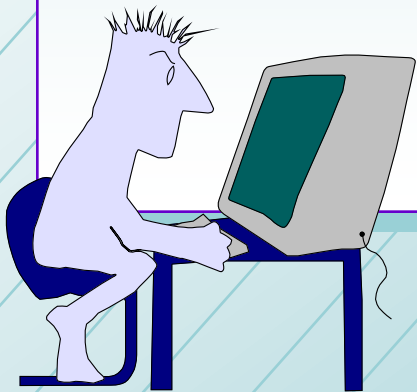


SYSTEMY LICZBOWE ***BUDOWA KOMPUTERA***

Instytut Informatyki Stosowanej
POLITECHNIKA ŁÓDZKA



dr inż. Zdzisława Rowińska

Instytut Informatyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej
90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 18/22, pok. 314

tel. (42) 631-27-50 wew. 314

e-mail: zrow@kis.p.lodz.pl

Godziny przyjęć:

poniedziałek godz. 12-13, wtorek 10-11,

niedziela, godz. 17-18

Plan wykładu

1. Podstawowe pojęcia informatyki.
2. Przetwarzanie danych w komputerze, uruchamianie programów, interpretacja i kompilacja.
3. Systemy liczbowe. System binarny, podstawy arytmetyki binarnej.
4. Wprowadzenie do teorii algorytmów.
5. Budowa i działanie komputera osobistego.
6. Oprogramowanie komputerów osobistych.
7. Wprowadzenie do sieci komputerowych.

Plan laboratorium

Praca w systemie operacyjnym Windows

1. Systemy liczbowe.
2. Obsługa zbiorów dyskowych.
3. Obsługa pakietu Microsoft Office.
4. Programowanie w VBA.

Literatura

- R. Małecki, D. Arendt, A. Bryszewski, R. Krasiukianis: ***Wstęp do Informatyki***. Skrypt P.Ł. Łódź, 1997.
- P. Metzger, ***Anatomia PC***. Helion, 2007.
- A. S. Tanenbaum: ***Systemy operacyjne***. Helion, 2010
- Materiały pomocnicze dostępne w wersji elektronicznej pod adresem:
<ftp://zly.kis.p.lodz.pl/pub/laboratoria>

Podstawowe pojęcia informatyki

- **Informatyka** jest zespołem dyscyplin naukowych i technicznych, zajmujących się automatycznym przetwarzaniem, przechowywaniem i przesyłaniem informacji oraz projektowaniem, budową i eksploatacją niezbędnych do tego celu środków technicznych.
- **Algorytm** jest to sposób rozwiązania zagadnienia, podany w formie przepisu określającego skończoną liczbę operacji oraz kolejność w jakiej operacje te powinny być wykonywane.
- **Programem** nazywany jest algorytm zapisany w języku czytelnym dla komputera.

- **Komputer** jest urządzeniem służącym do przetwarzania informacji, przy czym przetwarzanie to odbywa się automatycznie, według wprowadzonego uprzednio do jego pamięci programu.



Komputer jako urządzenie do przetwarzania informacji

Komputer, sprzęt, oprogramowanie



*Komputer stanowi zespół urządzeń współpracujących ze sobą. Elementy materialne komputera określa się mianem **sprzętu** (ang. **hardware**). Programy, w które wyposażony jest komputer tworzą tzw. **oprogramowanie** (ang. **software**).*

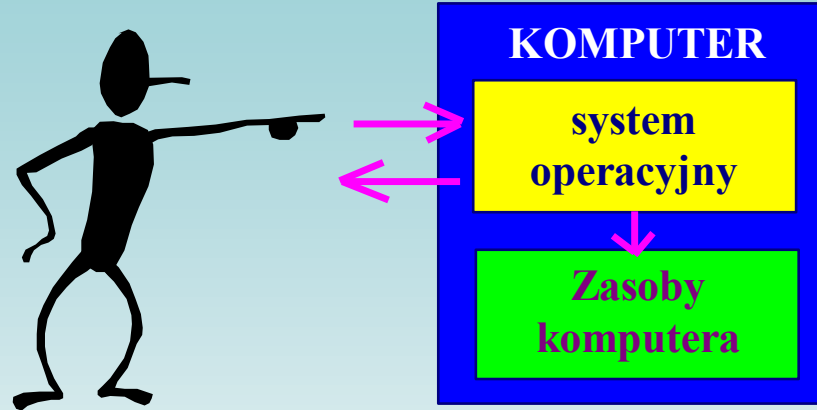
Oprogramowanie

Programy, w które wyposażony jest komputer można podzielić na dwie grupy:

- *programy usprawniające działanie i obsługę komputera tworzące tzw. **oprogramowanie podstawowe***
- *programy wykonujące konkretne zadanie użytkowe, które tworzą tzw. **oprogramowanie użytkowe***

*Głównym elementem oprogramowania podstawowego jest **system operacyjny**, którego zasadniczym zadaniem jest ułatwienie komunikacji człowieka z komputerem oraz zarządzanie wszystkimi zasobami sprzętowymi, programowymi i informacyjnymi komputera.*

System komputerowy




Komunikacja człowieka z komputerem poprzez system operacyjny

*Komputer jest urządzeniem złożonym, dlatego też w odniesieniu do dużych komputerów stosowane jest określenie **system cyfrowy** lub **system komputerowy***

System binarny

Znaki alfanumeryczne (litery, cyfry, znaki interpunkcji, działań arytmetycznych itp.), za pomocą których człowiek komunikuje się z komputerem, zostają przetworzone automatycznie na zrozumiałe dla komputera znaki zapisane w **systemie binarnym**, czyli dwójkowym. Znaki binarne noszą nazwę **bitów**. Ciąg bitów nazywany jest **słowem binarnym**, a ciąg 8 bitów **bajtem**. Charakterystyczny dla danego komputera ciąg bitów będący wielokrotnością bajta nosi nazwę **słowa maszynowego**.



1	0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Informacja binarna o długości jednego bajta

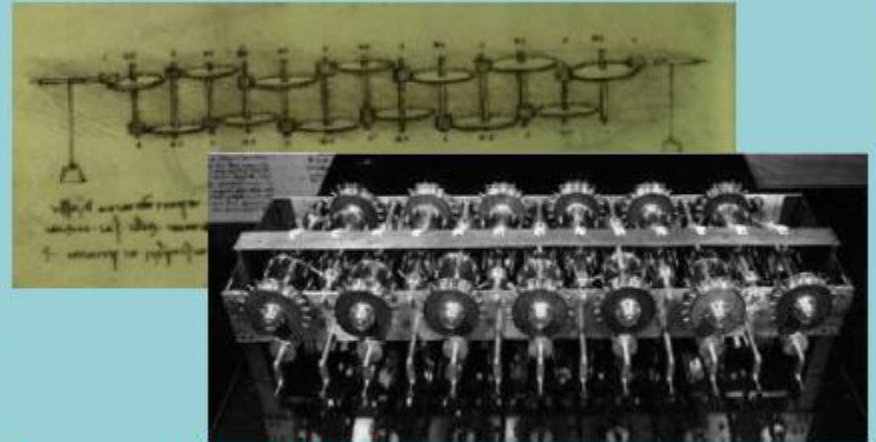
Pierwsze maszyny liczące

Abakus (liczydło)



środkowa Azja, ok. 3000 l.p.n.e.

Codex Madrid



Leonardo da Vinci

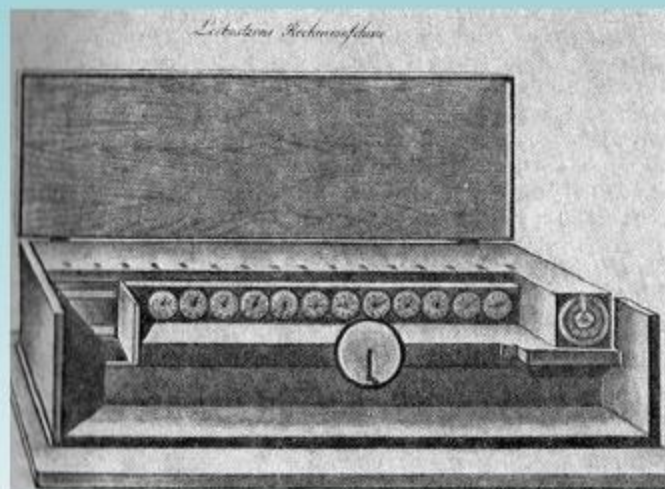
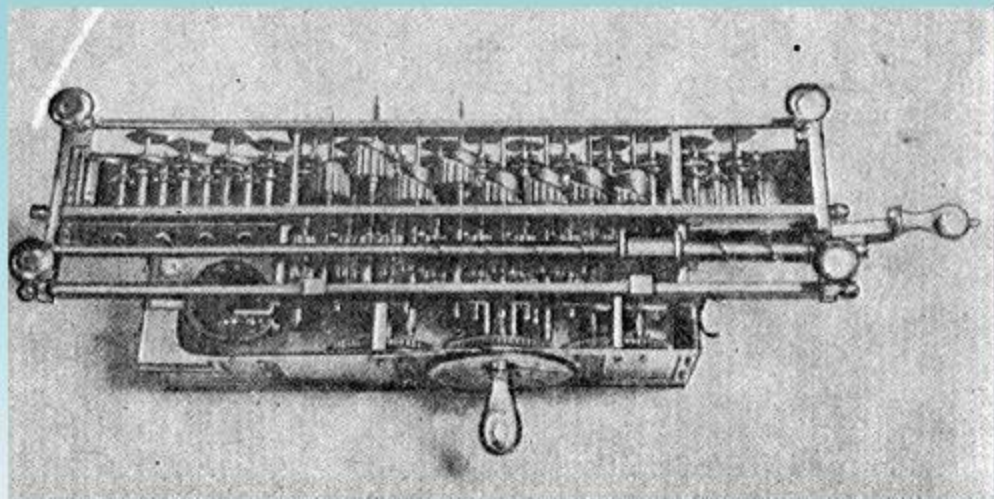
Pascaline



Blaise Pascal, 1642

- **Gottfried Wilhem von Leibniz**
(1646 -1716)
rozszerzenie Pascaline o możliwość mnożenia i dzielenia
- **Charles Xavier Thomas de Colmar**
1820 – pierwszy arytmometr

Pierwsze maszyny liczące



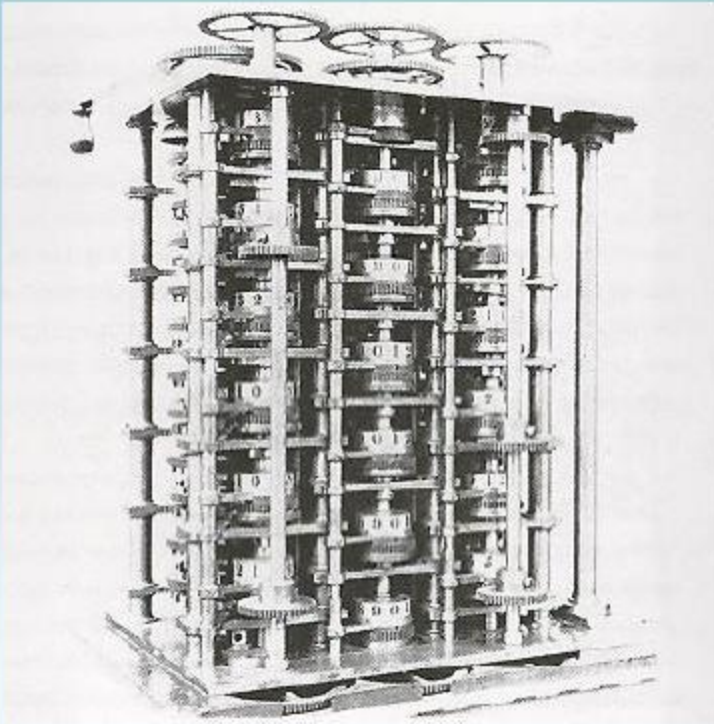
pierwsze arytmetry

Pascal, Leibniz i Colmar uważane są za głównych twórców i prekursorów mechanicznych urządzeń liczących w okresie nazywanym czasem erą mechaniczną w konstrukcji komputerów.

Pierwsze maszyny liczące

Charles Babbage

- maszyna różnicująca (1822)
- maszyna analityczna (1834)
 - wprowadzanie instrukcji
 - zapamiętywanie danych
 - drukowanie odpowiedzi

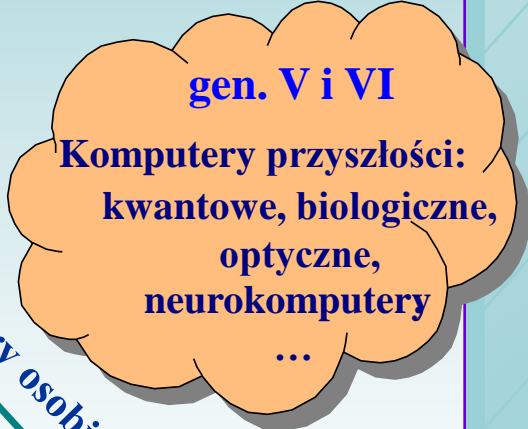
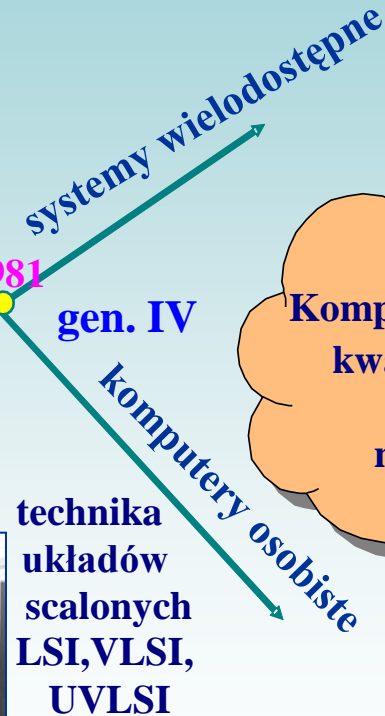
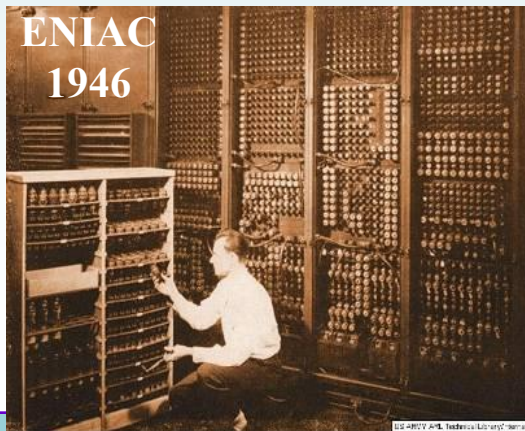
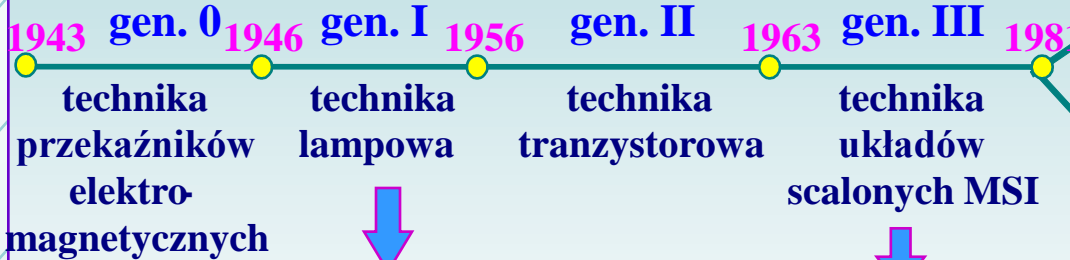
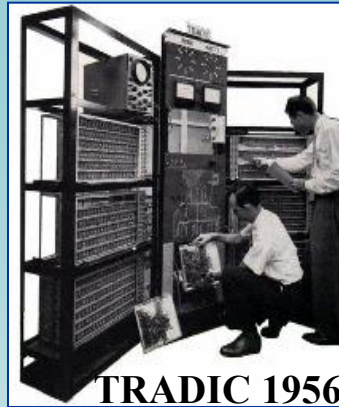


**Napędzana parą,
nigdy nie skończona,
miała pamiętać program.**

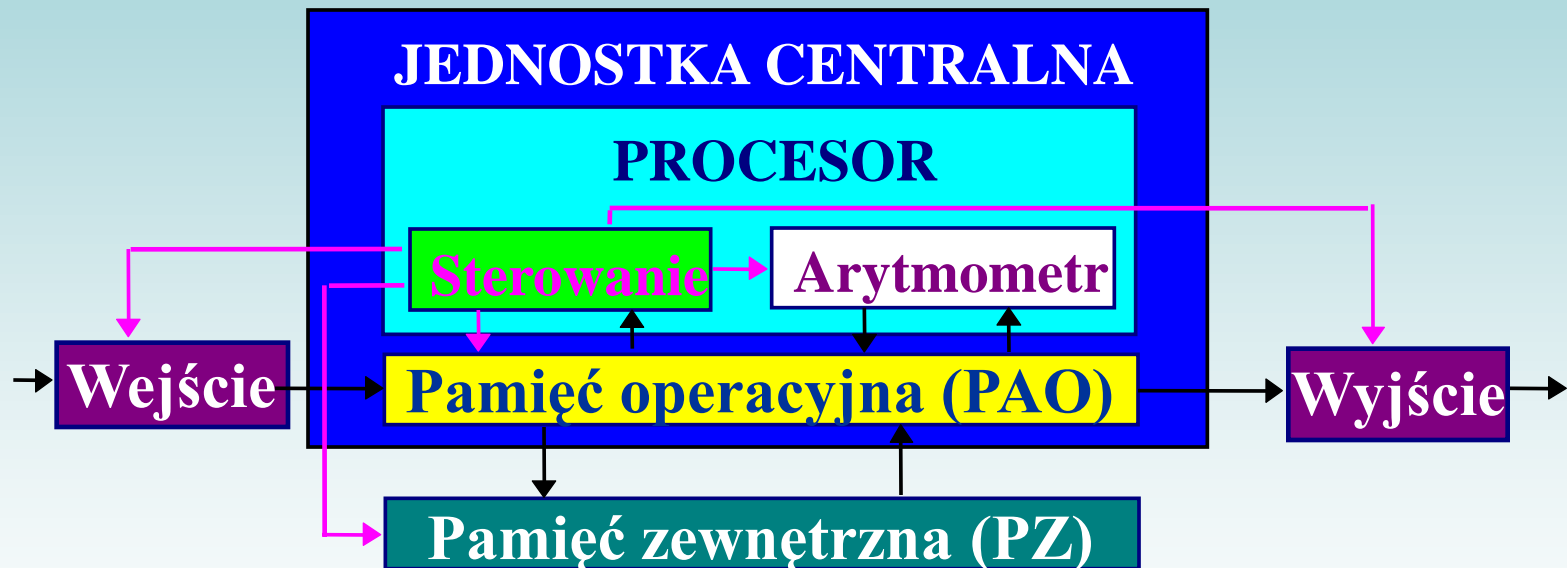
**Pierwszy program na kartach
perforowanych**



Generacje komputerów

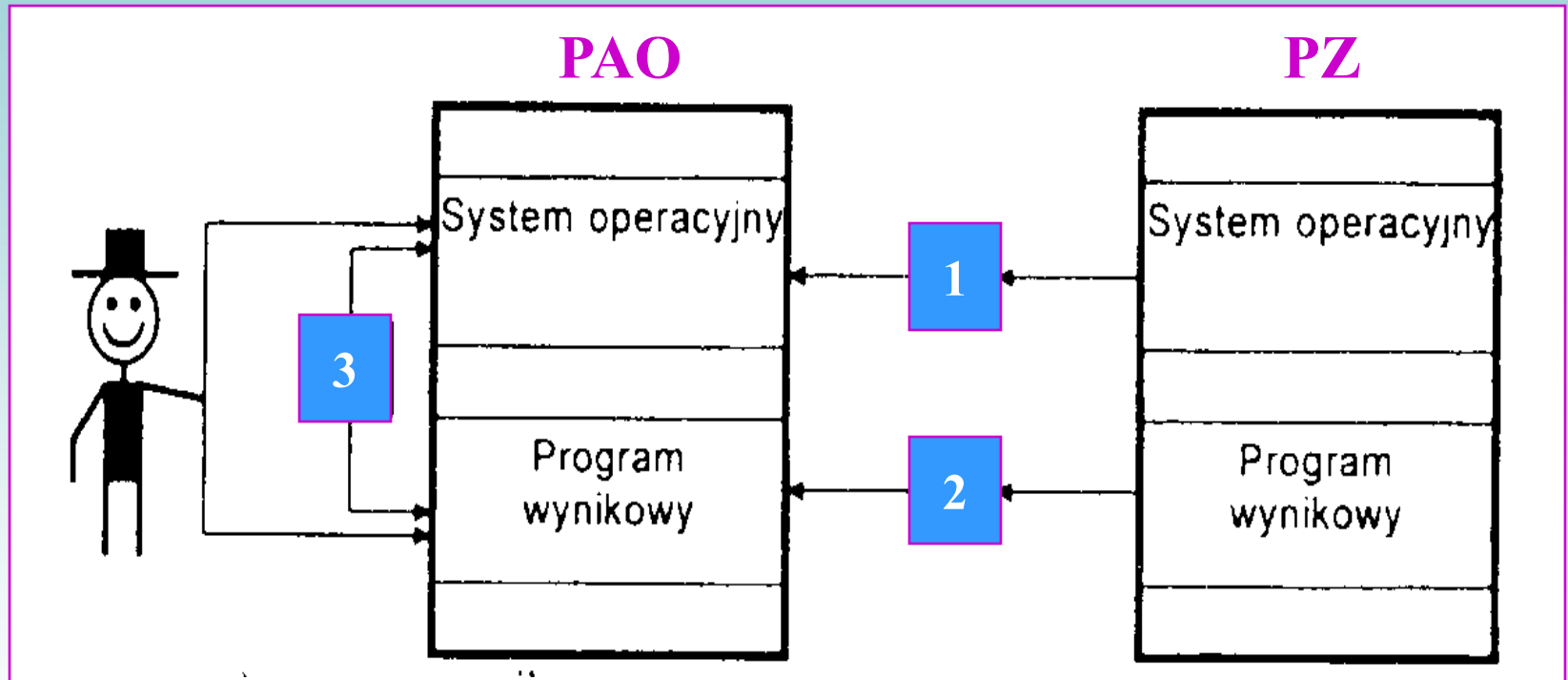


Budowa i działanie komputera osobistego



Schemat blokowy komputera osobistego przedstawiający jego moduły funkcjonalne

Procedury uruchamiania i realizacji programów

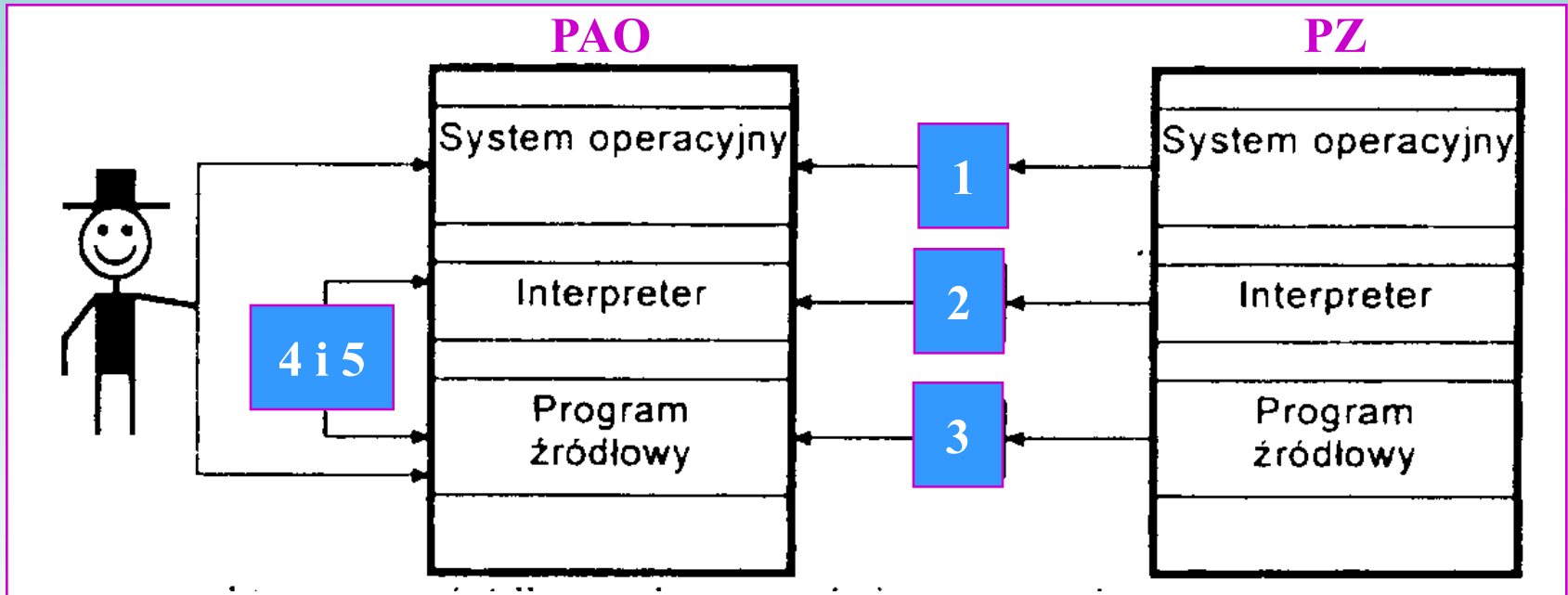


Uruchamianie i realizacja programu wynikowego:

1 - wprowadzenie systemu operacyjnego,

2 - wprowadzenie programu, 3 - realizacja programu.

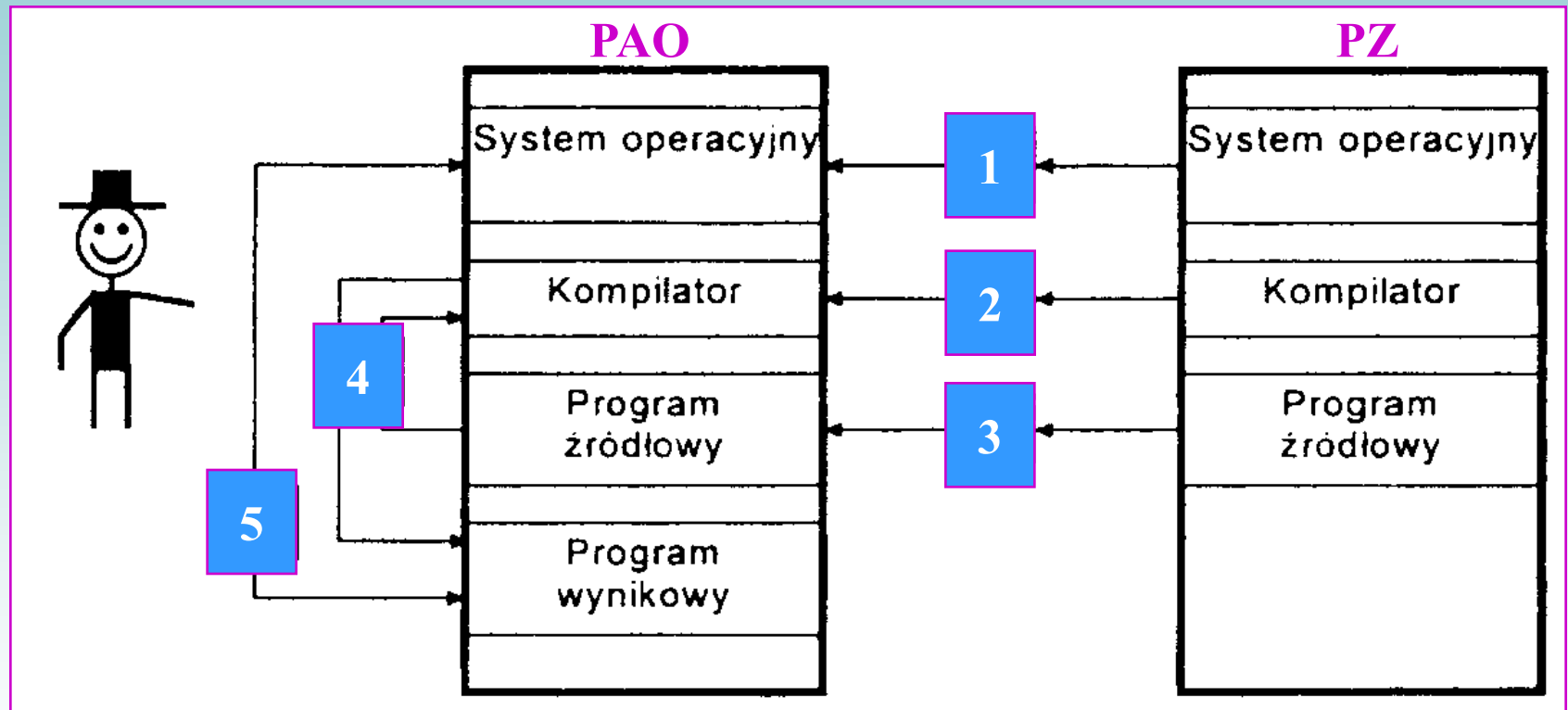
Procedury uruchamiania i realizacji programów



Program źródłowy, tłumaczenie interpretacyjne:

*1,2,3 - wprowadzenie systemu operacyjnego, translatora i programu,
4 - tłumaczenie, 5 - realizacja programu.*

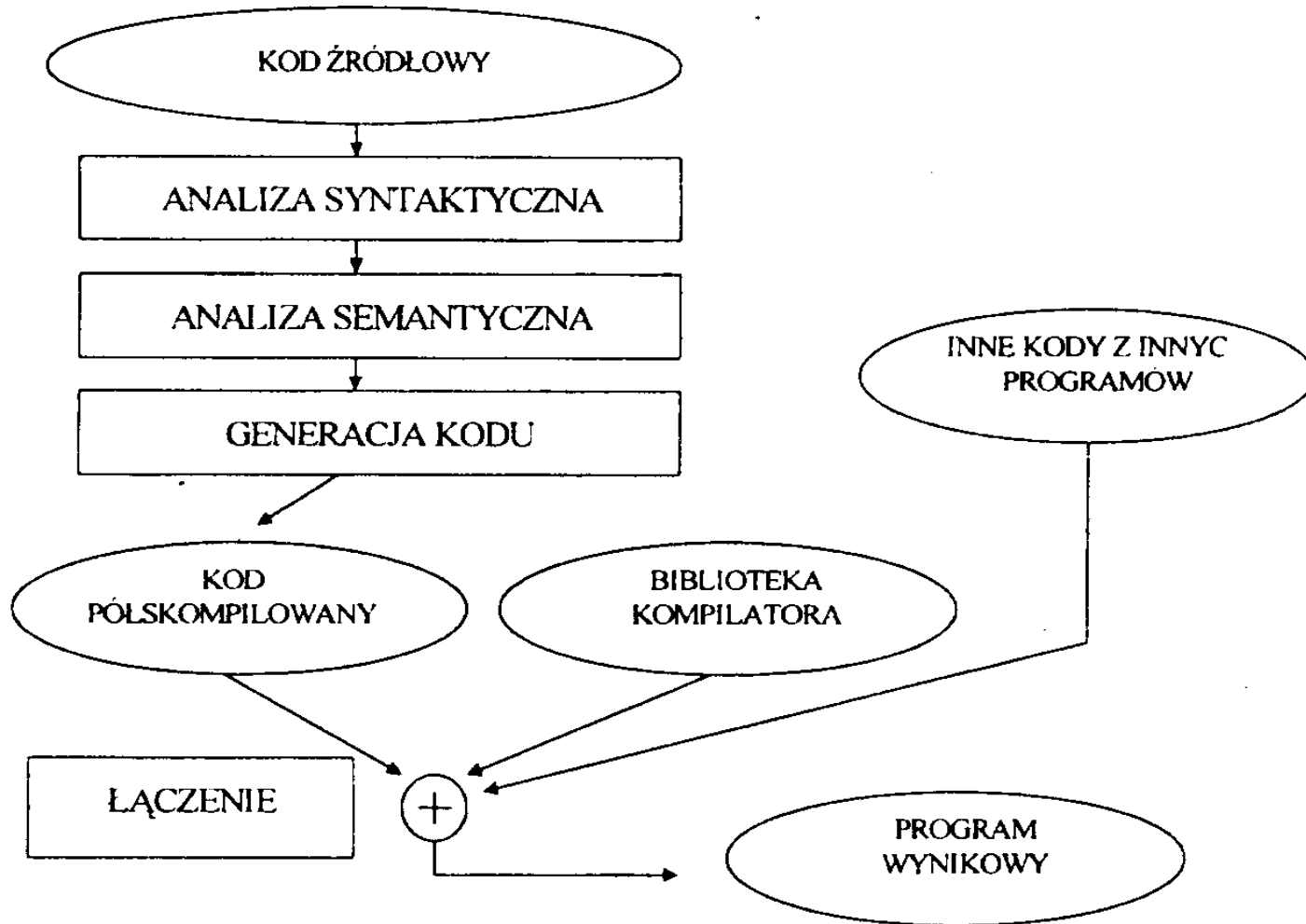
Procedury uruchamiania i realizacji programów



Program źródłowy, tłumaczenie kompilacyjne:

*1,2,3 - wprowadzenie systemu operacyjnego, translatora i programu,
4 - tłumaczenie, 5 - realizacja programu.*

Przebieg procesu kompilacji



Systemy liczbowe

Systemy liczbowe

■ System binarny

$$(b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0)_{(2)} = b_{n-1}2^{n-1} + b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0$$

gdzie:

b - bit, cyfra dwójkowa 0 lub 1

n - liczba bitów w zapisie liczby

Tabela konwersji
dwójkowo szesnastkowej

Cyfra szesnastkowa	Wartość dwójkowa
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

Systemy liczbowe

■ System szesnastkowy

Systemy liczbowe

■ System uzupełnień do dwóch (U2)

$$(b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0)_{(U2)} = b_{n-1}(-2^{n-1}) + b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0$$

gdzie:

b - bit, cyfra dwójkowa 0 lub 1

n - liczba bitów w zapisie liczby

Systemy liczbowe

■ System znak moduł (ZM)

$$L_{\text{ZM}} = (-1)^{\text{bit znaku}} \cdot \text{moduł liczby}$$

$$(b_{n-1}b_{n-2}\dots b_1b_0)_{\text{ZM}} = (-1)^{b_{n-1}}(b_{n-2}2^{n-2} + \dots + b_12^1 + b_02^0)$$

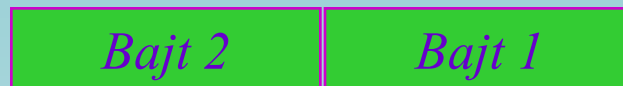
gdzie:

b - bit, cyfra dwójkowa 0 lub 1

n - liczba bitów w zapisie liczby

Wybrane formaty zapisu liczb

Liczba naturalna

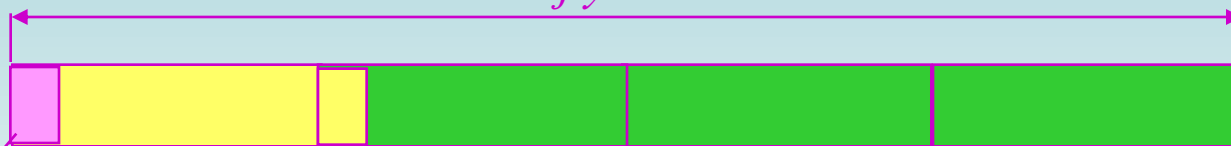


Liczba całkowita



znak

4 bajty



znak

cecha (8 bitów)

mantysa

Liczba rzeczywista pojedynczej precyzji (Single)

8 bajtów



znak

cecha (11 bitów)

mantysa

Liczba rzeczywista podwójnej precyzji (Double)

Ogólna postać liczby zmiennoprzecinkowej

$$x = S \cdot M \cdot B^E$$

$$E_{\min} = -B^n + 1$$

x – liczba zmiennoprzecinkowa

S – znak liczby

M – znormalizowana mantysa, $M=[1\dots B)$

B – baza systemu liczbowego

E – wykładnik (liczba całkowita)

m – liczba cyfr na mantysę;

n+1 – liczba cyfr na cechę

$$E_{\max} = B^n - 1$$

$$M_{\min} = 1$$

$$M_{\max} = B - B^{-(m-1)}$$

$$x_{\min} = M_{\min} \cdot B^{E_{\min}} = B^{E_{\min}}$$

$$x_{\max} = M_{\max} \cdot B^{E_{\max}} = (B - B^{-(m-1)}) \cdot B^{E_{\max}}$$

$$\langle -x_{\max}, -x_{\min} \rangle \cup \{0\} \cup \langle x_{\min}, x_{\max} \rangle$$

Zakresy liczb

Liczba rzeczywista pojedynczej precyzji (Single)

mantysa – 23 bity
cecha – 8 bitów

$$|L| \leq 2^{127} \approx 1,7 \cdot 10^{38}$$

Liczba rzeczywista o podwójnej precyzji (Double)

mantysa – 52 bity
cecha – 11 bitów

$$|L| \leq 2^{1023} \approx 8,99 \cdot 10^{307}$$

Format zmiennoprzecinkowy

Single (Float)

$$L = (-1)^s 2^{(c-127)} (1.m), \quad \text{gdy } 0 < c < 255$$

$$L = (-1)^s 2^{-126} (0.m), \quad \text{gdy } c = 0 \text{ i } m \neq 0$$

$$L = 0, \quad \text{gdy } c = 0 \text{ i } m = 0$$

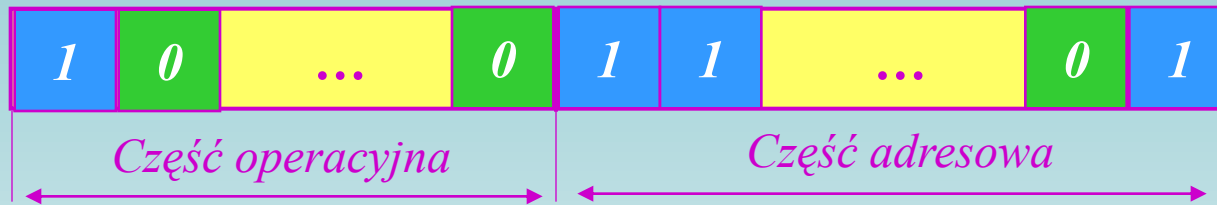
$$L = (-1)^s \text{Inf}, \quad \text{gdy } c = 255 \text{ i } m = 0$$

$$L = \text{NaN}, \quad \text{gdy } c = 255 \text{ i } m \neq 0$$

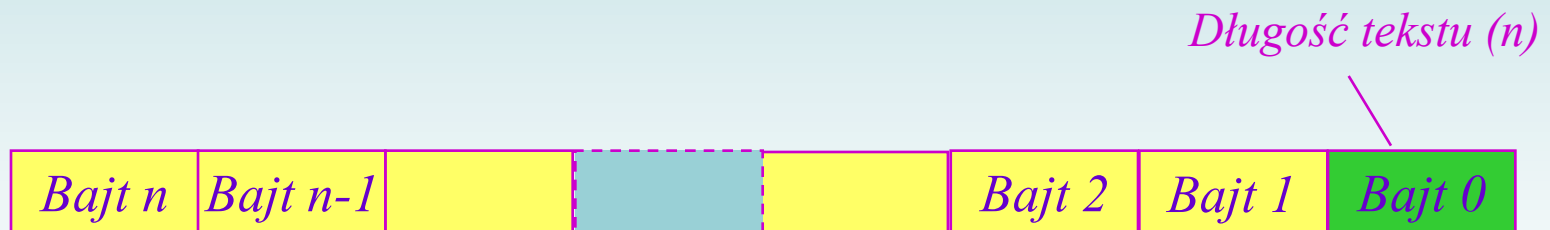
Double

$$L = (-1)^s 2^{(c-1023)} (1.m), \quad \text{gdy } 0 < c < 2047$$

Sposób zapisu programów i danych



Zapis rozkazu



Liczba bajtów = (liczba znaków tekstu n) + 1

Przykładowy sposób zapisu tekstu

Fragment tablicy kodu ASCII

Znak	Kod dzies.	Kod binarny	Znak	Kod dzies.	Kod binarny
A	65	01000001	a	97	00110001
B	66	01000010	b	98	00110010
C	67	01000011	c	99	00110011
K	75	01001011	k	107	01101011
L	76	01001100	l	108	01101100
ź	171	10101011	Ž	189	10111101
ı	179	10110011	Ǻ	198	11000110
+	188	10111100	-	196	11000100

Używany przez wszystkich użytkowników i twórców oprogramowania.

A jak zapisać znaki alfanumeryczne ?

Kod **ASCII**

(**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange)

1965 r., 1981 r.

Literom tekstu przyporządkowano liczby

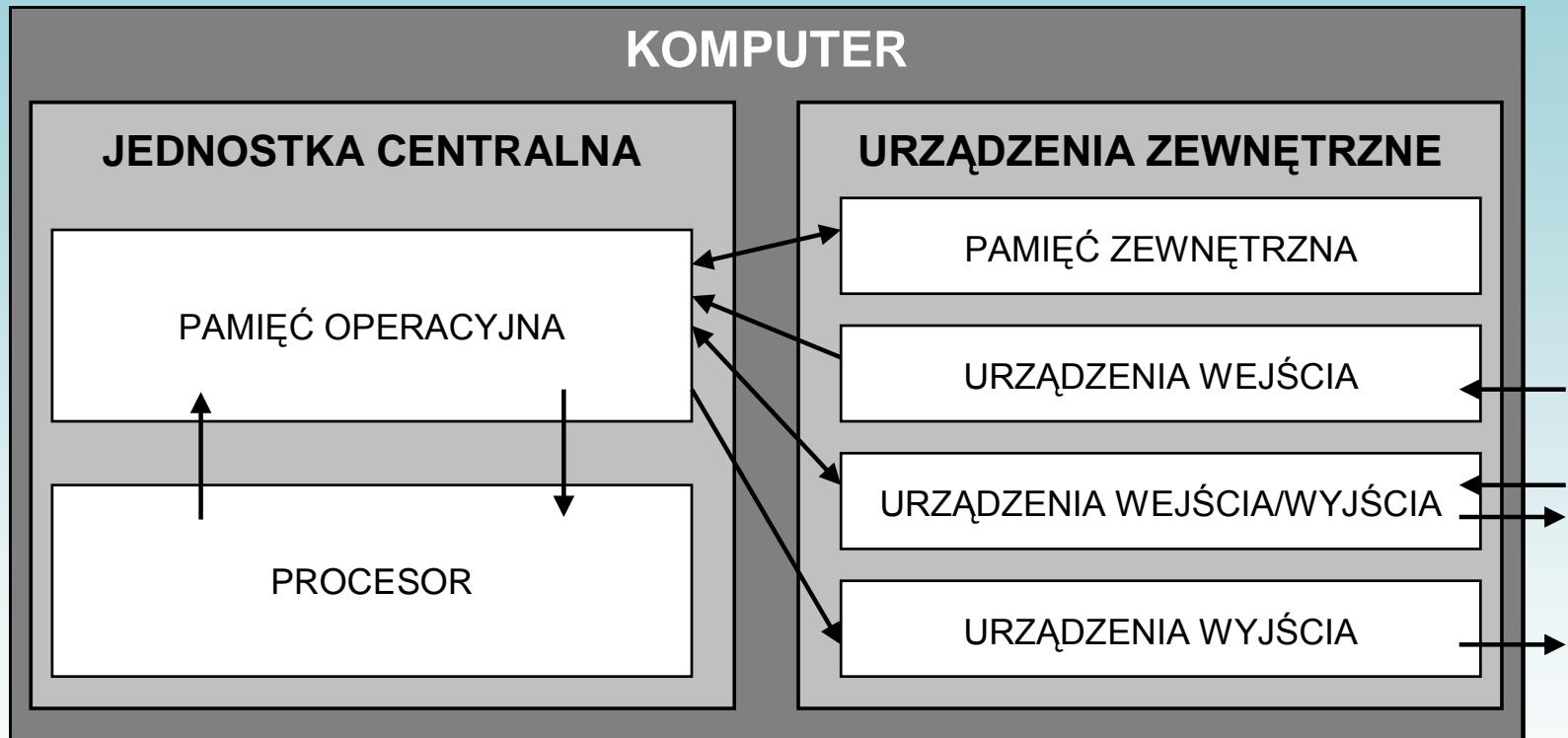
Jest to kod 7 bitowy, a więc możemy za jego pomocą przedstawić 2^7 czyli 128 znaków.

W 1981r. IBM wprowadził rozszerzony do 8 bitów kod, co pozwala na przedstawienie 256 znaków (w tym znaki specjalne, graficzne, matematyczne i diakrytyczne znaki narodowe)

Kod UNICODE

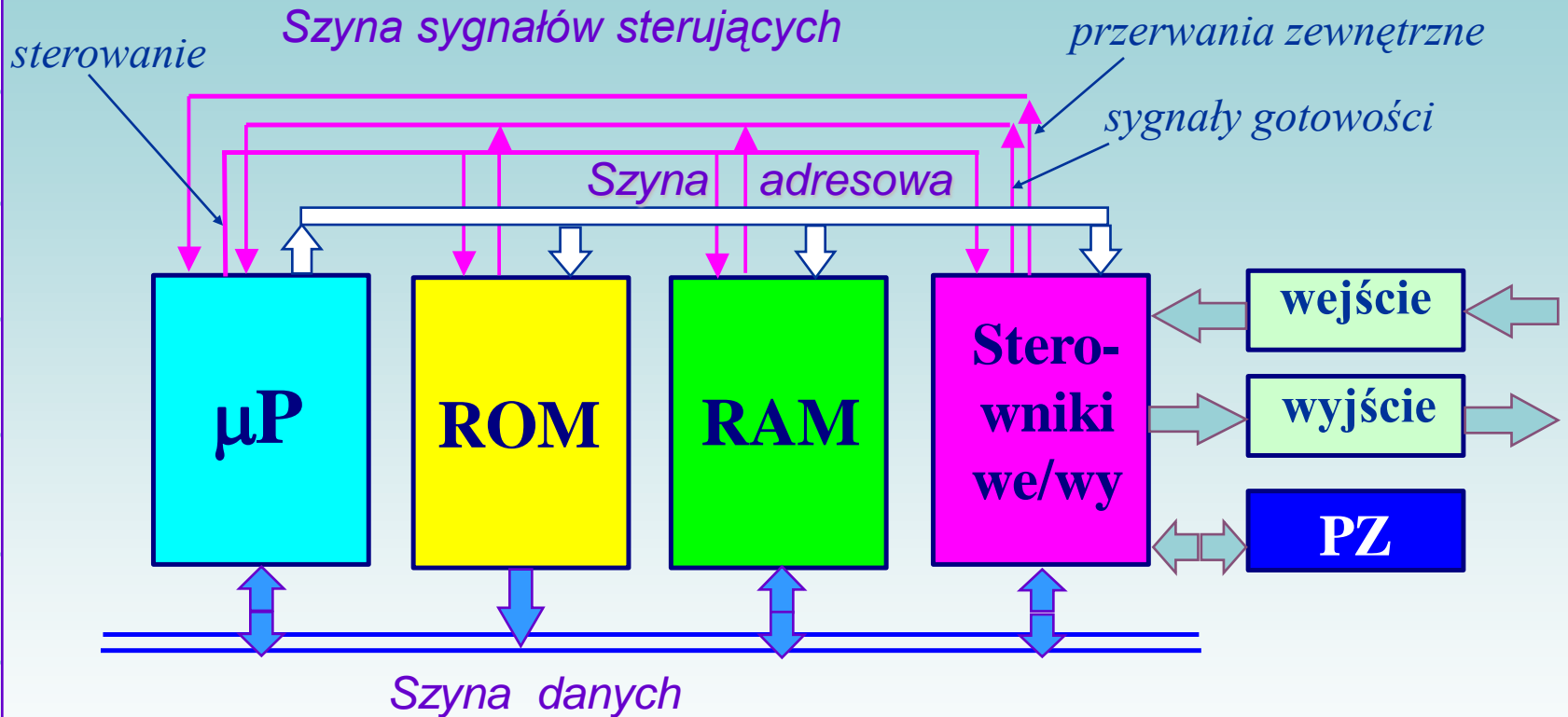
- 256 znaków alfanumerycznych jakie można zakodować za pomocą rozszerzonego kodu ASCII nie dawało możliwości zakodowania znaków diakrytycznych wielu języków np. japońskiego, arabskiego, hebrajskiego itp.
- Odpowiedzią jest kod nazywany **UNICODE** o długości 16 bitów dla każdego znaku, a to daje już możliwość zakodowania 2^{16} czyli 65536 znaków

Budowa komputera



Poglądowy schemat budowy komputera osobistego

Budowa komputera



Schemat blokowy komputera osobistego przedstawiający jego moduły konstrukcyjne

Magistrala systemowa

Magistrala systemowa - zestaw linii oraz układów przełączających, łączący bezpośrednio najważniejsze układy komputera tj.: procesor, pamięć operacyjną oraz urządzenia I/O.

W typowym systemie komputerowym, magistrala systemowa dzieli się na trzy szyny:

- szynę danych (ang. *data bus*);
- szynę adresową (ang. *address bus*);
- szynę sygnałów sterujących (ang. *control bus*).

Wewnętrzne interfejsy sprzętowe komputera (magistrale)

■ Równoległe

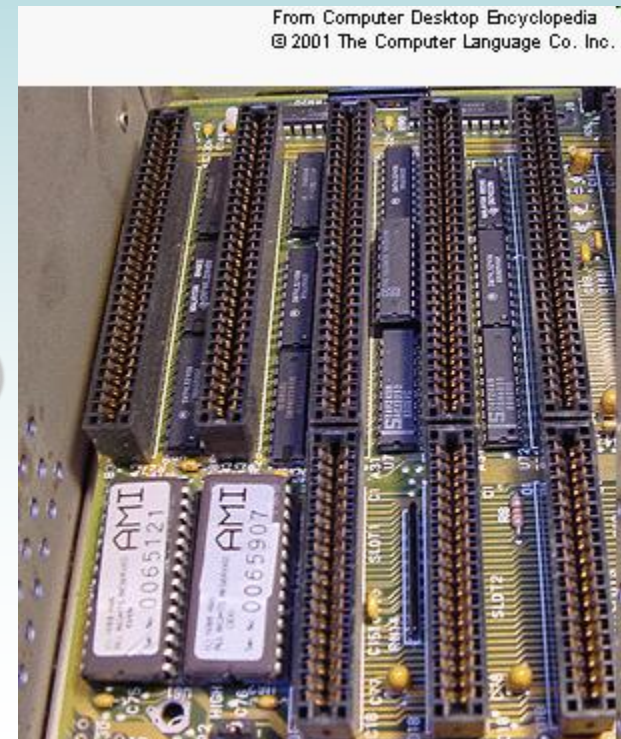
ISA • EISA • VESA • PCI • PCI-X • AGP
• ATA (IDE) • SCSI

■ Szeregowe

SATA • PCI Express

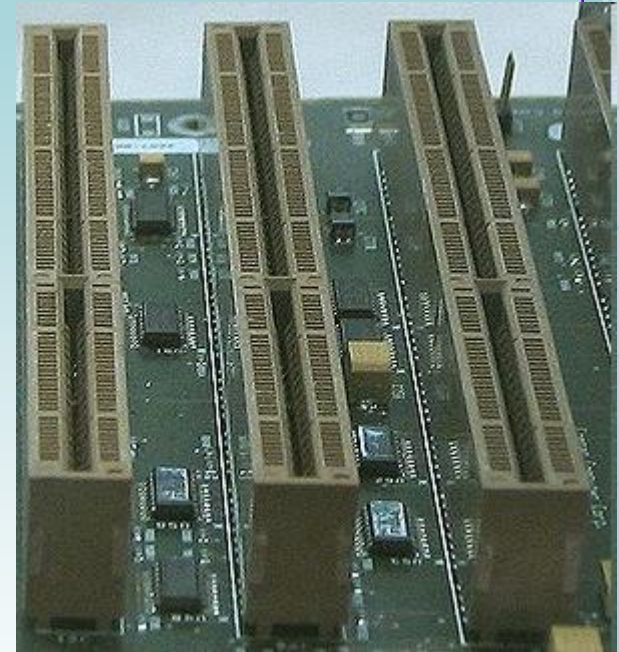
Magistrala ISA

- **ISA** (ang. *Industry Standard Architecture*)
 - standard magistrali oraz łącza kart rozszerzeń dla komputerów osobistych
 - wprowadzony w roku 1984
 - 8 lub 16 bitowa szyna danych
 - 24 bitowa szyna adresowa
 - teoretyczna szybkość 8 Mb/s (efektywna: 1,6 Mb/s -1,8 Mb/s)
 - zegar: 4.77 MHz (dla 8-bitowej wersji); 8,33 MHz (dla 16-bitowej wersji)



Magistrala EISA

- **EISA** (*Extended Industry Standard Architecture*)
 - 32 bitowa szyna danych
 - 24 bitowa szyna adresowa
 - zegar: 8 MHz
 - przepustowość: ok. 33 MB/s.
 - 188 styki (98 magistrali ISA + 90 nowych).



Magistrala PCI

- **PCI** (ang. *Peripheral Component Interconnect*)
 - zaprezentowana w 1992 r.
 - szybsza niż dotychczas komunikacja między procesorem a kartami (wszystkimi pasującymi do slotu PCI)

Wersja PCI

Rok wprowadzenia	2.0	2.1	2.2	3.0
Szerokość szyny danych (bity)	1993	1994	1999	2002
Częstotliwość taktowania (MHz)	32	64	64	64
Przepustowość (Mb/s)	33	66	66	66
	133	533	533	533



PCI-X

- **PCI-X** (*Peripheral Component Interconnect Extended*)
 - **szybsza wersja magistrali PCI**

	PCI-X 1.0	PCI-X 2.0	PCI-X 3.0
Rok wprowadzenia	1999	2002	2003
Szer. szyny danych	64 bity	64 bity	64 bity
Częstotliwość taktowania	133 MHz	533 MHz	1066 MHz
Przepustowość	1066 MB/s	4264 MB/s	7,95 GB/s

Porty graficzne

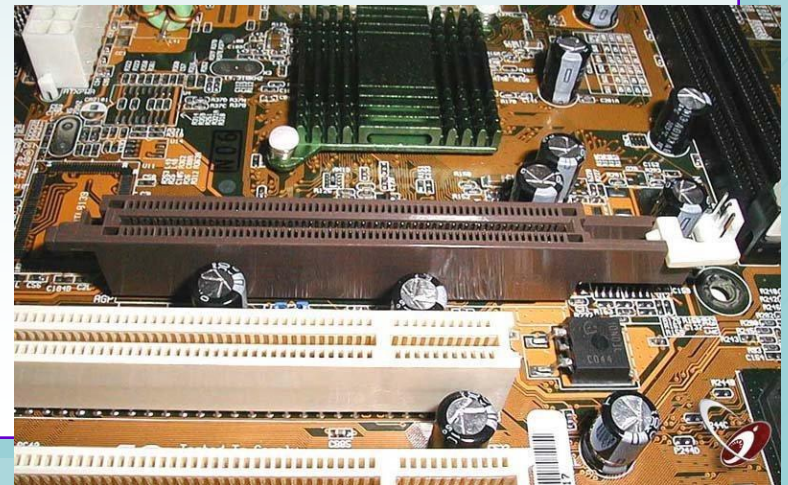
- **AGP (ang. Accelerated Graphics Port)**
 - rodzaj zmodyfikowanej magistrali PCI do szybkiego i zoptymalizowanego przesyłania danych pomiędzy kartą graficzną a pamięcią operacyjną

AGP 1x:Zegar: 66MHz , wyzwalanie 1 zbocze, 32 bity/cykl.
Szybkość transmisji : 266MB/s

AGP 2x:Zegar: 66MHz, wyzwalanie: oba zbocza, 32 bity/cykl
Szybkość transmisji : 533 MB/s

AGP 4x:Zegar: 133MHz, wyzwalanie:
oba zbocza 32 bity/cykl.
Szybkość transmisji : 1066 MB/s

AGP 8x:Zegar: 266MHz, wyzwalanie: oba
zbocza, 32 bity/cykl.
Szybkość transmisji : 2133 MB/s



PCI-Express (PCIe)

1. Szeregowa magistrala do przyłączania urządzeń do płyty głównej.
2. Niekompatybilna z PCI
3. Częstotliwość taktowania - 2.5GHz.



Liczba linii	Przepustowość
x1	250 MB/s
x2	500 MB/s
x4	1000 MB/s
x8	2000 MB/s
x16	4000 MB/s
x32	8000 MB/s

PCI Express Example Connectors

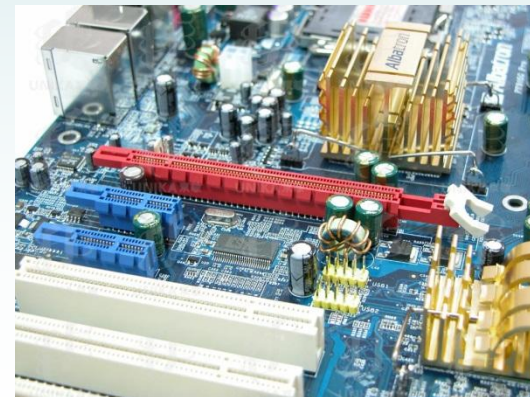
x1 **BANDWIDTH**
Single direction: 2.5 Gbps/200 MBps
Dual Directions: 5 Gbps/400 MBps

x4 **BANDWIDTH**
Single direction: 10 Gbps/800 MBps
Dual Directions: 20 Gbps/1.6 GBps

x8 **BANDWIDTH**
Single direction: 20 Gbps/1.6 GBps
Dual Directions: 40 Gbps/3.2 GBps

x16 **BANDWIDTH**
Single direction: 40 Gbps/3.2 GBps
Dual Directions: 80 Gbps/6.4 GBps

Source: IBM ©2005 HowStuffWorks



PCI-E 2.0:

- zwiększeniu uległa przepustowość z 2,5 GT/s do 5 GT/s. Maksymalnie 16GB/s w konfiguracji x16 (kodowanie 8b/10b),
- wsteczna kompatybilność z wersją 1.1,
- zasilanie: zmieniono z 6-pinowego złącza dostarczającego maksymalnie 75W, na 8-pinowe, z ponad 150W energii,
- złącze kompatybilne z 300-Watowymi specyfikacjami.

PCI-E 3.0

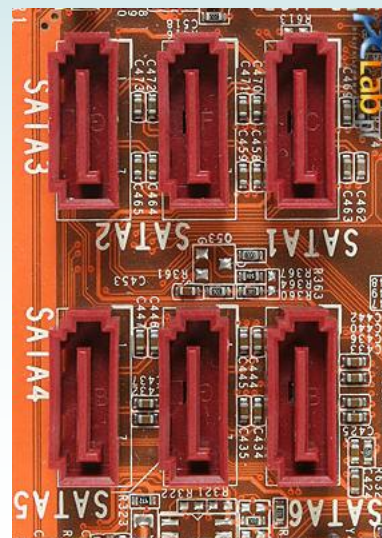
- Oficjalna specyfikacja - XI.2010, wprowadzenie na masowy rynek – 2012,
- rezygnacja z kodowania 8b/10b (zabierała ok. 20% wydajności),
- podwojenie wydajności poprzedniej wersji – do maksymalnie 32GB/s,
- kompatybilność z PCI-E 1.x i PCI-E 2.x,
- złącze kompatybilne z 300W specyfikacjami,
- produkcja w procesie 65nm (zmniejszenie zużycia energii).

PCIe Architecture	Raw Bit Rate	Interconnect Bandwidth	Bandwidth Lane Direction	Total Bandwidth for x16 Link
PCIe 1.x	2.5GT/s	2Gb/s	~250MB/s	~8GB/s
PCIe 2.0	5.0GT/s	4Gb/s	~500MB/s	~16GB/s
PCIe 3.0	8.0GT/s	8Gb/s	~1GB/s	~32GB/s

SATA

- ang. *Serial Advanced Technology Attachment, Serial ATA*
- Magistrala szeregową służąca do komunikacji pomiędzy adapterami magistrali hosta (HBA), a urządzeniami pamięci masowej, takimi jak dyski twarde, napędy optyczne i taśmowe
- Bezpośredni następca równoległej magistrali ATA

SATA Revision 1.x 1,5Gb/s (ok. 170MiB/s)
SATA Revision 2.x 3,0Gb/s (ok. 350MiB/s)
SATA Revision 3.x 6,0Gb/s (ok. 700MiB/s)



Zewnętrzne interfejsy sprzętowe komputera

■ Szeregowe

RS-232 • PS/2 • USB • Ethernet (RJ-45, BNC) • RJ-11 • FireWire (IEEE 1394) • eSATA • DVI

■ Równoległe

Port Centronics (IEEE 1284) • PCMCIA • ExpressCard

■ Bezprzewodowe

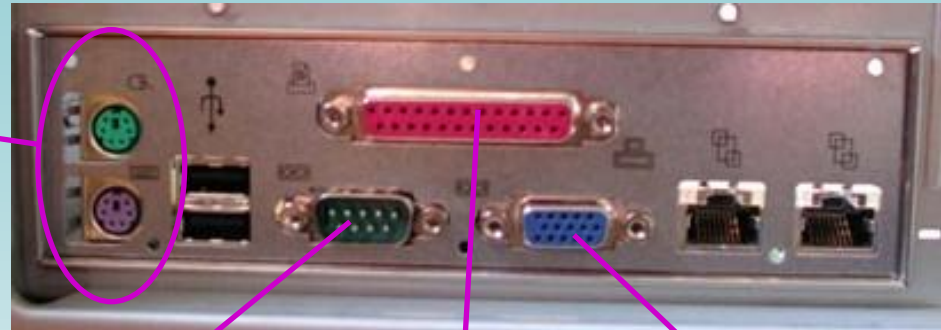
Bluetooth • IrDA • Wi-Fi (WLAN) • WiMAX

■ Analogowe

Jack • D-Sub • S-Video

Porty (złącza, przyłącza)

PS/2 (Personal System/2) port szeregowy przeznaczoną do podłączania klawiatury oraz myszy.



Port równoległy (LPT)

VGA (Video Graphic Adapter)



COM



USB



- ang. *Universal Serial Bus*
- Uniwersalna magistrala szeregową
- Typ złącza, pozwalającego na podłączenie do komputera urządzeń cyfrowych (kamery video, aparaty fotograficzne, skanery, drukarki, itp).

USB 1.1	(Full Speed)	12 Mbit/s (1,5 MB/s)
	(Low Speed)	1,5 Mbit/s (0,1875 MB/s)
USB 2.0	(Hi-Speed)	480 Mbit/s (60 MB/s)
USB 3.0	(SuperSpeed)	4,8 Gbit/s (600 MB/s)

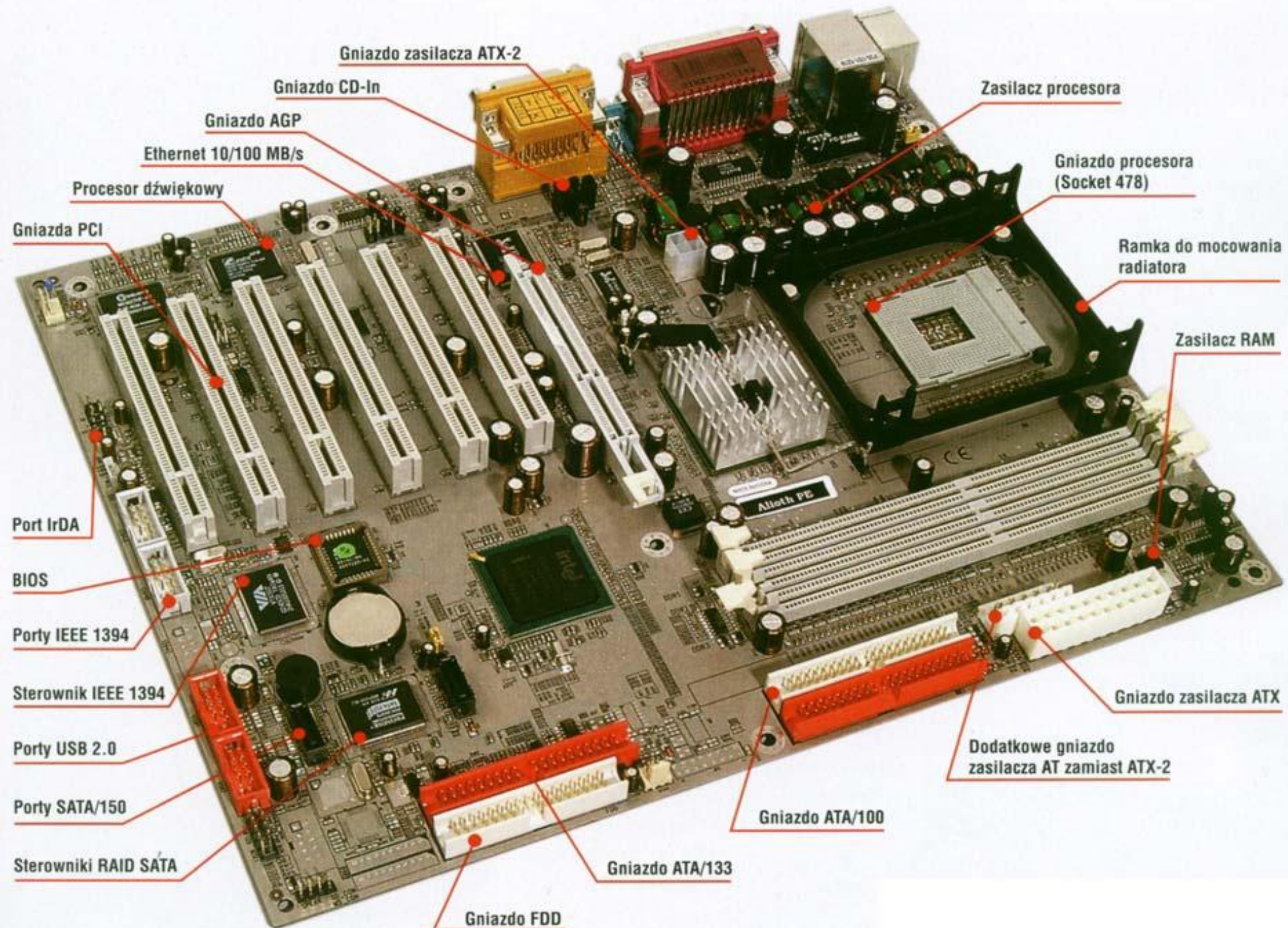
Szybkość transmisji - zestawienie

PCI	133 MB/s
AGP 8X	2,100 MB/s
PCI Express 1x	400 MB/s
PCI Express 4x	1600 MB/s
PCI Express 8x	3200 MB/s
PCI Express 16x	6400 MB/s
IDE (ATA100)	100 MB/s
IDE (ATA133)	133 Mb/s
SATA	150 MB/s
SATA II	300 MB/s
Firewire	400 Mb/s
USB 1	12 Mb/s
USB 2	480 Mb/s
Gigabit Ethernet	1000 Mb/s

Płyta główna

(ang. mainboard lub motherboard)

- Jest najważniejszym elementem komputera, stanowiącym podstawę jego konstrukcji.
- Umożliwia komunikacje pomiędzy poszczególnymi modułami komputera.
- Znajdują się na niej m.in. procesor, pamięć operacyjna, gniazda rozszerzeń.
- Od jej rodzaju zależy z jakimi urządzeniami może współpracować komputer.



Gniazdo zasilacza ATX-2

Gniazdo CD-In

Gniazdo AGP

Ethernet 10/100 MB/s

Procesor dźwiękowy

Gniazda PCI

Port IrDA

BIOS

Porty IEEE 1394

Sterownik IEEE 1394

Porty USB 2.0

Porty SATA/150

Sterowniki RAID SATA

Gniazdo FDD

Gniazdo ATA/133

Gniazdo ATA/100

Dodatkowe gniazdo zasilacza AT zamiast ATX-2

Gniazdo zasilacza ATX

Zasilacz RAM

Ramka do mocowania radiatora

Gniazdo procesora (Socket 478)

Zasilacz procesora

Płyta główna



Standard-ATX



Micro-ATX



Mini-ITX



Nano-ITX

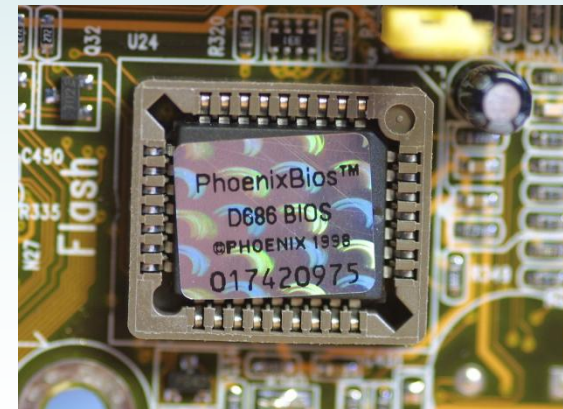


Pico-ITX



BIOS

- Podstawowy System Wejścia-wyjścia.
- ang. Basic Input/Output System.
- Układ scalony na płycie głównej komputera.
- Zestaw podstawowych procedur pośredniczących pomiędzy systemem operacyjnym a sprzętem.
- Posiada zestaw procedur niezbędnych do uruchomienia komputera.
- Pośredniczy między sprzętem, a systemem operacyjnym.
- Umożliwia włączanie/wyłączanie/konfigurację urządzeń.



BIOS

ROM PCI/ISA BIOS (2A69KG0D)
CMOS SETUP UTILITY
AWARD SOFTWARE, INC.

STANDARD CMOS SETUP

BIOS FEATURES SETUP

CHIPSET FEATURES SETUP

POWER MANAGEMENT SETUP

PNP/PCI CONFIGURATION

LOAD BIOS DEFAULTS

LOAD PERFORMANCE DEFAULTS

INTEGRATED PERIPHERALS

SUPERVISOR PASSWORD

USER PASSWORD

IDE HDD AUTO DETECTION

SAVE & EXIT SETUP

EXIT WITHOUT SAVING

Esc : Quit

↑ ↓ → ← : Select Item

F10 : Save & Exit Setup

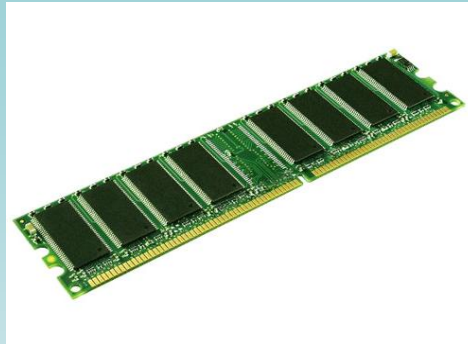
(Shift) F2 : Change Color

Time, Date, Hard Disk Type...

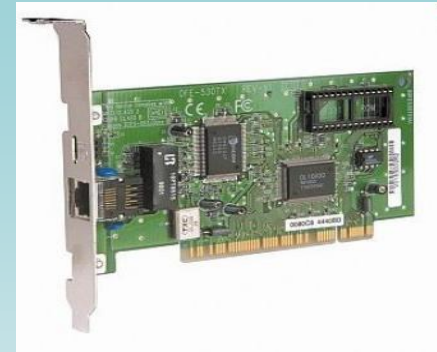
Podzespoły



Procesor



Pamięć RAM



Karta sieciowa

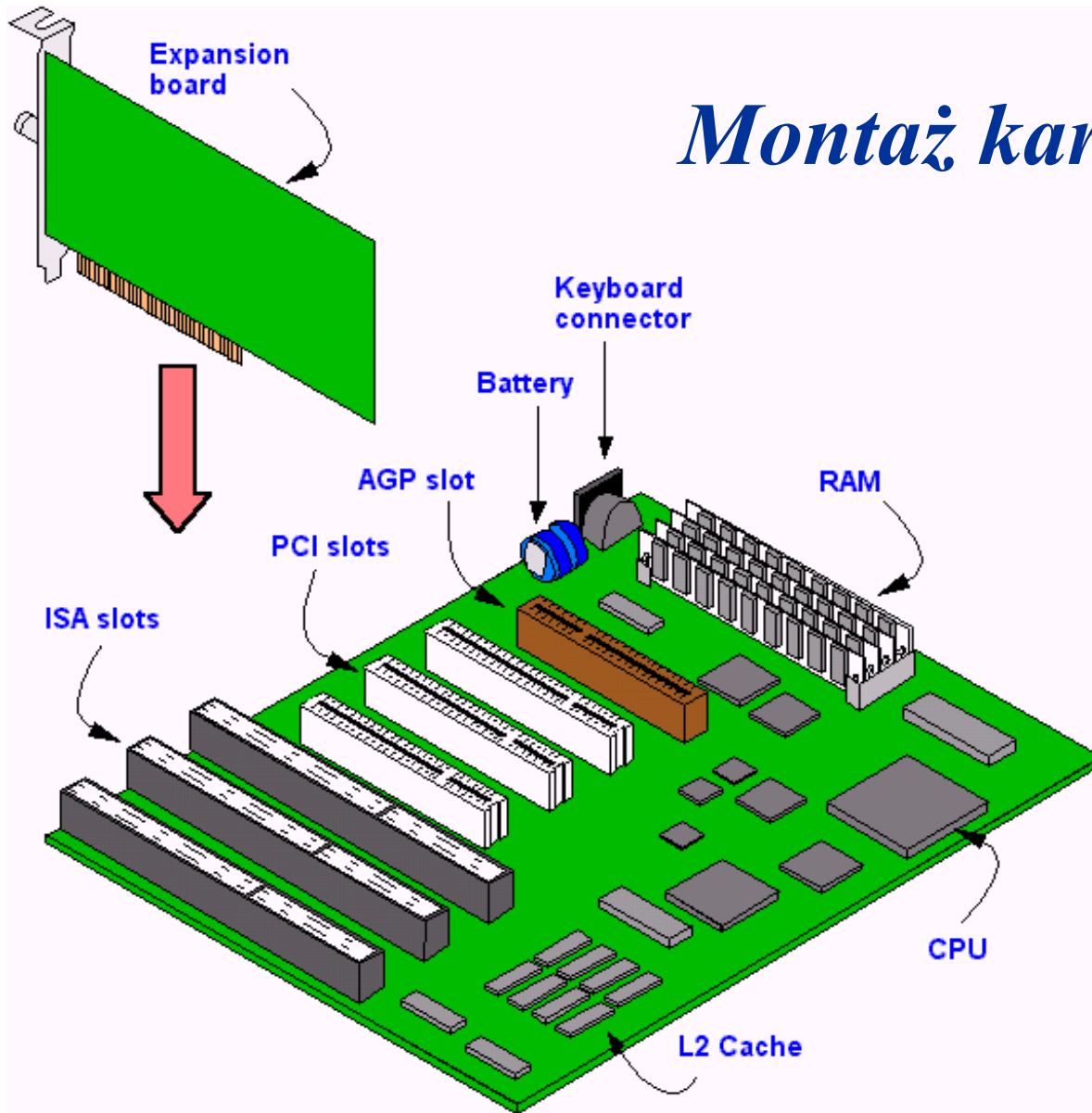


Karta dźwiękowa



Karta graficzna

Montaż kart rozszerzeń



Pamięć wewnętrzna

Pamięć wewnętrzna

```
graph TD; A[Pamięć wewnętrzna] --> B[ROM]; A --> C[RAM];
```

ROM

(ang. Read Only Memory)

- informacje nt. konfiguracji sprzętowej komputera,
- programy rozpoczynające pierwszą fazę pracy komputera (inicjalizacja systemu) oraz programy diagnostyczne
- wzory znaków do wyświetlania na ekranie

RAM

(ang. Random Access Memory)

- pamięć operacyjna

Parametry pamięci

1. Pojemność

- ilość informacji, jaką dana pamięć jest w stanie przechować
- zależna od ilości linii adresowych oraz pojemności komórki pamięci

2. Czas dostępu (ang. *access time*)

- czas upływający od momentu zaadresowania komórki pamięci do uzyskania zapisanej w tej komórce informacji
- obecnie rzędu od kilku do kilkudziesięciu nanosekund

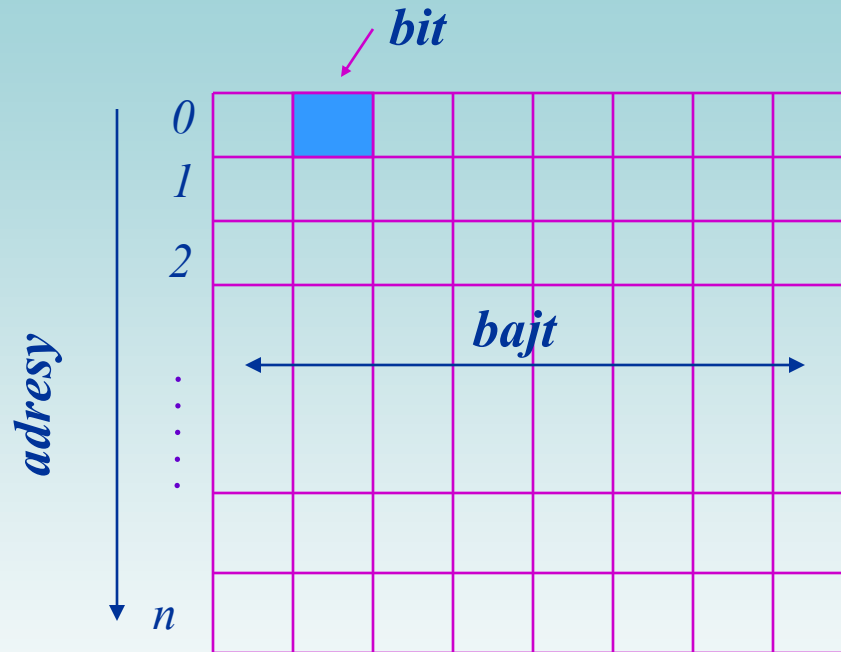
3. Czas cyklu (ang. *cycle time*)

- najkrótszy czas, który upływa pomiędzy dwoma kolejnymi żądaniami dostępu do pamięci

4. Szybkość transmisji (ang. *transfer speed*)

- ilość bitów (lub bajtów), która w jednej jednostce czasu może zostać przesłana pomiędzy urządzeniem a pamięcią
- mierzona w bitach na sekundę (b/s)

Pamięć operacyjna



Bajtowa struktura pamięci operacyjnej

Pojemność pamięci

$$1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$$

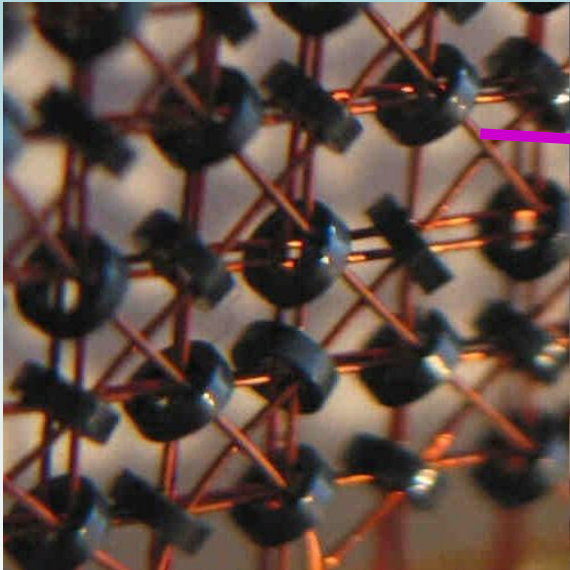
$$1 \text{ MB} = 2^{10} \text{ KB} = 1024 \text{ KB} = 2^{20} \text{ B}$$

$$1 \text{ GB} = 2^{10} \text{ MB} = 1024 \text{ MB} = 2^{30} \text{ B}$$

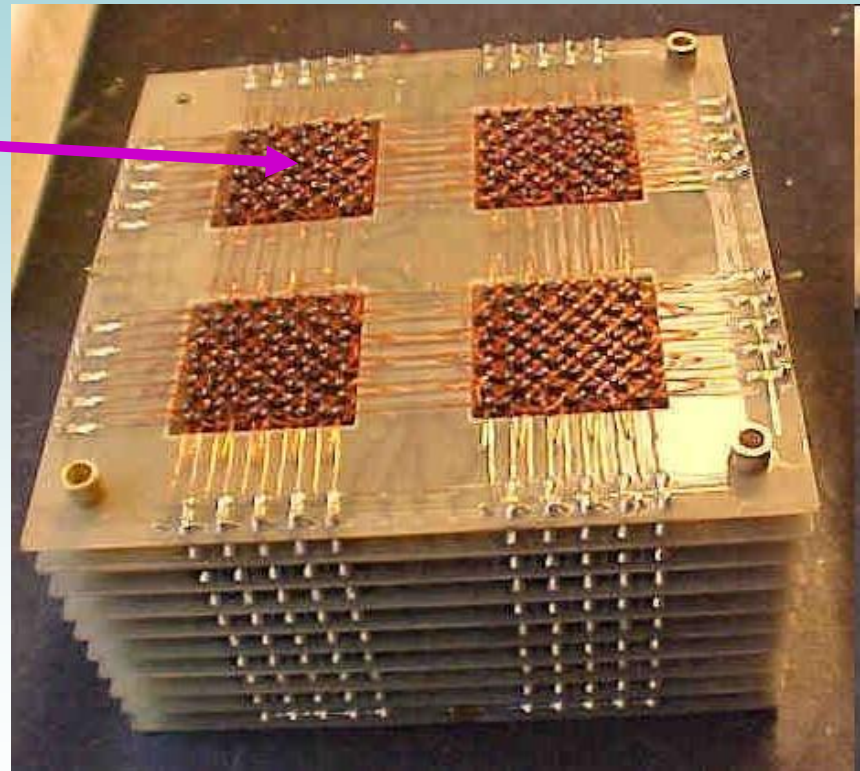
$$1 \text{ TB} = 2^{10} \text{ GB} = 1024 \text{ GB} = 2^{40} \text{ B}$$

Trochę historii

- 1947 - wynalezienie magnetycznej pamięci ferrytowej

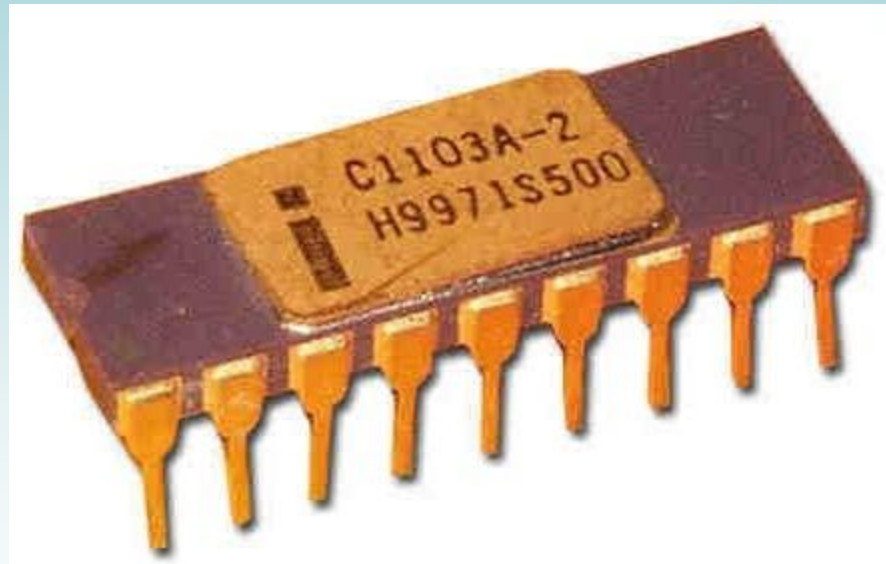


**Pamięć ferrytowa
(nieulotna)**



Trochę historii

- **1966** - firma Intel rozpoczyna budowę oraz sprzedaż pamięci półprzewodnikowych



układ scalony Intel 1103 o pojemności 1kb

Rodzaje pamięci operacyjnej

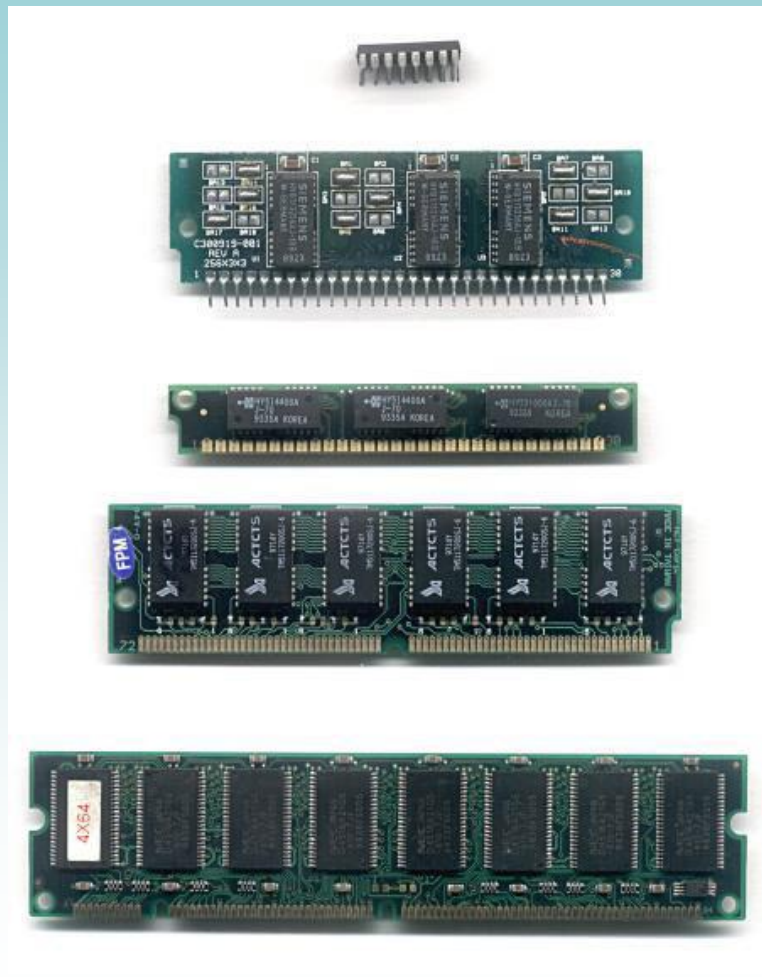
Podział ze względu na trwałość informacji

- Statyczna SRAM (ang. *Static RAM*)
 - Przechowuje informacje tak długo, dopóki istnieje zasilanie
 - Nie wymaga odświeżania
 - Wykorzystywana w szybkich pamięciach cache
 - Krótki czas dostępu
 - Stosunkowo małe pojemności
 - Stosunkowo wysoka cena

Rodzaje pamięci operacyjnej

Podział ze względu na trwałość informacji

- Dynamiczna DRAM (ang. *Dynamic RAM*)
 - Synchroniczna SDRAM (ang. *Synchronic DRAM*)
 - Praca zgodna z taktowaniem zegara systemowego
 - Transmisja sygnału odbywa się na zboczu narastającym impulsu zegara
 - Czas dostępu: 5-15ns, taktowane zegarami: 66MHz, 100MHz, 133MHz, 142 MHz (przepustowość odpowiednio: 533 MB/s, 800 MB/s, 1067 MB/s, 1133 MB/s)
 - Podwójnej wydajności DDR (ang. *Dual Data Rate*)
 - Transmisja sygnału odbywa się na zboczu narastającym i opadającym – ten sam zegar 2x większe pasmo
 - Taktowane zegarami: 100MHz, 133MHz, 166MHz, 200MHz (przepustowość odpowiednio: 1,6 GB/s, 2,1 GB/s, 2,7 GB/s, 3,2 GB/s)
 - DDR, DDR2, DDR3, DDR4 – rosnąca przepustowość przy zmniejszającym się poborze mocy.



Pamięć	Użycie	Rok
DIP	PC, XT, At	1981
SIPP	286, AT, 386	1983
SIMM (30-pinowe)	Niektóre 286, 386, 486	1994
SIMM (72-pinowe)	PS/2, 486, Pentium, AMD K6, AMD K5	1996
DIMM SDR SDRAM	Pentium II, Pentium III, Pentium IV, Celeron, AMD K6	1997



Pamięć

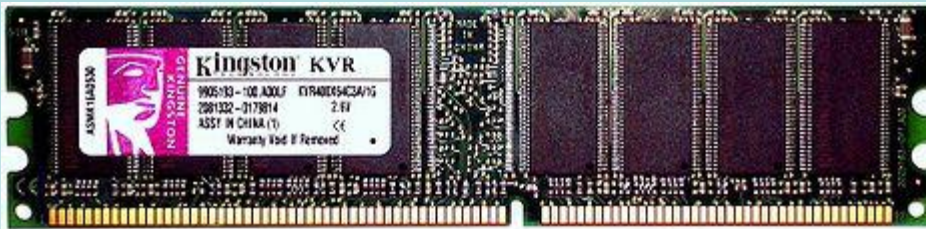
Użycie

Rok

**RIMM
Rambus**

Pentium IV

1999



**DIMM
DDR**

**Pentium IV,
Athlon, Duron,
Sempron**

1999



**DIMM
DDR2**

**Pentium IV,
Pentium D, Intel
Core 2, Athlon
64, AM2,
Sempron AM2,
Intel Atom**

2003



**DIMM
DDR3**

**Intel Core i7,
Intel Core i5
Intel Core i3
AMD Phenom II,
AMD Athlon II**

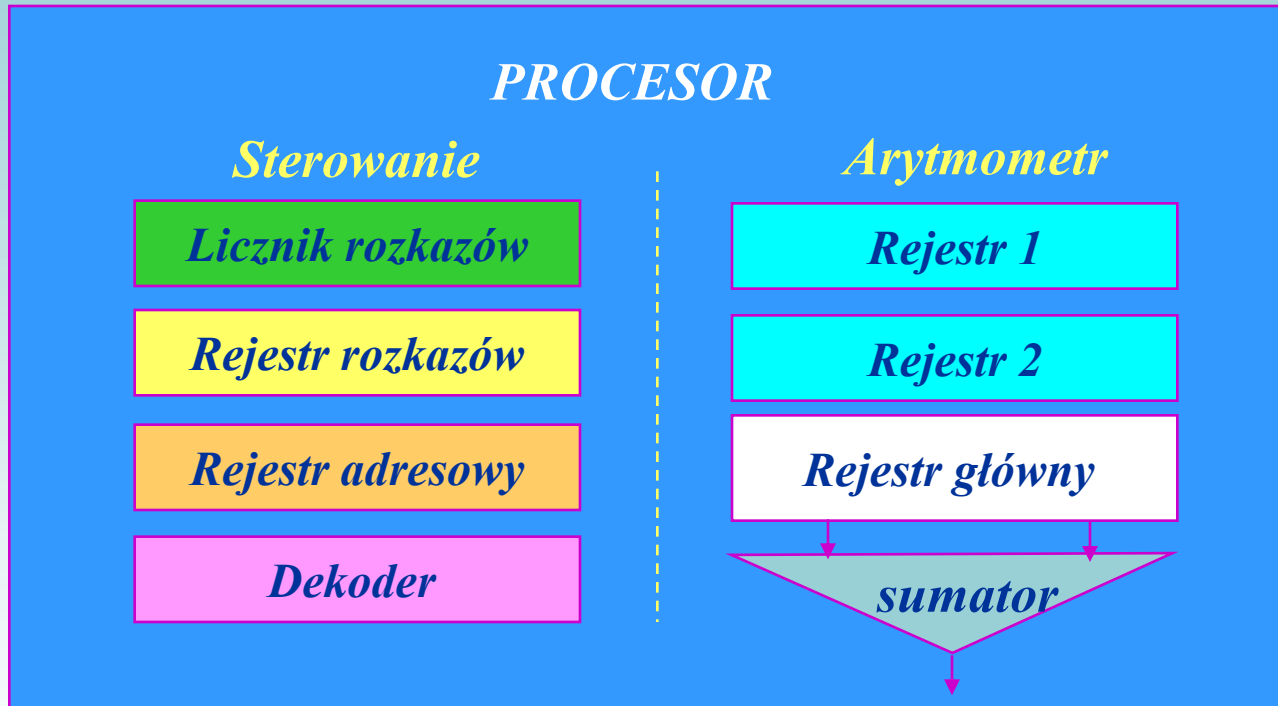
2007

**DIMM
DDR4**

Intel, AMD

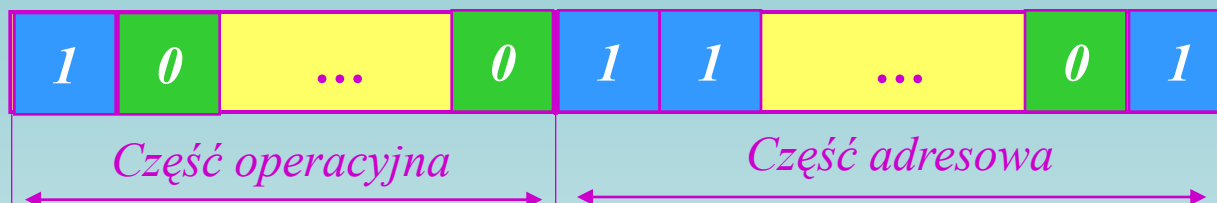
2012

Procesor



Podstawowe podzespoły i elementy procesora

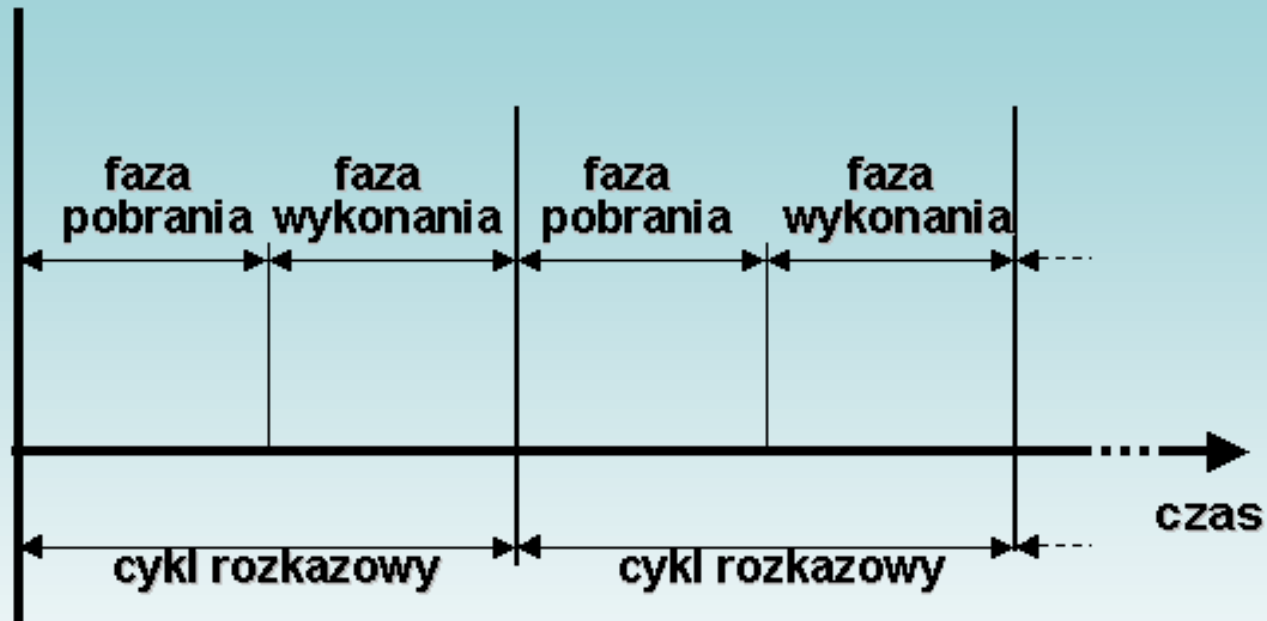
Rozkazy procesora



Rodzaje rozkazów

- **kopiowanie danych** (z pamięci do rejestru, z rejestru do pamięci, z pamięci do pamięci)
- **działania arytmetyczne** (dodawanie, odejmowanie, porównywanie dwóch liczb, dodawanie i odejmowanie jednośc, zmiana znaku liczby)
- **działania na bitach** (AND, OR, suma modulo 2, XOR, NOT)
- **przesunięcie bitów** (w lewo, w prawo)
- **skoki** (bezwarunkowe, warunkowe)

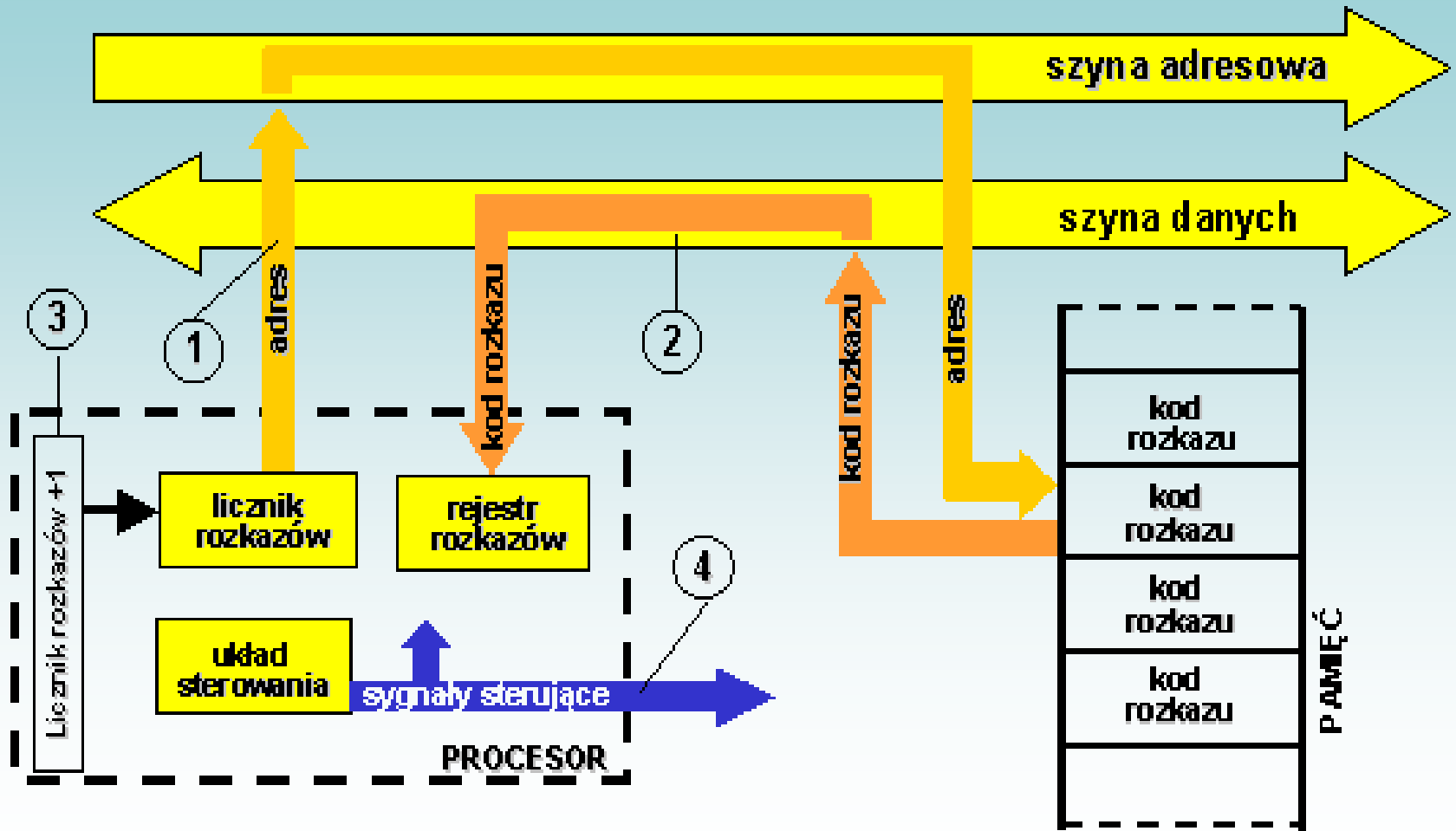
Cykl rozkazowy procesora



Faza pobrania (ang. fetch)

Faza wykonania (ang. execution)

Cykl rozkazowy procesora



Parametry procesora

- *Technologia wykonania (rozmiar bramki tranzystora)*
- *Liczba bitów (długość przetwarzanego słowa)*
- *Szybkość pracy (częstotliwość taktowania, liczba cykli na sekundę)*
- *Rozmiar pamięci podręcznej cache*
- *Liczba rdzeni*
- *Rozmiar oraz ilość poziomów (L1, L2, L3) pamięci podręcznej cache*
- *Rodzaj złącza*
- *Napięcie pracy*
- *Moc wydzielanego ciepła – TDP*
- *Obsługiwane technologie*

Procesory Intel



- **Pentium: I, PRO, II, III, IV**

oparte na rdzeniach: Willamette, Northwood, Extreme Edition i Prescott), mobile (zoptymalizowany tak, aby zużywać jak najmniej prądu i wydzielać jak najmniej ciepła – zastosowanie w komputerach przenośnych)

- **Celeron, CeleronD:**

wersja ekonomiczna / okrojona procesora PENTIUM

- **Xeon:**

wywodzi się z Pentium II, przeznaczony na rynek serwerów (praca wieloprocesorowa)

- **Itanium –1,2** - rozwiązanie dla serwerów

- **DualCore**

- **Core2-Dore2Duo, Core2Extreme, Core2Quad(4), Core2 ExtremeQuad(2*Core2Duo)**

- **Atom** – przeznaczony do netbooków i urządzeń internetowych

- **Core i3, i5, i7** – procesory Intel Core drugiej generacji

Procesory AMD

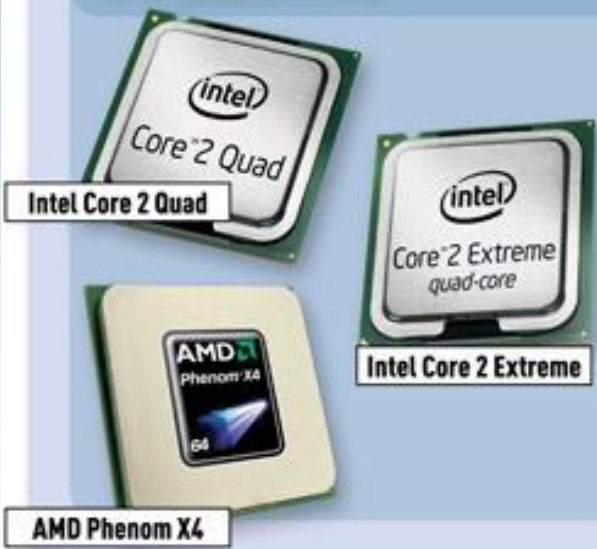


- **DURON** (2000-2004) taktowane zegarem od 600 MHz do 1,8 GHz, (Spitfire, Morgan, Applebred). AMD zaprzestało produkcji procesora Duron w 2004 roku, został on zastąpiony linia procesorów Sempron.
- **ATHLON Classic**
- **ATHLON Thunderbird**
- **ATHLON XP** (Palomino, Thoroughbred, Barton i Thorton, Mobile Athlon XP)
- **Operton** (dedykowany do serwerów) - pierwszy procesor implementujący architekturę AMD64
- **ATHLON 64 (FX)** okrojony Operton do serwerów
- **Sempron** - następca Durona, konkurencja dla Celerona D
- **Athlon 64 X2**
- **AMD Quad FX** (2 * Athlon 64 FX)
- **AMD Phenom II X2, X3 i X4** – procesory dwu, trzy i czterordzeniowe, konkurencja dla Core i3, i5, i7

Współczesne procesory

Ile rdzeni mają różne modele procesorów

4 rdzenie



3 rdzenie



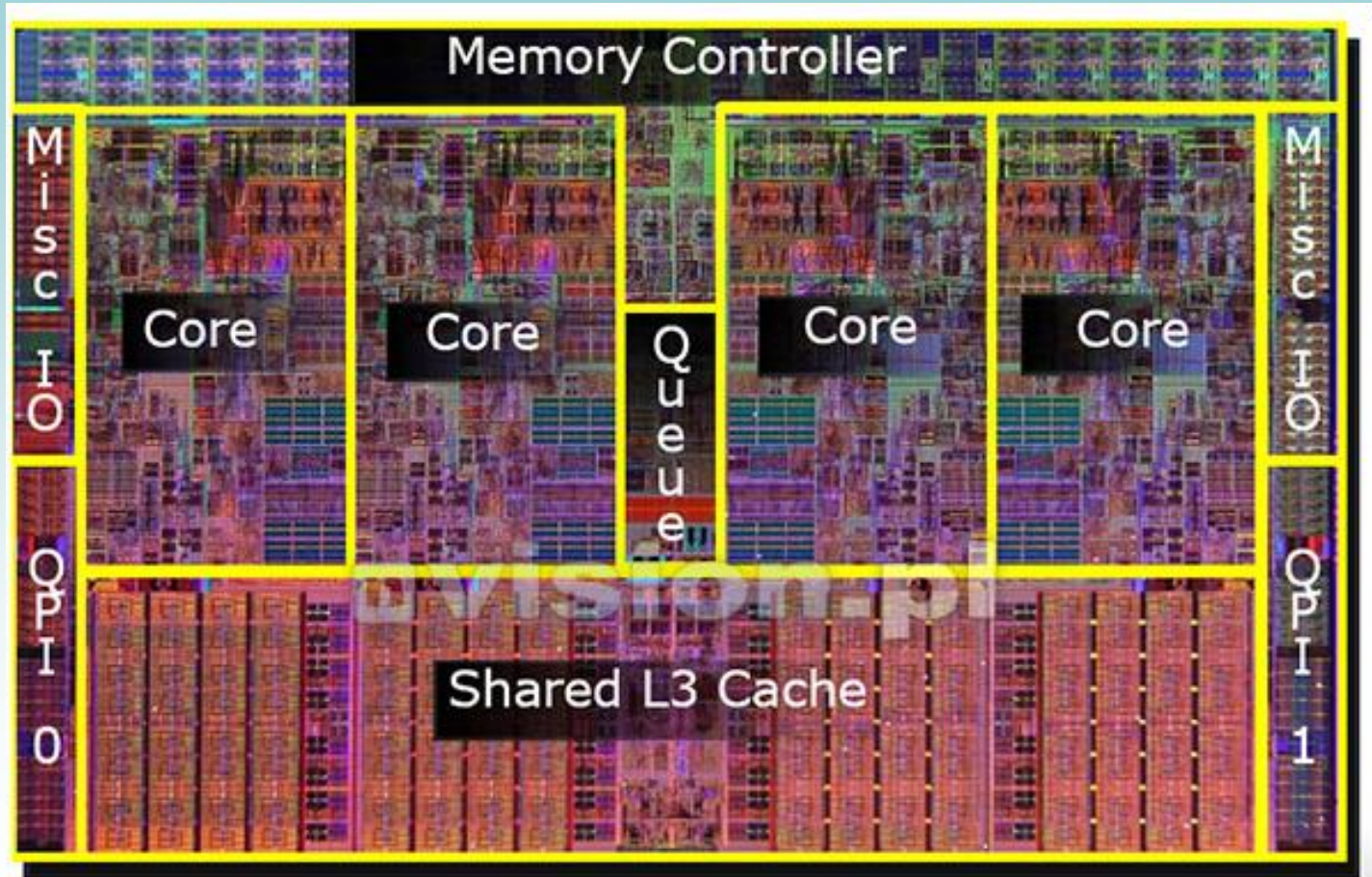
2 rdzenie



Intel Core i7

- Technologia: 32 nm
- Taktowanie rdzeni: 2.66-3.33 GHz
- Wbudowany trójkanałowy kontroler pamięci DDR3, IMC (Integrated Memory Controller)
- Technologia Nehalem Turbo Mode
- Nowa szyna systemowa, QPI
- Nowe instrukcje SSE
- Cztero-/sześć rdzeniowość
- Hyper-Threading
- Obsługa ośmiu/dwunastu wątków
- Turbo boost

Architektura Core i7



Pamięć podręczna

Cache to **podręczna pamięć** procesora. Charakteryzuje się wyjątkowo krótkim czasem dostępu. Jest ona używana do przechowywania danych, które będą w niedługim czasie przetwarzane.

Główne zadania pamięci podręcznej:

1. zmniejszenie czasu dostępu do danych dla procesora
2. minimalizacja obciążenie szyny pamięci, w celu udostępnienia jej innym urządzeniom

Trzy poziomy pamięci podręcznej procesora:

- **L1** - pamięć pierwszego poziomu umieszczana na procesorze najbliżej głównego jądra; z uwagi na ograniczenia rozmiarów i mocy procesora zawsze jest najmniejsza; umożliwia najszybszą komunikację.
- **L2** - pamięć drugiego poziomu umieszczona na procesorze; większa niż pamięć L1, ale o trochę wolniejszym czasie dostępu.
- **L3** - pamięć trzeciego poziomu może być umieszczona na płycie głównej komputera.

Pamięć podręczna

- ✓ Pamięć L1 składa się z dwóch bloków: jeden przechowuje instrukcje a drugi dane.
- ✓ Pamięć L1 jest taktowana taką samą prędkością jak rdzenie procesora, aby rdzeń nie musiał czekać na dane i instrukcje.
- ✓ Pamięć L1 jest szybka ale ma małą pojemność, L2 jest większa, za to jest wolniejsza, podobnie z L3.
- ✓ Ostatni poziom pamięci jest wspólny dla wszystkich rdzeni oraz przechowuje dane z pamięci cache poszczególnych rdzeni (jeden z rdzeni może potrzebować wyniku z obliczeń innego z rdzenia i nie trzeba czekać na przesłanie ich przez szynę FSB lub QPI).
- ✓ Ostatni poziom pamięci jest zazwyczaj sumą wszystkich pamięci w procesorze.

Pamięć podręczna

Rozmiary pamięci podręcznej w procesorach z rodziny Intel Core i7

Cache L1	4x 32 kB	4x 32 kB	4x 32 kB
Cache L2	4x 256 kB	4x 256 kB	4x 256 kB
Cache L3	8 MB	8 MB	8 MB

Procesory graficzne

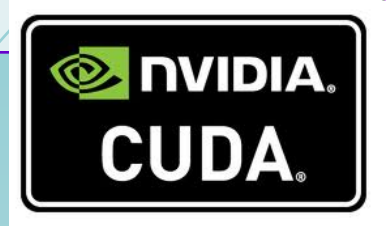
- GPU - ang. *Graphics Processing Unit*
- główna jednostka obliczeniowa kart graficznych
- prekursor: firma NVIDIA, karta graficzna GeForce 256, sierpień 1999 r.
- projektowane do współpracy z pamięcią RAM znajdującą się na kartach graficznych
- producenci procesorów graficznych: NVIDIA, ATI oraz Intel.



Procesory graficzne



CUDA



- ang. *Compute Unified Device Architecture*
- opracowana przez firmę NVidia uniwersalna architektura procesorów wielordzeniowych (głównie kart graficznych) umożliwiająca wykorzystanie ich mocy obliczeniowej do rozwiązywania ogólnych problemów numerycznych w sposób wydajniejszy niż w tradycyjnych, sekwencyjnych procesorach ogólnego zastosowania (CPU)
- stosowana głównie do przyspieszania obliczeń poprzez ich zrównoleglanie

Obliczenia równoległe – forma przeprowadzania obliczeń, w której wiele instrukcji wykonywanych jest jednocześnie. Obliczenia równoległe stały się dominującym wzorcem w architekturze komputerowej – głównie za sprawą upowszechnienia procesorów wielordzeniowych.

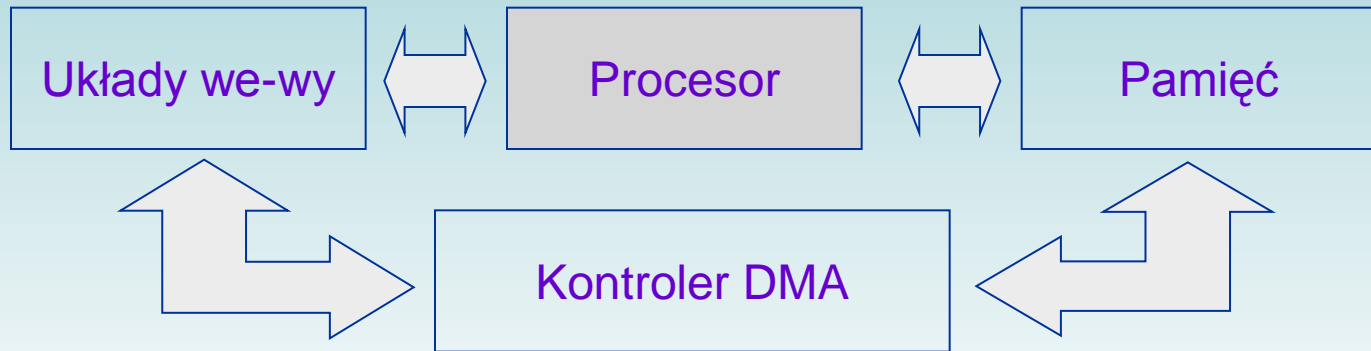
Wykonywanie obliczeń ogólnego przeznaczenia za pomocą procesora karty graficznej (**GPGPU**, ang. General Purpose Computing on Graphics Processing Units) to nowy kierunek badań w inżynierii komputerowej. Procesor karty graficznej (tzw. GPU) to koprocesor zoptymalizowany do obliczeń w grafice komputerowej, z których większość to podlegające łatwemu zrównolegleniu algebraiczne operacje macierzowe wykonywane w arytmetyce zmiennopozycyjnej. Dlatego współczesne GPU posiadają architekturę masowo równoległą z setkami rdzeni obliczeniowych, a ich teoretyczna moc obliczeniowa sięga wielu TFLOP (bilion operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę).

Początkowo w programach wykorzystujących technikę GPGPU używano standardowych interfejsów programowania aplikacji graficznych, głównie DirectX i OpenGL, co było niewygodne i nieefektywne. Dlatego producenci kart graficznych udostępnili specjalne języki programowania i środowiska programistyczne dostosowane do tworzenia aplikacji w technologii GPGPU: **CUDA** dla procesorów firmy Nvidia oraz CTM i ATI Stream dla procesorów firmy AMD. Innymi środowiskami przeznaczonymi do pracy w technologii GPGPU są m.in. BrookGPU, PeakStream oraz RapidMind. Trwają także zaawansowane prace nad niezależnym od platformy sprzętowej językiem **OpenCL**. Zarówno Nvidia, jak i AMD produkują tzw. procesory obliczeniowe, czyli dedykowane do technologii GPGPU karty graficzne pozbawione wyjścia wideo: Tesla i FireStream.



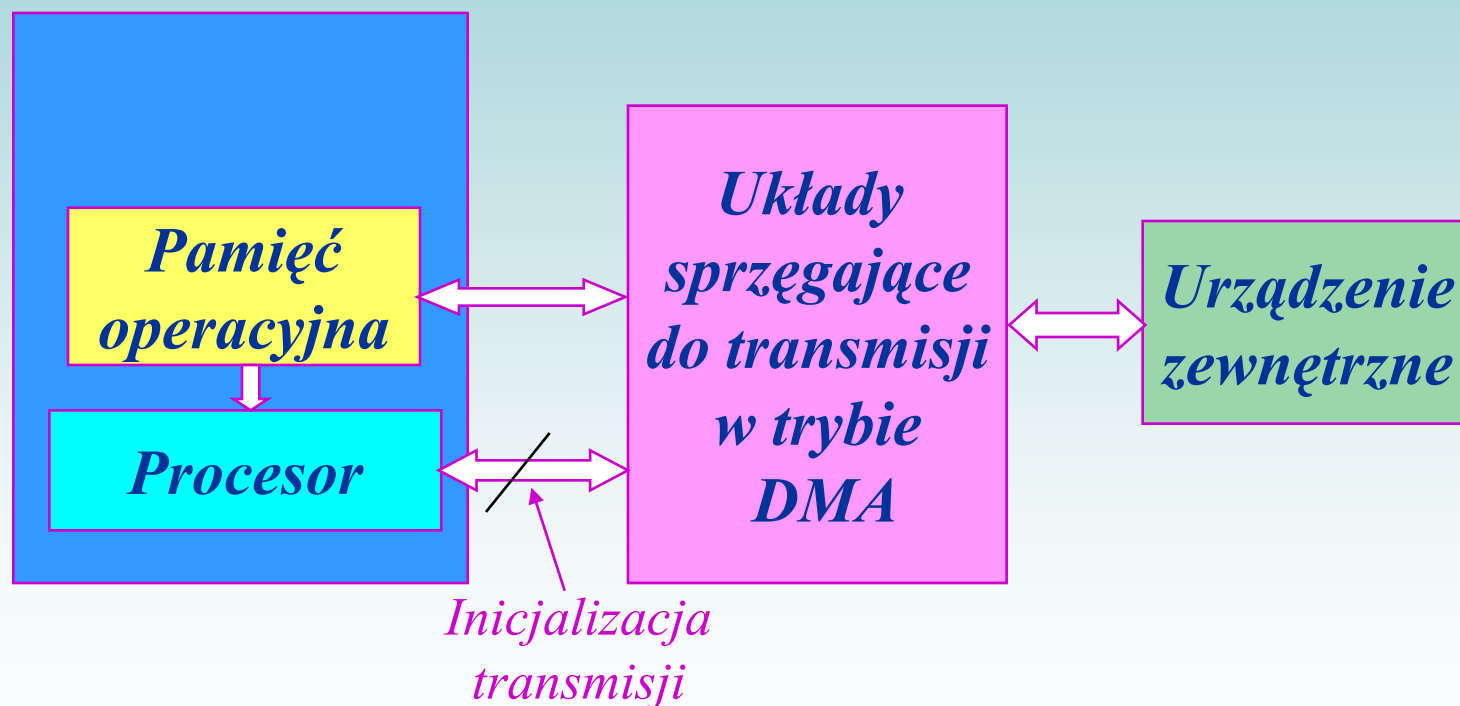
DMA

DMA (ang. Direct Memory Access) oznacza bezpośredni dostęp do pamięci komputera dla urządzeń peryferyjnych (np. karta dźwiękowa, dysk itp.)



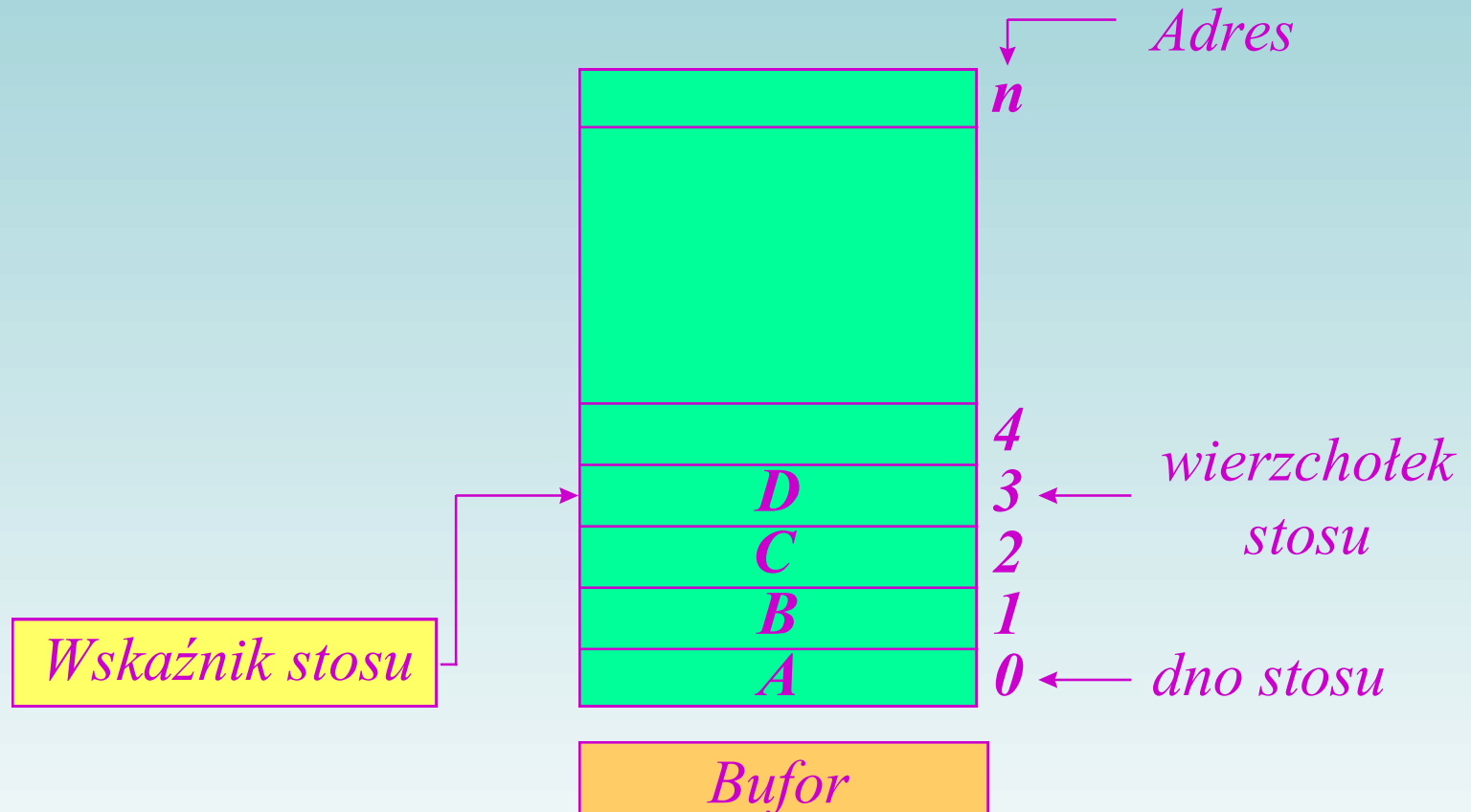
Idea bezpośredniej komunikacji układów wejścia-wyjścia z pamięcią

Bezpośredni dostęp do pamięci operacyjnej (DMA)



Schemat funkcjonalny komputera przy transmisji DMA

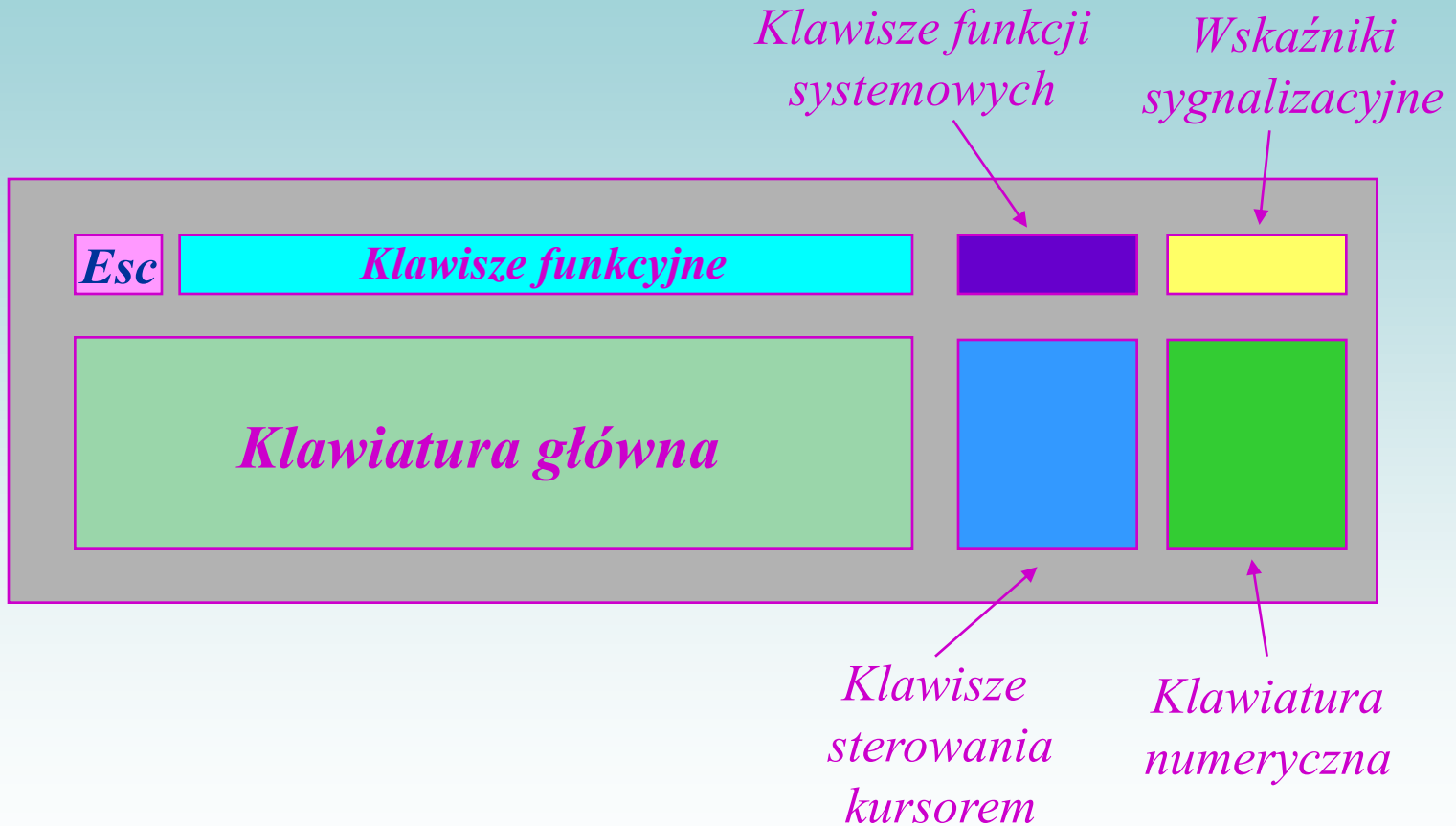
Stos pamięci



Schemat funkcjonalny stosu pamięci

Urządzenia wejścia

Klawiatura



Rozmieszczenie klawiszy w klawiaturze komputera IBM PC



Klawiatura PC/XT
(83 klawisze)



Klawiatura PC/AT
(84 klawisze)

**Klawiatura
multimedialna**
(104-105 klawiszy)



**Klawiatura
dotykowa**



Komunikacja: przewodowa, radiowa, na podczerwień, bluetooth

Układ klawiatury



QWERTY (klawiatura programisty)

°	!	"	:	?	%	+	~	()	=	ˆ	'	←
µ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	,	.	Backspace
Tab	Q	W	E	R	T	Z	U	I	O	P	ˆ	§	Enter
Caps Lock	A	D	S	F	G	H	J	K	L	ł	ę	;	↵
Shift	<	Y	X	C	V	B	N	M	ś	ń	ć	-	Shift
Ctrl	Win Key	Alt							Alt Gr	Win Key	Menu	Ctrl	

QWERTZ (klawiatura maszynistki)

°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	°	-	←					
²	&		é	@	#	'	(§	^	è	!	ç	{	à	})	-	↵
↵	A	Z	E	R	T	Y	U	I	O	P	ˆ	*	↵					
Caps lock	Q	S	D	F	G	H	J	K	L	M	ù	£	↵					
↑	>	\	W	X	C	V	B	N	?	:	/	+	↵					
Ctrl	win	Alt								Alt Gr	win	Ctrl						

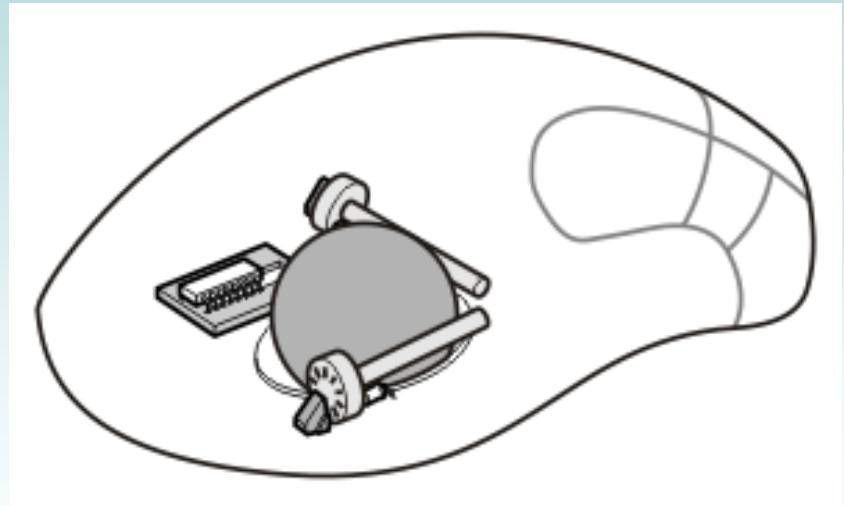
Klawiatura AZERTY

~	!	@	#	\$	%	^	&	*	()	{	}	←
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	[]	Backspace	
Tab	"	<	>	P	Y	F	G	C	R	L	?	+	
Caps Lock	A	O	E	U	I	D	H	T	N	S	-	Enter	
Shift	:	Q	J	K	X	B	M	W	V	Z	↵		
Ctrl	Win Key	Alt								Alt Gr	Win Key	Menu	Ctrl

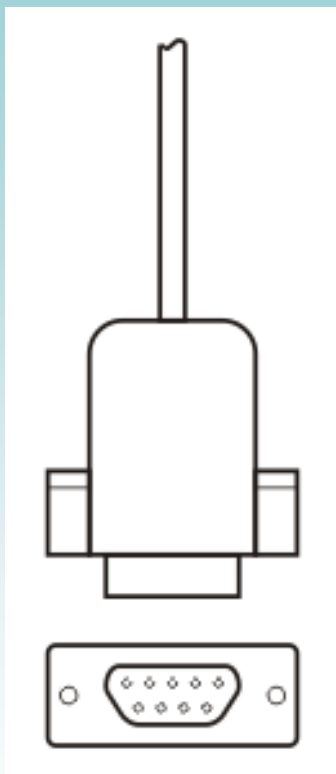
Klawiatura Dvoraka

Mysz

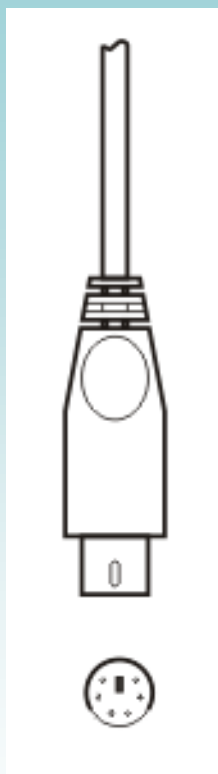
Mysz mechaniczna (optomechaniczna)



Mysz – komunikacja z komputerem



RS-232



PS/2



USB

**Komunikacja
beprzewodowa**

Przyszłość myszy



**Mysz wertykalna
V-mouse**



**Logitech MX Air Mouse
(mysz powietrzna)**

Swiftpoint Mouse



MICROSOFT Arc



Moixa Sphere



OreObject SPHEREtouch



evoMouse

Urządzenia wejścia



trackball
(manipulator kulkowy)

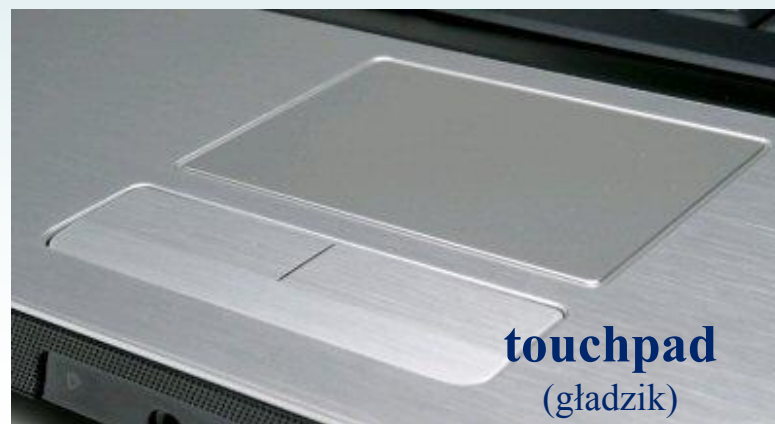


trackpoint

(pointstick, trackstick, touchstick, finetrack, accupoint)



tablet



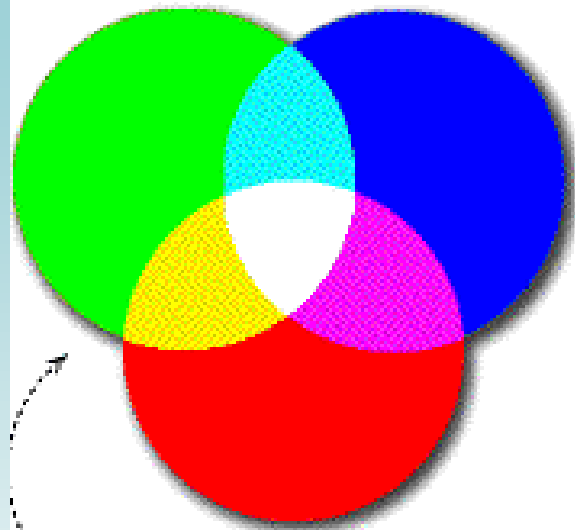
touchpad
(gładzik)

Urządzenia wejścia



Urządzenia wyjścia

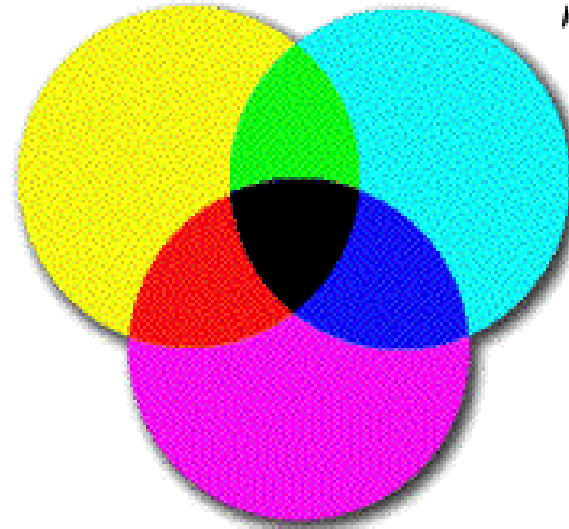
Modele barw



RGB

- Additive colors
- Vibrant tones
- Used by monitors for displays
- 3 channels: Red, Green, Blue
- Smaller files sizes

CMYK



- Subtractive colors
- Cool tones
- Only way for print media
- 4 channels: Cyan, Magenta, Yellow, Black
- Easier to color treat

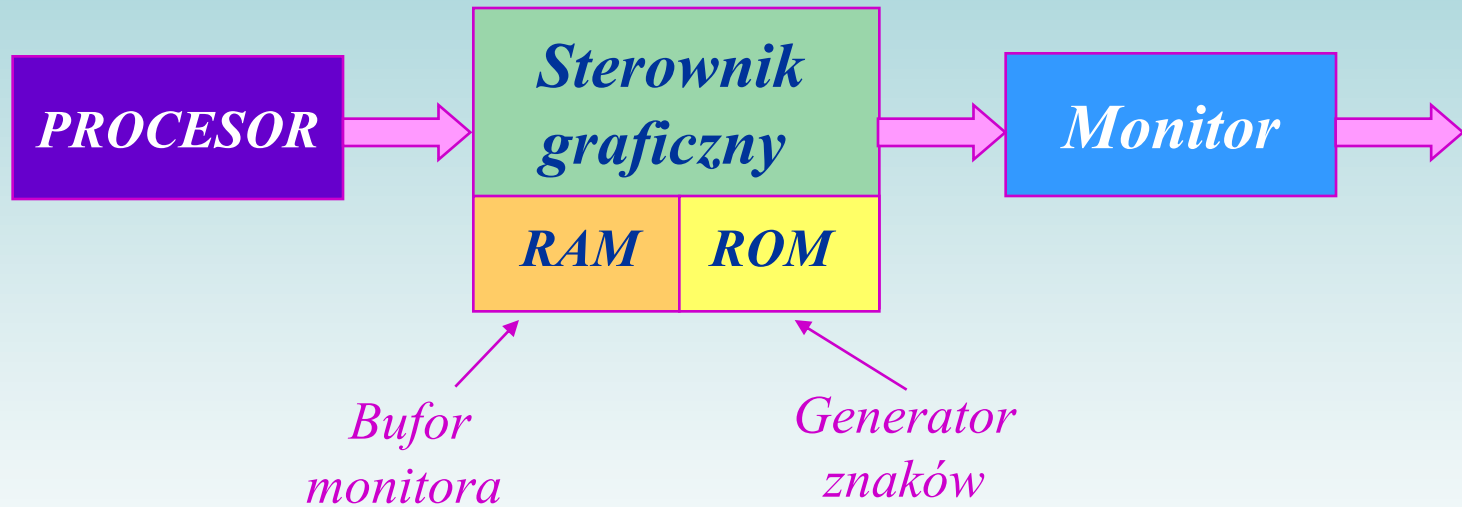
Monitor

	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>...</i>	<i>80</i>
<i>1</i>					
<i>2</i>					
<i>3</i>					
<i>⋮</i>					
<i>⋮</i>					
<i>⋮</i>					
<i>⋮</i>					
<i>25</i>					

*Tryb
znakowy*

Organizacja ekranu w trybie znakowym

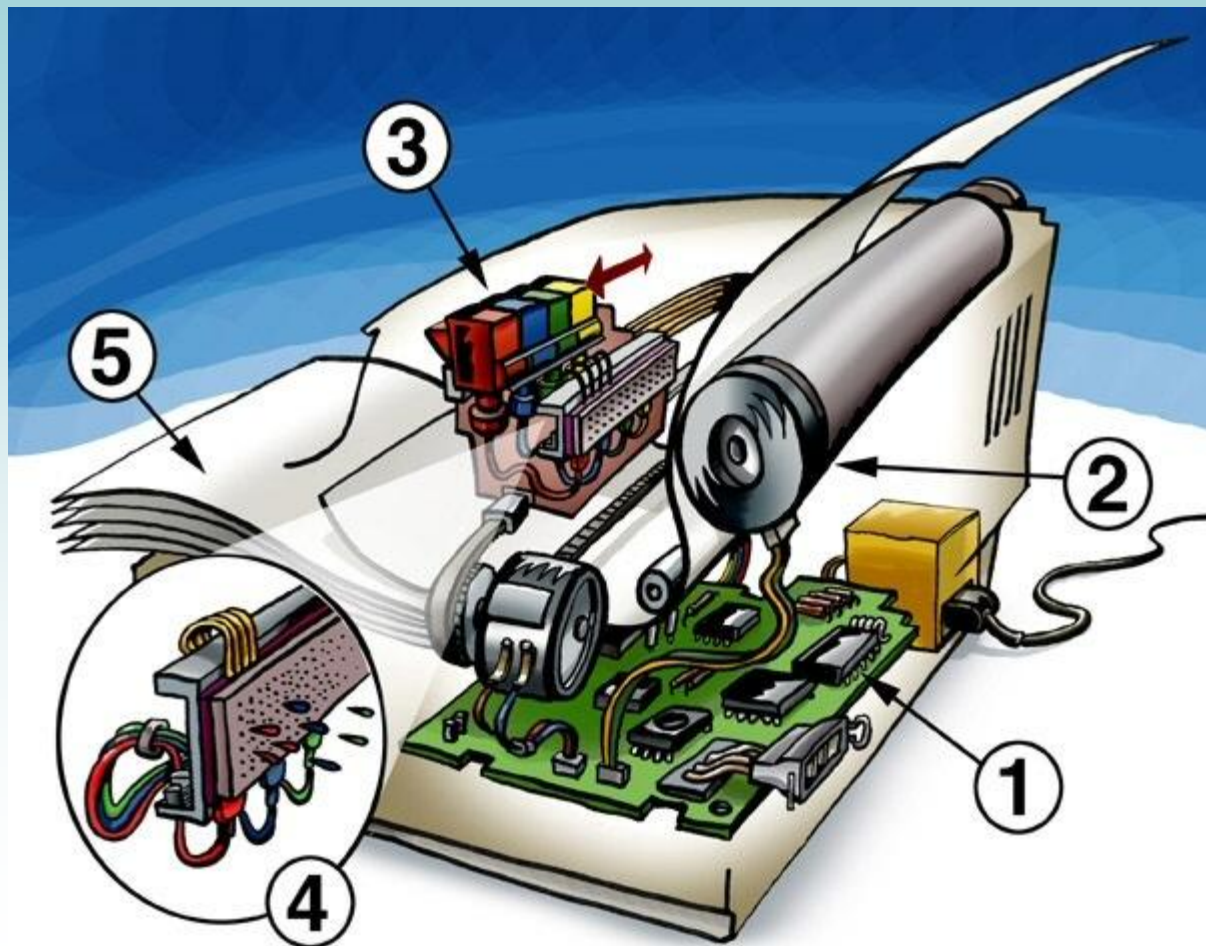
Monitor



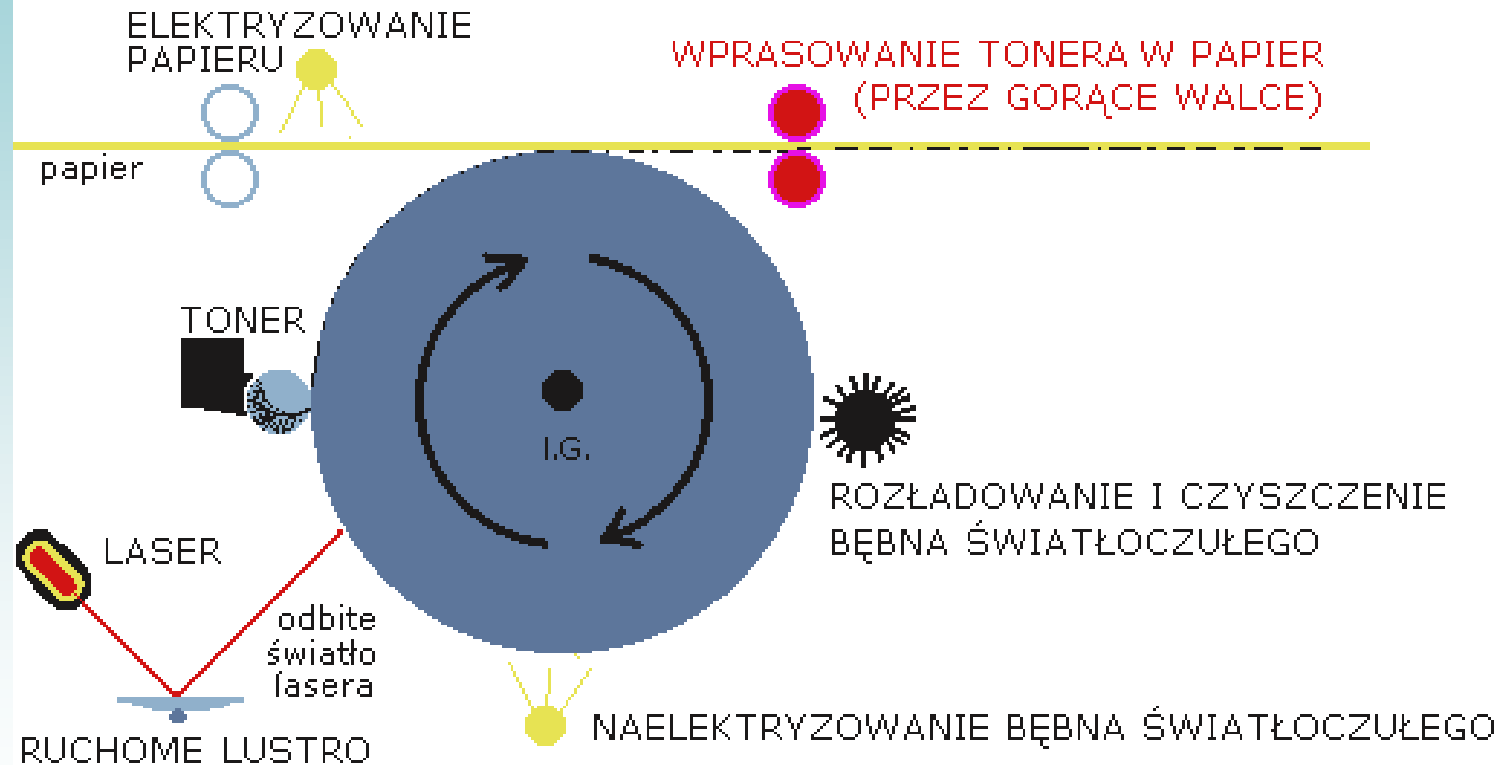
*Sterownik graficzny jako urządzenie pośredniczące
pomiędzy procesorem i monitorem*

Drukarki

Drukarki atramentowe



Drukarka laserowa



Inne urządzenia wyjścia



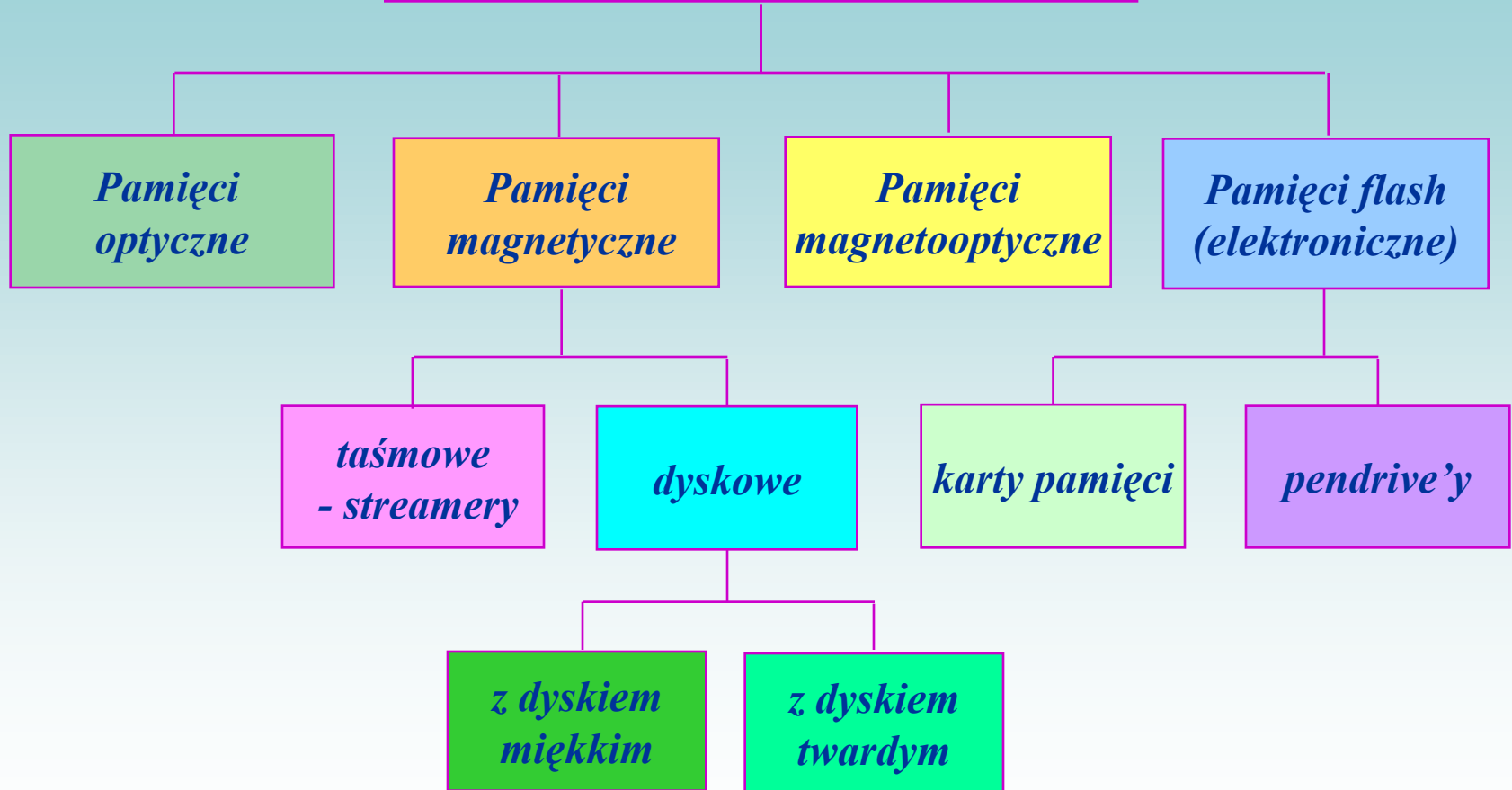
sluchawki



glośniki

kontrolki stanu urządzenia

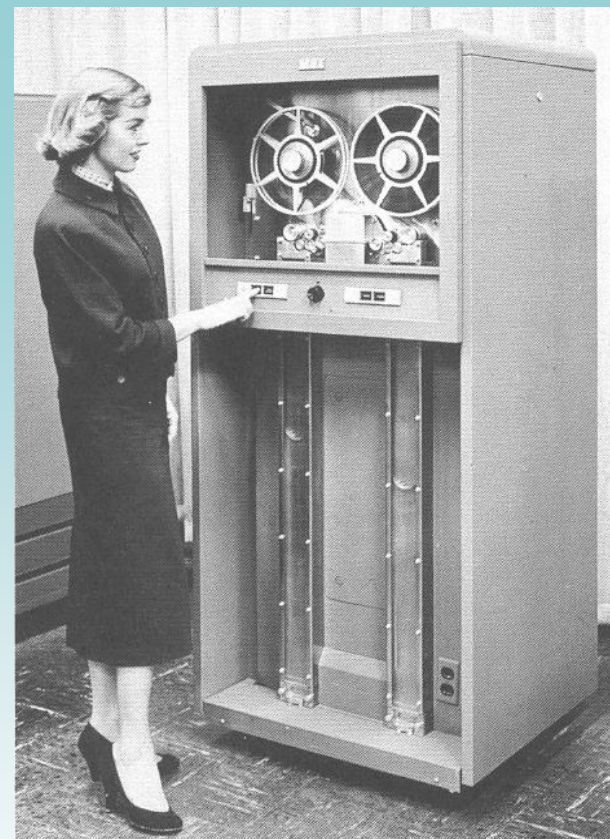
Pamięci zewnętrzne



Klasyfikacja pamięci zewnętrznych

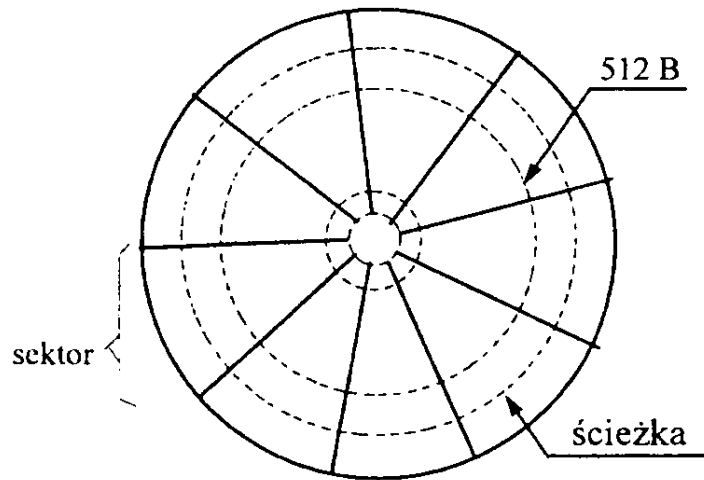
Pamięci taśmowe

- ~1950-1980
- sekwencyjny dostęp do danych
- aktualnie wykorzystywane głównie do archiwizacji danych z uwagi na stosunkowo niską cenę jednostki pojemności i stabilność przechowywanych danych
- pojemności od kilku megabajtów do setek gigabajtów

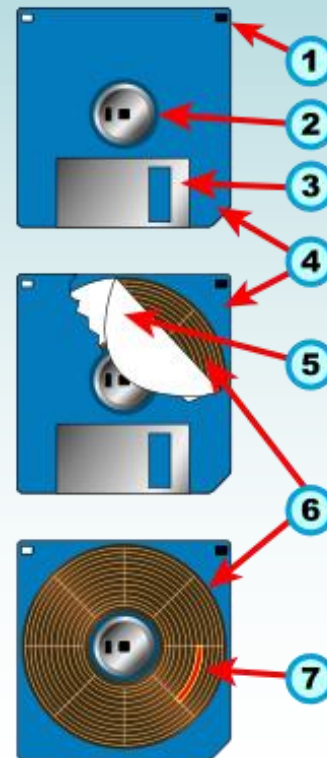


Dyskietki

- 1950 – pierwszy napęd
- ścieżki - współśrodkowe okręgi, na których zapisywane są dane
- sektory - „porcje” danych, które można odczytać/zapisać
- 40/80 ścieżek po 8/36 sektorów
- obustronny zapis



Podział dyskietki na ścieżki i sektory



1. Okienko blokady zapisu
2. Talerzyk obracający dyskietką
3. Ruchoma osłonka nośnika
4. Obudowa, z prawej strony u dołu ścieżce uniemożliwiająca włożenie dyskietki odwrotnie
5. Włóknina zapobiegająca ocieraniu nośnika o obudowę i czyszcząca nośnik
6. Nośnik
7. Rozmieszczenie ścieżek i sektorów na nośniku.
8. Z lewej strony u góry otwór rozpoznawania typu dyskietki, jest HD (1,44 MB), brak dyskietka DD (720 kB).

Dyskietki

Format dyskietki	Rok	Pojemność
8 cali	1971	80 KB
8 cali	1973	256 KB
8 cali	1974	800 KB
8 cali dwustronna	1975	1 MB = 1024 KB ¹⁾
5¼ cala	1976	110 KB
5¼ cala DD	1978	360 KB ¹⁾
5¼ cala QD ²⁾	1984	1.2 MB = 1200 KB
3 cale	1984	320 KB
3½ cala DD	1984	720 KB
3½ cala HD	1987	1.44 MB = 1440 KB
3½ cala ED	1991	2.88 MB = 2880 KB

Uwagi:

Dla pojemności dyskietek przyjęto, 1 "MB" ≡ 1024 KB.

1) bardzo rozpowszechnione

były programy do formatowania na 800 lub 820 KB;

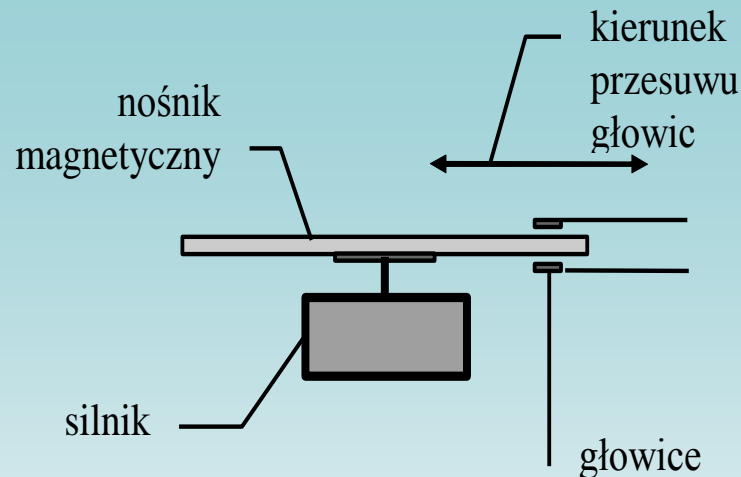
2) także oznaczane jako "HD"

DD = Double Density (Podwójnej gęstości)

QD = Quad Density (Poczwórnej gęstości)

HD = High Density (Wysokiej gęstości)

ED = Extra High Density (Ekstra wysokiej gęstości)



- Dyskietka obraca się z prędkością 360 obr/min (6 obr/sek)
- Głowice zapisująco-odczytujące przesuwają się wzdłuż promienia dyskietki
- Prąd elektryczny doprowadzony do uzwojenia głowicy wytwarza w pobliżu szczeliny głowicy pole magnetyczne namagnesowujące fragment dyskietki znajdujący się pod głowicą.

Dyskietki



Dyski ZIP



- Wielkości dyskietki 1.44", tylko grubsze
- Większa liczba ścieżek i zwiększenie precyzji ich wyboru
- Modele zewnętrzne i wewnętrzne
- Wykorzystywane głównie do archiwizacji danych



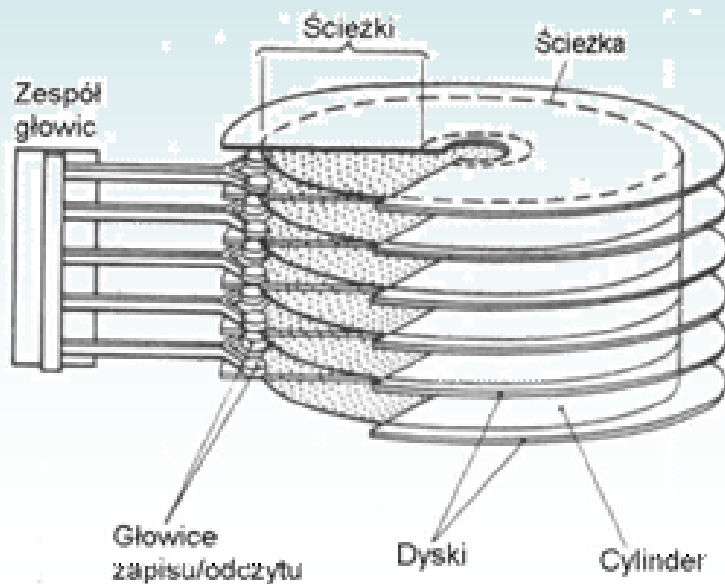
Trzy pojemności:

- 100 MB
- 250 MB
- 750 MB

Napęd ZIP firmy IOmega

Dysk twardy

- 1980 rok – 5MB – Seagate
- Kilka talerzy (2-8) umieszczonych na wspólnej osi.
- Wymiary talerzy:
 - 3.5 lub 5.25 cala (PC)
 - 2.5, 1.8 lub 1 cala (komputery i urządzenia przenośne)
 - cylinder - układ dwóch ścieżek w tym samym położeniu ale po przeciwnej stronie talerza.



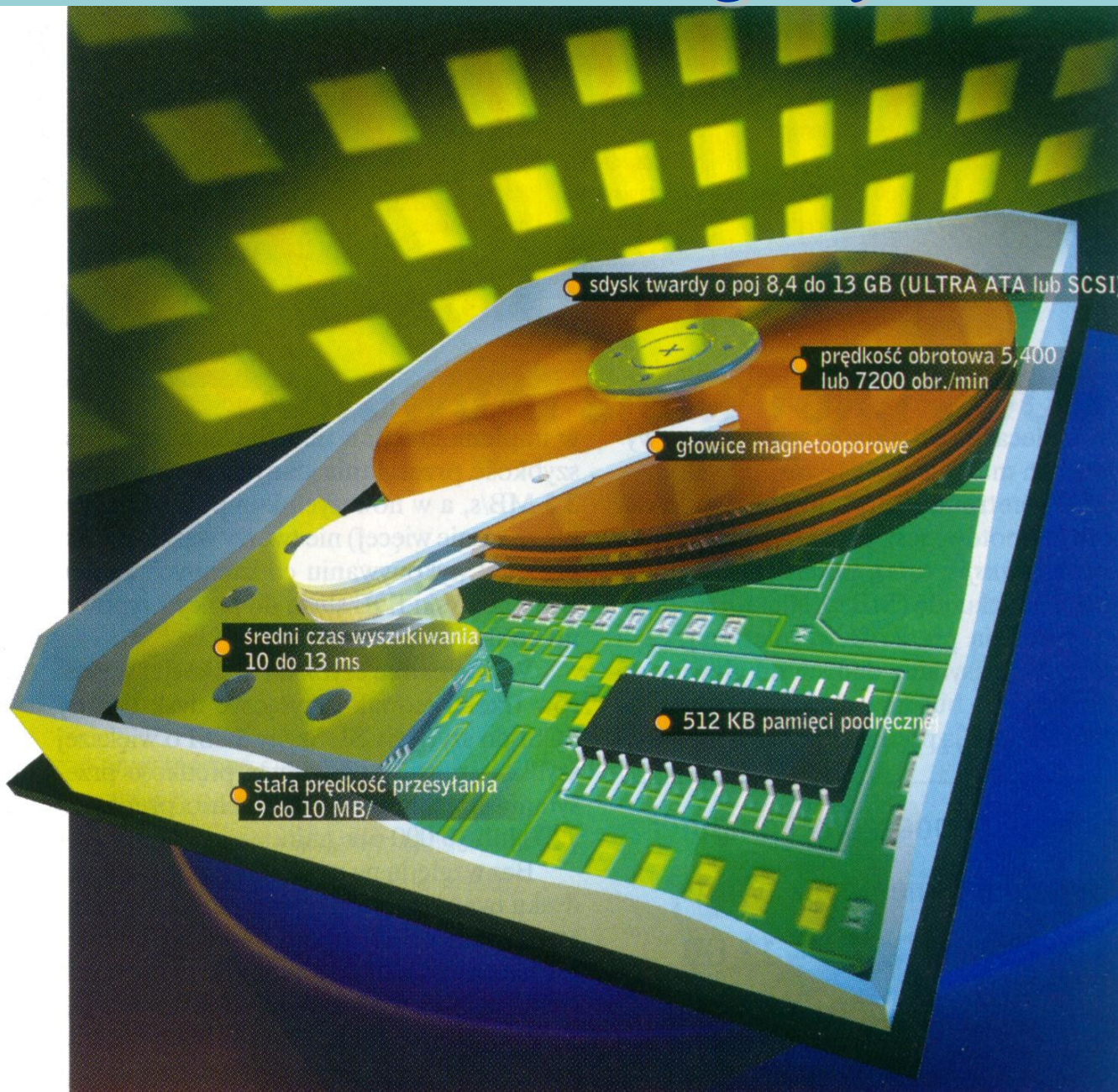
Jeden z pierwszych dysków twardych

Dysk twardy

■ Parametry:

- pojemność (aktualnie TB);
- szybkość transmisji danych,
- czas dostępu,
- prędkość obrotowa talerzy (7200 rpm – 1000 rpm)
- MTBF (ang. *Mean Time Between Failures*)
 - średni czas międzyawaryjny, używany do określania żywotności dysków twardych
 - określa prawdopodobieństwo uszkodzenia urządzenia przez rok użytkowania
- pamięć cache

Budowa twardego dysku



Pamięci optyczne

- **CD** (ang. *Compact Disk*)
 - ROM (Read Only)
 - R (Write Once + Read)
 - RW (ReWritable)
- **DVD** (ang. *Digital Video Disc, Digital Versatile Disc*)
- **FMD** (ang. *Fluorescent Multilayer Disk*)
- **Blu-Ray**

Typowo: krążek o średnicy 120 mm, grubości 1.2 mm
oraz wadze: ok. 15g

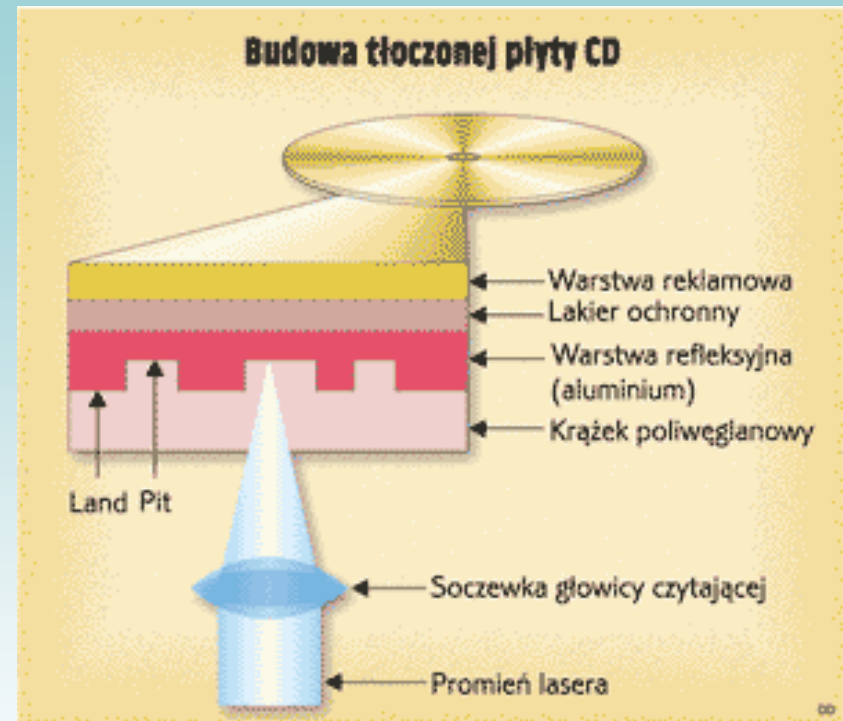
CD-ROM

- Opracowany w latach 70; premiera 1982
- Jednokrotny zapis (fabryczny) oraz wielokrotny odczyt
- Dane w postaci pitów (0) i landów (1) na spiralnej ścieżce podzielonej na sektory po 2 kB (22 188 obrotów, długość ok. 6 km)
- Głowica czytająca zbudowana z lasera, fotodiody, zestawu soczewek i luster.

CD-ROM

- laser o długości fali 780nm
- szerokość ścieżek 1,6 mikrometra
- rozmiar pitu: 0,83 mikrometra
- pojemność 650 – 700 MB
- żywotność ok. 100 lat

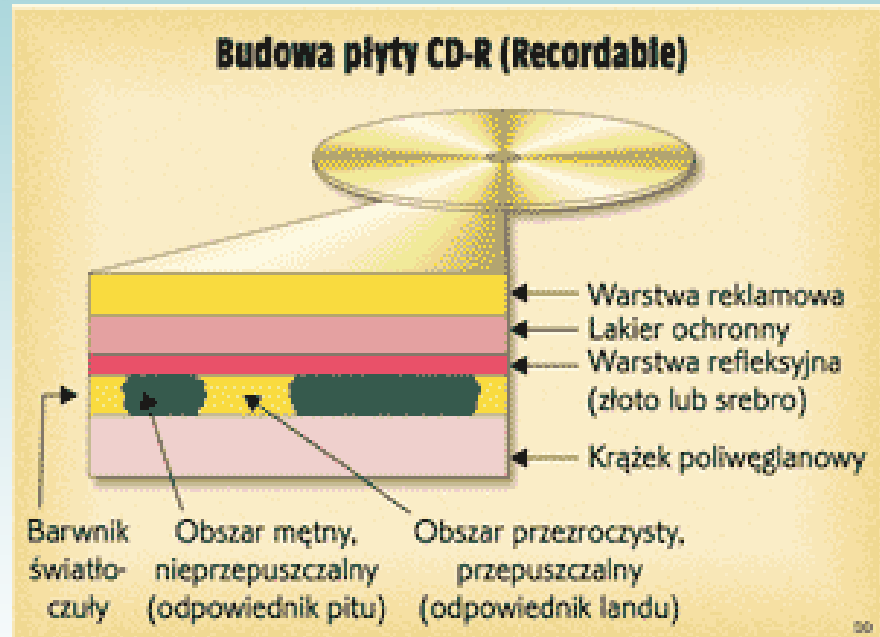
Gdy płyta kompaktowa wchodziła na rynek, przeciętny komputer miał dysk twardy o pojemności 10 MB i 360-kilobajtową stację dyskietek.



<http://www.pckurier.pl/archiwum/art0.asp?ID=3292>

CD-R

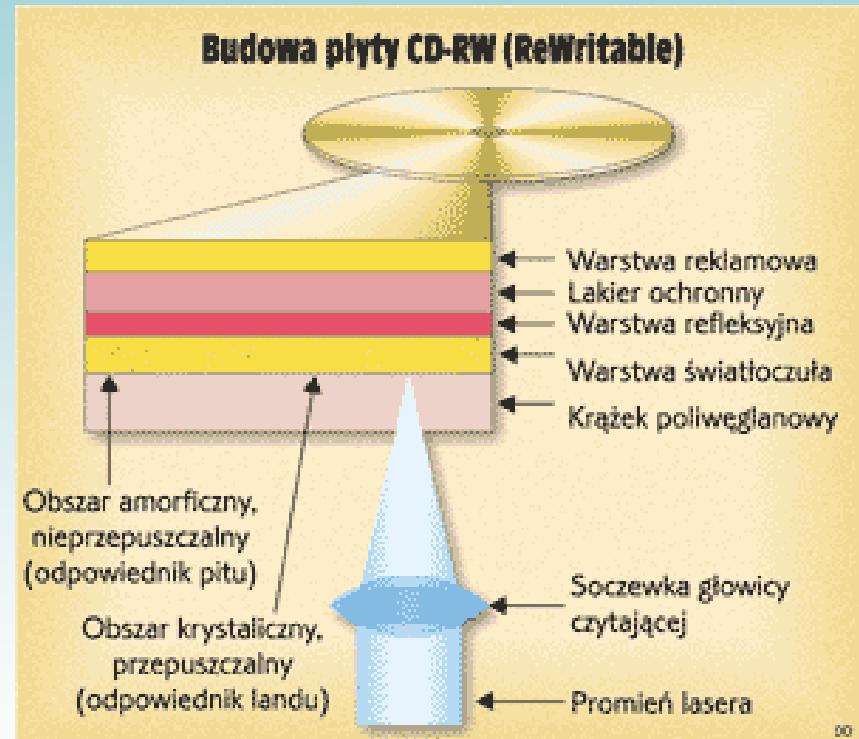
- Nagrywalne CD – 1989 r.
- Jednorazowy zapis do 700 MB
- Wielokrotny odczyt
- Dodana warstwa barwnika organicznego oraz ścieżka pozycjonująca laser
- Warstwa aluminium zastąpiona złotem lub srebrem.
- W procesie nagrywania laser rozgrzewa barwnik w wyniku czego ten staje się mętny (nie przepuszcza światła)



CD-RW

- Kasowalne CD
- Wielokrotny zapis i odczyt

Barwnik zastąpiony substancją, która w zależności od oświetlającego promienia lasera staje się krystaliczna (przepuszcza światło) lub amorficzna (załamuje światło).



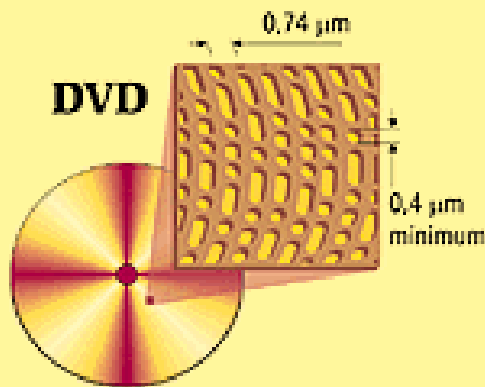
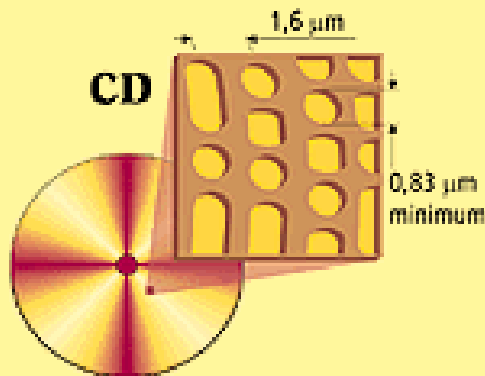
DVD

- Dwa krążki o grubości 0,6 mm
- wykorzystanie lasera czerwonego o mniejszej długości fali (635-650 nm)
- zmniejszenie rozmiarów ścieżki do 0,74 mm
- zmniejszenie długości pitu do 0,4 mm
- do 4,7GB w jednej warstwie dysku
- możliwość tworzenia dwóch warstw danych

Warstwa dolna jest warstwą półprzezroczystą. Wiązka lasera w zależności od długości fali i kąta nachylenia może czytać informacje zapisane na warstwie położonej niżej lub też z warstwy wyższej.

Budowa płyty CD i DVD

Budowa wewnętrzna



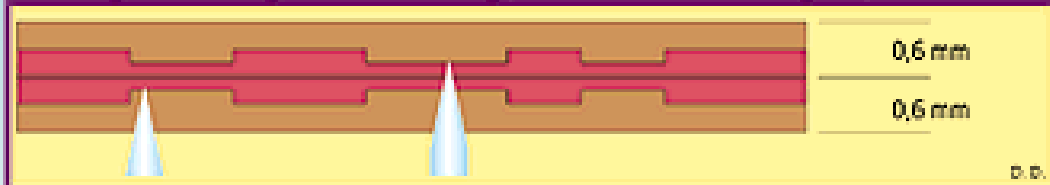
Płyta DVD używa mniejszych pitek i głębszych ścieżek.
Dlatego tego jest zwiększenie pojemności

o. o.

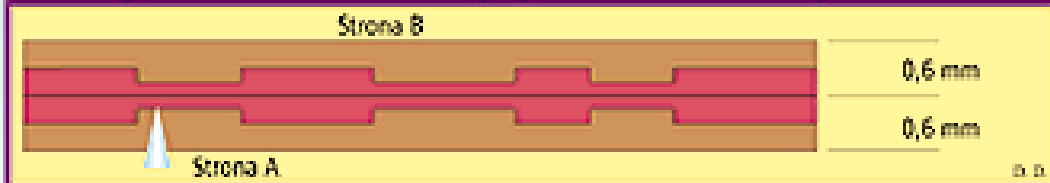
Dysk DVD jednostronny, jednowarstwowy 4,76 GB



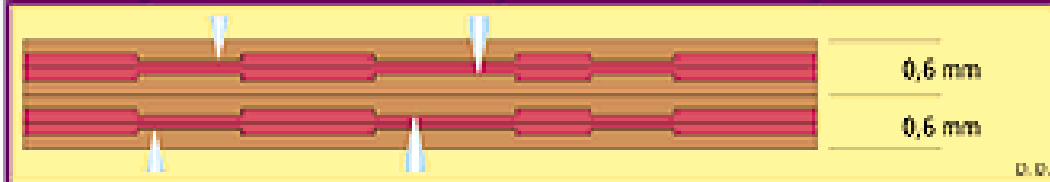
Dysk DVD jednostronny, dwuwarstwowy 8,56 GB



Dysk DVD dwustronny, jednowarstwowy 9,4 GB



Dysk DVD dwustronny, dwuwarstwowy 17 GB



HD-DVD

- ang. High Definition DVD
- Średnica: 120 mm
- Grubość: 1,2 mm
- Długość fali światła lasera: 405 nm
- Odległość między ścieżkami: 0,24 μm
- Minimalna długość pitu: 0,34 μm

HD DVD-ROM (tylko do odczytu):

- 15 GB (jednostronny jednowarstwowy)
- 30 GB (jednostronny dwuwarstwowy)
- 30 GB (dwustronny jednowarstwowy)
- 60 GB (dwustronny dwuwarstwowy)

HD DVD-R (jednokrotny zapis):

- 15 GB (jednostronny jednowarstwowy)
- 30 GB (dwustronny jednowarstwowy)

HD DVD-RW (wielokrotny zapis):

- 20 GB (jednostronny jednowarstwowy)
- 32 GB (jednostronny dwuwarstwowy)
- 40 GB (dwustronny jednowarstwowy)

Blu-Ray

- Średnica: 120 mm
- Grubość: 1,2 mm
- Długość fali światła lasera: 405 nm
- Odległość między ścieżkami: 0,14 μm
- Minimalna długość pitu: 0,32 μm
- Pojemność:
 - płyty jednowarstwowe 25 GB
 - płyty dwuwarstwowe 50 GB
 - płyty czterowarstwowe 100 GB
 - płyty ośmiowarstwowe 200 GB
 - płyta 16-warstwowa 400 GB (patent pionieer)



Pamięci flash

Rodzaje:

- Pamięci USB (pendrive'y)
- Karty pamięci
 - MultiMedia Card (MMC)
 - Secure Digital (SD)
 - Memory Stick (MS)
 - CompactFlash (CF)
 - SmartMedia (SM)
 - xD

Pamięci flash

Karty pamięci:



MultiMediaCard CompactFlash



SecureDigital Memory Stick



SmartMedia

xD

Nazwa	Skrót	Wymiary [mm]	Pojemności
CompactFlash I	CF-I	43 × 36 × 3.3	64 GB
CompactFlash II	CF-II	43 × 36 × 5.5	8 GB
SmartMedia	SM / SMC	45 × 37 × 0.76	128 MB
Memory Stick	MS	50.0 × 21.5 × 2.8	128 MB
Memory Stick PRO	MS		4 GB
Memory Stick Duo	MSD	31.0 × 20.0 × 1.6	128 MB
Memory Stick PRO Duo	MSX	20.0 × 31.0 × 1.6	16 GB
Memory Stick Micro M2	M2	15.0 × 12.5 × 1.2	8 GB
Multimedia Card	MMC	32 × 24 × 1.5	4 GB
Reduced Size Multimedia Card	RS-MMC	16 × 24 × 1.5	2 GB
MMCmicro Card	MMCmicro	12 × 14 × 1.1	
Secure Digital Card	SD	32 × 24 × 2.1	64 GB
miniSD Card	miniSD	21.5 × 20 × 1.4	8 GB
microSD Card	microSD	11 × 15 × 1	8 GB
xD-Picture Card	xD	20 × 25 × 1.7	512 MB
xD-Picture Card typu M	xDM	20 × 25 × 1.7	2 GB
xD-Picture Card typu H	xDH	20 × 25 × 1.7	2 GB

Dyski SSD

SSD – ang. *Solid State Drive* - dysk z pamięcią półprzewodnikową

Zasada działania podobna jak w przypadku pamięci Flash

Pojemności: 32, 64, 80, 120, 160, 250, 500 GB, 1 i 2 TB

Zastosowania:

- praca w skrajnych warunkach (temperatura, wstrząsy itp.)

Zalety:

- Brak ruchomych części
- Krótki czas dostępu i „reakcji”

Wady:

- wysoka cena przy małej pojemności

