

Informatyka 1 (ES1F1002)

Politechnika Białostocka - Wydział Elektryczny
Elektrotechnika, semestr II, studia stacjonarne I stopnia
Rok akademicki 2022/2023

Wykład nr 5 (07.11.2022)

dr inż. Jarosław Forenc

Plan wykładu nr 5

- Standard IEEE 754
 - operacje z wartościami specjalnymi
 - reprezentacja liczb zmiennoprzecinkowych w języku C
- Język C
 - pętla for, operatory ++ i --
 - pętle while i do...while
- Klasyfikacja systemów komputerowych (Flynna)

Standard IEEE 754 - wartości specjalne

- Standard IEEE 754 definiuje dokładnie wyniki operacji, w których występują specjalne argumenty

Operacja	Wynik
$x / \pm\infty$	0
$\pm\infty \cdot \pm\infty$	$\pm\infty$
$\pm\text{wart_niezer} / 0$	$\pm\infty$
$\infty + \infty$	∞
$\pm 0 / \pm 0$	NaN
$\infty - \infty$	NaN
$\pm\infty / \pm\infty$	NaN
$\pm\infty \cdot 0$	NaN

Język C - operacje z wartościami specjalnymi

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void)
{
    float x = 0.0;
    printf("1.0/0.0 = %f\n", 1.0/x);
    printf("-1.0/0.0 = %f\n", -1.0/x);
    printf("0.0/0.0 = %f\n", 0.0/x);
    printf("sqrt(-1.0) = %f\n", sqrt(-1.0));
    printf("1.0/INF = %f\n", 1.0/(1.0/x));
    printf("0*INF = %f\n", 0.0*(1.0/x));

    return 0;
}
```

```
1.0/0.0 = 1.#INF00
-1.0/0.0 = -1.#INF00
0.0/0.0 = -1.#IND00
sqrt(-1.0) = -1.#IND00
1.0/INF = 0.000000
0*INF = -1.#IND00
```

Operacja	Wynik
$x / \pm\infty$	0
$\pm\infty \cdot \pm\infty$	$\pm\infty$
$\pm\text{wart_niezer} / 0$	$\pm\infty$
$\infty + \infty$	∞
$\pm 0 / \pm 0$	NaN
$\infty - \infty$	NaN
$\pm\infty / \pm\infty$	NaN
$\pm\infty \cdot 0$	NaN

- Środowisko: Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition

Język C - operacje z wartościami specjalnymi

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void)
{
    printf("1.0/0.0 = %f\n", 1.0/0.0);
    printf("-1.0/0.0 = %f\n", -1.0/0.0);
    printf("0.0/0.0 = %f\n", 0.0/0.0);
    printf("sqrt(-1.0) = %f\n", sqrt(-1.0));
    printf("1.0/INF = %f\n", 1.0/(1.0/0.0));
    printf("0*INF = %f\n", 0.0*(1.0/0.0));

    return 0;
}
```

```
1.0/0.0 = 1.#INF00
-1.0/0.0 = -1.#INF00
0.0/0.0 = -1.#IND00
sqrt(-1.0) = -1.#IND00
1.0/INF = 0.000000
0*INF = -1.#IND00
```

Operacja	Wynik
$x / \pm\infty$	0
$\pm\infty \cdot \pm\infty$	$\pm\infty$
$\pm\text{wart_niezer} / 0$	$\pm\infty$
$\infty + \infty$	∞
$\pm 0 / \pm 0$	NaN
$\infty - \infty$	NaN
$\pm\infty / \pm\infty$	NaN
$\pm\infty - 0$	NaN

- Środowisko: Code::Blocks 20.03

Reprezentacja liczb zmiennoprzecinkowych w C

- Typy zmiennoprzecinkowe w języku C:

Nazwa typu	Rozmiar (bajty)	Zakres wartości	Cyfry znaczące
float	4 bajty	$-3,4 \cdot 10^{38} \dots 3,4 \cdot 10^{38}$	7-8
double	8 bajtów	$-1,8 \cdot 10^{308} \dots 1,8 \cdot 10^{308}$	15-16
long double	10 bajtów	$-1,2 \cdot 10^{4932} \dots 1,2 \cdot 10^{4932}$	19-20

- Typ long double może mieć także inny rozmiar:

Środowisko	Rozmiar (bajty)
MS Visual C++ 2008 EE	8 bajtów
Borland Turbo C++ Explorer	10 bajtów
Code:Blocks 20.03	16 bajtów (*)
Dev-C++ 5.11	16 bajtów (*)

Reprezentacja liczb zmiennoprzecinkowych w C

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    float sf = 0.0f;
    double sd = 0.0;
    long double slg = 0.0L;

    for (int i=0; i<10000; i++)
    {
        sf = sf + 0.01f;
        sd = sd + 0.01;
        slg = slg + 0.01L;
    }

    printf("float: %.20f\n", sf);
    printf("double: %.20f\n", sd);
    printf("long double: %.20Lf\n", slg);

    return 0;
}
```

Reprezentacja liczb zmiennoprzecinkowych w C

- Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition (long double - 8 bajtów)

```
float: 100.00295257568359000000
double: 100.00000000001425000000
long double: 100.00000000001425000000
```

- Borland Turbo C++ Explorer (long double - 10 bajtów)

```
float: 100.00295257568359375000
double: 100.00000000001425349000
long double: 100.0000000000001388000
```

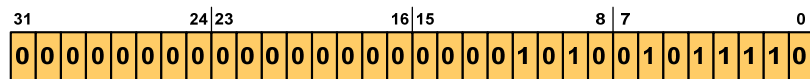
- Code::Blocks 20.03 (long double - 16 bajtów)

```
float: 100.00295257568359000000
double: 100.00000000001425000000
long double: 0.00000000000000000000
```

```
warning: unknown conversion
type character 'L' in format
[-Wformat=]
```

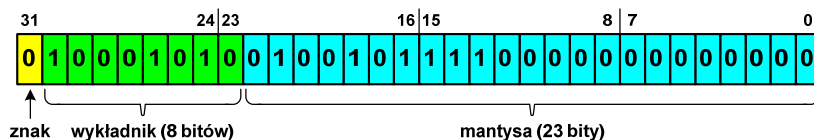
Liczba 2654₍₁₀₎ jako całkowita i rzeczywista w C

- int (4 bajty): 2654₍₁₀₎ = 00 00 0A 5E₍₁₆₎



$$2^{11} + 2^9 + 2^6 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 = 2048 + 512 + 64 + 16 + 8 + 4 + 2 = 2654_{(10)}$$

- float (4 bajty): 2654₍₁₀₎ = 45 25 E0 00_(IEEE 754)



$$+ 138 - 127 = 11_{(10)}$$

$$1.0100101111_{(2)} = 1.2958984_{(10)}$$

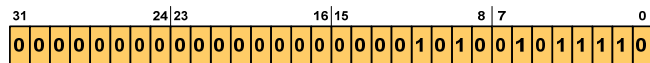
$$1.2958984 \cdot 2^{11} = 2654_{(10)}$$

Język C - nieprawidłowy specyfikator formatu

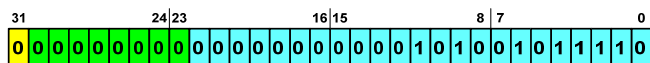
```
float x;
printf("x (%d) = "); scanf("%d", &x);
printf("x (%d) = %d\n", x);
printf("x (%f) = %f\n", x);
printf("x (%e) = %e\n", x);
```

```
x (%d) = 2654
x (%d) = 0
x (%f) = 0.000000
x (%e) = 3.719046e-042
```

- Zgodnie ze standardem języka C wynik jest **niezdefiniowany**
- Zapamiętana wartość:



- Wyświetlona wartość przy wykorzystaniu %e:



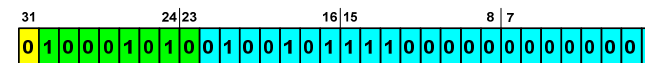
Liczba zdenormalizowana: 3,719046E-42

Język C - nieprawidłowy specyfikator formatu

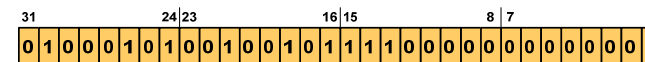
```
int x;
printf("x (%f) = "); scanf("%f", &x);
printf("x (%d) = %d\n", x);
printf("x (%f) = %f\n", x);
printf("x (%e) = %e\n", x);
```

```
x (%f) = 2654
x (%d) = 1160110080
x (%f) = 0.000000
x (%e) = 5.731705e-315
```

- Zgodnie ze standardem języka C wynik jest **niezdefiniowany**
- Zapamiętana wartość:



- Wyświetlona wartość przy wykorzystaniu %d:



$$2^{30} + 2^{26} + 2^{24} + 2^{21} + 2^{18} + 2^{16} + 2^{15} + 2^{14} + 2^{13} = 1.160.110.080_{(10)}$$

Przykład: suma kolejnych 10 liczb: 1+2+...+10

```
#include <stdio.h>
```

```
int main(void)
{
    int suma;

    suma = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10;

    printf("Suma wynosi: %d\n", suma);

    return 0;
}
```

Suma wynosi: 55

Przykład: suma kolejnych 100 liczb: 1+2+...+100

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int suma=0, i;

    for (i=1; i<=100; i=i+1)
        suma = suma + i;

    printf("Suma wynosi: %d\n", suma);

    return 0;
}
```

Suma wynosi: 5050

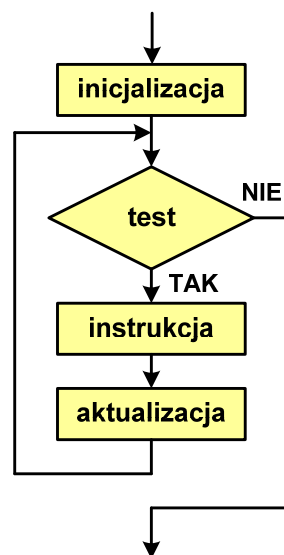
Język C - pętla for

- Najczęściej stosowana postać pętli **for**

```
int i;
for (i = 0; i < 10; i = i + 1)
    instrukcja;
```

- Instrukcja zostanie wykonana 10 razy (dla $i = 0, 1, 2, \dots, 9$)
- Funkcje pełnione przez wyrażenia

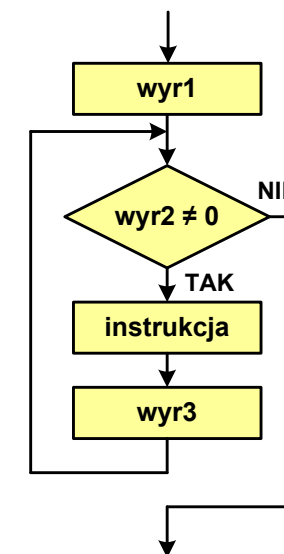
```
for (inicjalizacja; test; aktualizacja)
    instrukcja;
```



Język C - pętla for

```
for (wyr1; wyr2; wyr3)
    instrukcja
```

- **wyr1, wyr2, wyr3** - dowolne wyrażenia w języku C
- Instrukcja:
 - **prosta** - jedna instrukcja zakończona średnikiem
 - **złożona** - jedna lub kilka instrukcji objętych nawiasami klamrowymi



Przykład: wyświetlenie tekstu 5 razy

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int i;

    for (i=0; i<5; i=i+1)
        printf("Programowanie nie jest trudne\n");

    return 0;
}
```

Programowanie nie jest trudne
Programowanie nie jest trudne
Programowanie nie jest trudne
Programowanie nie jest trudne
Programowanie nie jest trudne

Przykład - suma liczb: 1 + 2 + ... + N

```
#include <stdio.h>
#define N 1234

int main(void)
{
    int i, suma=0;

    for (i=1; i<=N; i++)
        suma = suma + i;

    printf("Suma %d liczb to %d\n", N, suma);

    return 0;
}
```

Suma 1234 liczb to 761995

Język C - pętla for (przykłady)

```
for (i=0; i<10; i++)
    printf("%d ", i);
```

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

```
for (i=0; i<10; i++)
    printf("%d ", i+1);
```

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

```
for (i=1; i<=10; i++)
    printf("%d ", i);
```

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Język C - pętla for (przykłady)

```
for (i=1; i<10; i=i+2)
    printf("%d ", i);
```

1 3 5 7 9

```
for (i=10; i>0; i--)
    printf("%d ", i);
```

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

```
for (i=-9; i<=9; i=i+3)
    printf("%d ", i);
```

-9 -6 -3 0 3 6 9

Język C - pętla for (break, continue)

- W pętli **for** można stosować instrukcje skoku: **break** i **continue**

```
int i;
for (i=1; i<10; i++)
{
    if (i%2==0)
        continue;
    if (i%7==0)
        break;
    printf("%d\n", i);
}
```

- continue** przerywa bieżącą iterację i przechodzi do obliczania **wyr3**

- break** przerywa wykonywanie pętli

1 3 5

Język C - pętla for (najczęstsze błędy)

- Postawienie średnika na końcu pętli **for**

```
int i;  
for (i=0; i<10; i++);  
printf("%d ", i);
```

10

- Przecinki zamiast średników pomiędzy wyrażeniami

```
int i;  
for (i=0, i<10, i++)  
    printf("%d ", i);
```

Błąd kompilacji!

Język C - pętla for (najczęstsze błędy)

- Błędny warunek - brak wykonania instrukcji

```
int i;  
for (i=0; i>10; i++)  
    printf("%d ", i);
```

- Błędny warunek - pętla nieskończona

```
int i;  
for (i=1; i>0; i++)  
    printf("%d ", i);
```

1 2 3 4 5 6 7 8 9 ...

Język C - pętla nieskończona

```
for (wyr1; wyr2; wyr3)  
    instrukcja;
```

- Wszystkie wyrażenia (**wyr1**, **wyr2**, **wyr3**) w pętli **for** są opcjonalne

```
for ( ; ; )  
    instrukcja;
```

- pętla nieskończona

- W przypadku braku **wyr2** przyjmuje się, że jest ono **prawdziwe**

Język C - zagnieżdżanie pętli for

- Jako instrukcja w pętli **for** może występować kolejna pętla **for**

```
int i, j;  
for (i=1; i<=3; i++)           // pętla zewnętrzna  
    for (j=1; j<=2; j++)       // pętla wewnętrzna  

```

```
i: 1 j: 1  
i: 1 j: 2  
i: 2 j: 1  
i: 2 j: 2  
i: 3 j: 1  

```

Język C - operator inkrementacji (++)

- Jednoargumentowy operator ++ zwiększa wartość zmiennej o 1 (nie wolno stosować go do wyrażeń)
- Operator ++ może występować jako przedrostek lub przyrostek

Zapis	Nazwa	Znaczenie
++x	preinkrementacji	wartość zmiennej jest modyfikowana przed jej użyciem
x++	postinkrementacji	wartość zmiennej jest modyfikowana po użyciu jej poprzedniej wartości

Język C - operator inkrementacji (++)

- Przykład

```
int x = 1, y;  
y = 2 * ++x;
```

```
int x = 1, y;  
y = 2 * x++;
```

- Kolejność operacji

```
++x          x = 2  
2 * ++x      2 * 2  
y = 2 * ++x  y = 4
```

```
2 * x          2 * 1  
y = 2 * x      y = 2  
x++            x = 2
```

- Wartości zmiennych

```
x = 2    y = 4
```

```
x = 2    y = 2
```

Język C - operator inkrementacji (++)

- Miejsce umieszczenia operatora ++ nie ma znaczenia w przypadku instrukcji typu:

```
x++;  
++x;
```

równoważne

```
x = x + 1;
```

- Nie należy stosować operatora ++ do zmiennych pojawiających się w wyrażeniu więcej niż jeden raz

```
x = x++;  
x = ++x;
```

- Zgodnie ze standardem języka C wynik powyższych instrukcji jest **niezdefiniowany**

Język C - operator dekrementacji (--)

- Jednoargumentowy operator -- zmniejsza wartość zmiennej o 1 (nie wolno stosować go do wyrażeń)
- Operator -- może występować jako przedrostek lub przyrostek

Zapis	Nazwa	Znaczenie
--x	predekrementacji	wartość zmiennej jest modyfikowana przed jej użyciem
x--	postdekrementacji	wartość zmiennej jest modyfikowana po użyciu jej poprzedniej wartości

Język C - priorytet operatorów ++ i --

Priorytet	Operator / opis
1	++ -- (przyrostki) () [] . ->
2	++ -- (przedrostki) sizeof (typ) + - ! ~ * & (jednoargumentowe)
3	* / %
4	+ - (dwuargumentowe)
5	<< >>
6	< > <= >=
7	== !=
8	& (bitowy)
9	^

Język C - miesięczny kalendarz

- Napisz program wyświetlający miesięczny kalendarz. Wczytaj liczbę dni w miesiącu i dzień tygodnia, od którego zaczyna się miesiąc.
- Przykład działania programu:

```
Liczba dni w miesiącu: 31
Pierwszy dzień tygodnia (1-Pn, 2-Wt, ...): 4
-----
Pn Wt Sr Cz Pt So N
          1  2  3  4
  5  6  7  8  9 10 11
 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30 31
```

Język C - miesięczny kalendarz

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int ile_dni, dzien_tyg, i;

    printf("Liczba dni w miesiacu: "); scanf("%d",&ile_dni);
    printf("Pierwszy dzien tygodnia (1-Pn, 2-Wt, ...): ");
    scanf("%d",&dzien_tyg);

    printf("-----\n");
    printf(" Pn Wt Sr Cz Pt So N\n");

    for (i=1; i<dzien_tyg; i++) printf("   ");
    for (i=0; i<ile_dni; i++)
    {
        printf("%3d",i+1);
        if ((i+dzien_tyg)%7==0) printf("\n");
    }
    printf("\n"); return 0;
}
```

Język C - miesięczny kalendarz

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int ile_dni, dzien_tyg, i;

    printf("Liczba dni w miesiacu: "); scanf("%d",&ile_dni);
    printf("Pierwszy dzien tygodnia (1-Pn, 2-Wt, ...): ");
    scanf("%d",&dzien_tyg);

    printf("-----\n");
    printf(" Pn Wt Sr Cz Pt So N\n");

    for (i=1; i<dzien_tyg; i++) printf("   ");
    for (i=0; i<ile_dni; i++)
    {
        printf("%3d",i+1);
        if ((i+dzien_tyg)%7==0) printf("\n");
    }
    printf("\n"); return 0;
}
```

```
Liczba dni w miesiacu: 30
Pierwszy dzien tygodnia (1-Pn, 2-Wt, ...): 5
-----
Pn Wt Sr Cz Pt So N
          1  2  3
  4  5  6  7  8  9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30
```


Przykład: pierwiastek kwadratowy

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
```

```
int main(void)
{
    float x, y;

    printf("Podaj liczbe: ");
    scanf("%f", &x);

    if (x>=0)
    {
        y = sqrt(x);
        printf("Pierwiastek liczby: %f\n", y);
    }
    else
        printf("Blad! Liczba ujemna\n");

    return 0;
}
```

Podaj liczbe: -3
Blad! Liczba ujemna

Podaj liczbe: 3
Pierwiastek liczby: 1.732051

Przykład: pierwiastek kwadratowy (pętla while)

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
```

```
int main(void)
{
    float x, y;

    printf("Podaj liczbe: ");
    scanf("%f", &x);
    while (x<0)
    {
        printf("Blad! Liczba ujemna\n\n");
        printf("Podaj liczbe: ");
        scanf("%f", &x);
    }
    y = sqrt(x);
    printf("Pierwiastek liczby: %f\n", y);

    return 0;
}
```

Podaj liczbe: -3
Blad! Liczba ujemna

Podaj liczbe: -5
Blad! Liczba ujemna

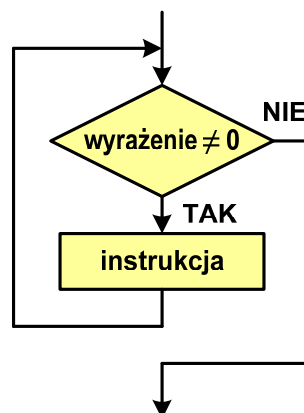
Podaj liczbe: 3
Pierwiastek liczby: 1.732051

Język C - pętla while

```
while (wyrażenie)
    instrukcja;
```

- „dopóki wyrażenie w nawiasach jest prawdziwe wykonuj instrukcję”

- Wyrażenie w nawiasach:
 - **prawdziwe** - gdy jego wartość jest różna od zera
 - **falszywe** - gdy jego wartość jest równa zero
- Jako wyrażenie najczęściej stosowane jest **wyrażenie logiczne**



Język C - pętla while

```
while (wyrażenie)
    instrukcja;
```

- Instrukcja:
 - **prosta** - jedna instrukcja zakończona średnikiem
 - **złożona** - jedna lub kilka instrukcji objętych nawiasami klamrowymi

```
int x = 10;
while (x>0)
    x = x - 1;
```

```
int x = 10;
while (x>0)
{
    printf("%d\n", x);
    x = x - 1;
}
```

Przykład: suma liczb dodatnich

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int x, suma = 0;

    printf("Podaj liczbe: ");
    scanf("%d", &x);

    while(x>0)
    {
        suma = suma + x;
        printf("Podaj liczbe: ");
        scanf("%d", &x);
    }
    printf("Suma liczb: %d\n", suma);

    return 0;
}
```

```
Podaj liczbe: 4
Podaj liczbe: 8
Podaj liczbe: 2
Podaj liczbe: 3
Podaj liczbe: 5
Podaj liczbe: -2
Suma liczb: 22
```

Język C - pętla while

- Program pokazany na poprzednim slajdzie zawiera typowy schemat przetwarzania danych z wykorzystaniem pętli **while**

```
printf("Podaj liczbe: ");
scanf("%d", &x);
```

wczytanie danych

```
while(x>0)
```

```
{
```

```
    suma = suma + x;
```

operacje na danych

```
    printf("Podaj liczbe: ");
    scanf("%d", &x);
```

wczytanie danych

```
}
```

- Dane mogą być wczytywane z klawiatury, pliku, itp.

Język C - pętla while (break, continue)

- break** i **continue** są to instrukcje skoku

```
int x=0;
while (x<10)
{
    x++;
    if (x%2==0)
        continue;
    if (x%5==0)
        break;
    printf("%d\n", x);
}
```

□ **continue** przerywa bieżącą iterację

□ **break** przerywa wykonywanie pętli

Język C - pętla while (najczęstsze błędy)

- Postawienie średnika po wyrażeniu w nawiasach powoduje powstanie pętli nieskończonej - program zatrzymuje się na pętli

```
int x = 10;
while (x>0);
    printf("%d ", x--);
```

- Brak aktualizacji zmiennej powoduje także powstanie pętli nieskończonej - program wyświetla wielokrotnie tę samą wartość

```
int x = 10;
while (x>0)
    printf("%d ", x);
```

10 10 10 10 10 ...

Język C - pętla while (pętla nieskończona)

- W pewnych sytuacjach celowo stosuje się pętlę nieskończoną (np. w mikrokontrolerach)

```
while (1)
{
    instrukcja;
    instrukcja;
    ...
}
```

- W układach mikroprocesorowych program działa aż do wyłączenia zasilania

Język C - pętla do ... while

```
do
    instrukcja;
while (wyrażenie);
```

- Instrukcja:
 - prosta** - jedna instrukcja zakończona średnikiem
 - złożona** - jedna lub kilka instrukcji objętych nawiasami klamrowymi

```
int x = 10;
do
    x = x - 1;
while (x>0);
```

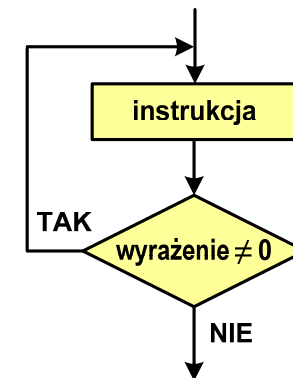
```
int x = 10;
do
{
    printf("%d\n", x);
    x = x - 1;
}
while (x>0);
```

Język C - pętla do ... while

```
do
    instrukcja;
while (wyrażenie);
```

- „wykonuj instrukcję dopóki wyrażenie w nawiasach jest prawdziwe”

- Wyrażenie w nawiasach:
 - prawdziwe** - gdy jego wartość jest różna od zera
 - fałszywe** - gdy jego wartość jest równa zero



Język C - pętla do ... while (break, continue)

- break** i **continue** są to instrukcje skoku

```
int x=0;
do
{
    x++;
    if (x%5==0)
        break;
    if (x%2==0)
        continue;
    printf("%d\n", x);
}
while (i<10);
```

- break** przerywa wykonywanie pętli
- continue** przerywa bieżącą iterację

Przykład: suma liczb < 100

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int x, suma = 0;

    do
    {
        printf("Podaj liczbe: ");
        scanf("%d", &x);
        suma = suma + x;
    }
    while (suma < 100);

    printf("Suma liczb: %d\n", suma);

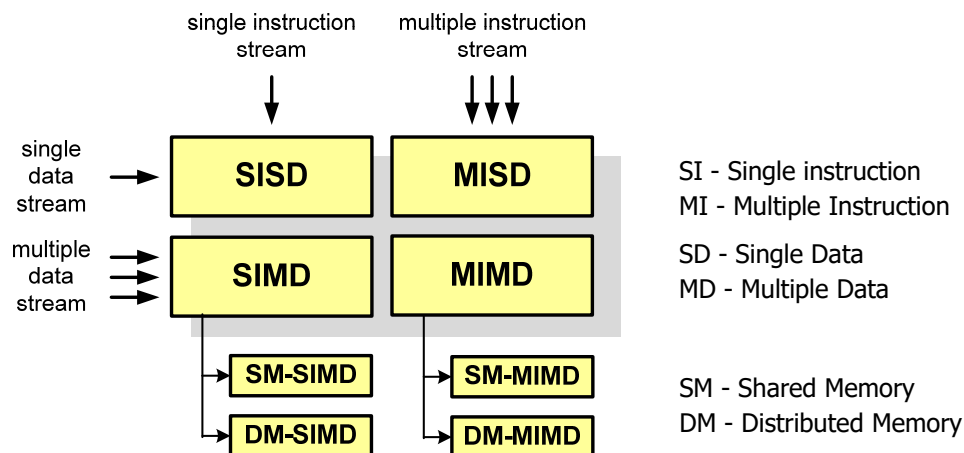
    return 0;
}
```

```
Podaj liczbe: 34
Podaj liczbe: 9
Podaj liczbe: 26
Podaj liczbe: -8
Podaj liczbe: 67
Suma liczb: 128
```

Klasyfikacja systemów komputerowych

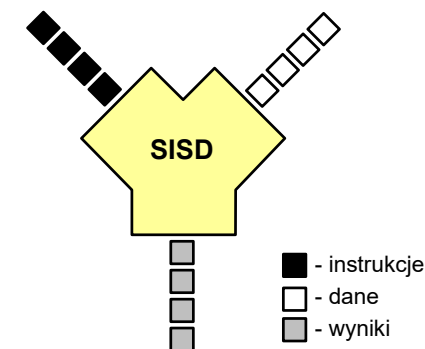
- **Taksonomia Flynna** - pierwsza, najbardziej ogólna klasyfikacja architektur komputerowych (1972):
 - Flynn M.J.: „Some Computer Organizations and Their Effectiveness”, IEEE Transactions on Computers, Vol. C-21, No 9, 1972.
- Opiera się na liczbie przetwarzanych strumieni rozkazów i strumieni danych:
 - **strumień rozkazów** (Instruction Stream) - odpowiednik licznika rozkazów; system złożony z n procesorów posiada n liczników rozkazów, a więc n strumieni rozkazów
 - **strumień danych** (Data Stream) - zbiór operandów, np. system rejestrujący temperaturę mierzoną przez n czujników posiada n strumieni danych

Taksonomia Flynna



SISD (Single Instruction, Single Data)

- Jeden wykonywany program przetwarza jeden strumień danych
- Klasyczne komputery zbudowane według **architektury von Neumanna**
- Zawierają:
 - jeden procesor
 - jeden blok pamięci operacyjnej zawierający wykonywany program.



SISD (Single Instruction, Single Data)

Komputer
IBM PC/AT



Komputer
PC



Komputer
PC



Laptop



SM-SIMD - Komputery wektorowe

CDC
Cyber 205
(1981)



Cray-1
(1976)



Cray-2
(1985)

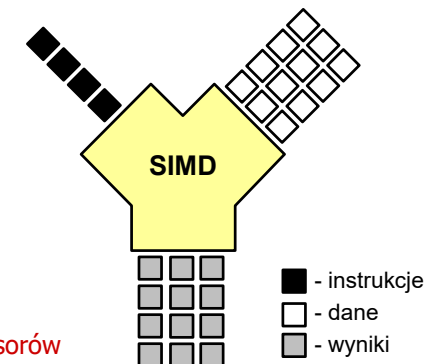


Hitachi
S3600
(1994)



SIMD (Single Instruction, Multiple Data)

- Jeden wykonywany program przetwarza wiele strumieni danych
- Te same operacje wykonywane są na różnych danych
- Podział:
 - SM-SIMD (Shared Memory SIMD):
 - komputery wektorowe
 - rozszerzenia strumieniowe procesorów (MMX, 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, AVX, ...)
 - DM-SIMD (Distributed Memory SIMD):
 - tablice procesorów
 - procesory kart graficznych (GPGPU)

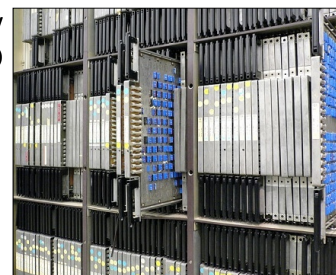


DM-SIMD - Tablice procesorów

Illiac IV
(1976)



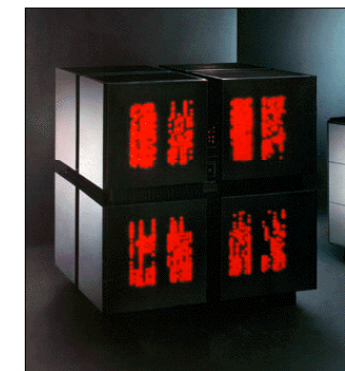
Illiac IV
(1976)



MasPar
MP-1/MP-2
(1990)



Thinking
Machines
CM-2
(1987)



DM-SIMD - Procesory graficzne (GPU)

GeForce
GTX Titan X



Tesla
V100



DGX-1
Volta

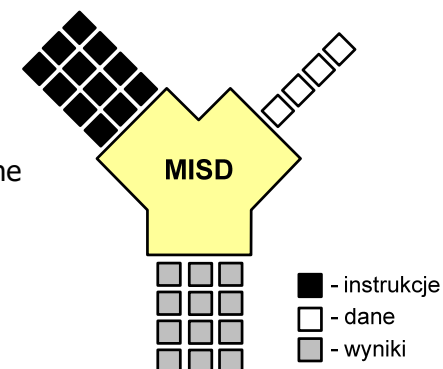


Tesla
D870



MISD (Multiple Instruction, Single Data)

- Wiele równoległe wykonywanych programów przetwarza jednocześnie jeden wspólny strumień danych
- Systemy tego typu nie są spotykane

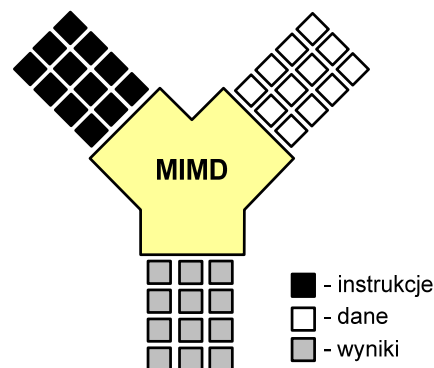


MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data)

- Równoległe wykonywanych jest wiele programów, z których każdy przetwarza własne strumienie danych

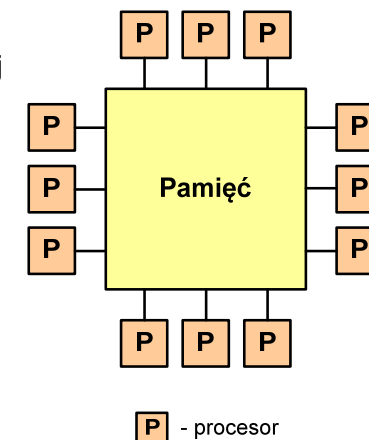
Podział:

- SM-MIMD (Shared Memory):
 - wieloprocessory
- DM-MIMD (Distributed Memory):
 - wielokomputery
 - klastry
 - gridy



SM-MIMD - Wieloprocessory

- Systemy z niezbyt dużą liczbą działających niezależnie procesorów
- Każdy procesor ma dostęp do wspólnej przestrzeni adresowej pamięci
- Komunikacja procesorów poprzez uzgodniony obszar wspólnej pamięci
- Do SM-MIMD należą komputery z procesorami wielordzeniowymi



SM-MIMD - Wieloprocesory

Cray YM-P
(1988)



Cray CS6400
(1993)



Cray J90
(1994)

DM-MIMD - Wielokomputery

Cray T3E
(1995)



nCube 2s
(1993)



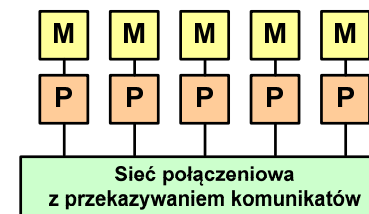
Thinking
Machines
CM-5
(1991)



Meiko
CS-2
(1993)

DM-MIMD - Wielokomputery

- Każdy procesor wyposażony jest we własną pamięć operacyjną, niedostępną dla innych procesorów
- Komunikacja między procesorami odbywa się za pomocą sieci poprzez przesyłanie komunikatów
- Biblioteki komunikacyjne:
 - MPI (Message Passing Interface)
 - PVM (Parallel Virtual Machine)

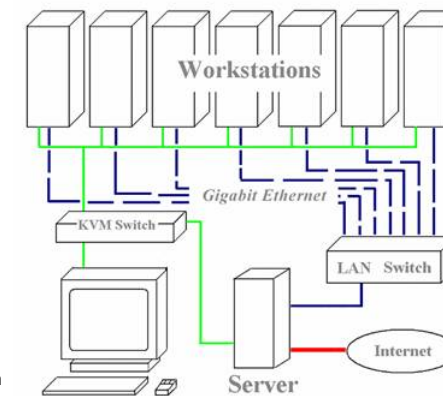


P - procesor

M - prywatna pamięć procesora

DM-MIMD - Klastry

- **Klaster** (cluster):
 - równoległy lub rozproszonego system składający się z komputerów
 - komputery połączone są siecią
 - używany jest jako pojedynczy, zintegrowany zespół obliczeniowy
- **Węzeł** (node) - pojedynczy komputer przyłączony do klastra i wykonujący zadania obliczeniowe



źródło:
http://leda.elfak.ni.ac.rs/projects/SeeGrid/see_grid.htm

KVM - Keyboard, Video, Mouse

DM-MIMD - Klastry

- Klastry Beowulf budowane były ze zwykłych komputerów PC



Odin II Beowulf Cluster Layout, University of Chicago, USA

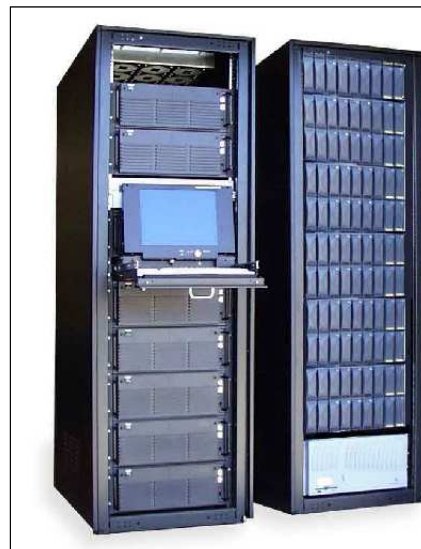
DM-MIMD - Klastry

- Klastry Beowulf budowane były ze zwykłych komputerów PC



NASA 128-processor Beowulf cluster: A cluster built from 64 ordinary PC's

DM-MIMD - Klastry



Early Aspen Systems Beowulf Cluster With RAID

DM-MIMD - Klastry

- Obecnie klastry też są bardzo popularnym typem systemów



SuperMUC-NG, Leibniz Rechenzentrum, Germany

Koniec wykładu nr 5

Dziękuję za uwagę!