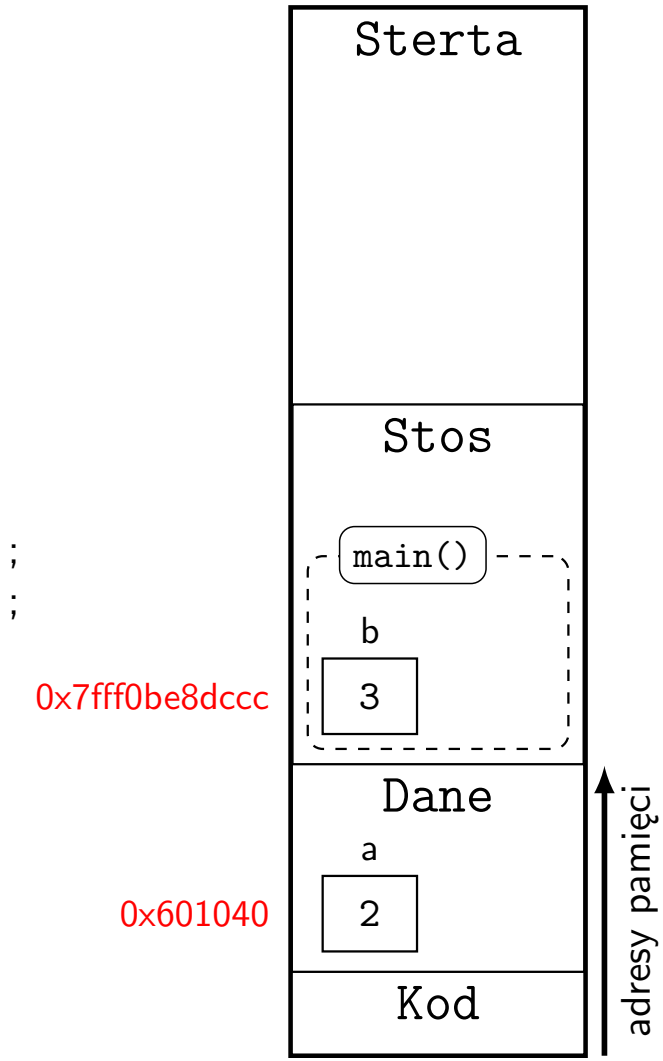
Wskaźniki

Adresy zmiennych

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int a = 2;
4
5  int main()
6  {
7      int b = 3;
8
9      printf("adres zmiennej a %p\n", &a);
10     printf("adres zmiennej b %p\n", &b);
11
12     return 0;
13 }
```

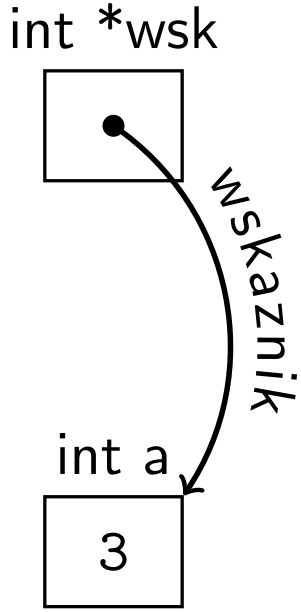
```
adres zmiennej a 0x601040
adres zmiennej b 0x7fff0be8dccc
```



Wskaźnik (*pointer*)

adres zmiennej w pamięci (np. &a)

```
int a = 5;
printf("%p\n", &a);
```



Zmienna wskaźnikowa

zmienna przechowująca adres

```
int *wsk;
wsk = &a;
```

Typ wskaźnikowy

typ zmiennej znajdujący się pod wskazanym adresem (np. `int`)

Zmienna wskaźnikowa

Deklaracja

```
typ *identyfikator;
```

Przykład

```
int *wa;          /* wskaznik na zmienna typu int */
float *wx;        /* wskaznik na zmienna typu float */
char *wz;
void *w;          /* wskaznik na zmienna dowolnego typu */
int *t[10];       /* tablica zmiennych wskaznikowych */
int **ww;         /* wskaznik na zmienna wskaznikowa */
```

Operator pobrania adresu

Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

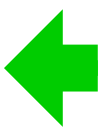
```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```

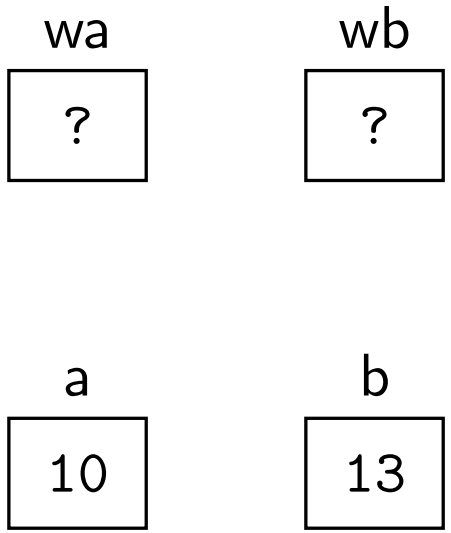
Operator pobrania adresu

Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```



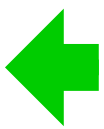


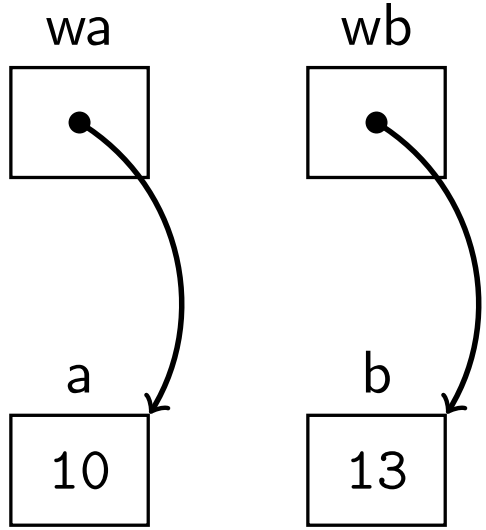
Operator pobrania adresu

Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```



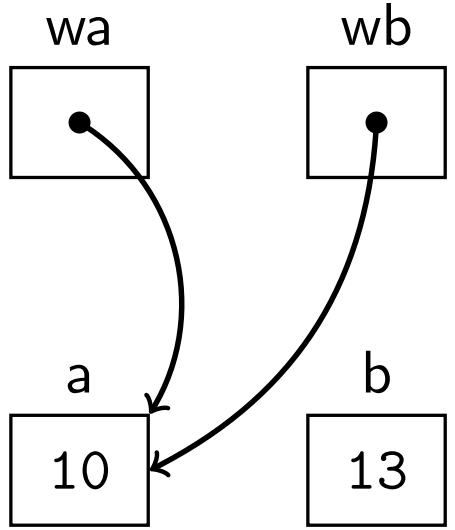


Operator pobrania adresu

Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```



Operator dostępu do adresu

Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

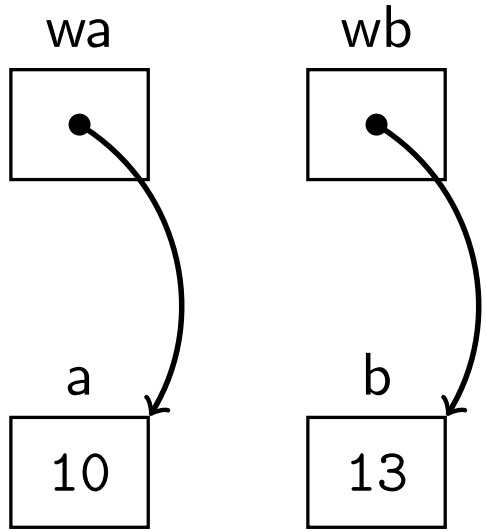
```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa = &a;
4  int *wb = &b;
5
6  *wb = 5;
7
8  *wa = *wb;
9
10 wa = wb;
11 *wb = *wb + 1;
```

Operator dostępu do adresu

Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wa = wb;
11  *wb = *wb + 1;
```

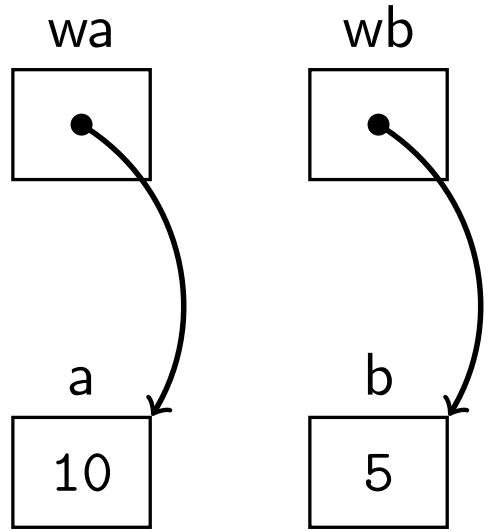


Operator dostępu do adresu

Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wa = wb;
11  *wb = *wb + 1;
```

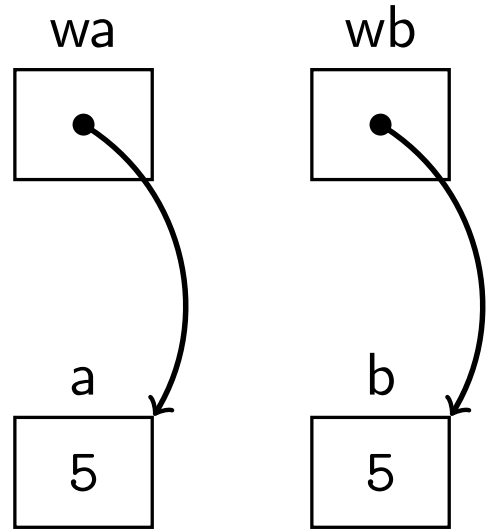


Operator dostępu do adresu

Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wa = wb;
11  *wb = *wb + 1;
```

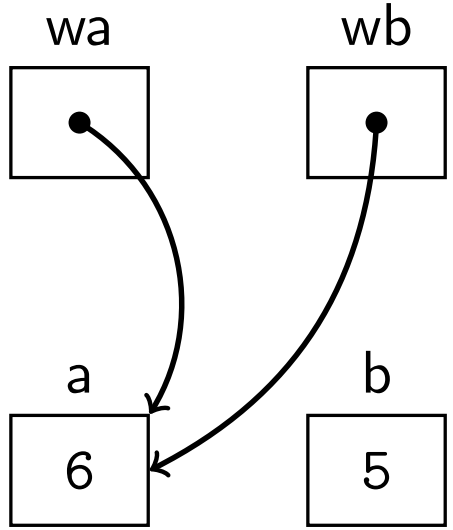


Operator dostępu do adresu

Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

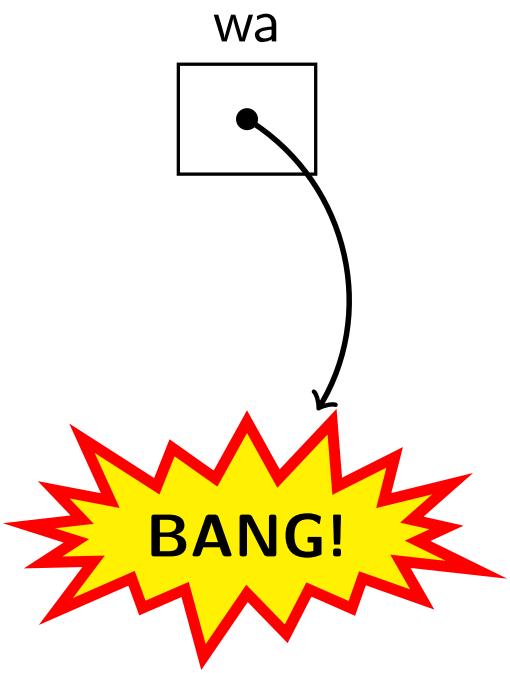
```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wa = wb;
11  *wb = *wb + 1;
```



Uważaj na niezainicjowane zmienne wskaźnikowe.

Przykład

```
int *wa;
*wa = 5;
```



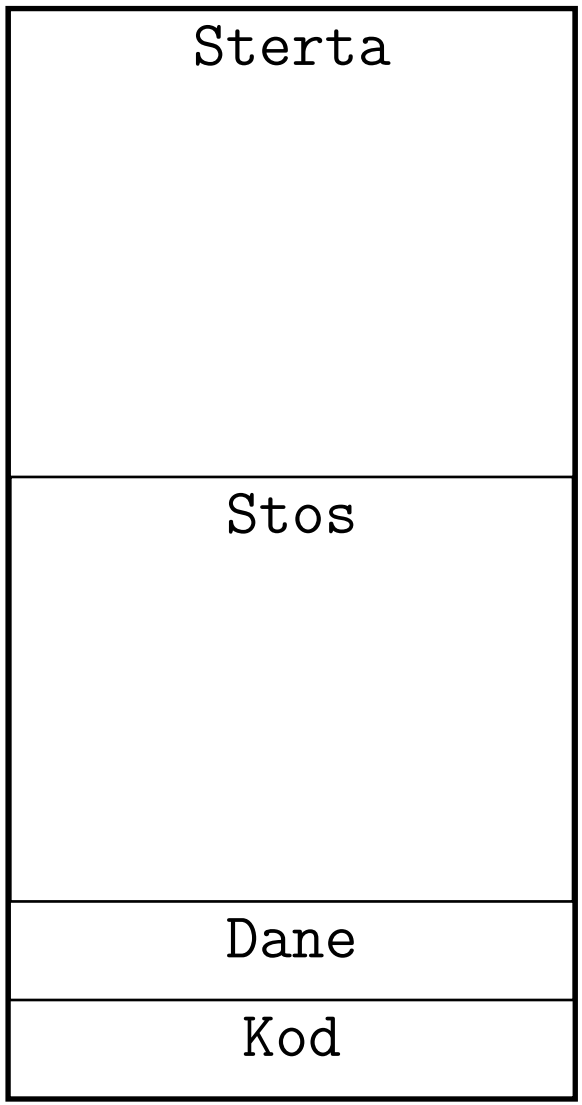
NULL to adres 0

```
int *wa;
wa = 0;
wa = NULL;          /* stdlib.h */
```

- Nigdy nie używaj operatora * na niezainicjowanej zmiennej.
- Wskazanie puste, adres 0, `NULL` - informacja, że wskaźnik nic nie pokazuje

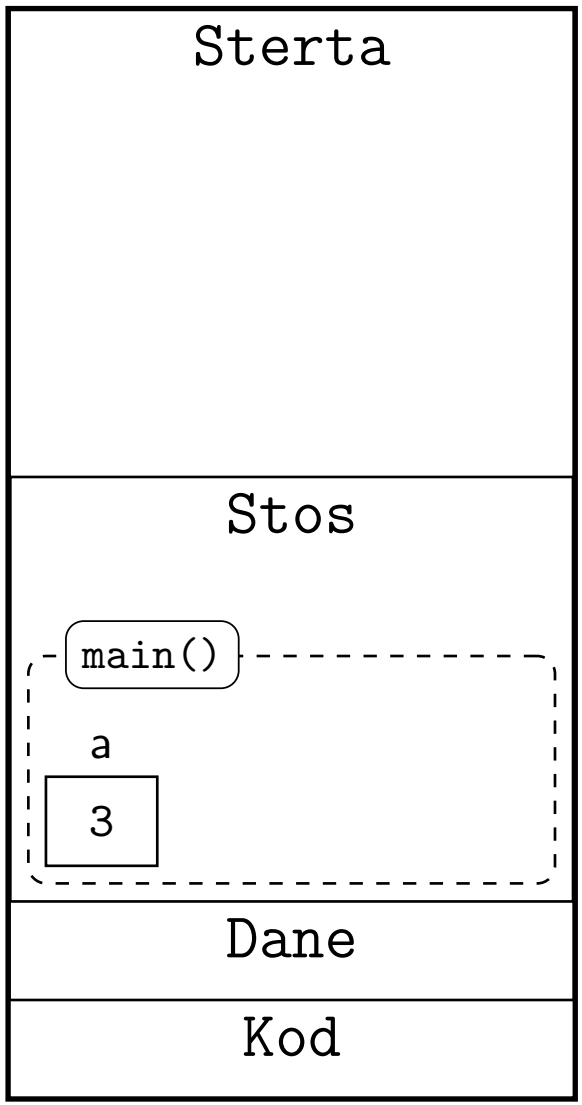
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int a)
 4  {
 5      a = a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```



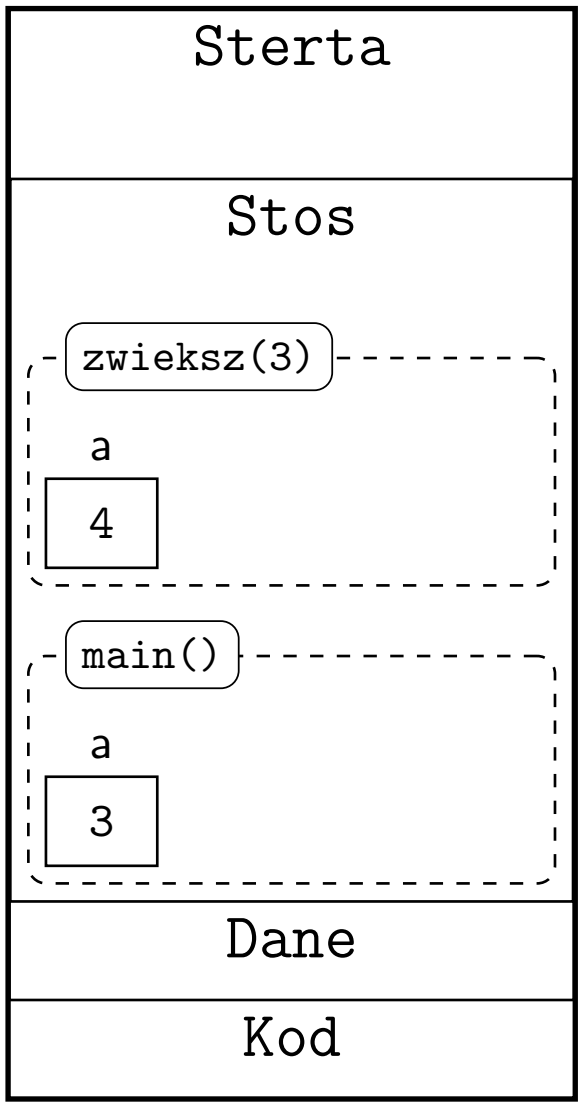
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```



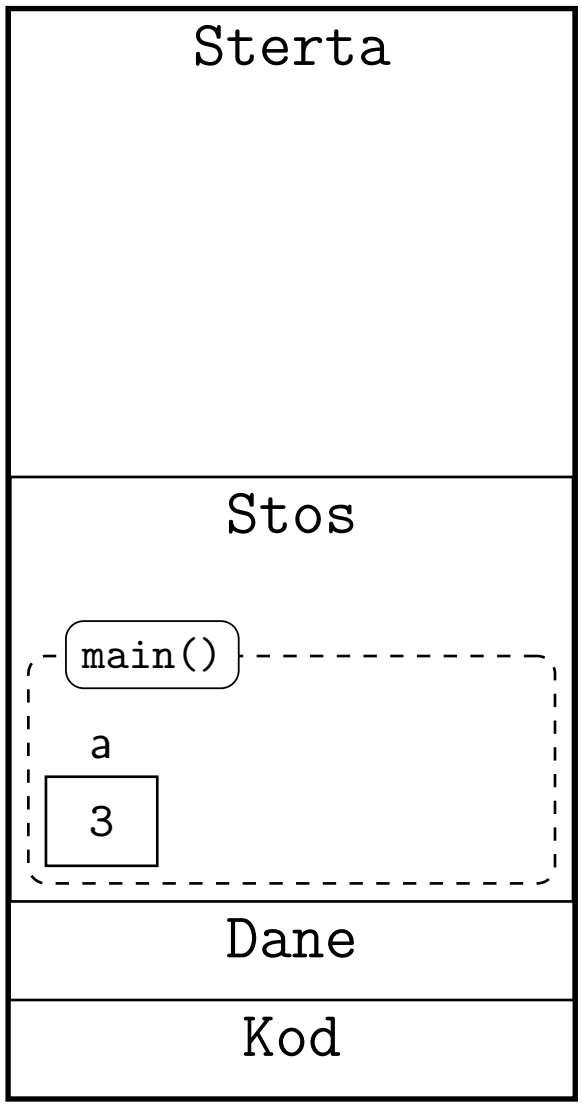
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```



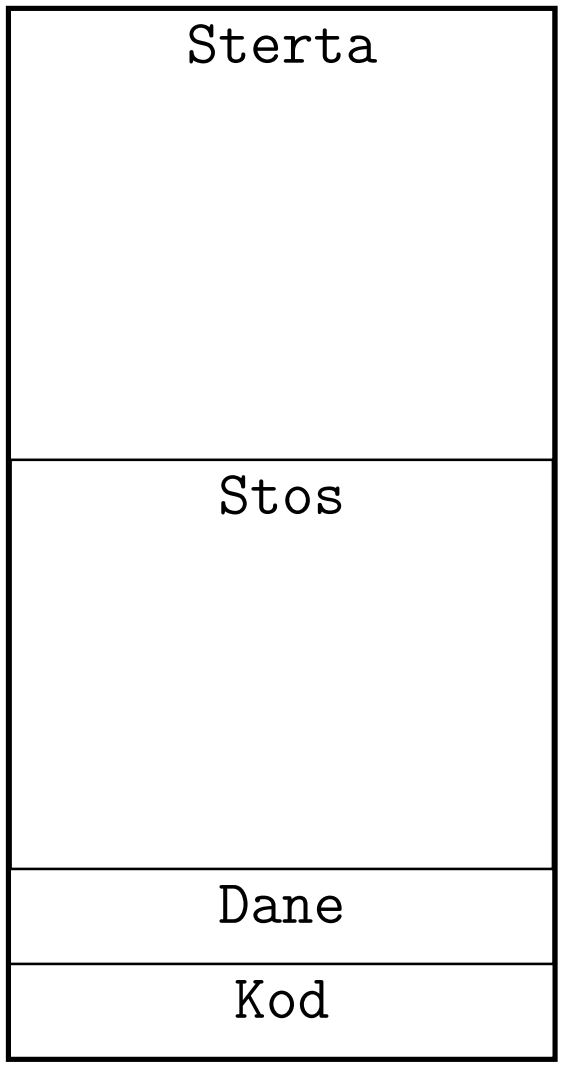
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```



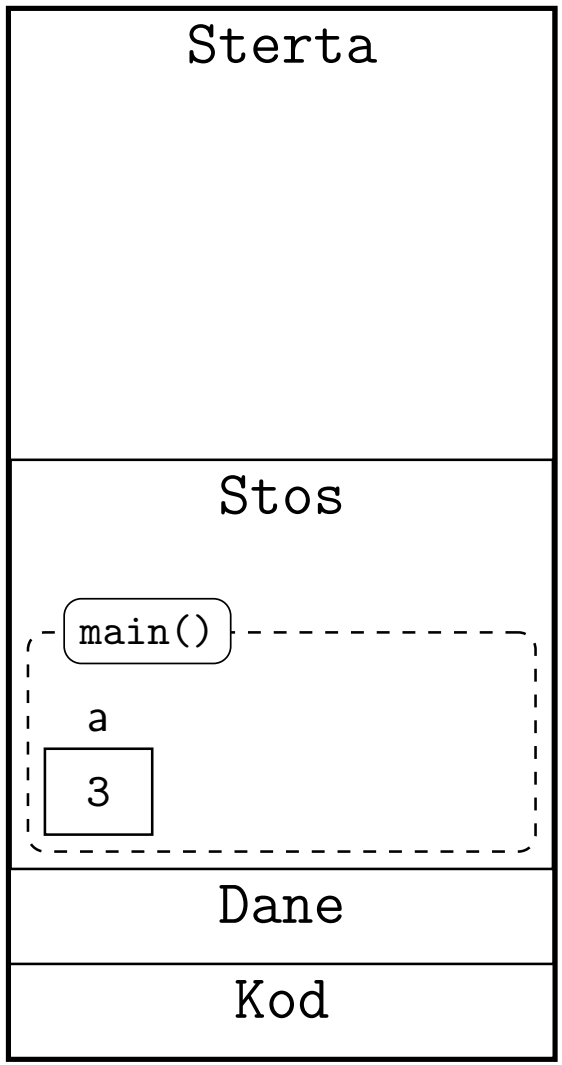
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```



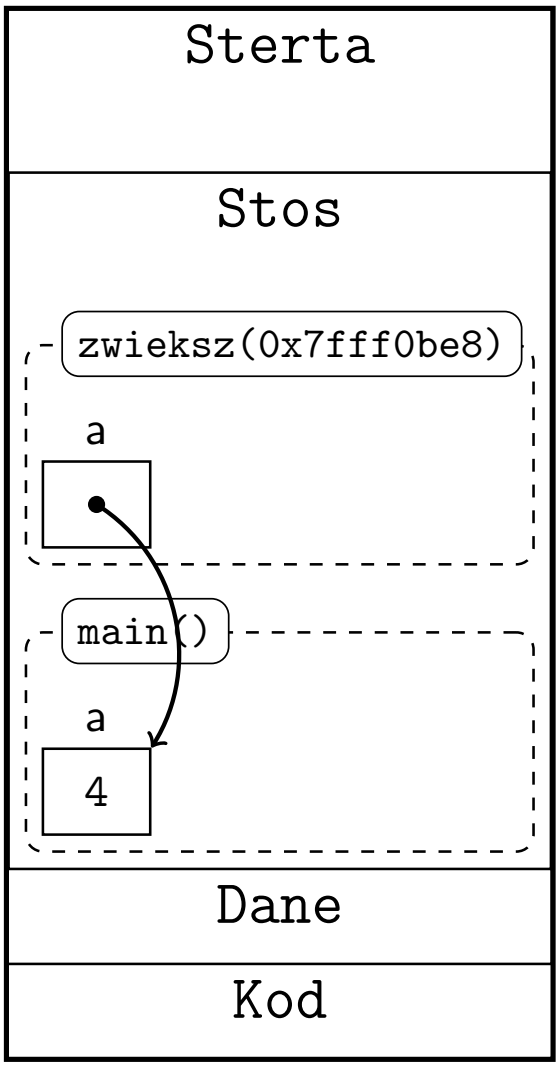
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```



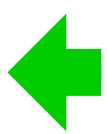
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```

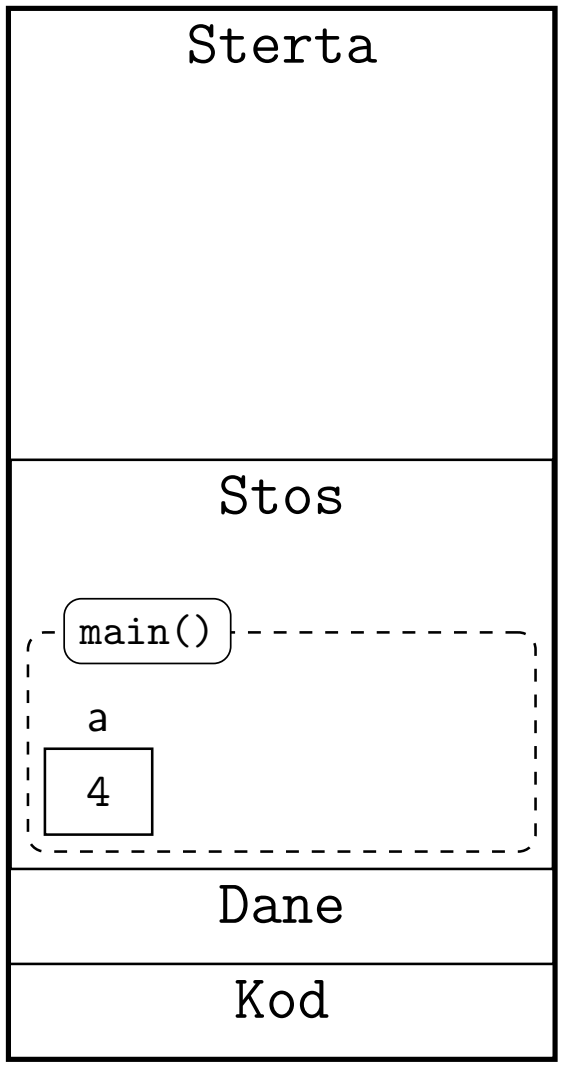


Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```

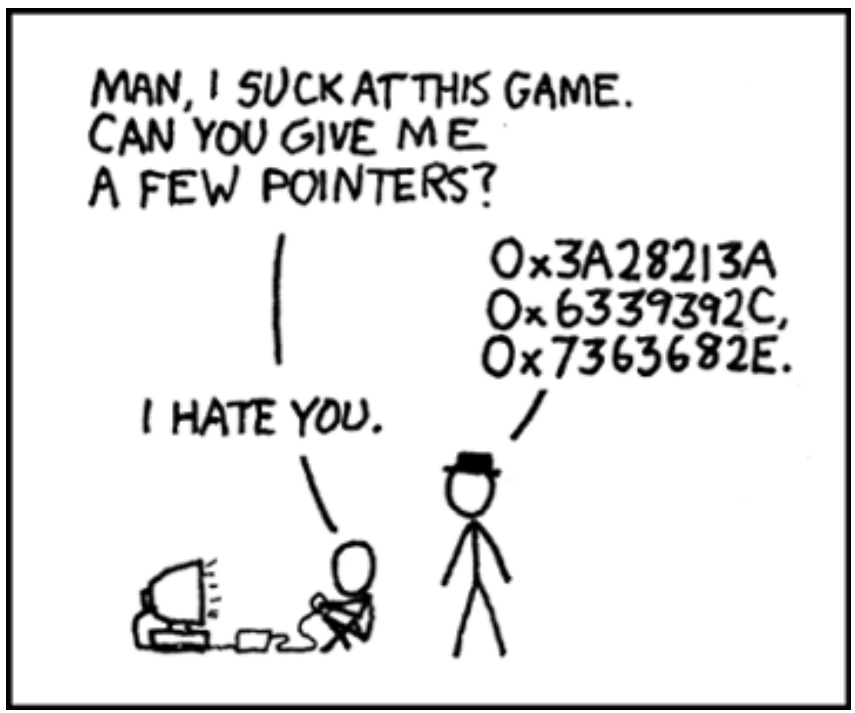


0x7fff0be8



Wskaźniki jako argumenty funkcji

- poprzez wskaźnik (adres zmiennej) funkcja może zwrócić dodatkową wartość
- `scanf("%d", &x)` ← funkcja modyfikuje zmienną `x`, stąd argumentem musi być adres



http://xkcd.com

Znajdowanie minimum i maksimum

Problem: znajdź wartość minimalną i maksymalną w zbiorze liczb

Algorytm 1 Wyznaczanie maksimum i minimum

Dane wejściowe: ciąg n liczb $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$

Wynik: wartość x_{min} i x_{max}, odpowiednio najmniejszy i największy element podanego ciągu

1: $x_{min} \leftarrow x_1$
2: $x_{max} \leftarrow x_1$
3: **dla każdego** $x \in \{x_2, \ldots, x_n\}$ **wykonuj**
4: **jeżeli** $x < x_{min}$ **wykonaj**
5: $x_{min} \leftarrow x$
6: **jeżeli** $x > x_{max}$ **wykonaj**
7: $x_{max} \leftarrow x$
8: **zwróć** x_{min}, x_{max}

Element minimalny i maksymalny

Przykład w C

```
1  void minmax(float t[], int n, float *min, float *max)
2  {
3      int i = 1;
4      *min=t[0];
5      *max=t[0];
6
7      while( i < n)
8      {
9          if( *min > t[i] ) *min = t[i];
10         if( *max < t[i] ) *max = t[i];
11         i = i + 1;
12     }
13 }
```

☞ minmax1.c

Element minimalny i maksymalny

Przykład w C

```c
int main()
{
    int n;
    float t[MAX], max, min;

    n = wczytaj(t, MAX);
    minmax(t, n, &min, &max);
    printf("min=%f\nmax=%f\n", min, max);

    return 0;
}
```

☞ minmax1.c

Złożoność przeszukiwania

- Ilość porównań: $2(n-1)$
- Czy istnieje szybszy sposób?
- Dziel i zwyciężaj !

Algorytm 2 Wyznaczanie maksimum i minimum

Dane wejściowe: ciąg n liczb $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$

Wynik: wartość x_{min} i x_{max}, odpowiednio najmniejszy i największy element podanego ciągu

1: $\mathcal{A} \leftarrow \emptyset, \quad \mathcal{B} \leftarrow \emptyset$
2: **dla** $i = 1, 2, \ldots, \lfloor \frac{n}{2} \rfloor$ **wykonuj**
3: **jeżeli** $x_{2i-1} < x_{2i}$ **wykonaj**
4: $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A} \cup \{x_{2i-1}\}, \qquad \mathcal{B} \leftarrow \mathcal{B} \cup \{x_{2i}\}$
5: **w przeciwnym wypadku**
6: $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A} \cup \{x_{2i}\}, \qquad \mathcal{B} \leftarrow \mathcal{B} \cup \{x_{2i-1}\}$
7: **jeżeli** n jest nieparzyste **wykonaj**
8: $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A} \cup \{x_n\}, \qquad \mathcal{B} \leftarrow \mathcal{B} \cup \{x_n\}$
9: $x_{min} \leftarrow min(\mathcal{A})$
10: $x_{max} \leftarrow max(\mathcal{B})$
11: **zwróć** x_{min}, x_{max}

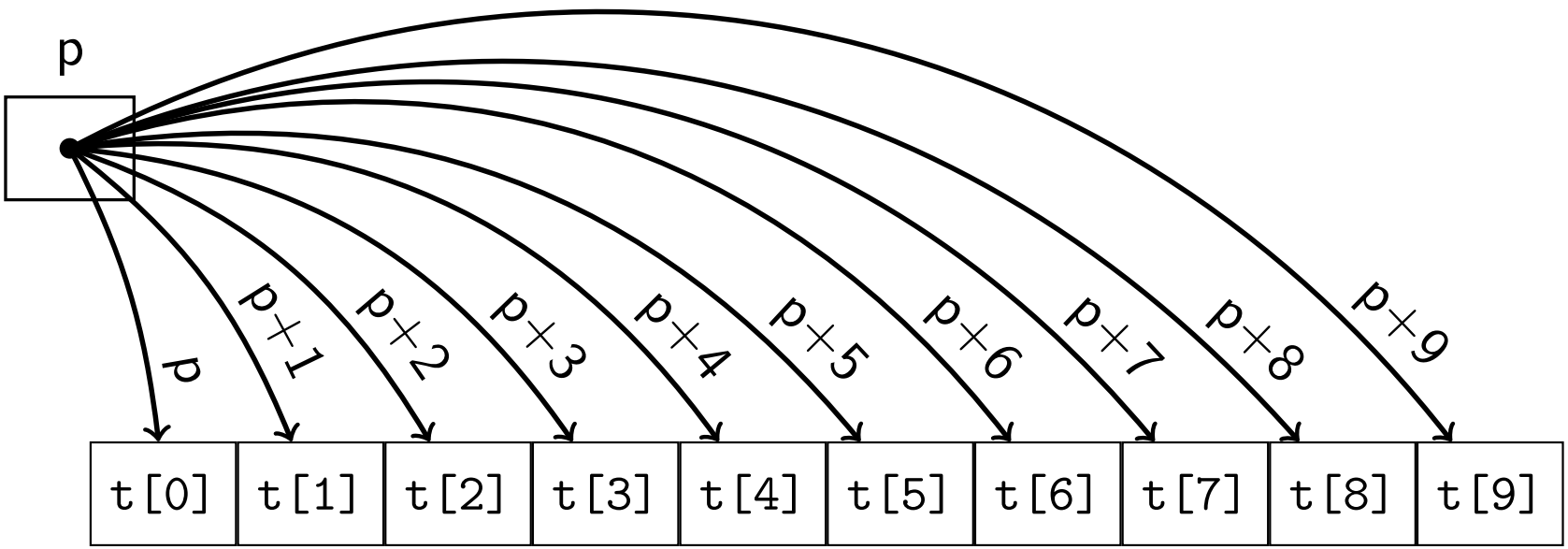
```
1  void minmax(float t[], int n, float *min, float *max)
2  {
3      int i;
4      float tmin, tmax;
5
6      if( n==1 ){
7          *min=t[0];
8          *max=t[0];
9          return;
10     }
11
12     if( t[0]<t[1] ){
13         *min=t[0];
14         *max=t[1];
15     }
16     else{
17         *min=t[1];
18         *max=t[0];
19     }
20
```

```
21      for( i=2; i < n-1; i=i+2 ){
22          if( t[i]<t[i+1] ) {
23              tmin=t[i];
24              tmax=t[i+1];
25          }
26          else  {
27              tmin=t[i+1];
28              tmax=t[i];
29          }
30          if( *max<tmax ) *max=tmax;
31          if( *min>tmin ) *min=tmin;
32      }
33      if( i == n-1 ){
34          if( *max<t[i] ) *max=t[i];
35          if( *min>t[i] ) *min=t[i];
36      }
37  }
```

☞ **minmax2.c**

Wskaźniki do elementów tablic

```
p = &t[0];
```



Arytmetyka na wskaźnikach

```
1    int    a;
2    char   b;
3    int   *pa = &a;
4    char  *pb = &b;
5
6    printf("pa   = %p %lu\n", pa   , pa  );
7    printf("pa+1 = %p %lu\n", pa+1 , pa+1);
8    printf("pb   = %p %lu\n", pb   , pb  );
9    printf("pb+1 = %p %lu\n", pb+1 , pb+1);
```

☞ pointer.c

Przykładowy wynik:

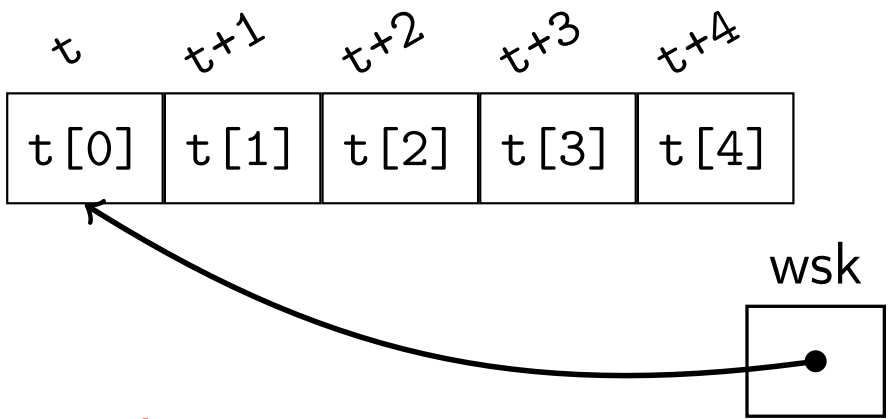
```
pa   = 0x7fff44cb239c 140734347551644
pa+1 = 0x7fff44cb23a0 140734347551648
pb   = 0x7fff44cb239b 140734347551643
pb+1 = 0x7fff44cb239c 140734347551644
```

Tablica jest wskaźnikiem !

i-ty element	`t[i]`	$\Leftrightarrow$	`*(t+i)`
adres i-tego elementu	`&(t[i])`	$\Leftrightarrow$	`t+i`

Przykład

```
1  int t[5];
2  int *wsk;
3
4  wsk=t;
5  *t = 5;
6  *(t+2) = 6;
7  wsk = wsk + 1;
8  t = t + 1;
```

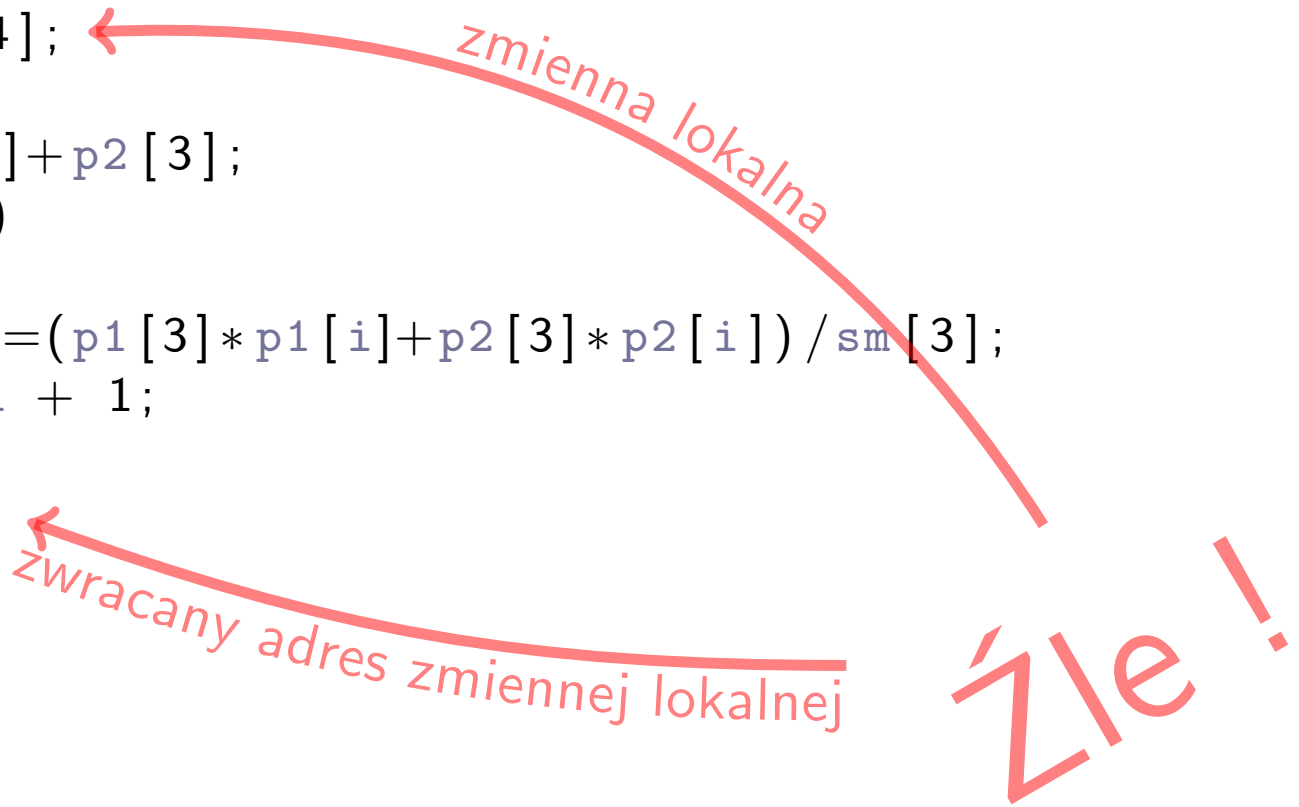


Adres tablicy jest staly

Źle !

Ponownie środek masy 2 punktów

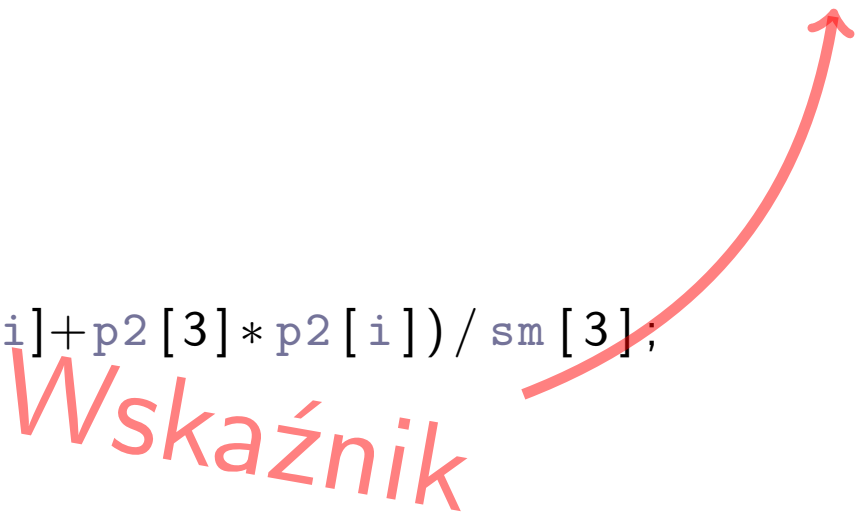
```
float* srodek(float p1[], float p2[])
{
    float sm[4];
    int i=0;
    sm[3]=p1[3]+p2[3];
    while(i<3)
    {
        sm[i]=(p1[3]*p1[i]+p2[3]*p2[i])/sm[3];
        i = i + 1;
    }
    return sm;
}
```



Ponownie środek masy 2 punktów

- Deklaracja `const` zmiennej wskaźnikowej - kompilator wykryje próbę modyfikacji.
- Zmienna `sm` zawiera adres zmiennej, która zostanie zmodyfikowana przez funkcję `srodek()`.

```
void srodek(const float p1[],const float p2[],float sm[])
{
    int i=0;
    sm[3]=p1[3]+p2[3];
    while(i<3)
    {
        sm[i]=(p1[3]*p1[i]+p2[3]*p2[i])/sm[3];
        i = i + 1;
    }
}
```



Wskaźnik jako wartość zwracana z funkcji

```
 1  float *wczytaj(float *t, int n)
 2  {
 3      float *p=t;
 4      printf("Wprowadz %d liczb\n", n);
 5      while( n >0 )
 6      {
 7          scanf("%f",t);
 8          t = t + 1;
 9          n = n - 1;
10      }
11      return p;
12  }
13
14  int main()
15  {
16      float t[100];
17      float min,max;
18      minmax(wczytaj(t,10), &min, &max);
19  }
```

Rozszyfruj deklaracje

Przykładowe deklaracje funkcji

```
/* Miejsca zerowe paraboli */
int pierwiastki(float a, float b, float c, float *x1, float x2);

/* Wyszukiwanie binarne */
int szukaj(const int *t, int n, int x);

/* Srodek masy ukladu punktow */
struct punkt srodek(const struct ogromna_chmura_punktow *u);

/* Dekompozycja liczby zmiennopozycyjnej (math.h) */
float modf(float num, float *i);

/* Alokacja pamieci (stdlib.h) */
void* malloc(int size);

/* Kopiowanie tablic (stdlib.h) */
void* memcpy(void *dest, const void *src, int count);

/* Otwieranie pliku (stdio.h) */
FILE *fopen( const char *filename, const char *mode );
```

Przykład: Wyszukiwanie dominanty

Problem: znajdź wartość występującą najwięcej razy w zbiorze

8	1	-6	**3**	5	7	4	9	2	10	-4	88	6	**3**	1	**3**	332	2

Algorytm 3 Wyznaczanie dominanty (mody) - algorytm naiwny

Dane wejściowe: ciąg n elementów $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$

Wynik: wartość dominanty x_{moda} oraz ilość wystąpień l_{moda}. Jeżeli istnieje więcej niż jedna wartość dominującą to zwracana jest pierwsza znaleziona.

1: $l_{moda} \leftarrow 0$
2: **dla każdego** $x \in \{x_1, \ldots, x_n\}$ **wykonuj**
3: $\quad k \leftarrow 0$
4: $\quad$ **dla każdego** $y \in \{x_1, \ldots, x_n\}$ **wykonuj**
5: $\quad\quad$ **jeżeli** $x = y$ **wykonaj**
6: $\quad\quad\quad k \leftarrow k + 1$
7: $\quad$ **jeżeli** $k > l_{moda}$ **wykonaj**
8: $\quad\quad l_{moda} \leftarrow k$
9: $\quad\quad x_{moda} \leftarrow x$
10: **zwróć** x_{moda}, l_{moda}

```c
int dominanta(const int *t, int n, int *c)
{
    int i, j, k, x;

    *c = 0;
    i=0;
    while( i<n )
    {
        k=0;
        j=0;
        while( j<n )
        {
            if ( t[i]==t[j] ) k = k + 1;
            j = j + 1;
        }
        if( k > *c )
        {
            *c = k;
            x = t[i];
        }
        i = i + 1;
    }
    return x;
}
```

☞ dominanta1.c

Złożoność algorytmu

- ilość operacji rzędu n^2
- jeżeli pewien element został aktualnie zaznaczony jako dominujący to nie musimy powtarzać dla niego obliczeń
- zliczanie można rozpocząć od $i + 1$ miejsca, jeżeli wartość dominująca pojawiła się wcześniej to już została policzona
- jeśli aktualna wartość dominująca ma k wystąpień, to szukanie możemy przerwać na pozycji $n - k$ w zbiorze

```c
int dominanta2(const int *t, int n, int *c)
{
    int i, j, k, x;

    *c=0;
    x=t[0]-1;
    i=0;
    while( i<n-*c )
    {
        if( t[i]!=x )
        {
            k=1;
            j=i+1;
            while( j<n )
            {
                if ( t[i]==t[j] ) k = k + 1;
                j = j + 1;
            }
            if( k > *c )
            {
                *c = k;
                x = t[i];
            }
        }
        i = i + 1;
    }
    return x;
}
```

☞ dominanta2.c

Alokacja pamięci

```
void *malloc(int rozmiar);
```

Funkcja `malloc` zwraca adres przydzielonego bloku pamięci lub wartość 0 (`NULL`) w przypadku niepowodzenia.

Zwolnienie przydzielonej pamięci

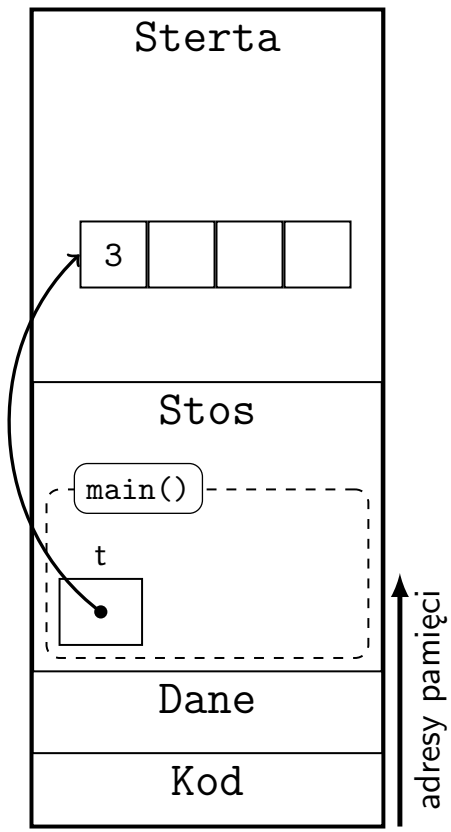
```
void free(void *wskaznik);
```

Argumentem funkcji `free` jest adres uzyskany wcześniej z funkcji `malloc`.

Funkcja `malloc` i `free` zadeklarowane są w pliku `stdlib.h`.

Przykład

```
1  #include<stdlib.h>
2  #include<stdio.h>
3
4  int main()
5  {
6      float *t;
7
8      t = malloc( 4 * sizeof(int));
9      if( t == NULL ){
10         printf("Blad alokacji pamieci.\n");
11         exit(1);
12     }
13
14     *t = 3;
15
16     free(t);
17
18     return 0;
19 }
```



Podsumowanie

- Operator referencji (adresowania) `&`
  `&a` to adres zmiennej `a`
- Operator dereferencji (wyłuskania) `*`
  `*b` daje dostęp do wartości wskazywanej przez zmienną `b`
- Deklaracja zmiennej wskaźnikowej również zawiera znak `*`
  ```
  int *wsk;
  float* wsk2;
  ```
- Tablice to wskaźniki `t[i]` $\Leftrightarrow$ `*(t+i)`
- Przekazanie wskaźnika do funkcji pozwala na modyfikację zmiennej wskazywanej
- Uważaj na co wskazujesz !

Literatura dodatkowa

- Maciej M. Sysło, *„Algorytmy”*, WSiP, Warszawa, 2002.
- David Griffiths, Dawn Griffiths *„Rusz głową! C.”*, Helion, Gliwice, 2013.
- „Kurs programowania w C”, WikiBooks, `http://pl.wikibooks.org/wiki/C`