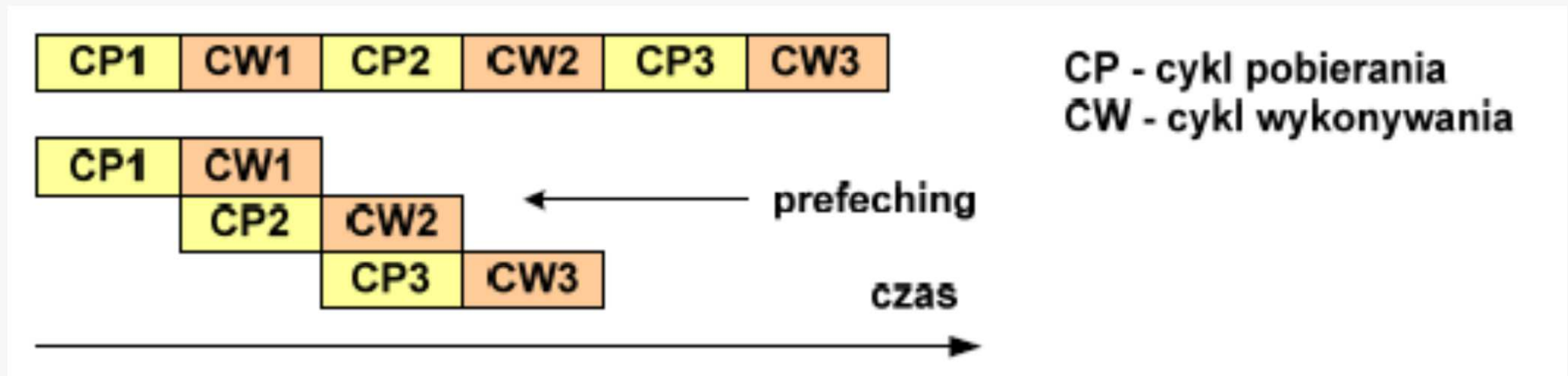
---

- Każdy rozkaz przechowywany jest w **postaci binarnej**, ma określony format, czyli sposób rozmieszczenia informacji
- Rozkaz zawiera:
  - **kod operacji** - rodzaj wykonywanej operacji
  - **operandy** - argumenty lub adresy argumentów wykonywanych operacji

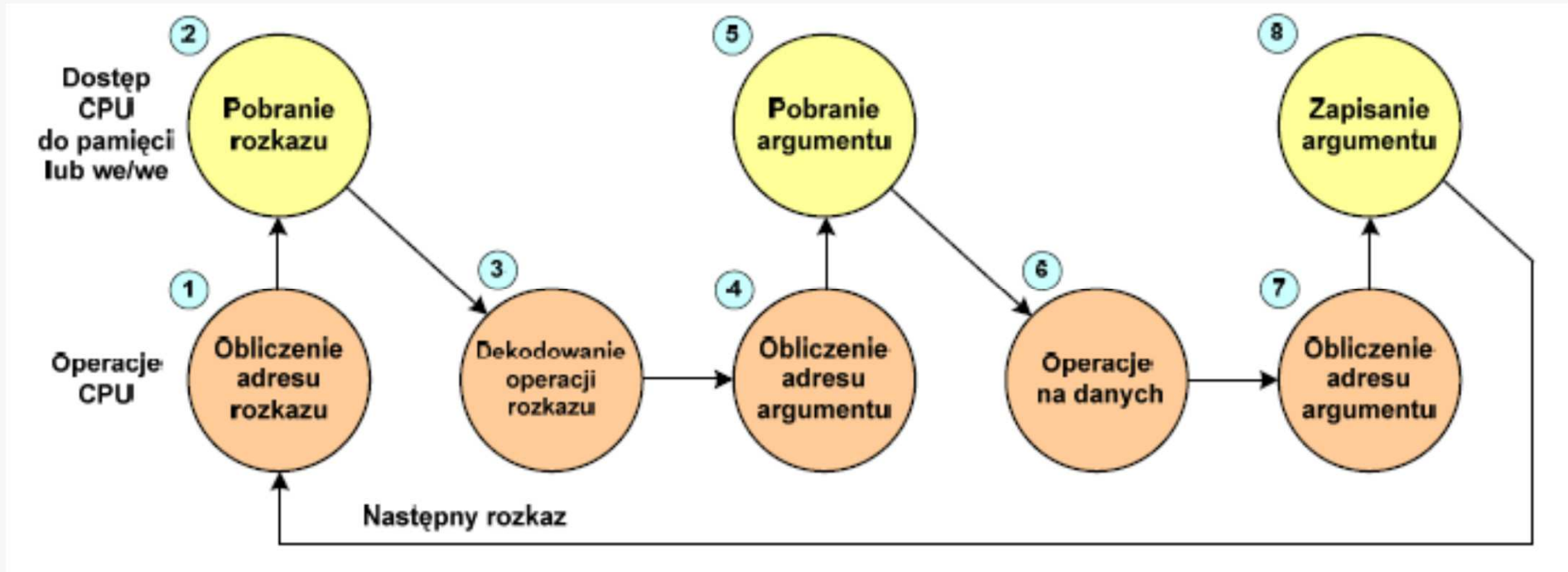
kod	operand
-----	---------

## Wstępne pobranie instrukcji

- W celu przyspieszenia pracy systemu stosuje się tzw. **wstępne pobranie instrukcji** (ang. **prefetching**)



## Graf stanów cyklu wykonania rozkazu



(3) - analizowanie rozkazu w celu określenia rodzaju operacji, która ma być wykonana oraz w celu określenia argumentu (jednego lub kilku)

(8) - zapisanie wyniku w pamięci lub skierowanie go do urządzeń we/wy

Mogą wystąpić sytuacje, w których jeden rozkaz może określać operacje na wektorze liczb lub na szeregu znaków, co wymaga powtarzania operacji pobrania i/lub przechowywania

## Podział rozkazów procesora

---

- **Rozkazy transferu (kopiowania) danych**
  - wewnątrznie pomiędzy rejestrami
  - pomiędzy rejestrami a pamięcią operacyjną
  - pomiędzy rejestrami a urządzeniami wejścia-wyjścia
- **Rozkazy przetwarzania danych**
  - rozkazy arytmetyczne — dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, inkrementacja itp.
  - bitowe rozkazy logiczne — AND, OR, XOR, NOT itp.
- **Rozkazy porównania**
- **Rozkazy przekazywania sterowania**
  - rozkazy skoków i rozgałęzień warunkowych
  - rozkazy wywołania podprogramu i powrotu z podprogramu

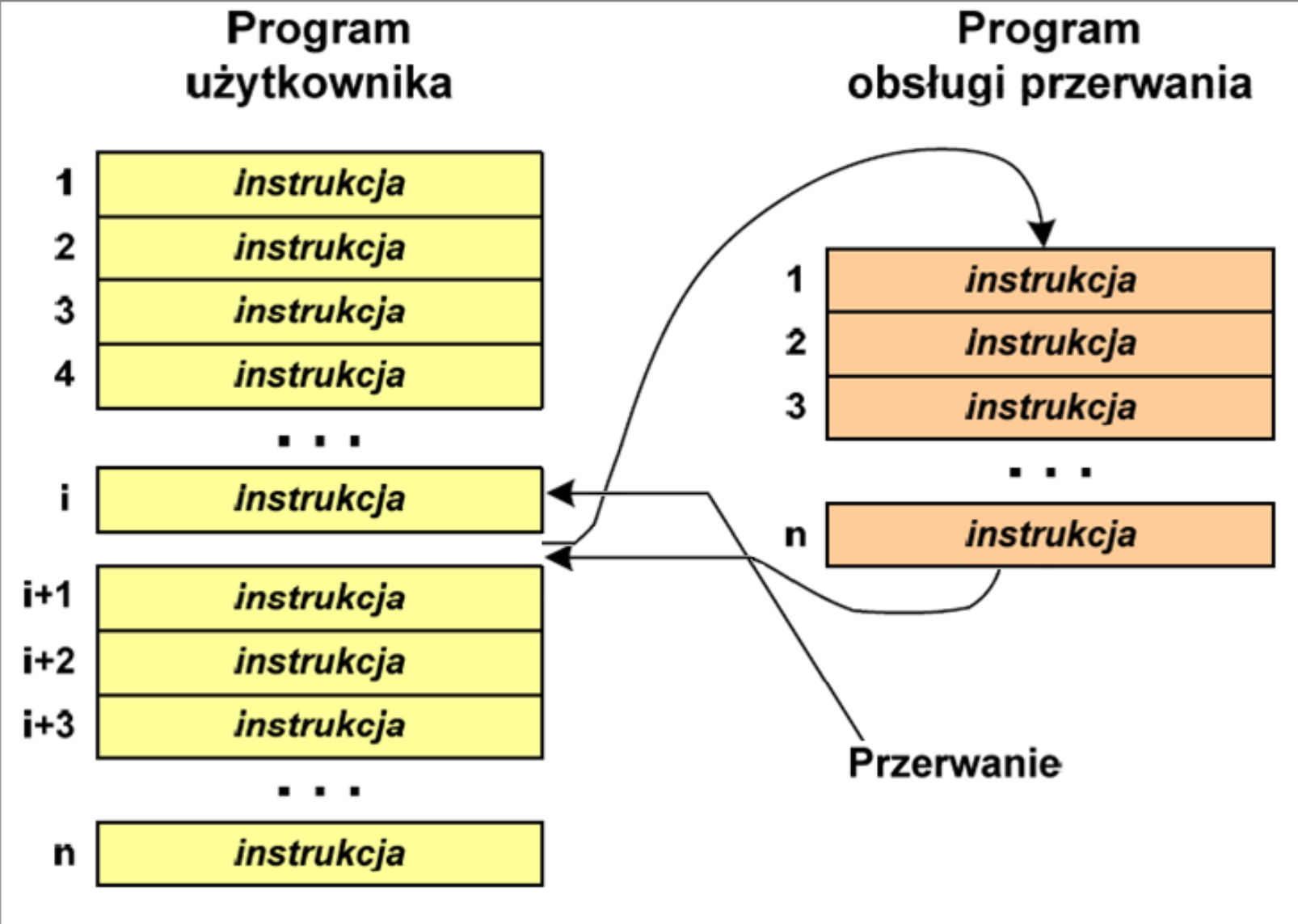
## Przerwania a działanie procesora

---

- Wykonywanie kolejnych rozkazów przez procesor może być przerwane poprzez wystąpienie tzw. **przerwania**
- Przerwania zostały zaimplementowane w celu poprawienia efektywności przetwarzania
- Poprzez wykorzystanie przerwań procesor może wykonywać inne rozkazy, np. gdy jest realizowana operacja we/wy



# Realizacja przerwania



# Klasy przerwań

---

- Wyróżniane klasy przerwań:
  - **programowe** - generowane po wystąpieniu błędu podczas wykonania rozkazu (np. przepełnienie arytmetyczne, dzielenie przez zero)
  - **zegarowe** - generowane przez wewnętrzny zegar procesora (np. przy implementacji algorytmu karuzelowego – round robin)
  - **we/wy** - generowane przez sterownik we/wy w celu zasygnalizowania normalnego zakończenia operacji lub zasygnalizowania błędu
  - **uszkodzenie sprzętu** - generowane przez uszkodzenie, np. defekt zasilania, błąd parzystości pamięci

## Przerwania wielokrotne

---

- Podczas obsługi jednego przerwania może pojawić się sygnał kolejnego przerwania
- Problem przerwań wielokrotnych rozwiązywany jest na dwa sposoby:
  - podczas przetwarzania przerwania uniemożliwienie innych przerwań
  - określenie priorytetów przerwań - przerwanie o wyższym priorytecie powoduje przerwanie programu obsługi przerwania o niższym priorytecie

## Intel 4004 – pierwszy komercyjny mikroprocesor

---

- powstał w 1971 roku
- 4-bitowy (rejstry danych procesor są 4 bitowe)
- 2300 tranzystorów
- częstotliwość: 740 kHz
- 46 instrukcji
- najdroższy (!!!) procesor w chwili obecnej :)



# F14 CADC

- F14A Central Air Data Computer (1970) – ujawniony w 1998  
20-bitowy układ z techniką potokową



# Przykłady procesorów

Data wprowadzenia na rynek  
Częstotliwość przy debiucie/maksymalna  
Pamięć cache  
Liczba tranzystorów  
Technika wykonania

**czerwiec 1978**  
**5 Mhz / 12 Mhz**  
**brak**  
**29 000**  
**3  $\mu$**   
**16 bitowy**



Intel 8086

**lutym 1982**  
**6 MHz / 25 MHz**  
**brak**  
**134 000**  
**1,5  $\mu$**   
**16 bitowy**



Intel 80286

**marzec 1993**  
**60 Mhz / 266Mhz**  
**8Kb pentium™**  
**3,1 mln**  
**0,8; 0,35; 0,28;**  
**0,25 $\mu$**   
**32 bitowy**



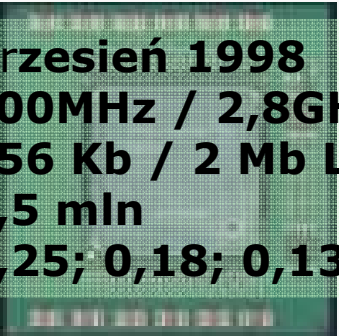
Intel Pentium

**kwiecień 1998**  
**266 MHz / 2,2GHz**  
**128KB / 256KB**  
**7,5 mln**  
**0,25; ,18; 0,13  $\mu$**



Intel Celeron

**wrzesień 1998**  
**400MHz / 2,8GHz**  
**256 Kb / 2 Mb L2**  
**7,5 mln**  
**0,25; 0,18; 0,13  $\mu$**



Intel Xeon

**czerwiec 2000**  
**600MHz / 1,3GHz**  
**128KB L1, 64KB L2**  
**25 mln**  
**0,18  $\mu$**



AMD Duron

# Solo, Duo, Quadro



**styczeń 2006**  
**1.66GHz / 2.5GHz**  
**64K / 2048K**  
**151 mln**  
**0,065  $\mu$**



**czerwiec 2006**  
**1,66GHz / 2,93GHz**  
**64K / 4048K**  
**291 mln**  
**0,065  $\mu$**



**Core i7 Bloomfield**  
**listopad 2008**  
**3.3GHz / 3.6GHz**  
**256K / 8M**  
**781 mln**  
**0,045  $\mu$**



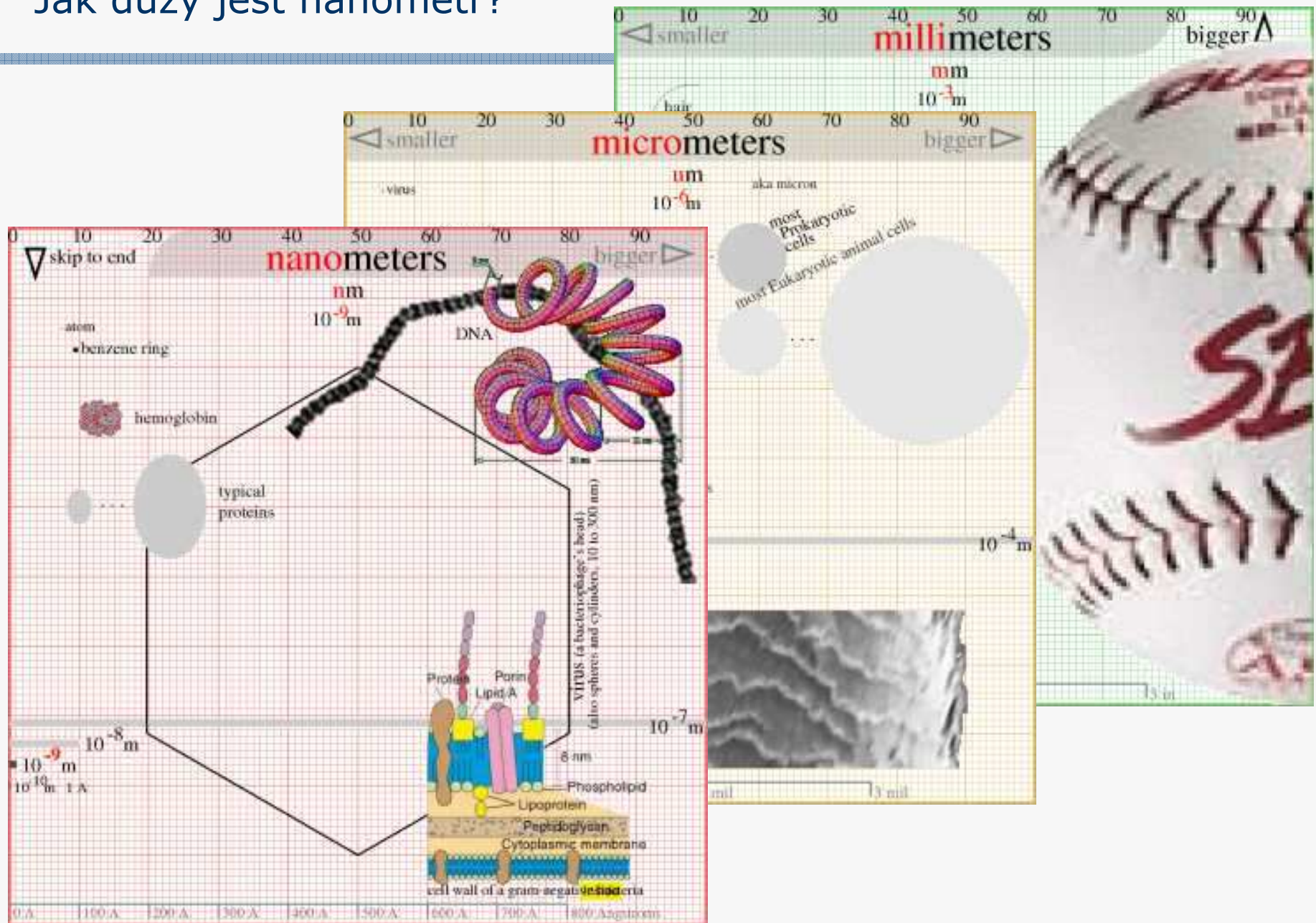
# Precyzja wykonania procesora

---

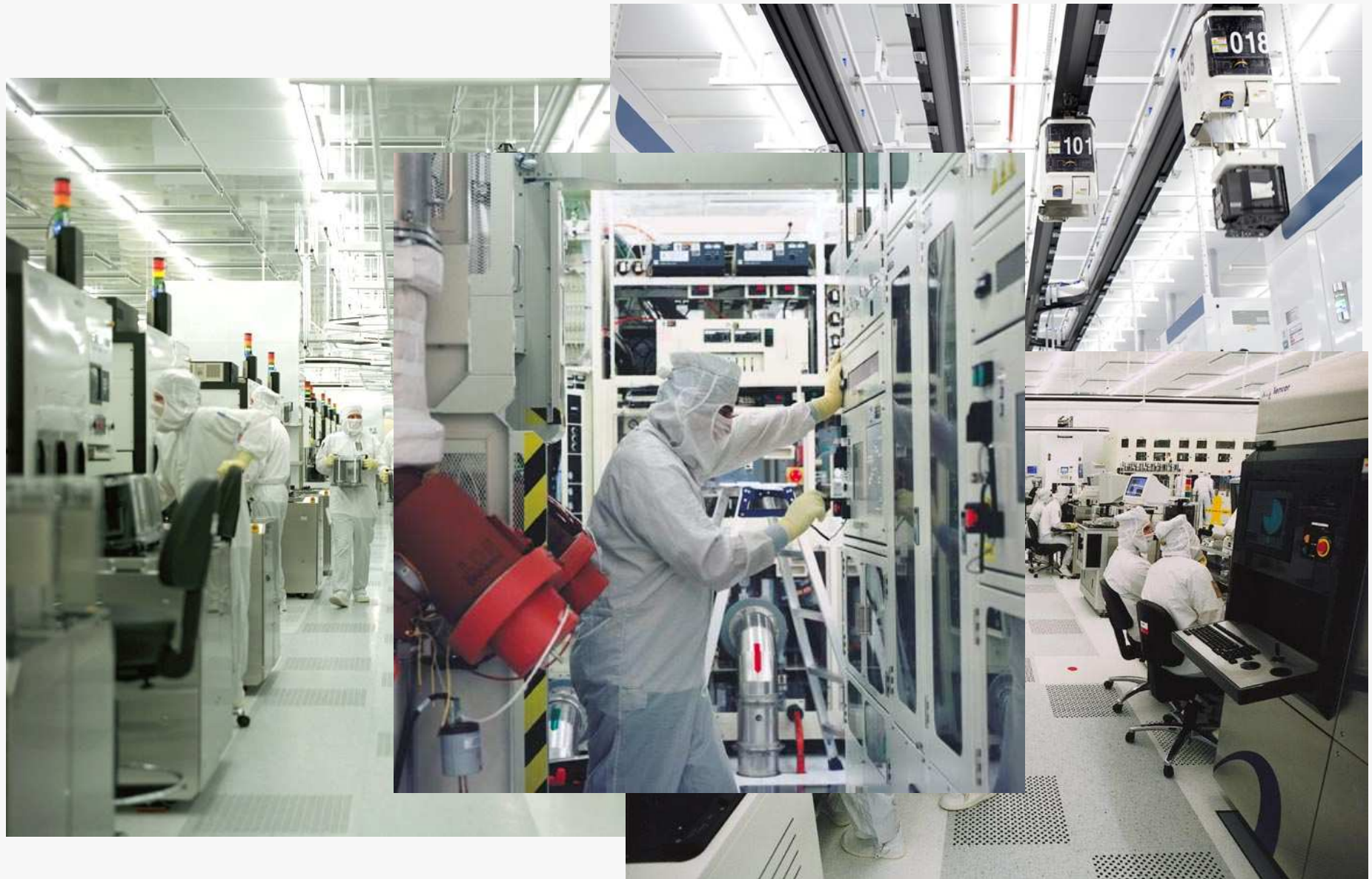




# Jak duży jest nanometr?



# Cleanroom



# Superkomputer

---

- komputer, który ma jedną z największych mocy obliczeniowych na świecie w danym momencie. Jest to pojęcie względne, gdyż moc obliczeniowa komputerów rośnie nieustannie i dany superkomputer pozostaje w tej klasie zwykle tylko kilka lat.
- Za pierwszy superkomputer uznaje się CDC 6600 z 1963 r. (Control Data Corporation)
  - według projektu i pod ścisłym nadzorem Seymoura Craya
  - maszyna wykonywała 3 miliony operacji na sekundę
  - pierwszy komputer gdzie zastosowano tranzystory krzemowe
  - technika chłodzenia podzespołów freonem



Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)
1	National Supercomputing Center in Wuxi China	<b>Sunway TaihuLight</b> - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway NRCPC	10,649,600	93,014.6
2	National Super Computer Center in Guangzhou China	<b>Tianhe-2 (MilkyWay-2)</b> - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7
3	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	<b>Piz Daint</b> - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect , NVIDIA Tesla P100 Cray Inc.	361,760	19,590.0
4	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology Japan	<b>Gyokou</b> - ZettaScaler-2.2 HPC system, Xeon D-1571 16C 1.3GHz, Infiniband EDR, PEZY-SC2 700Mhz ExaScaler	19,860,000	19,135.8
5	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	<b>Titan</b> - Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0



### TOP 10 Sites for June 2016

Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)
1	National Supercomputing Center in Wuxi China	<b>Sunway TaihuLight</b> - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway NRCP	10,649,600	93,014.6
2	National Super Computer Center in Guangzhou China	<b>Tianhe-2 (MilkyWay-2)</b> - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7
3	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	<b>Titan</b> - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0
4	DOE/NNSA/LLNL United States	<b>Sequoia</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2
5	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705,024	10,510.0



## Top500 List - June 2014

Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)
1	National Super Computer Center in Guangzhou China	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7
2	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0
3	DOE/NNSA/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2
4	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705,024	10,510.0
5	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM	786,432	8,586.6



## TOP500 List - June 2012

			<b>R<sub>max</sub></b> in TFlops	
<b>Rank</b>	<b>Site</b>	<b>Computer/Year Vendor</b>	<b>Cores</b>	<b>R<sub>max</sub></b>
1	DOE/NNSA/LLNL United States	<b>Sequoia</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom / 2011 IBM	1572864	16324.75
2	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIx 2.0GHz, Tofu interconnect / 2011 Fujitsu	705024	10510.00
3	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	<b>Mira</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	786432	8162.38
4	Leibniz Rechenzentrum Germany	<b>SuperMUC</b> - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR / 2012 IBM	147456	2897.00
5	National Supercomputing Center in Tianjin China	<b>Tianhe-1A</b> - NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, NVIDIA 2050 / 2010 NUDT	186368	2566.00

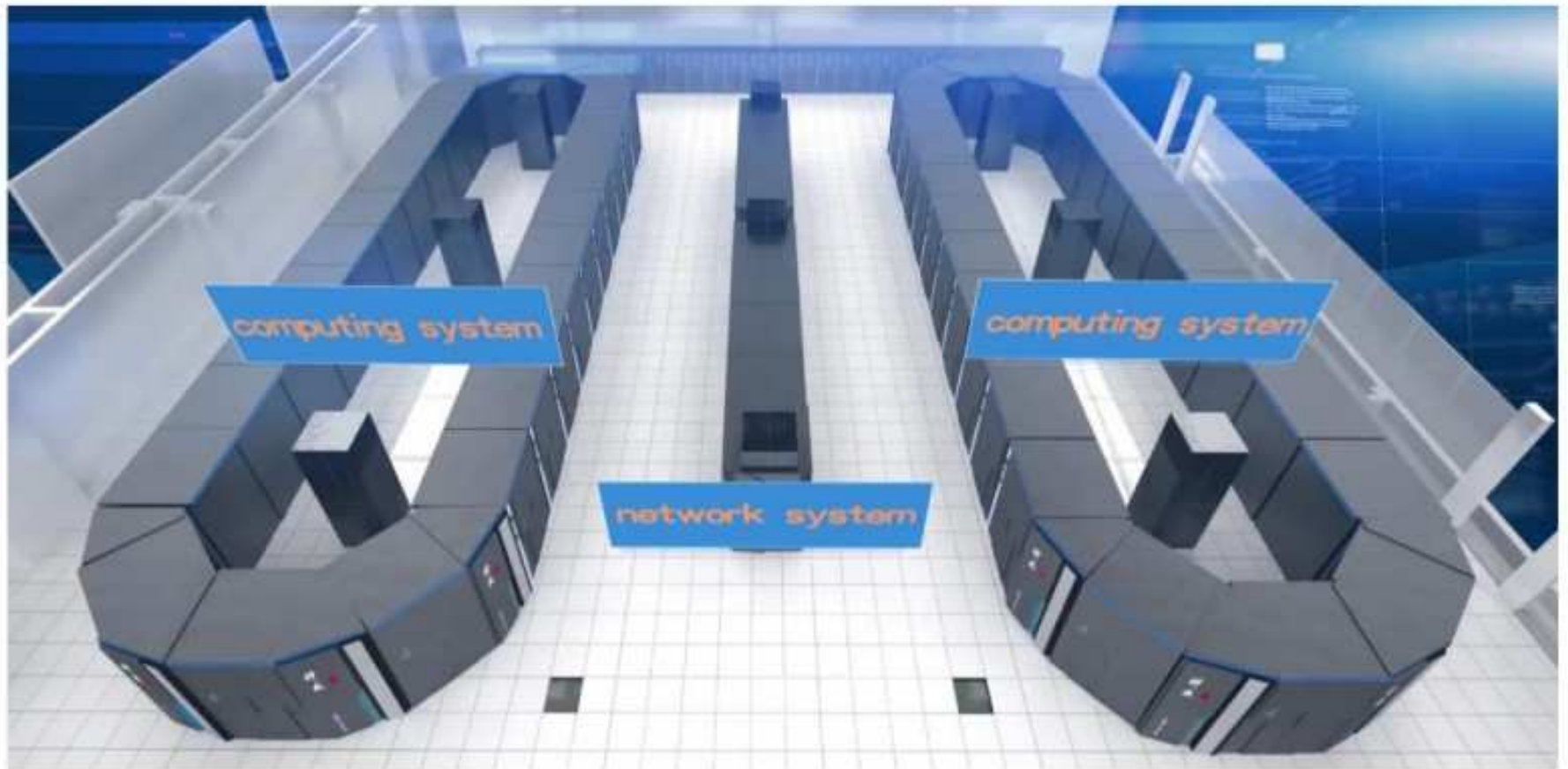
# Sunway TaihuLight Supercomputer

---





# Sunway TaihuLight Supercomputer



**Figure 4: Overview of the Sunway TaihuLight System**

# Tianhe-2 Supercomputer

---



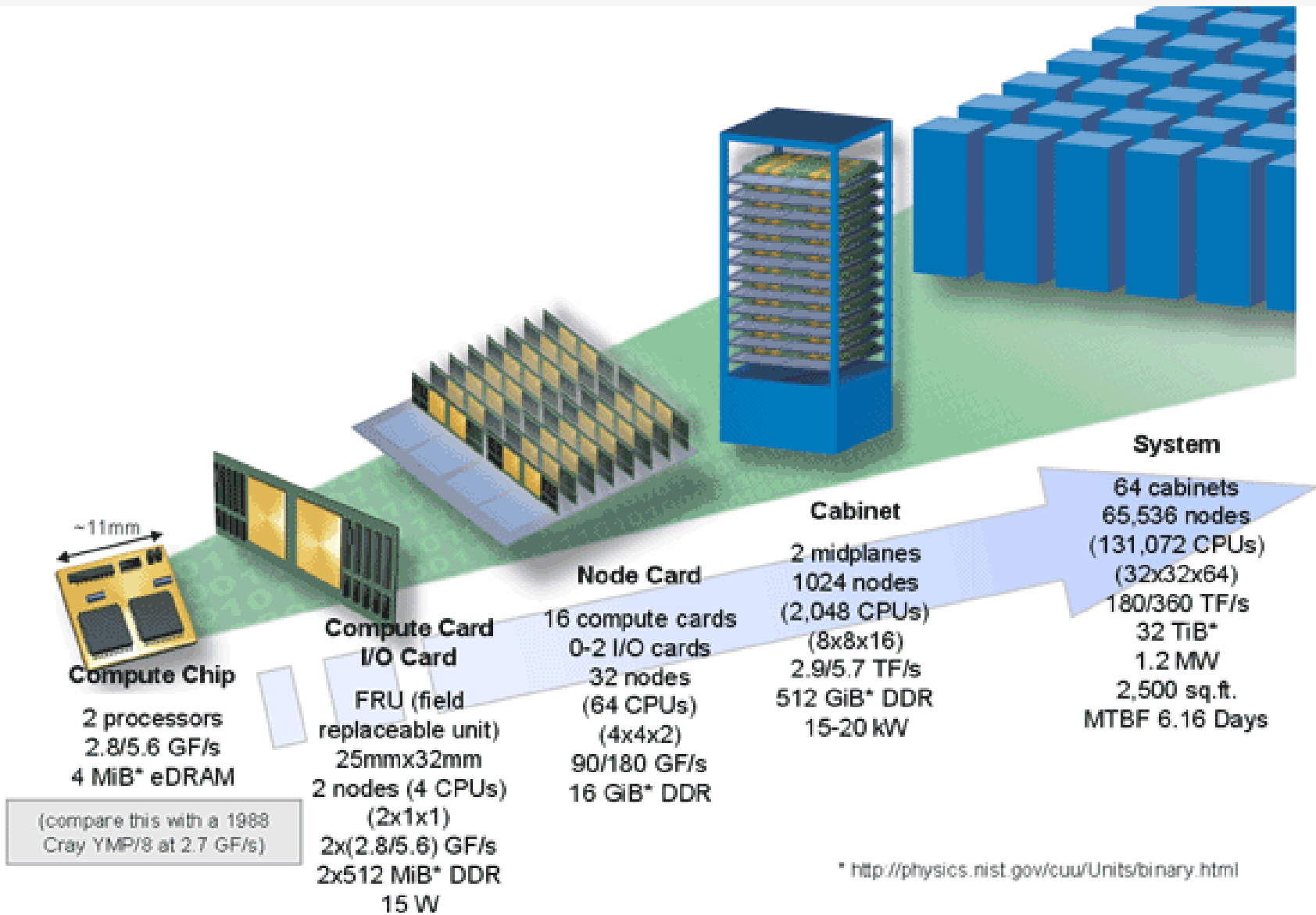
# Sequoia Supercomputer

---

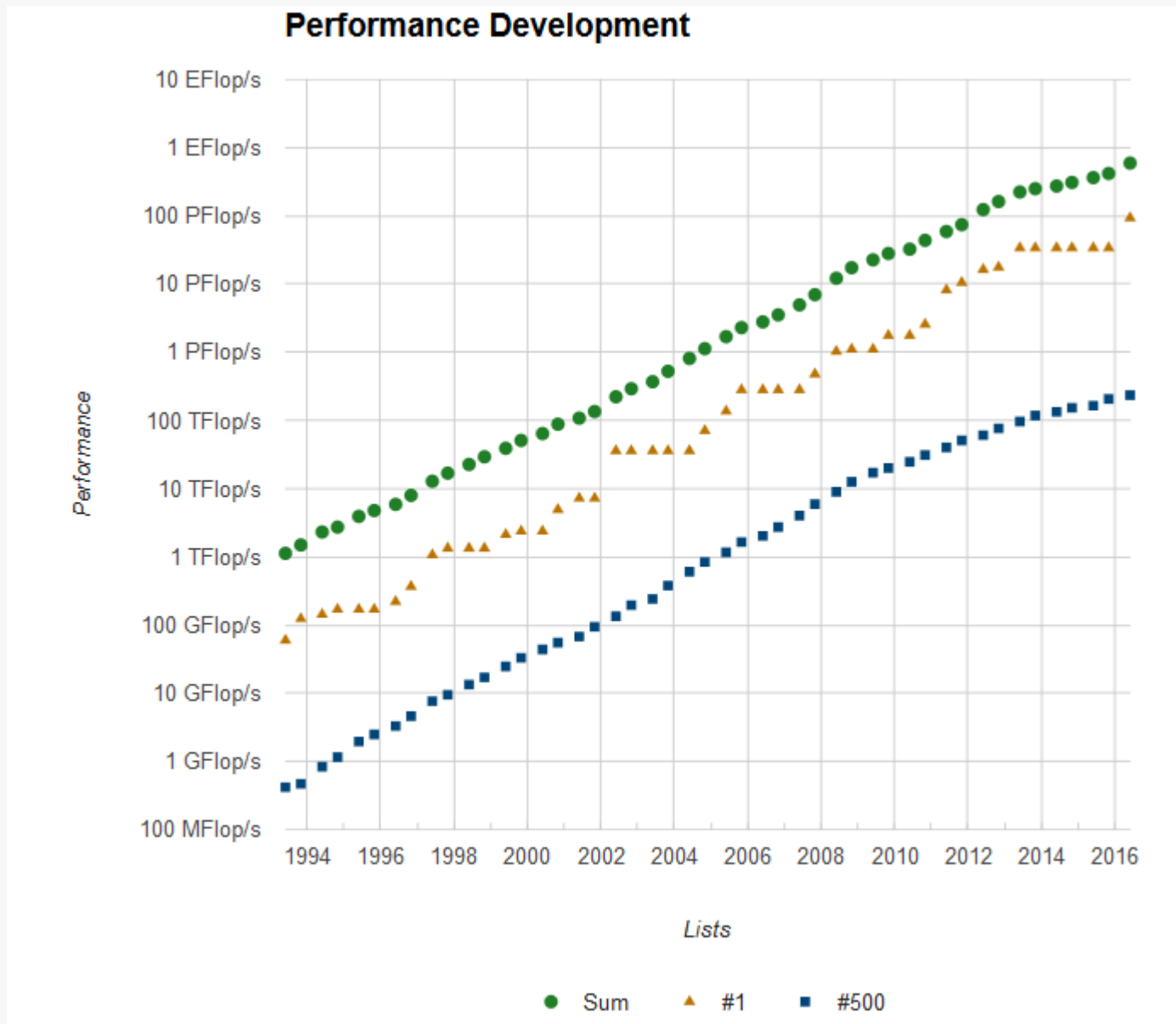


Constructed by IBM for the National Nuclear Security Administration as part of the Advanced Simulation and Computing Program (ASC)

# Klocki dla dużych dzieci?

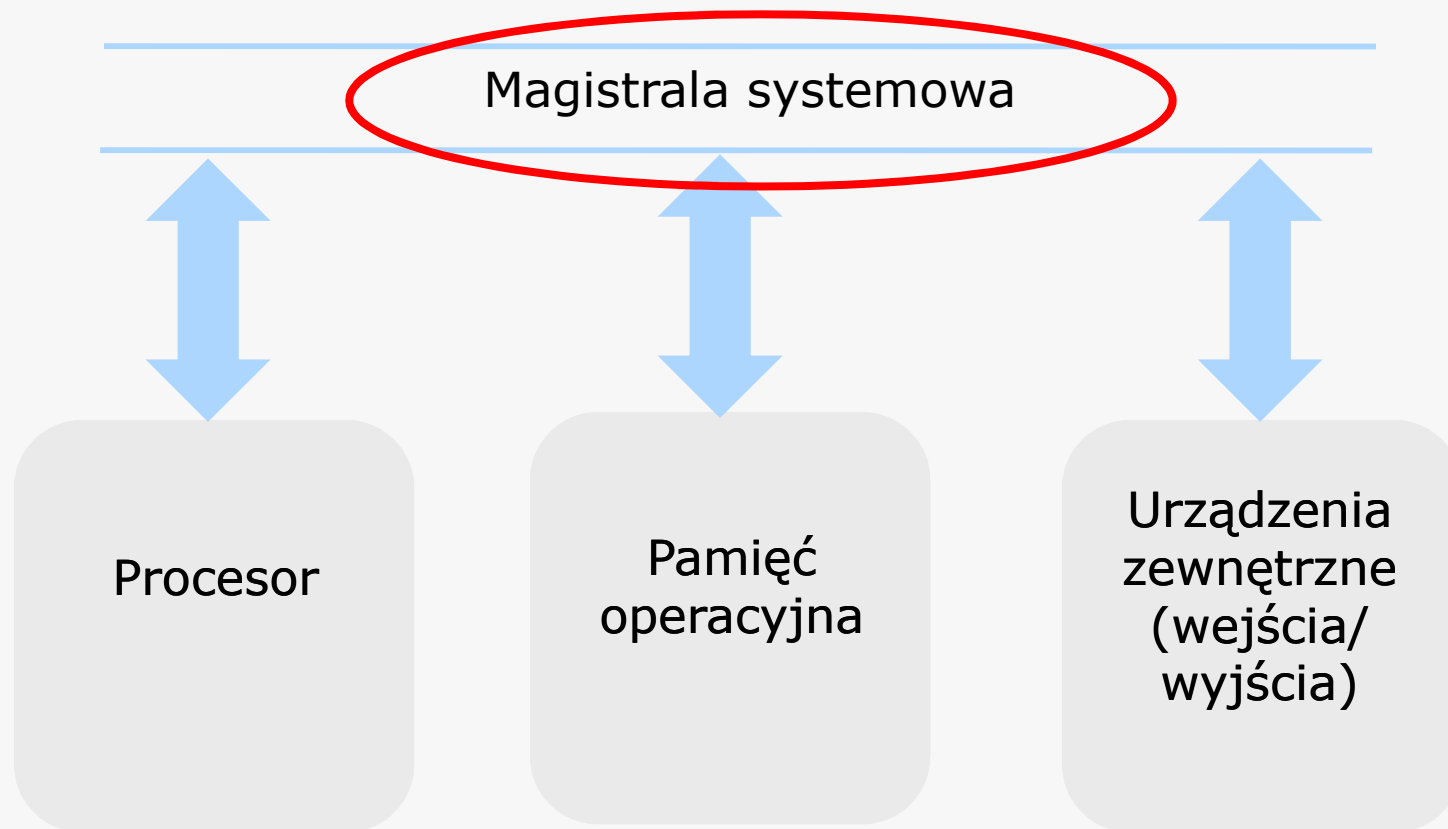


# Trendy



# MAGISTRALA SYSTEMOWA

---



## Magistrala systemowa

---

- **Magistrala systemowa** jest zbiorem połączeń pomiędzy podstawowymi modułami komputera, tj. procesorem, pamięcią operacyjną i urządzeniami wejścia/wyjścia
- Na ogół fizycznie są to połączenia przewodnikiem elektrycznym (np. miedziane ścieżki, przewody). Istnieją też rozwiązania wykorzystujące np. światłowody lub połączenia radiowe (np. Bluetooth)

## Magistrala systemowa

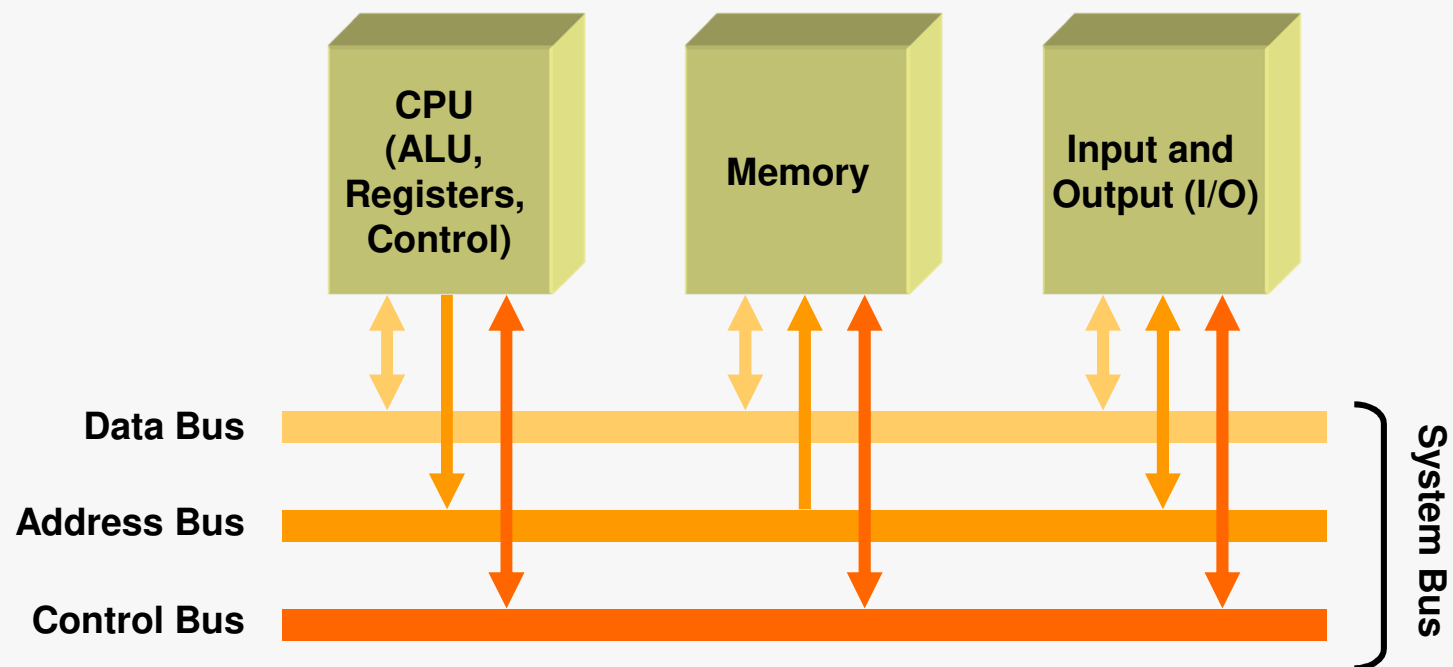
---

- Magistrala składa się z wielu oddzielnych linii, którym przypisane jest określone znaczenie i określona funkcja
- Ważną cechą charakterystyczną magistrali jest jej szerokość, która mówi o liczbie linii (połączeń) w ramach tej szyny a tym samym o liczbie bitów informacji, która może zostać przesłana jednocześnie tą magistralą
- Przepustowość magistrali (prędkość transmisji) jest liczba bitów przesyłanych w jednostce czasu



# Magistrala systemowa

- W ramach magistrali systemowej wyróżnia się
  - szynę (linię) danych
  - szynę (linię) adresową
  - szynę (linię) sterującą



## Szyna danych

---

- Szyna danych (*ang. Data Bus*) - przenosi dane między modułami systemu
  - szyna danych ma zwykle szerokość 8, 16, 32, lub 64 bitów
  - przepustowość szyny danych wpływa na wydajność systemu komputerowego – jeśli szyna danych ma szerokość 16 bitów, a wykonywany rozkaz 32 bity, to niezbędne są dwa cykle transmisji danych między procesorem a pamięcią operacyjną

## Szyna adresowa

---

- **Szyna adresowa** (*ang. Address Bus*) - służy do określania (identyfikowania) źródła i miejsca przeznaczenia danych przesyłanych szyną danych
- Szerokość magistrali adresowej czyli liczba linii adresowych jest bardzo ważna, mówi ona o tym jaką przestrzeń adresową możemy obsłużyć przy pomocy danego procesora
- przestrzeń adresowa 32-bitowego procesora (np. Pentium) to  $2^{32} = 2^2 * 2^{30} = 4 * 2^{30} = 4G$
- $2^{30} = 2^{10} * 2^{10} * 2^{10} = 1024 * 1024 * 1024$   
 $= 1K * 1K * 1K = 1M * 1K = 1G = 1\ 073\ 741\ 824$

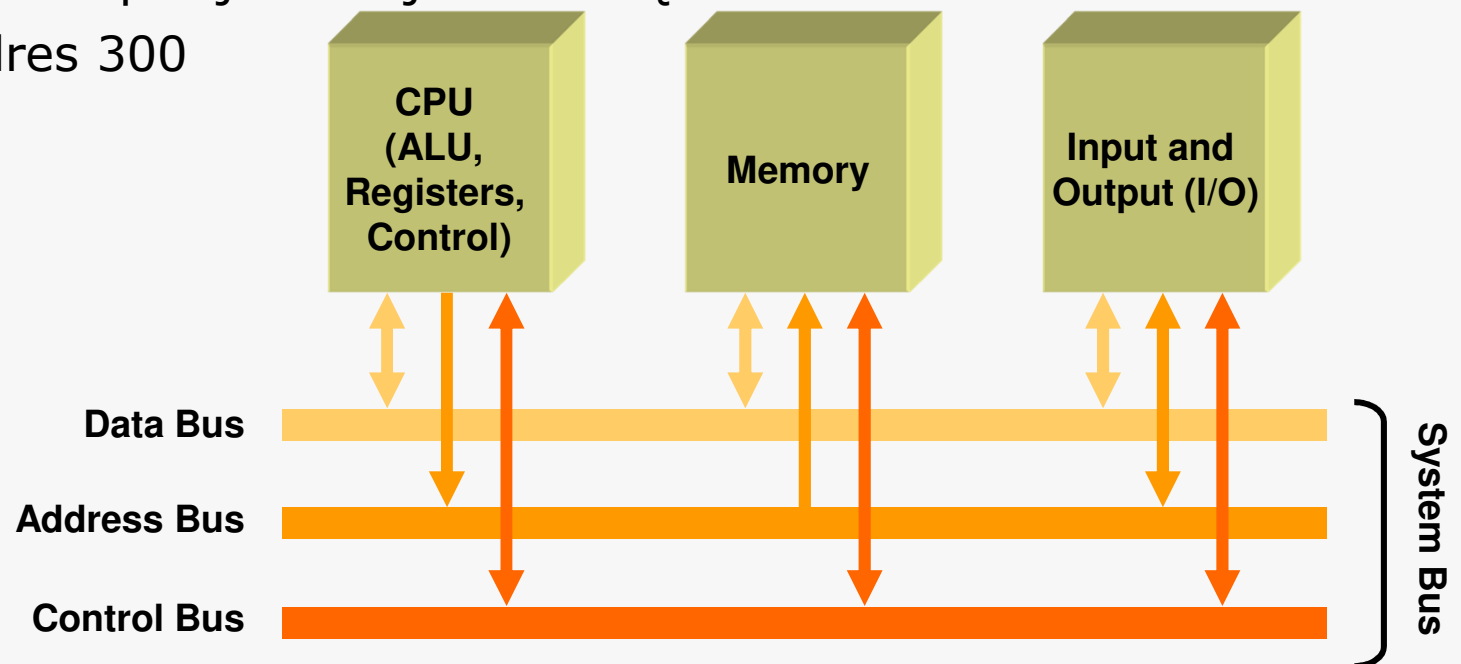
## Szyna sterowania

---

- **Szyna sterowania** (*ang. System Bus*): obejmuje wzajemnie wykluczające się sygnały procesora sterujące dostępem do pamięci operacyjnej i urządzeń zewnętrznych
- Typowe sygnały szyny sterującej to:
  - **MRD (memory read)** – sygnalizuje odczyt z pamięci operacyjnej
  - **MWR (memory write)** – sygnalizuje zapis do pamięci operacyjnej
  - **I/OR (input/output read)** – sygnalizuje odczyt z urządzenia zewnętrznego
  - **I/OW (input/output write)** – sygnalizuje zapis do urządzenia zewnętrznego

## Magistrala systemowa - PYTANIA

- Co jest wystawiane na poszczególne szyny?
  - procesor zapisuje do pamięci operacyjnej wartość 5 pod adres 100
  - procesor odczytuje zawartość słowa pamięci operacyjnej o adresie 200
  - procesor zapisuje do rejestru urządzenia zewn. wartość 10 pod adres 300



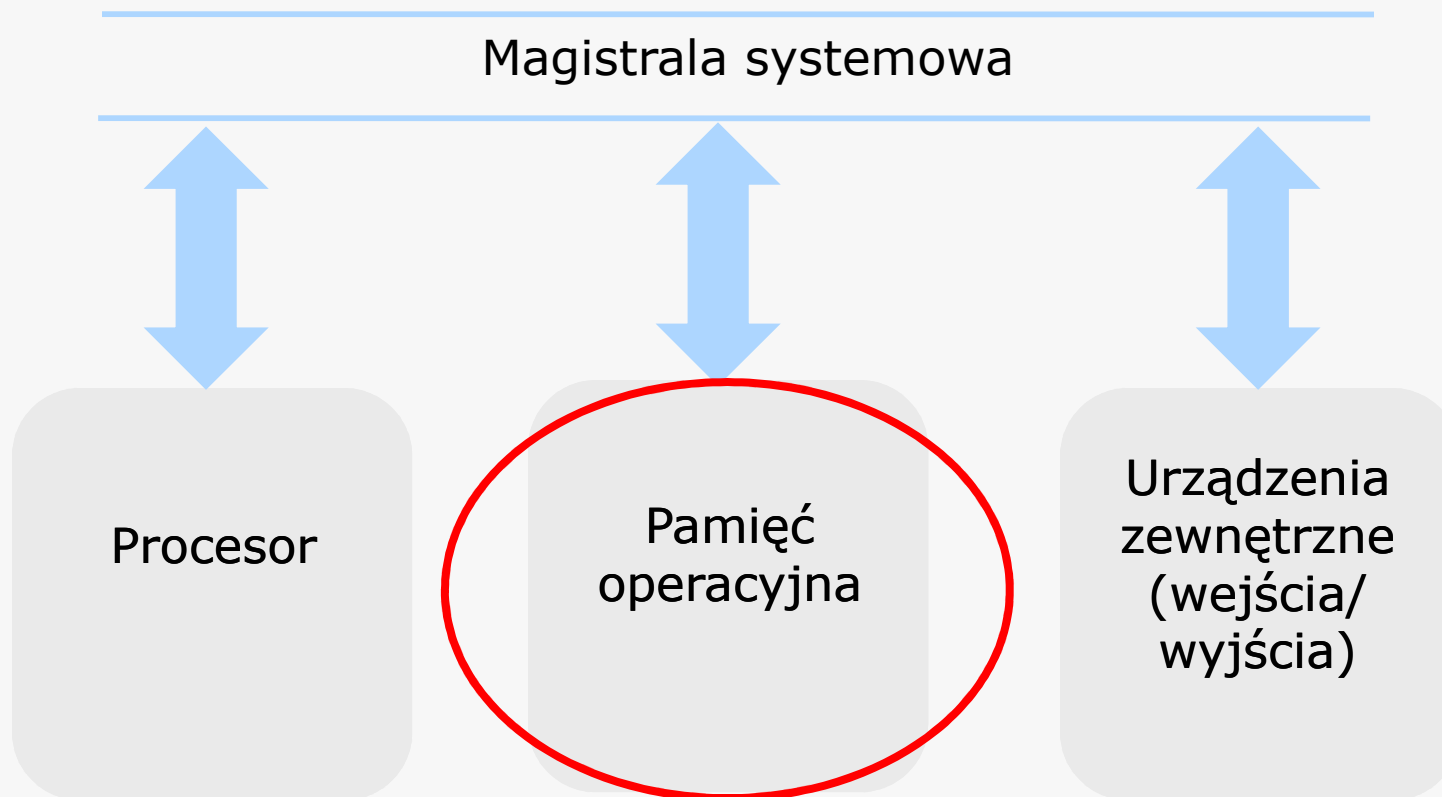
## Struktury wielomagistralowe

---

- W systemach wieloprocessorowych magistrala może stać się wąskim gardłem systemu
- Rozwiązaniem tego problemu są struktury wielomagistralowe o określonej hierarchii pozwalające na jednoczesną komunikację między modułami z użyciem różnych magistrali (komunikacja z różnymi procesorami może odbywać się równocześnie z użyciem różnych magistral)

# PAMIĘĆ OPERACYJNA

---



## Pamięć operacyjna

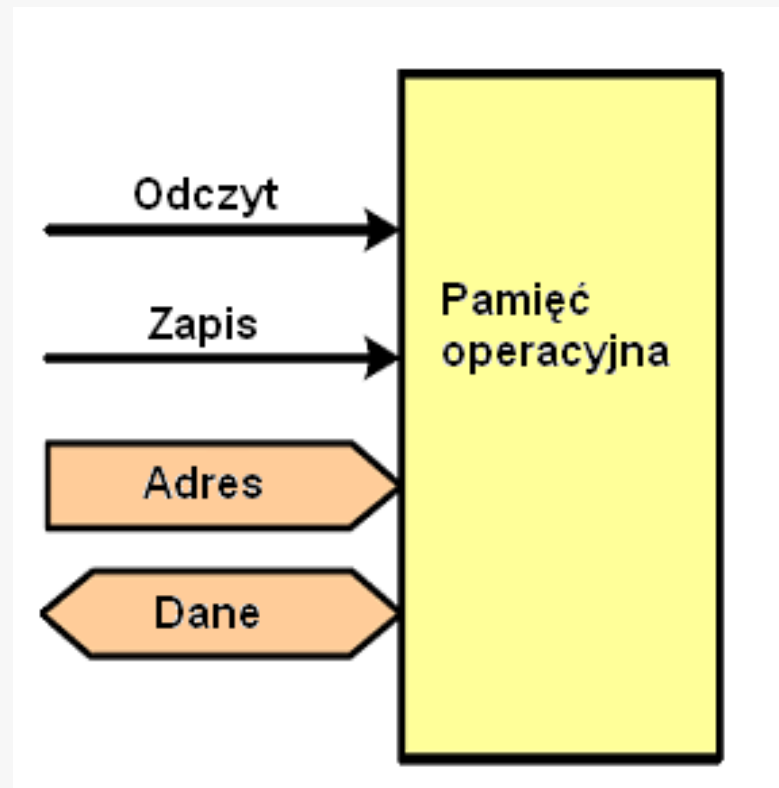
---

- **Pamięć** – układy zdolne do przyjmowania, przechowywania i wysyłania informacji w postaci ciągów binarnych
- **Pamięć operacyjną (główną)** tworzy uporządkowany zbiór rejestrów (słów) i dekodery adresowe
  - słowa są identyfikowane przez ich pozycję (adres) w zbiorze
  - operacje odczytu/zapisu na słowie wymagają skojarzenia adresu z fizyczną lokalizacją słowa, co jest realizowane przez dekodery adresowe. Dzięki temu **czas dostępu do dowolnego słowa nie zależy od jego pozycji w pamięci** (w przeciwieństwie np. do pamięci o dostępie sekwencyjnym). Pamięć o takiej organizacji jest **pamięcią o dostępie swobodnym - RAM** (Random Access Memory)



# Pamięć operacyjna

- w pamięci operacyjnej komputer przechowuje aktualnie wykorzystywane dane i programy
- pamięć składa się z określonej liczby słów (rejestrów) jednakowej długości
- słowa umieszczone są pod konkretnymi adresami
- słowo może być odczytane z pamięci lub do niej zapisane
- typ operacji określają sygnały sterujące odczyt i zapis



## Pamięć operacyjna - parametry

---

- Podstawowe parametry pamięci operacyjnej:
  - **Czas dostępu** – czas od rozpoczęcia do zakończenia operacji zapisu lub odczytu pojedynczego słowa
  - **Długość słowa**– liczba bitów w słowie (np. 8, 16, 32 bity)
  - **Pojemność pamięci**– liczba słów tworzących pamięć
  - **Trwałość pamięci przy braku zasilania** – zależne od technologii zachowywanie bądź nie danych w pamięci przy zaniku zasilania

# Pamięć ROM

---

- **ROM – Read Only Memory** (pamięć tylko do odczytu)
  - Pamięć zawierająca dane i programy, które można jedynie odczytać, bez możliwości ich modyfikacji
  - Przy uruchamianiu komputera odczytywana i wykonywana jest zawartość pamięci ROM
  - Zaletą pamięci ROM jest to, że dane i programy znajdują się cały czas w pamięci operacyjnej i nigdy nie wymagają ładowania z pamięci zewnętrznej

## Pamięć ROM

---

- „mutacją” pamięci ROM jest **pamięć RAM typu EPROM** (optycznie wymazywalna, programowalna pamięć nieulotna) - która jest odczytywana i zapisywana elektrycznie.  
Przed operacją zapisu wszystkie komórki zostają skasowane przez naświetlenie układu promieniowaniem ultrafioletowym. Pamięć EPROM jest droższa od pamięci ROM, ale daje nowe możliwości kilkukrotnego zapisu
- **EEPROM** (elektrycznie wymazywalna, programowalna pamięć stała) – pamięć ta może być zapisywana bez wymazywania poprzedniej zawartości; aktualizowane są tylko bajty adresowe
- **Pamięć ROM typu FLASH** – wykorzystuje metodę wymazywania elektrycznego. Cała pamięć może być wymazana w ciągu kilku sekund, możliwe jest wymazanie zawartości tylko niektórych bloków pamięci, a nie całego układu

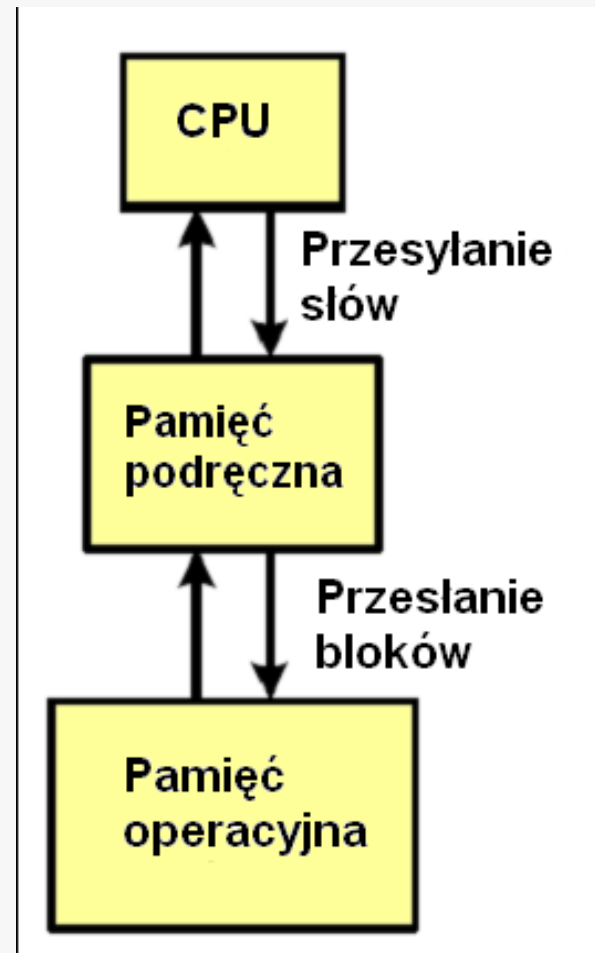
# BIOS

---

- BIOS (Basic Input-Output System)
  - program zapisany na stałe w pamięci ROM komputera
  - jest on uruchamiany jako pierwszy po włączeniu komputera
  - jego zadaniem jest testowanie sprzętu, uruchomienie systemu operacyjnego

## Pamięć podręczna

- czas przetwarzania jednego rozkazu nie jest zwykle dłuższy od pojedynczego cyklu zegarowego
- czas oczekiwania na kolejną porcję danych z pamięci operacyjnej może być parokrotnie dłuższy
- rozwiązanie – wprowadzenie **pamięci podręcznej (cache)** czyli szybkiego bufora pomiędzy procesorem a pamięcią operacyjną



## Pamięć podręczna

---

- Pamięć podręczna zawiera kopię części zawartości pamięci operacyjnej
- Słowa pamięci podręcznej zawierają dwa elementy: **adres słowa** i **jego zawartość**. Przed odczytaniem słowa z pamięci operacyjnej następuje sprawdzenie czy słowo o żądanym adresie znajduje się w pamięci podręcznej
  - jeśli tak, to jest przesyłane do procesora
  - jeśli nie, to blok pamięci operacyjnej (ustalona liczba słów) jest wczytywany do pamięci podręcznej, a następnie słowo jest przesyłane do procesora

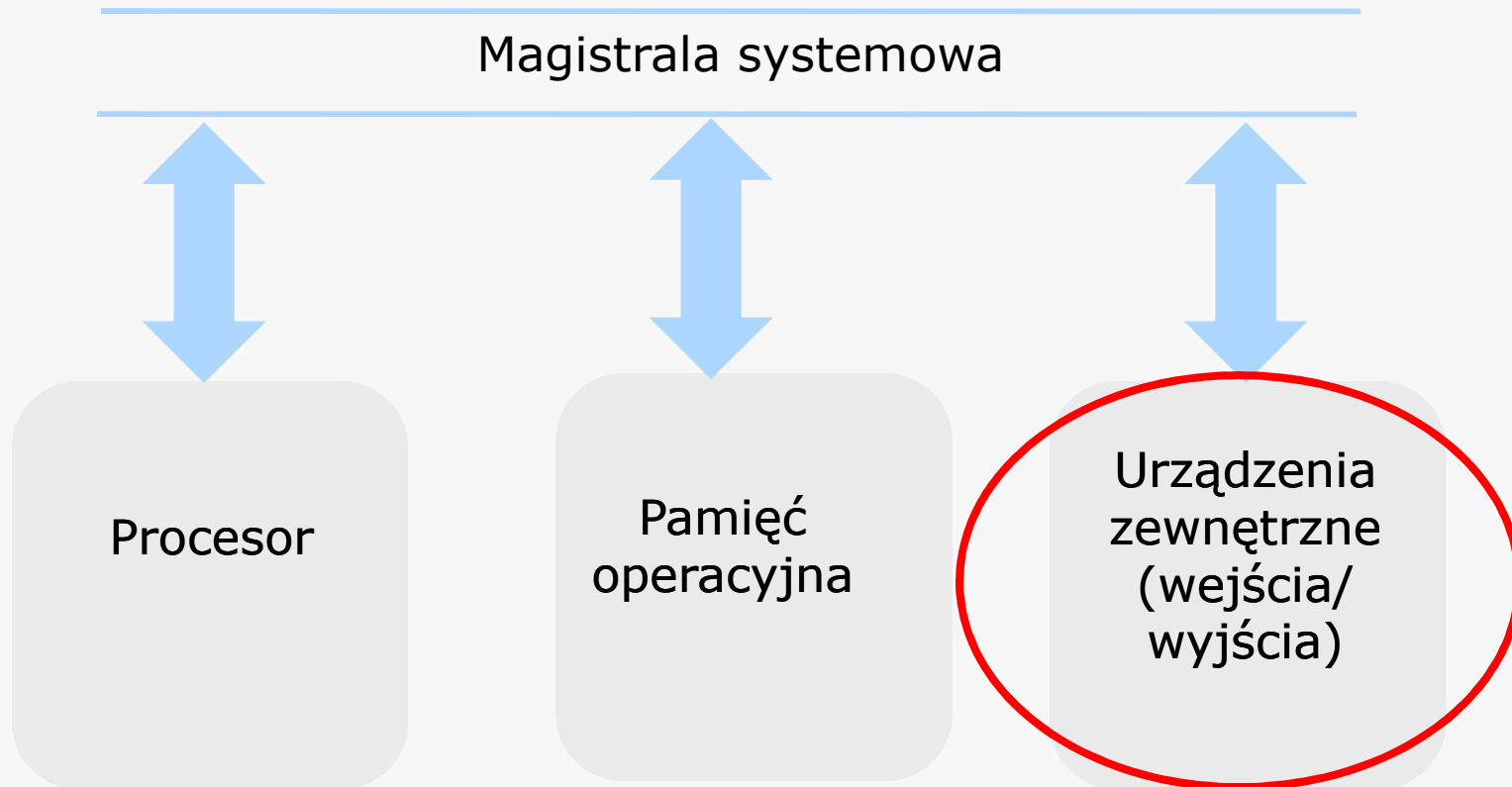
## Pamięć podręczna - problemy

---

- **problem adresacji pamięci cache** -  
Jak stwierdzić czy słowo o danym adresie pamięci operacyjnej jest w pamięci cache?
- **problem spójności pamięci cache** -  
Jak zagwarantować, że to co mamy w pamięci cache jest zgodne z tym co mamy w pamięci operacyjnej? (zwłaszcza, gdy mamy systemy wieloprocessorowe lub wielordzeniowe)



# URZĄDZENIA ZEWNĘTRZNE

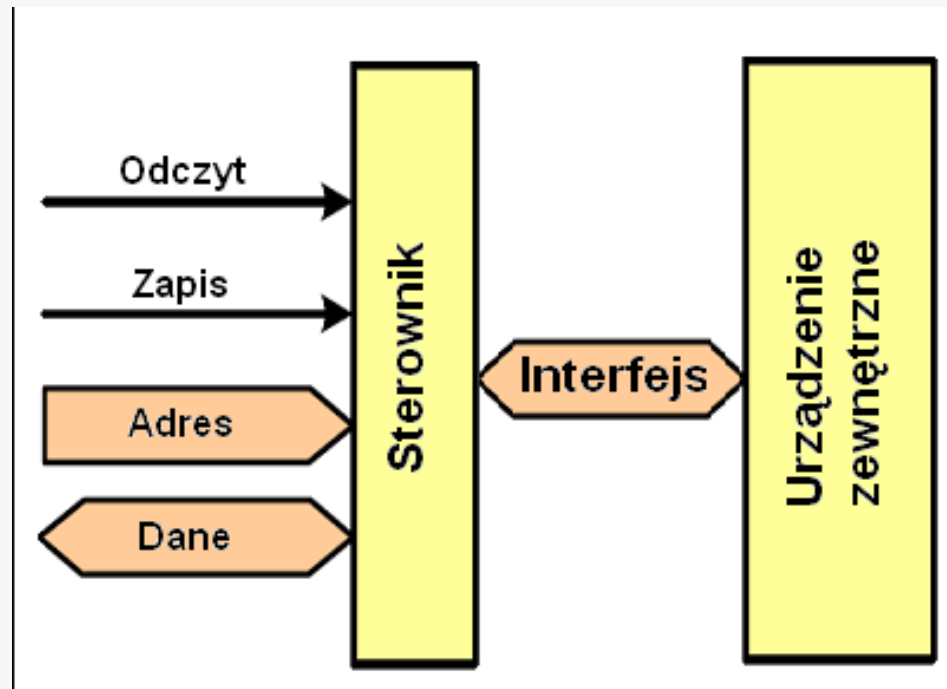


---

# **STEROWNIKI URZĄDZEŃ ZEWNĘTRZNYCH**

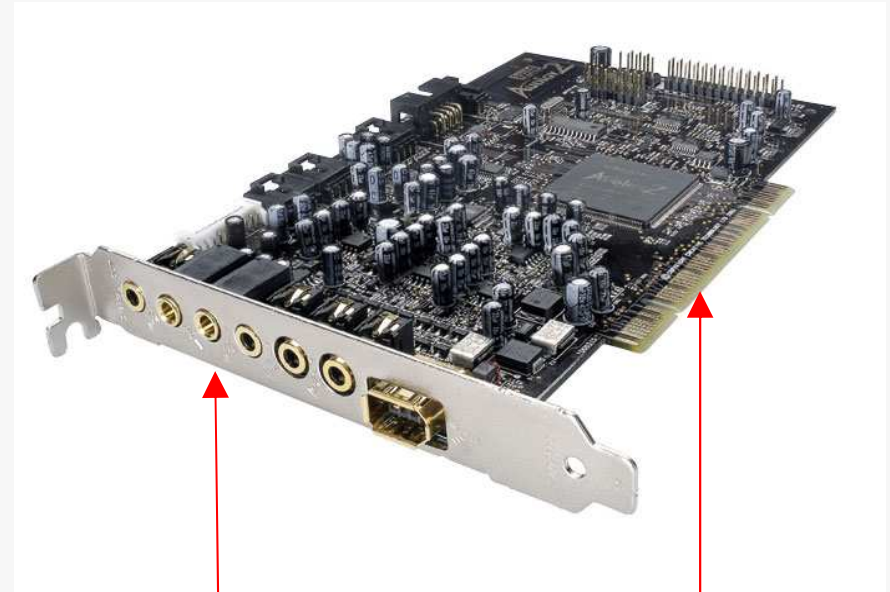
# Sterowniki

- **Sterownik** – układ pośredniczący między procesorem a urządzeniem zewnętrznym, tzn. z jednej strony łączy się z procesorem przez magistralę systemową, a z drugiej łączy się z urządzeniem zewnętrznym przez interfejs
- Popularne sterowniki:
  - karta dźwiękowa
  - karta graficzna
  - karta sieciowa



# Karta dźwiękowa

- Sterownik przetwarzający sekwencję zdyskretyzowanych próbek sygnału dźwiękowego (jaką operuje procesor) na sygnał analogowy (jakim operują urządzenia zewnętrzne) i odwrotnie
- Do karty dźwiękowej podłącza się np. takie urządzenia zewnętrzne jak głośniki, wzmacniacz czy mikrofon



Gniazda wejścia i wyjścia sygnałów dźwiękowych

Złącze umożliwiające osadzenie karty na płycie głównej

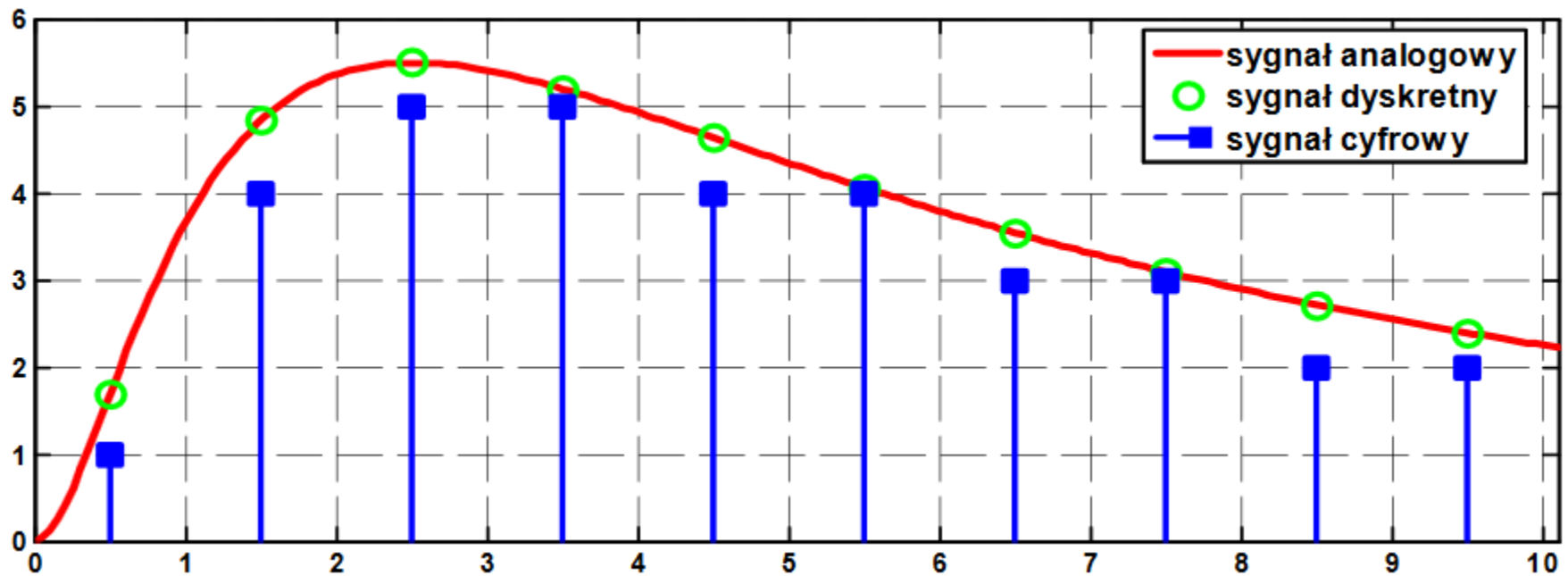
## Karta dźwiękowa

---

- **Sygnal analogowy** – sygnał, który może przyjmować dowolną wartość z ciągłego przedziału (nieskończonego lub ograniczonego zakresem zmienności).
- Jego wartości mogą zostać określone w każdej chwili czasu, dzięki funkcji matematycznej opisującej dany sygnał.
- Przeciwnościem sygnału analogowego jest sygnał skwantowany, nazywany również dyskretnym (w szczególności: cyfrowym).

# Karta dźwiękowa

- Dyskretyzacja(próbkowanie) + kwantyzacja => sygnał cyfrowy



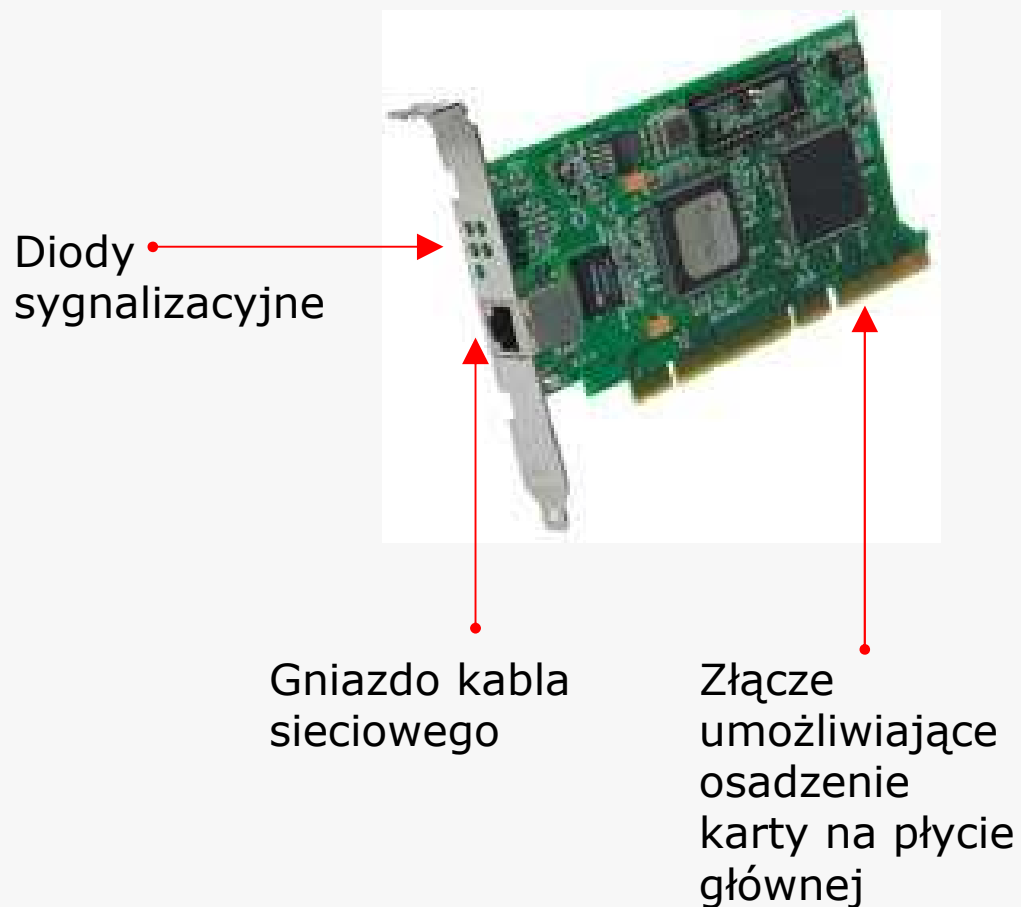
## Karta dźwiękowa

---

- Podstawowym parametrem karty dźwiękowej jest **częstotliwość próbkowania** (sampling rate), która określa, ile razy w czasie sekundy są wysyłane lub pobierane dane sygnału dźwiękowego
- Im wyższa jest częstotliwość próbkowania, tym wyższa jakość nagrywanego dźwięku

# Karta sieciowa

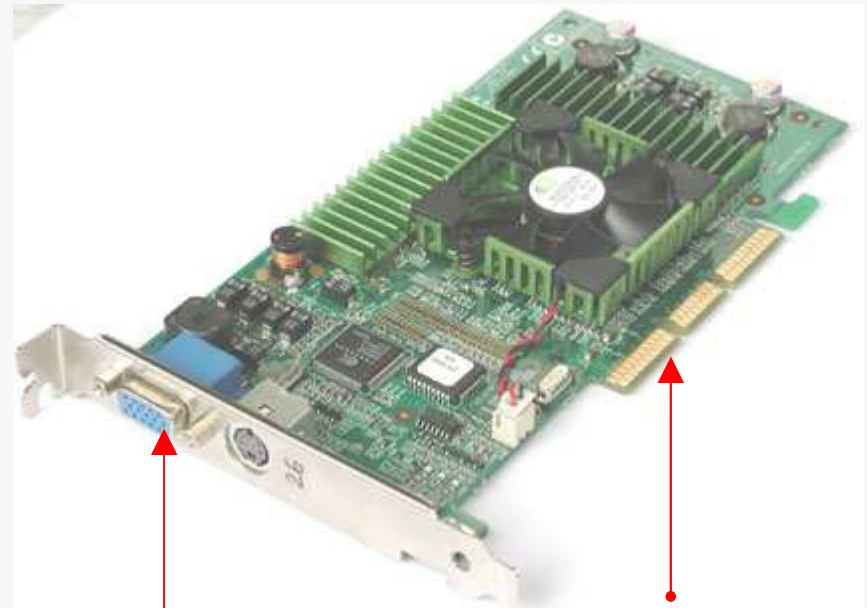
- sterownik umożliwiający komunikację procesora z siecią komputerową (połączenie kablowe, radiowe)
- najważniejszym parametrem karty sieciowej jest jej **prędkość transmisji**, czyli liczba bitów przesyłanych na sekundę





## Karta grafiki

- sterownik przetwarzający obraz cyfrowy generowany przez procesor na sygnał „zrozumiały” dla monitora (może to być sygnał: analogowy lub cyfrowy)



Gniazdo  
podłączenia  
monitora

Złącze  
umożliwiające  
osadzenie karty  
na płycie  
głównej

## Karta grafiki

---

- W pamięci karty przechowywana jest informacja niezbędna do utworzenia obrazu. Każdy punkt obrazu (piksel) opisany jest słowem w pamięci
- Podstawowym parametrem każdej karty grafiki jest **rozmiar (pojemność) jej pamięci** wyrażony liczbą słów i długością słowa
- Im dłuższe jest to słowo, tym więcej stanów (np. kolorów) danego punktu można pamiętać
- Dlatego też, w zależności od rozmiaru pamięci na karcie, różna może być tzw. paleta kolorów (color palette), w jakiej obraz jest wyświetlany na ekranie

---

# **URZĄDZENIA ZEWNĘTRZNE -PAMIĘCI ZEWNĘTRZNE**

## Pamięci zewnętrzne

---

- **Pamięci zewnętrzne** – pamięci masowe, takie jak twardy dysk, dyskietki, CD, DVD, pen-drive, do trwałego przechowywania olbrzymich ilości informacji potrzebnych do realizacji przez komputer różnych zadań
- Ze względu na zjawiska fizyczne wykorzystywane do pamiętania informacji, pamięci zewn. możemy podzielić na:
  - **magnetyczne** (dyski twarde, elastyczne – dyskietki)
  - **optyczne** (CD, DVD, Blu-ray)
  - **elektroniczne** (Flash)

## Dysk twardy

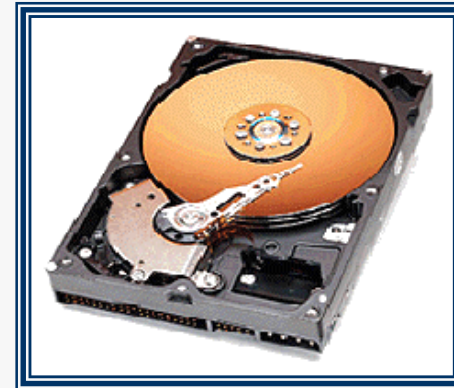
---

- **Dysk twardy, dysk stały** (*ang. hard disk*), pamięć dyskowa, w której nośnik magnetyczny jest nałożony bardzo cienką warstwą (kilka  $\mu\text{m}$ ) na niewymienną, sztywną płytę zwaną talerzem (lub zespół płyt na jednej osi), zamkniętą w hermetycznej obudowie. Pozwala na zapisywanie danych na stałe, bez ich utraty po odłączeniu zasilania



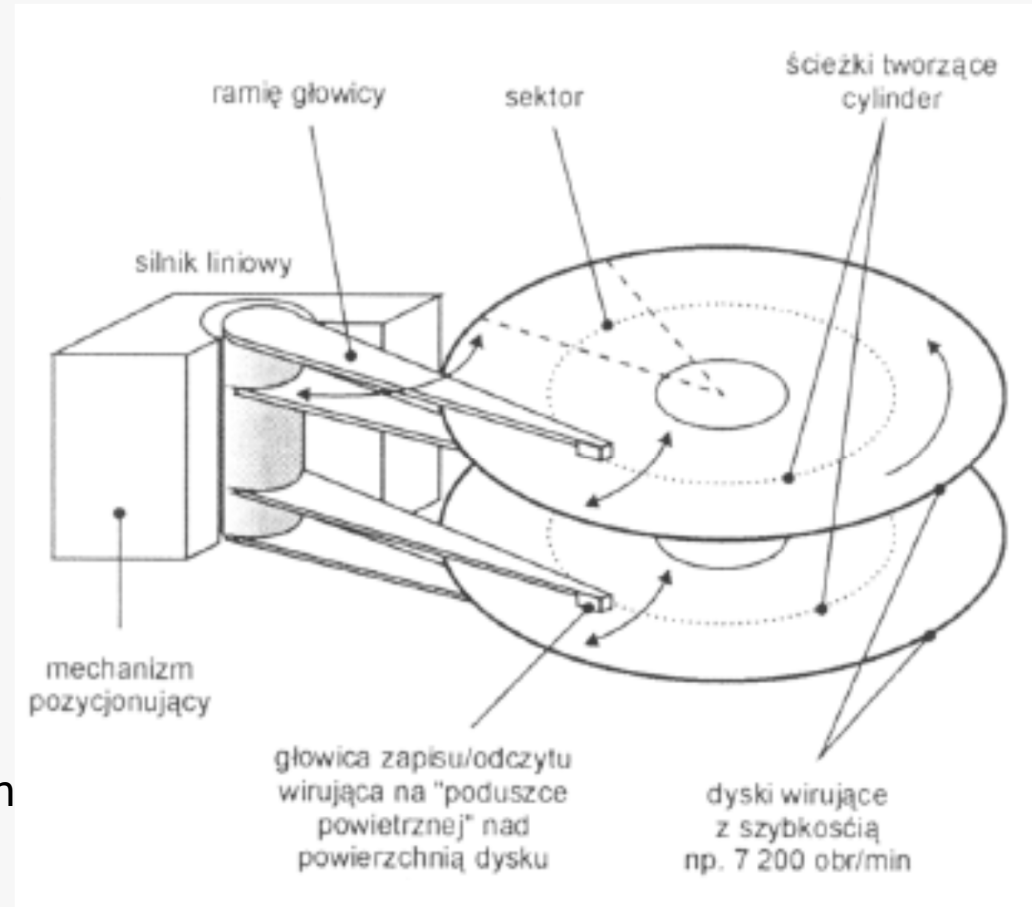
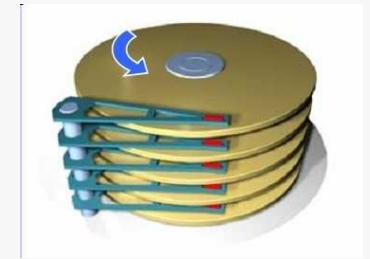
# Dysk twardy

- Nazwa twardy dysk powstała w celu odróżnienia tego typu urządzeń od tzw. miękkich dysków, czyli dyskietek (floppy disk), w których nośnik magnetyczny naniesiono na elastyczne podłoże, a nie jak w dysku twardym na sztywne
- Pierwowzorem twardego dysku jest pamięć bębnowa.
- Pierwsze dyski twarde takie, jak dzisiaj znamy, wyprodukowała w latach 70 firma IBM (seria o nazwie Winchester)



# Dysk twardy

- do każdego talerza jest głowica magnetyczna osadzona na ramieniu,
- głowica porusza się nad warstwą nośnika, nie dotykając płyty
- wszystkie głowice osadzone na tej samej osi
- liczba talerzy zależy od wykonania HD
- talerze wirują z dużą prędkością
- głowice wraz z ramionami poddawane dużym przeciążeniom - jedno ze źródeł hałasu



## Coraz mniejsze i bardziej pojemne dyski twarde

---

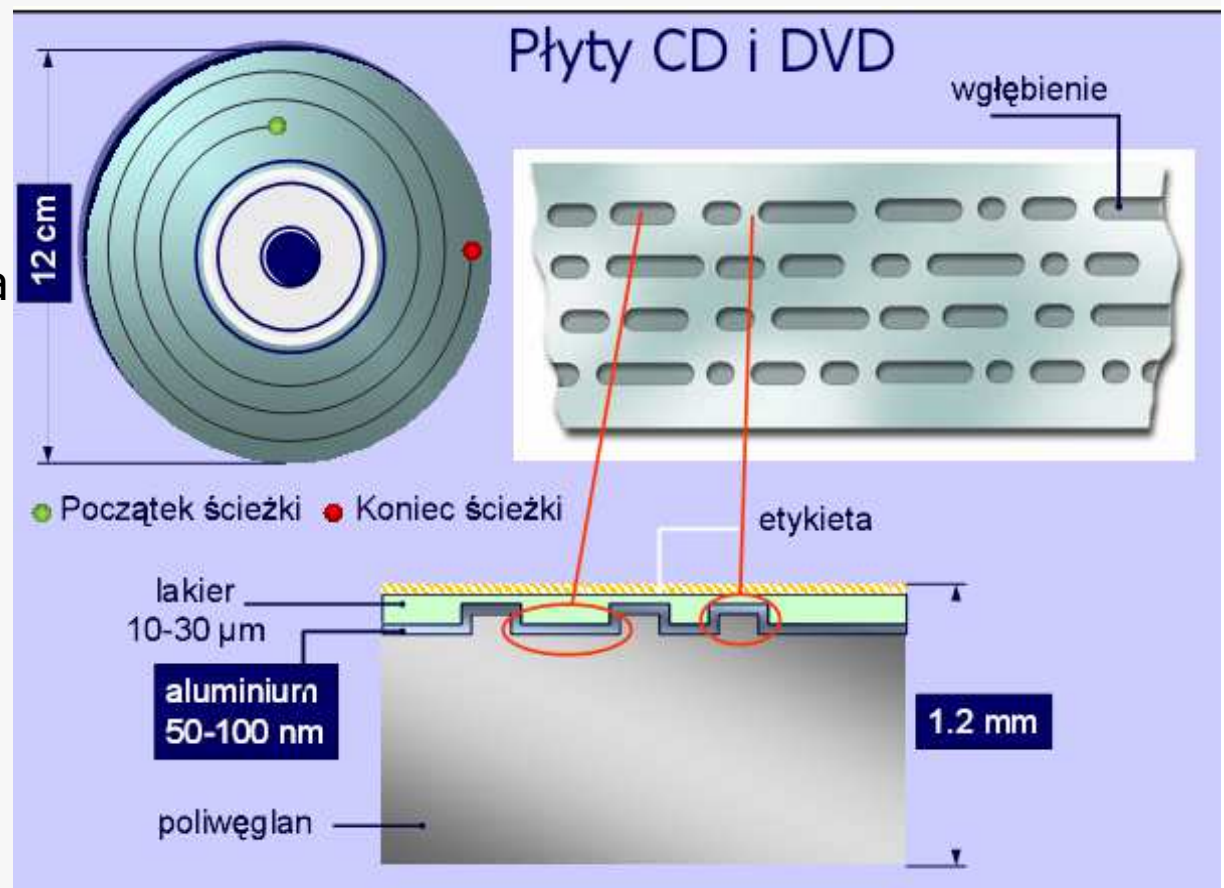
Toshiba ok. 2 cm 4 GB





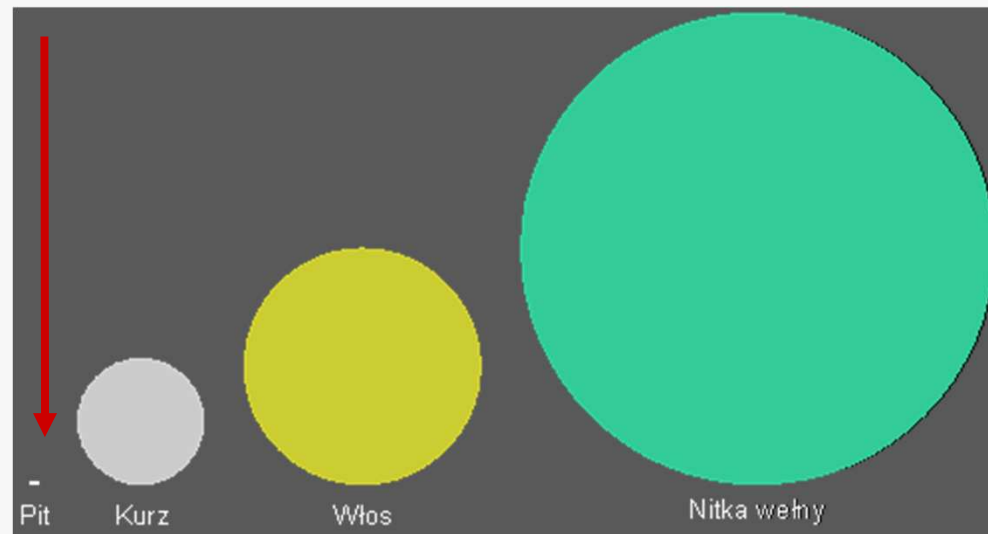
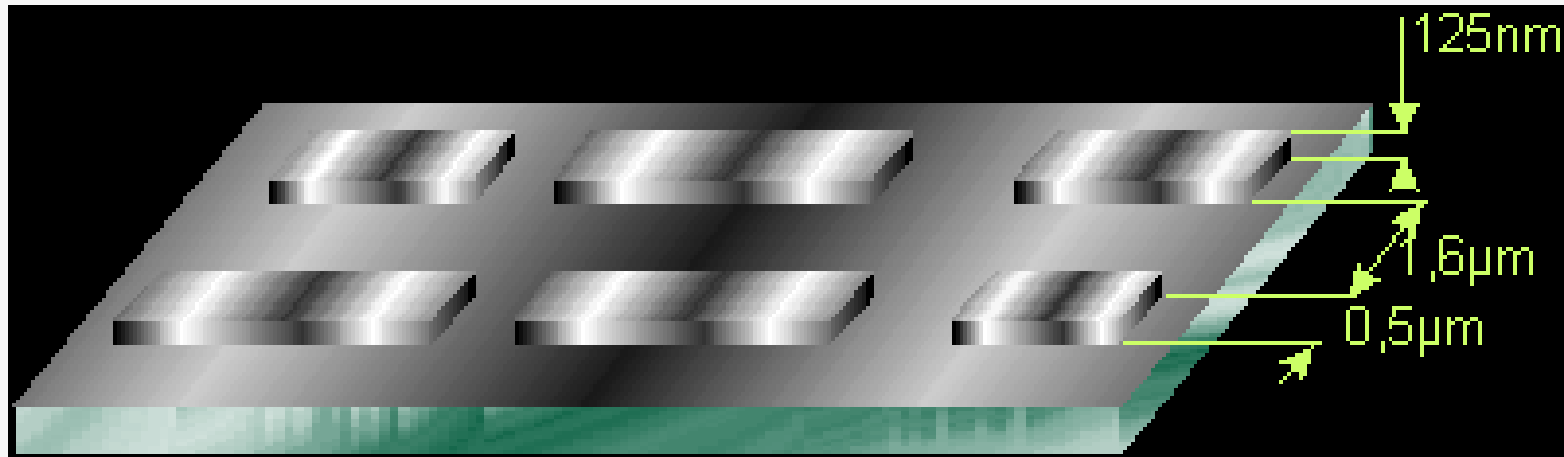
# Płyta CD-ROM

- **CD-ROM** (Compact Disc-Read Only Memory, Philips 1985)
- płyta CD-ROM jest poliwęglanowym krążkiem o średnicy 120 mm, w środku znajduje się otwór o średnicy 15mm
- w warstwie aluminium wytłoczona jest fabrycznie koncentrycznie ścieżka o długości ok. 6000 m i szerokości 0,4  $\mu\text{m}$
- wgłębienia są wytłoczone mechanicznie



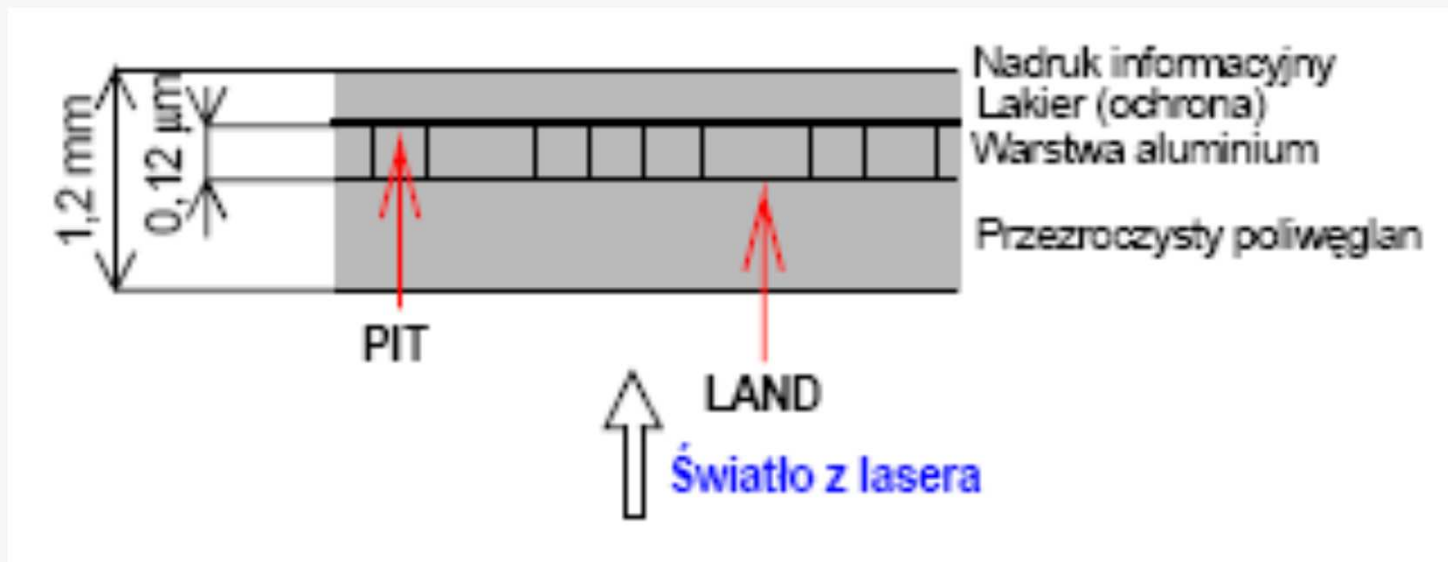
# Płyta CD-ROM

- Jaka jest wielkość wgłębień (pit'ów) na płycie CD?



## Odczytywanie płyt CD-ROM

- promień lasera odbija się od warstwy aluminium znajdującego się pod warstwą z danymi
- gdy laser trafi na zagłębienie (pit), jego promień jest rozpraszany
- jeżeli trafi na obszar płaski (land), promień odbitego światła trafia do komórki fotoelektrycznej



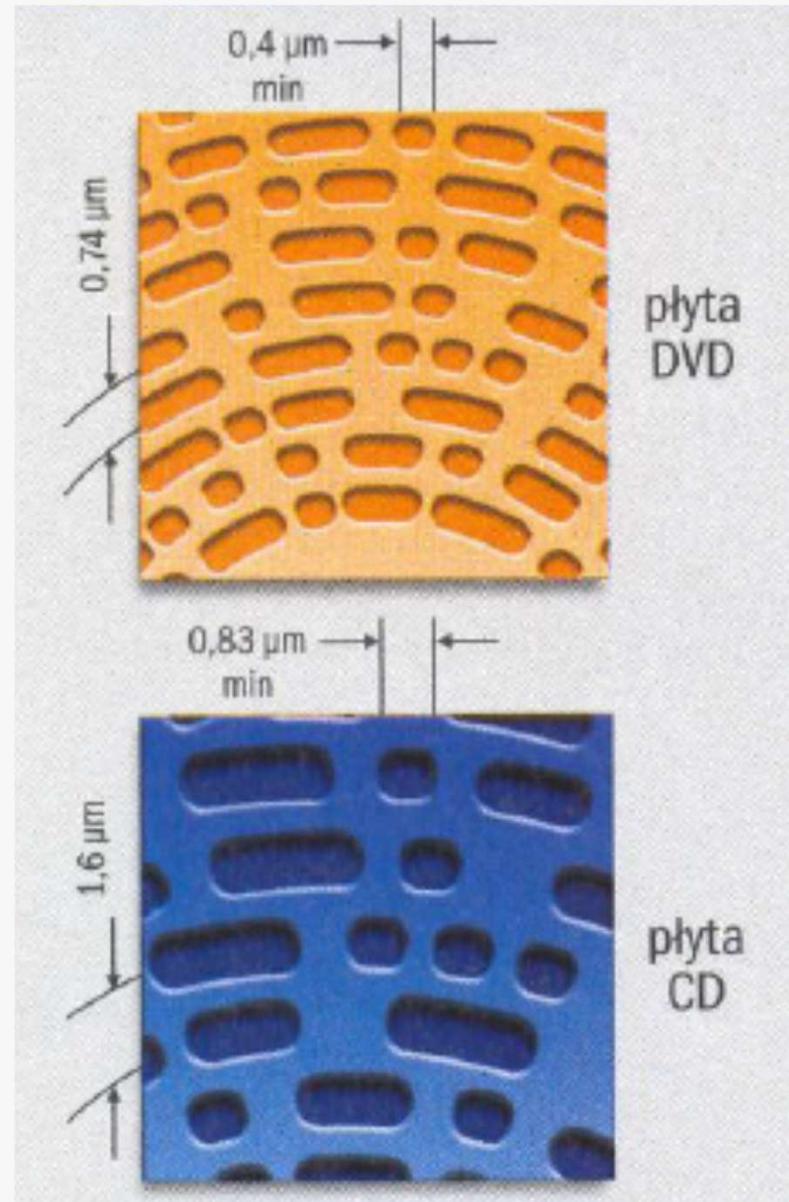
## Inne rodzaje płyt CD

---

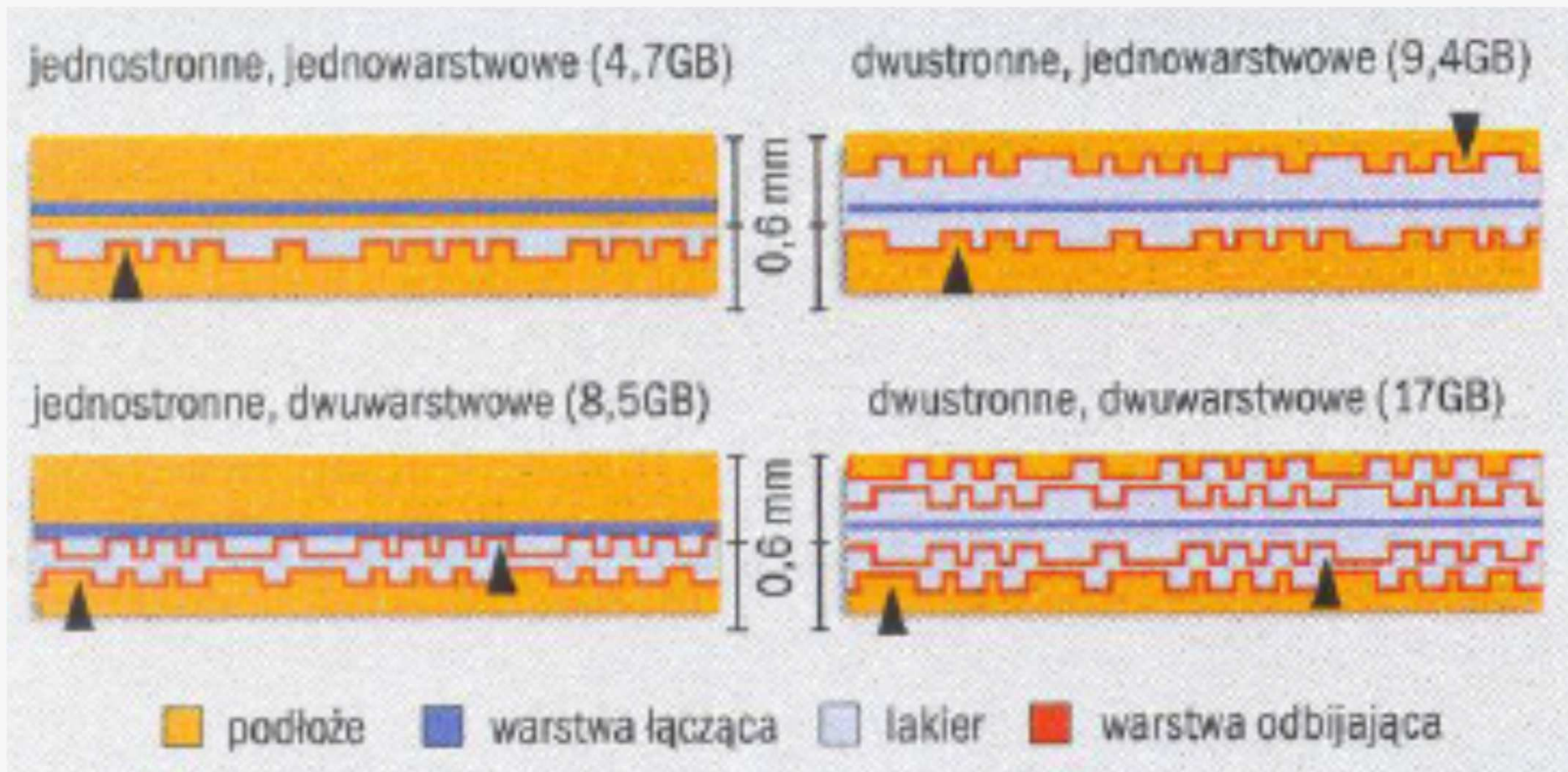
- **CD-R** (Compact Disk – Recordable, 1989)
  - Płyta do jednokrotnego zapisu. Zamiast warstwy aluminium zastosowano trwały barwnik ftalocyjanowy, zmieniający właściwości optyczne pod wpływem wiązki światła laserowego (barwnik przezroczysty – pit, mętny – land)
- **CD-RW** (Compact Disk – ReWritable, 1997)
  - Płyta do wielokrotnego zapisu – warstwa aluminium została zastąpiona warstwą złożonego stopu, posiadającego właściwości morfizacji i rekrytalizacji pod wpływem ciepła wydzielanego przez promień światła laserowego

## DVD a CD

- **DVD** (Digital Video Disc lub Digital Versatile Disc, 1995)
- różnica między płytami DVD i CD polega na znacznie mniejszych odstępach pomiędzy ścieżkami oraz na mniejszych minimalnych rozmiarach wgłębień (pitów) wypalanych laserem przy zapisie



# Przekrój wzdłuż ścieżki na DVD



## Płyty CD i DVD - porównanie

---

- CD-ROM – tylko do odczytu, poj. ok. 700 MB.
- CD-R – jednokrotnie zapisywalne, poj. ok. 700 MB
- CD-RW – zapisywalne, poj. do 800 MB
- DVD-R – 4,7 GB/strona
- DVD-RW – 4,7 GB/strona (zapisywalne)
- DVD – duża gęstość zapisu, dwuwarstwowe (9,4 GB), dwuwarstwowe dwustronne (17,1 GB)
  
- Prędkość odczytu CD – wielokrotność 150 KB/s (pierwsze napędy), np. 32x ->  $32 * 150 \text{ KB/s}$  (4,8MB/s)
- Prędkość odczytu DVD – wielokrotność 1350 KB/s, np. 16x ->  $16 * 1350 \text{ KB/s}$  -> 21600 KB/S (21,09 MB/s)

## Następcy DVD

---

- **HD-DVD**: High-Definition (DVD wysokiej rozdzielczości), pojemność do 15/30 GB (przewiduje się do 45 GB)
  - wersje: HD-DVD-ROM, HD-DVD-R
- **Blu-Ray Disc**: generacja wykorzystująca laser niebieski (długość fali światła laserowego krótsza niż tradycyjnego lasera czerwonego stosowanego w DVD, stąd większa gęstość zapisu)
  - pojemność: 27/54 GB (przewiduje się do 100 GB, co ma umożliwić zapis 8 godzin filmu)



## Pamięci elektroniczne - półprzewodnikowe

---

- **Solid State disk** (pamięć **flash**) – urządzenie służące do przechowywania danych zbudowane w oparciu o masową pamięć półprzewodnikową
- podstawową zaletą SSD jest brak ruchomych części
- dodatkowo zdecydowanie krótszy czas dostępu do danych (kilkadziesiąt razy), cicha praca oraz o wiele większa odporność na uszkodzenia mechaniczne (powodowane np. upadkiem z wysokości)

# Solid State Disk



Traditional hard disk drive



Solid state hard drive



# Karty pamięci SSD

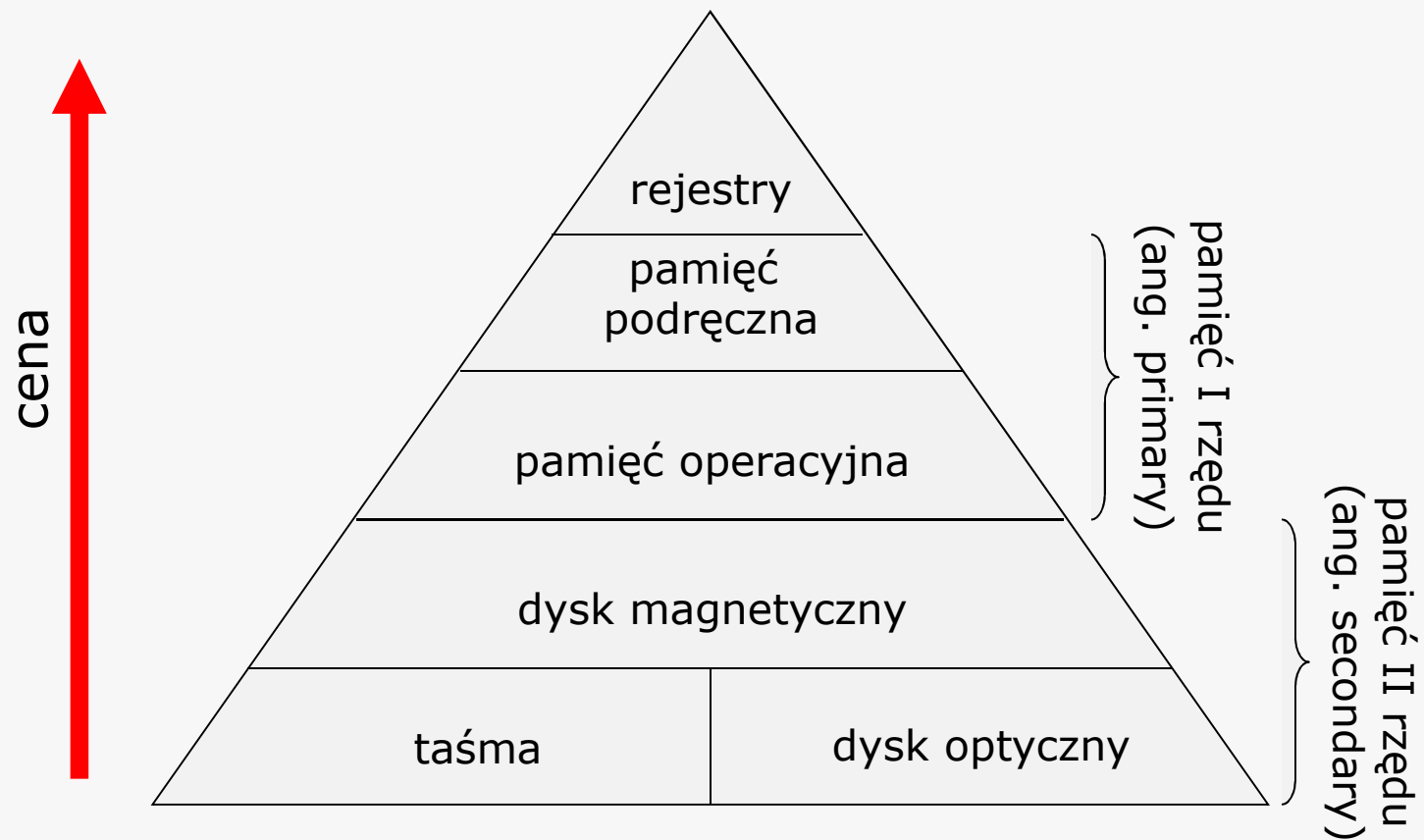


## Hierarchia pamięci

---

- Istnieją wzajemne zależności pomiędzy parametrami pamięci: kosztem, pojemnością i czasem dostępu:
  - mniejszy czas dostępu - większy koszt na bit
  - większa pojemność - mniejszy koszt na bit
  - większa pojemność - dłuższy czas dostępu
- W systemach komputerowych nie stosuje się jednego typu pamięci, ale **hierarchię pamięci**

# Hierarchia pamięci



## Hierarchia pamięci

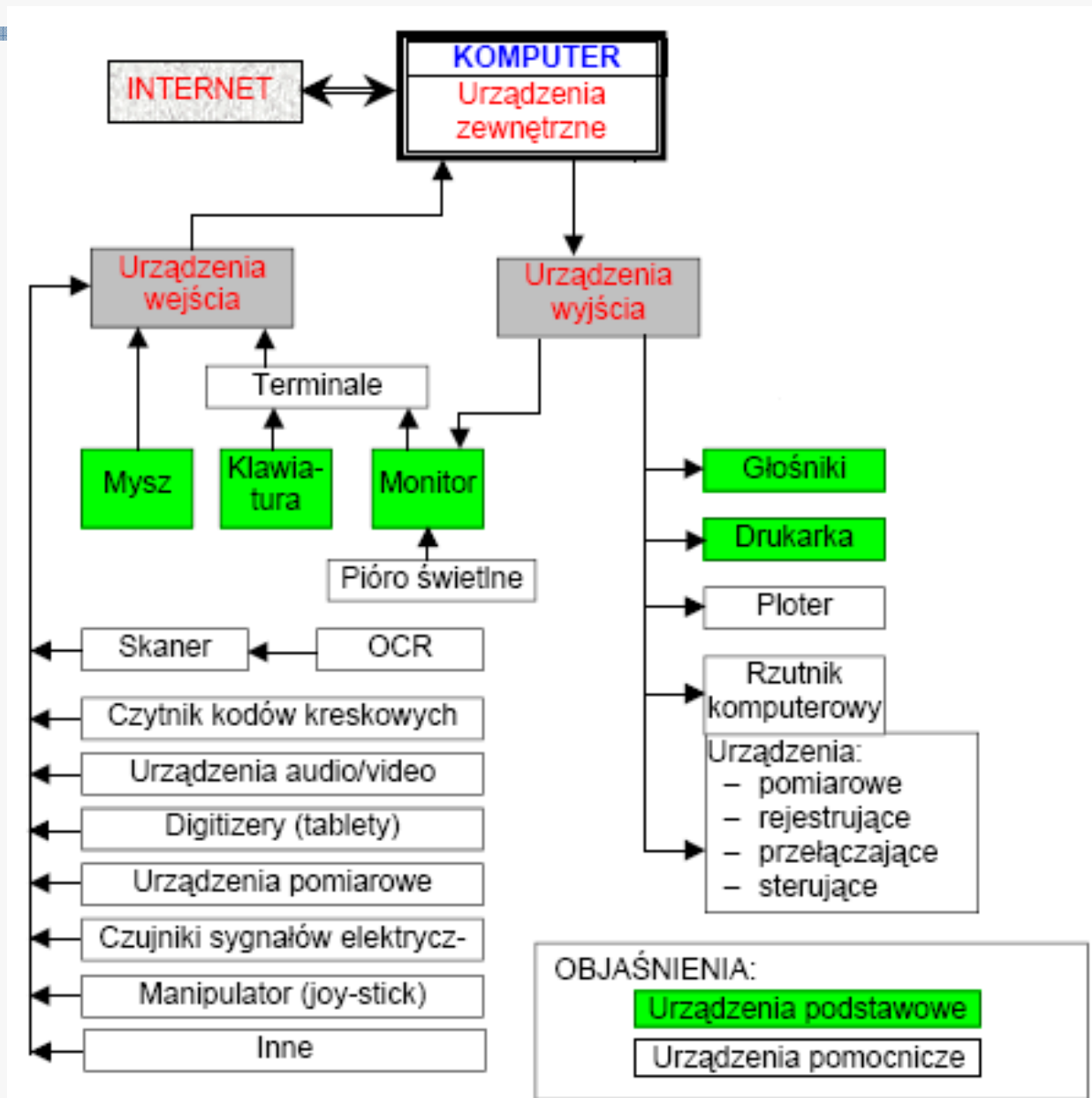
---

- Rozpatrując hierarchię od góry do dołu obserwujemy zjawiska:
  - malejący koszt na bit
  - rosnącą pojemność
  - rosnący czas dostępu
  - malejącą częstotliwość dostępu do pamięci przez procesor

---

**URZĄDZENIA ZEWNĘTRZNE  
-INNE URZĄDZENIA ZEWN.**

# Urządzenia zewnętrzne





# Monitory

---

- Monitor jest podłączony do karty graficznej
- Jego zadaniem jest wyświetlanie obrazów (tekstu) będących wynikiem pracy komputera
- Podstawowym parametrem monitora jest **wielkość jego ekranu**, określana przez długość przekątnej
- Oglądany przez nas na ekranie ruchomy bądź nieruchomy obraz składa się z wyświetlanych wiersz po wierszu pojedynczych "klatek", które są emitowane wiele razy w ciągu sekundy
- Ze względu na różnice w sposobie wyświetlania (m.in. chodzi o zwiększoną jasność) nowoczesne monitory **odświeżają ekran z częstotliwością od 60 herców** (dopiero dzięki temu mogą zapewnić stabilny obraz)

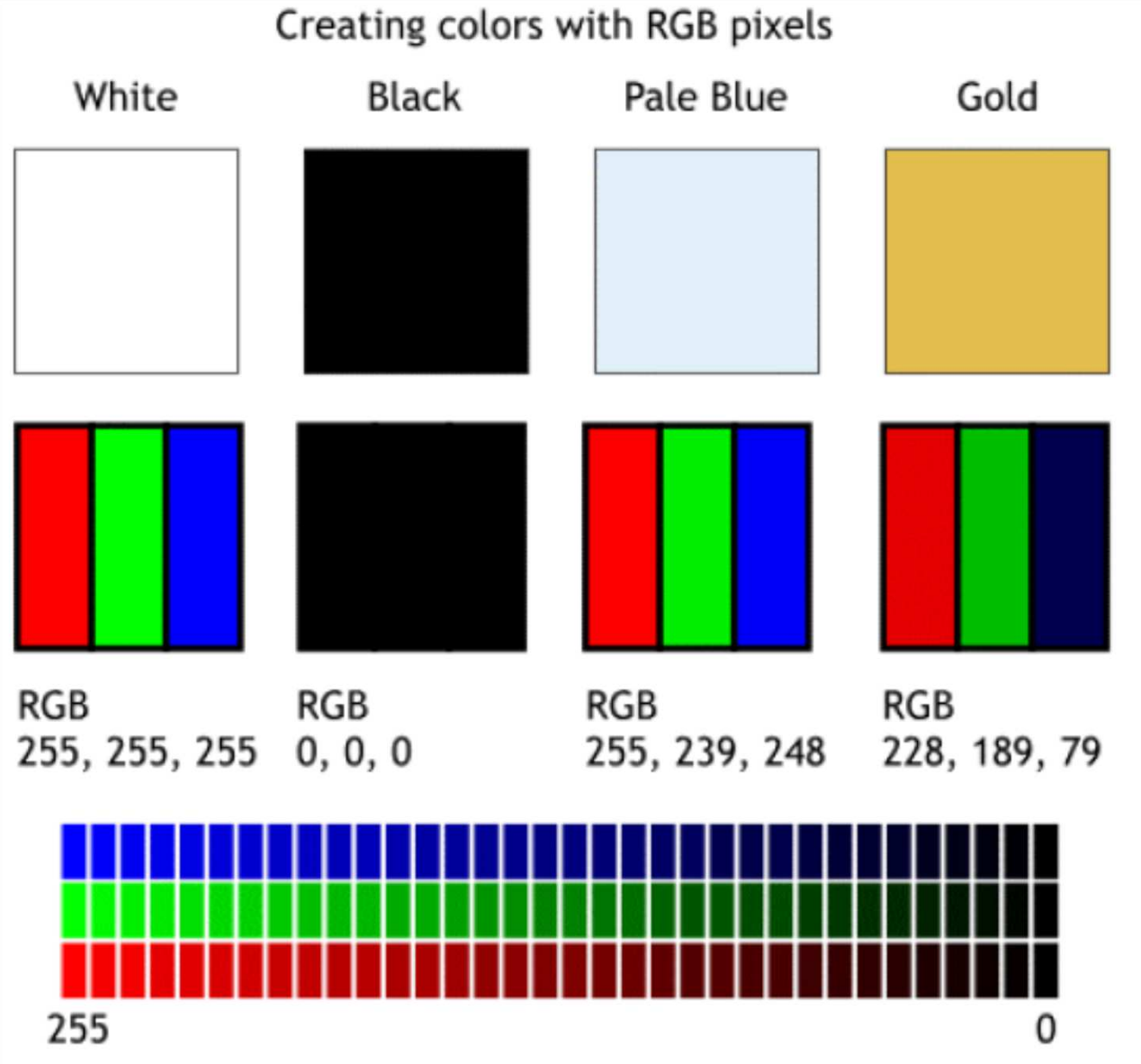


## Monitory – model barw

---

- Przedstawianie barw na ekranie monitora: **standard RGB**, w którym trzy podstawowe kolory (**R**ed, **G**reen, **B**lue) mieszane w różnych proporcjach dają dowolną barwę
- Standard RGB daje następujące możliwości:
  - kolor 16-bitowy (R – 6 bitów, G i B – po 5 bitów, razem 16 bitów),  $2^{16} = 65\,536$  kolorów
  - kolor 24-bitowy (3 razy po 8 bitów),  $2^{24} = 16\,777\,216$  kolorów
  - kolor 32-bitowy, True Color – dodatkowe 8 bitów wykorzystywane jest do zwiększenia szybkości przesyłania obrazów
- Paleta kolorów – zbiór wszystkich możliwych do wyświetlenia kolorów, ale ludzkie oko ma ograniczone możliwości ich odbioru

# Monitory – model barw



# Drukarka

---

- Drukarka to urządzenie, które pobiera dane z komputera i drukuje je na papierze lub folii
- Trzy najpopularniejsze typy drukarek to:
  - igłowe
  - atramentowe
  - laserowe
- Podstawowym parametrem drukarki jest rozdzielczość wydruku



## Rozdzielczość wydruku

---

- DPI (dots per inch) – liczba punktów na długości 1 cala (1 cal = 2,54 cm)
- Im większa wartość liczbowa DPI, tym obraz jest wyraźniejszy i lepiej nasycony barwami (stopień ostrości obrazu)
  - drukarki atramentowe – 300-1200 dpi
  - drukarki laserowe – 600-2400 dpi
  - skanery – do 2400-4800 dpi
  - monitor komputerowy – do 100 dpi

## Drukarka – model barw

---

- **CMY** – błękit (cyan), purpura (magenta), żółty (yellow) → odwrócony schemat RGB
- Ponieważ mieszanie barw CMY nie daje pełnej czerni, zestaw ten uzupełniono o czerń **K** → **CMYK** (dla drukarki kolor czarny jest kolorem podstawowym)

# RGB vs CMYK

## i Modele barwne

Na podświetlonym od tyłu ekranie barwy powstają w wyniku sumowania kolorów podstawowych: czerwonego, zielonego i niebieskiego (model RGB). W czasie drukowania wykorzystywany jest model CMYK, w którym kolory uzyskujemy w wyniku odejmowania od bieli kolorów: cyjanu, magenty, żółtego (yellow) i czarnego (black). Warto wiedzieć, że odblaskowe barwy nigdy nie wyglądają tak samo na wydruku jak na ekranie monitora.

Model addytywny RGB



**RGB:** na czarnym ekranie monitora barwy powstają w wyniku dodawania się kolorów czerwonego, zielonego i niebieskiego, dających w sumie biel.

Model substraktywny CMYK



**CMYK:** kolorowe obrazy na wydrukach powstają poprzez odejmowanie od bieli papieru kolejnych części widma aż do uzyskania czerni.

## Drukarka – model barw

---

- Konflikt: ludzkie oko – monitor - drukarka
- **ludzkie oko** – ograniczone możliwości odbioru barw
- **Monitor** – tworzenie barw RGB na drodze elektronicznej
- **Drukarka** – tworzenie barw CMYK na drodze mechanicznej
- Dla uzyskania profesjonalnych efektów wymagana jest kalibracja kolorów na linii skaner – monitor – drukarka



## Skanery

---

- urządzenie optyczno-mechaniczne przetwarzające obrazy (zdjęcia) i teksty w formę cyfrową, zrozumiałą dla komputera i możliwą do dalszej komputerowej obróbki (zasada działania jest podobna do działania kserokopiarki)
- do skanera może być dołączone specjalistyczne oprogramowanie **OCR (Optical Character Recognition)**, umożliwiające zamianę zeskanowanego tekstu w plik, który można obrabiać i edytować (programy Recognita, FineReader)
- podłączanie skanera – porty USB

# Skanery

- Skanery ręczne (czytniki kodów kreskowych) – handel
- Skanery płaskie – skanowanie obrazów, klisz i tekstów
- Skanery bębnowe – zastosowania profesjonalne



Skaner ręczny



Skaner biurowy



Skaner bębnowy

# Klawiatura

- urządzenie wejścia, umożliwiające wprowadzanie danych do komputera



# Klawiatura

---

- Połączenie klawiatury z komputerem:
  - łącze szeregowe
  - podczerwień (IrDA)
  - fale radiowe (Bluetooth – nadajnik + odbiornik podłączony do komputera za pomocą portu USB)

# Klawiatura

- Podstawowy układ klawiszy – QWERTY



- Typewriter keys
- Function keys
- Enter keys
- Windows keys
- Numeric keypad
- Other
- Application key
- Cursor control keys

# Klawiatura

- Układ klawiszy – **AZERTY** (francuska i belgijska)



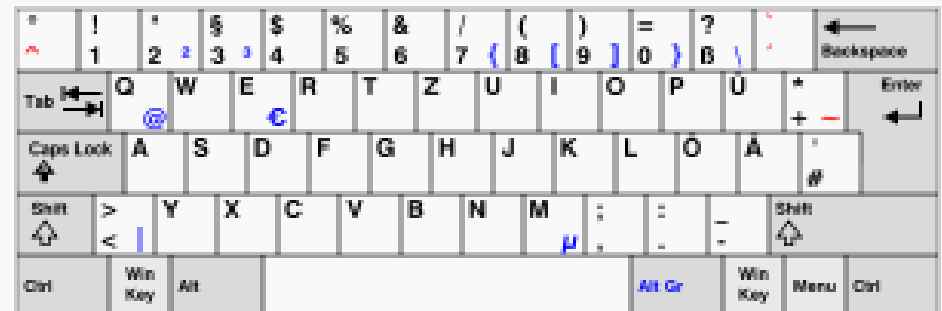
Belgijski układ klawiatury

# Klawiatura

- Układ klawiszy – **QWERTZ** (Niemcy, Czechy, Węgry, Austria, Słowacja, Szwajcaria, w Polsce jako klawiatura maszynistki)



Polska klawiatura QWERTZ zgodna z PN87.



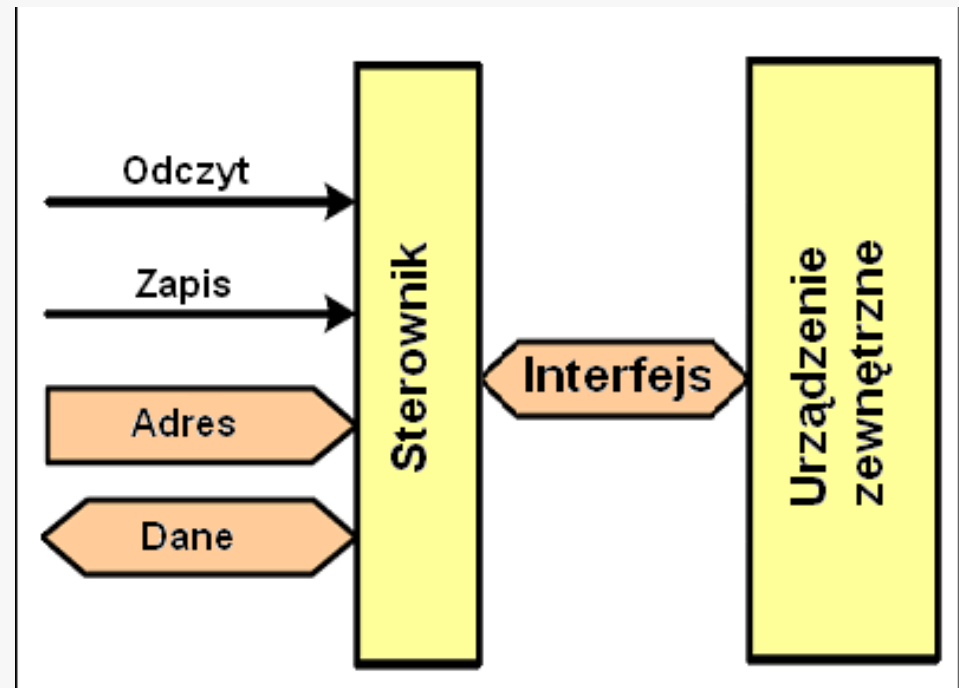
Klawiatura QWERTZ używana w Niemczech i Austrii.



Węgierska odmiana klawiatury QWERTZ.

## Interfejsy (porty)

- złącza umożliwiające komunikację procesora z urządzeniem zewnętrznym poprzez sterownik
- typy interfejsów:
  - **transmisja szeregową**, bit po bicie pojedynczą linią
  - **transmisja równoległa**, kilka bitów jednocześnie, kilkoma liniami





## Przykładowe interfejsy

---

- **Porty szeregowo** RS-232, oznaczone COM (mysz, modem), PS/2 (mysz, klawiatura), USB (do 127 urządzeń)
- **Porty równoległe** Centronics, oznaczone LPT (drukarka, skaner)
- **Porty FireWire** (standard IEEE-1394) do DVD, kamer cyfrowych
- **Porty podczerwieni IrDA**, szeregowo, najczęściej w komputerach przenośnych
- **Porty radiowe bluetooth**, zasięg 10 – 100 m

---

# **KOMPUTERY WCZORAJ I DZIŚ**

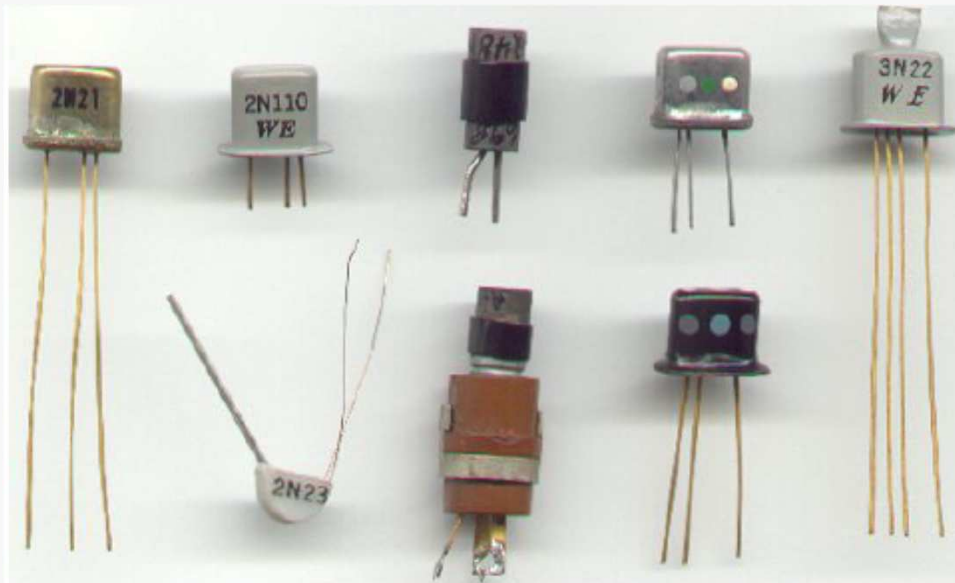
# Komputery wczoraj i dziś

- Lampy elektronowe (1935 - 1960)



# Komputery wczoraj i dziś

- Tranzystory (1950 - 1960)

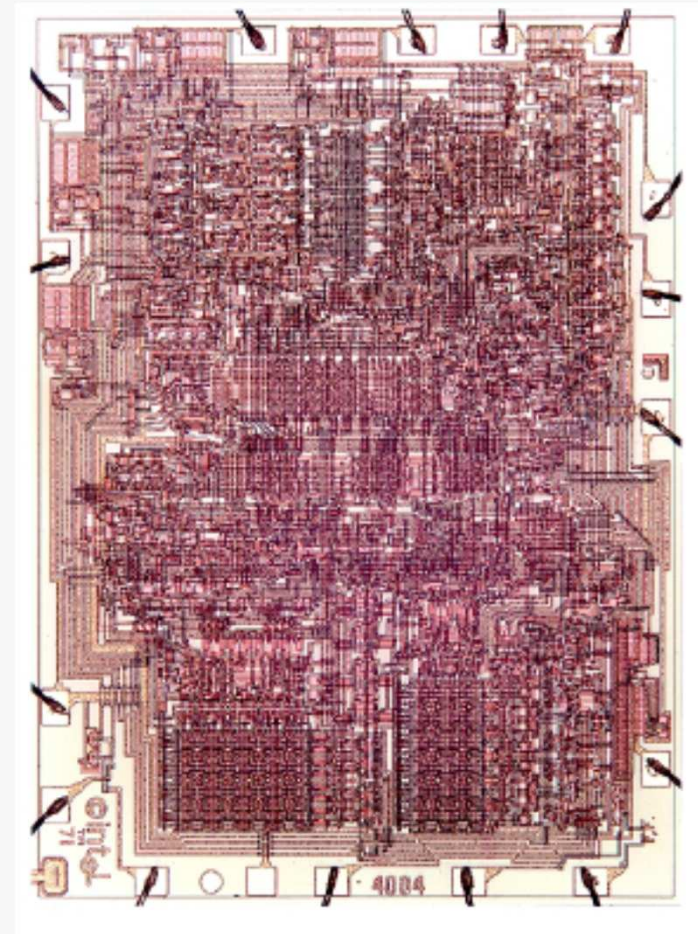
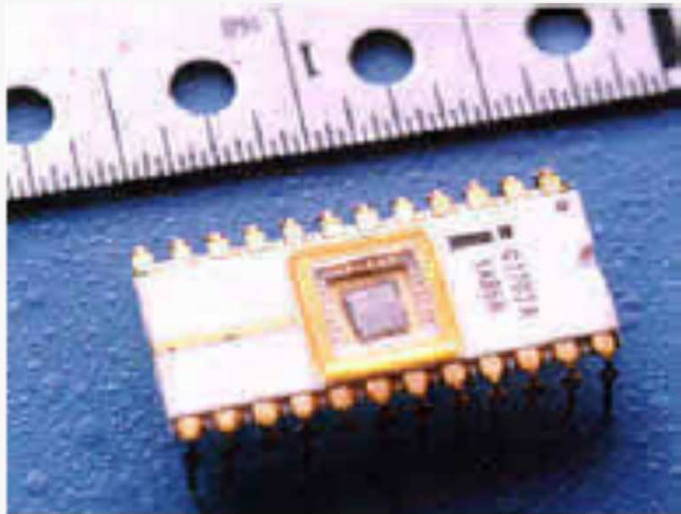


Prototyp tranzystora Bell Labs,  
USA, 1947

# Komputery wczoraj i dziś

- Układy scalone

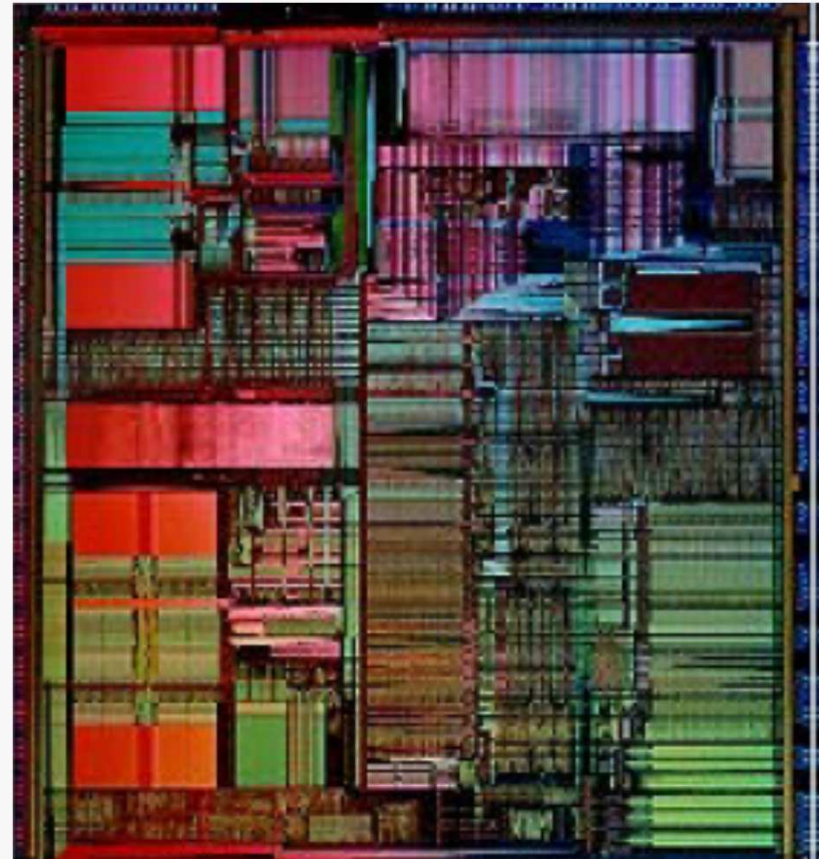
Układ scalony INTEL 4004, 1971  
2300 tranzystorów,  
pow. 3x4mm, 4 bity



# Komputery wczoraj i dziś

- Układy scalone

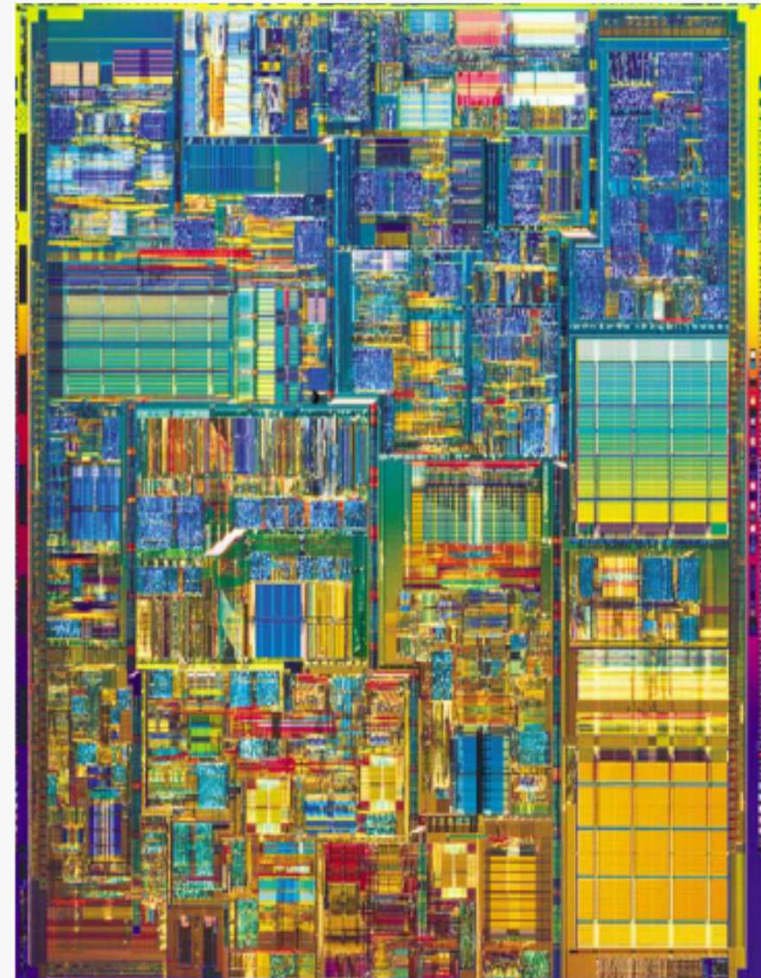
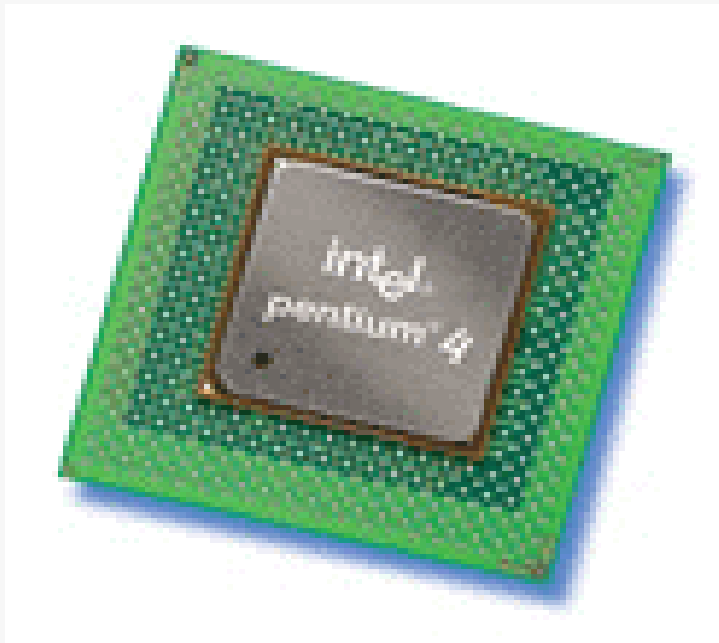
PENTIUM, 1993  
3,2 mln. tranzystorów,  
60-200 MHz



# Komputery wczoraj i dziś

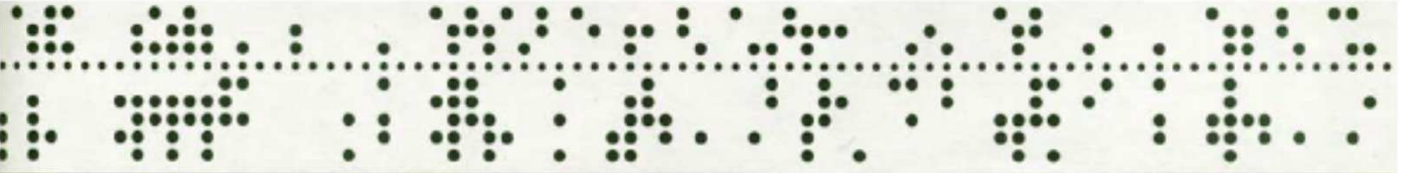
- Układy scalone

Pentium 4, 2000  
55 mln. tranzystorów, 3 GHz

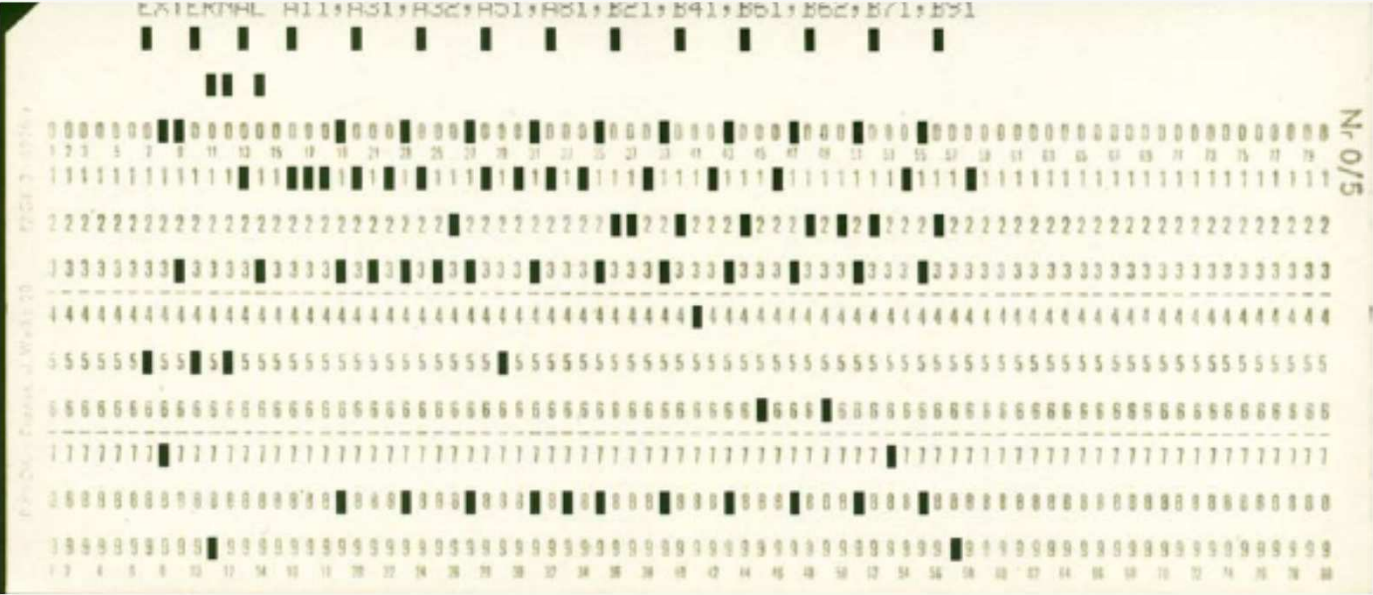


# Komputery wczoraj i dziś

- Taśma perforowana



- Karta perforowana



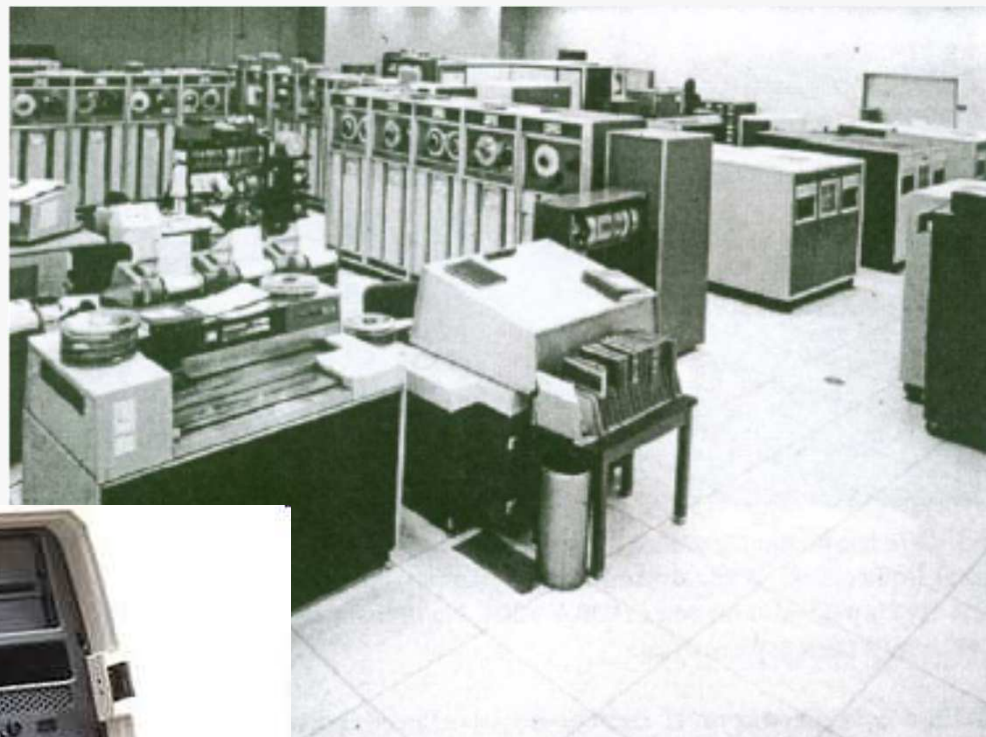


# Komputery wczoraj i dziś

Eniac 1946



System komputerowy 1960-1970



Osborne 1 1981

# Ciekawostki

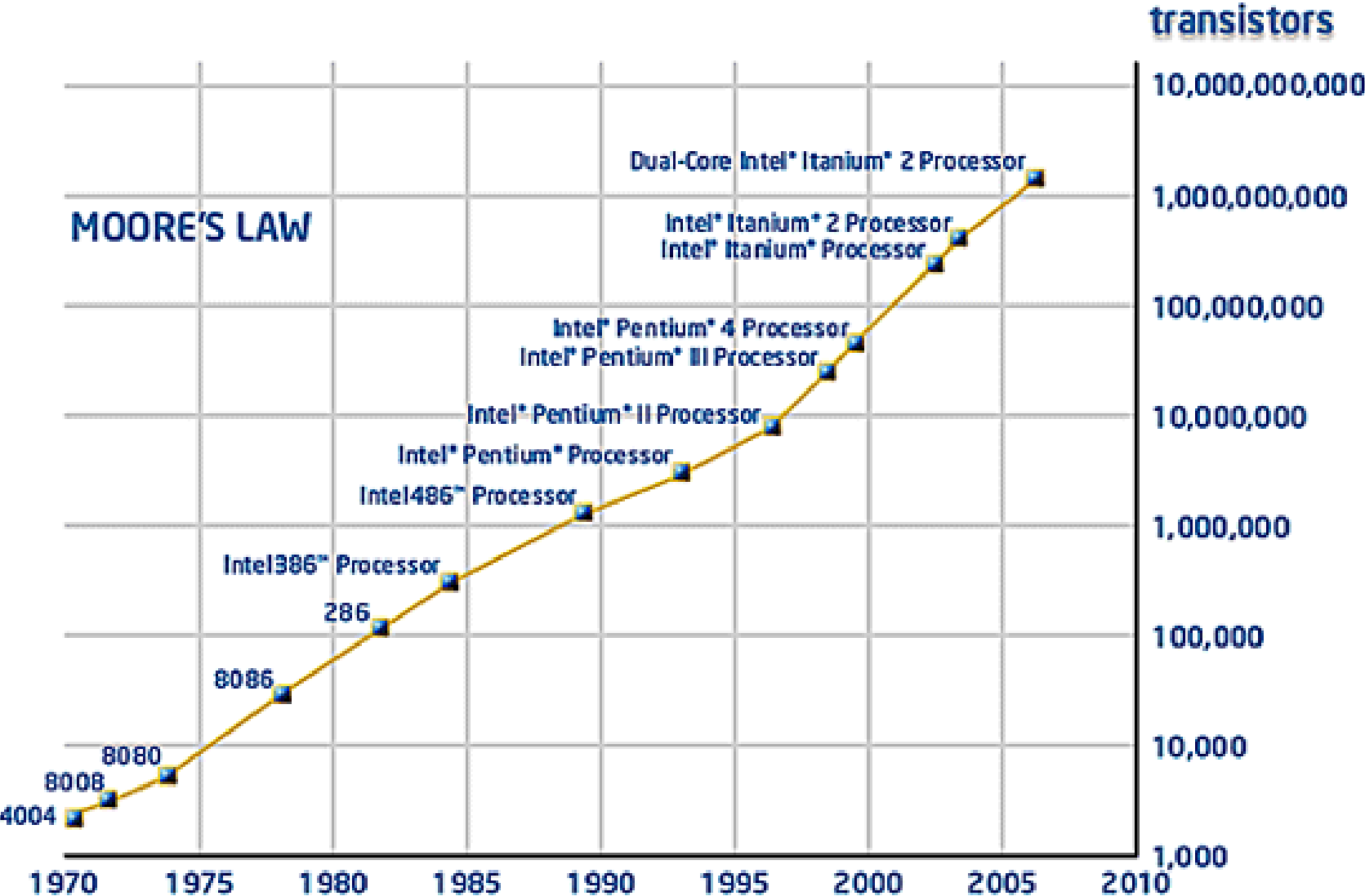


## Prawo Moore'a

---

- W 1965 roku Gordon Moore, współzałożyciel firmy Intel, wyraził hipotezę dotyczącą rozwoju technologii produkcji układów elektronicznych
- Główne założenia Moore'a:
  - podwojenie ilości tranzystorów w układzie scalonym co dwa lata
  - podwojenie mocy obliczeniowej procesora co 1,5 roku
  - czterokrotne zwiększenie ilości pamięci komputera co 3 lata
  - podwojenie wydajności pamięci operacyjnej co 10 lat
  - podwojenie wydajności kompletnego komputera w stosunku do jego ceny w okresie krótszym niż dwa lata

# Prawo Moore'a



## Literatura

---

- Metzger P., *Anatomia PC*. Wydanie XI, 2007/09
- Stallings W., *Organizacja i architektura systemu komputerowego. Projektowanie systemu a jego wydajność*. WNT, Warszawa, 2000
- Skorupski P., *Podstawy budowy i działania komputerów*, WKiŁ, Warszawa 1997
- Norton P., *W sercu PC*, Helion, Gliwice 1995
- Null L., Lobur J., *Struktura organizacyjna i architektura systemów komputerowych*, Helion, 2004