# Wskaźniki. Pamięć dynamiczna

wer. 13 z drobnymi modyfikacjami!

Wojciech Myszka

Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej

2023-04-12 11:02:10 +0200

Politechnika Wrocławska

# Literatura I


- Klemens B., *21st Century C*, O'Reilly Media 2012, http://shop.oreilly.com/product/0636920025108.do.
- Jensen T., *A tutorial on pointers and arrays in C*, URL https://pdos.csail.mit.edu/6.828/2014/readings/pointers.pdf 2003.
- Reese R.M., *Understanding and Using C Pointers*, O'Reilly Media 2013.
- Reese R., *Wskaźniki w języku C: przewodnik*, Helion, Gliwice 2014, dostęp po zalogowaniu w bazie NASBI. http://biblioteka.pwr.wroc.pl/NASBI_Naukowa_Akademicka_Sieciowa_Biblioteka_Internetowa,161.dhtml.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować bez nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować bez nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować bez nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

- Wskaźniki to podstawa C.
- Kto nie umie się nimi posługiwać — ten nie potrafi wykorzystać siły języka C.
- C używa wskaźników bardzo często. Czemu?
  - Bardzo trudno zaprogramować beż nich pewne operacje.
  - Pozwalają na tworzenie zwartego i efektywnego kodu.
  - Są bardzo efektywnym narzędziem.
- Korzystając z:
  - tablic,
  - struktur (będzie później),
  - funkcji

  korzystamy ze wskaźników.
- Wskaźniki to — najprawdopodobniej — najtrudniejszy fragment języka C. Nie przydadzą się tu doświadczenia uzyskane podczas programowania w innych językach.

# Wskaźniki

## Co to jest?

**Wskaźnik**

to specjalna zmienna zawierająca „adres” (w pamięci RAM) innej zmiennej.

# Wskaźniki

## Pamięć komputera

Pamięć

# Wskaźniki

## Pamięć komputera

Pamięć

Procesor

# Wskaźniki

## Pamięć komputera

Pamięć

Procesor

# Wskaźniki

## Pamięć komputera

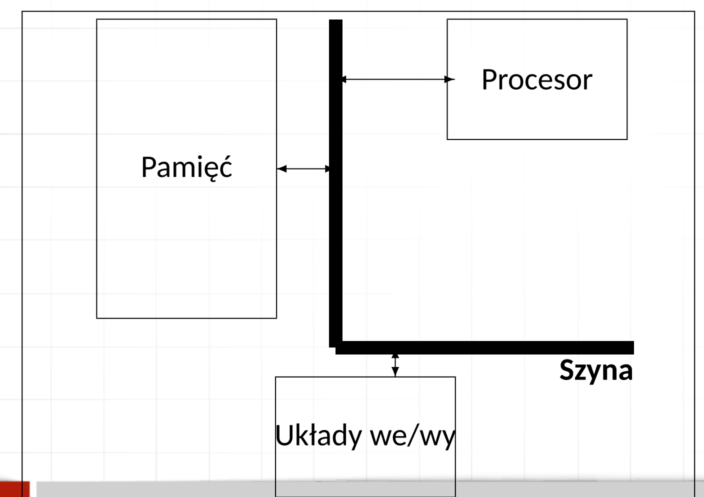
Pamięć

Procesor

Układy we/wy

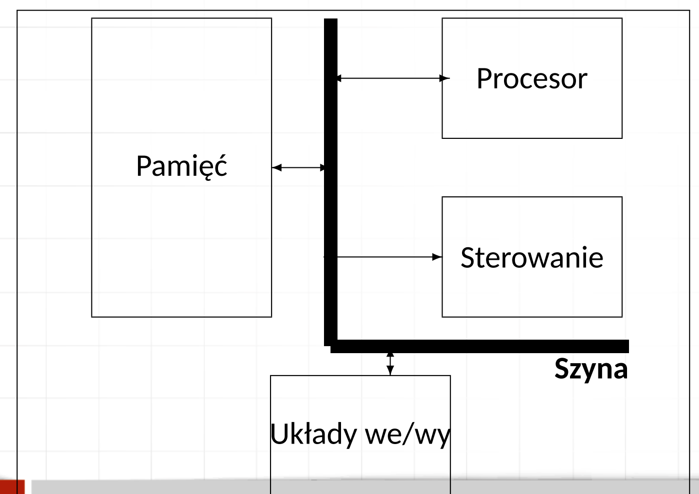
# Wskaźniki

## Pamięć komputera



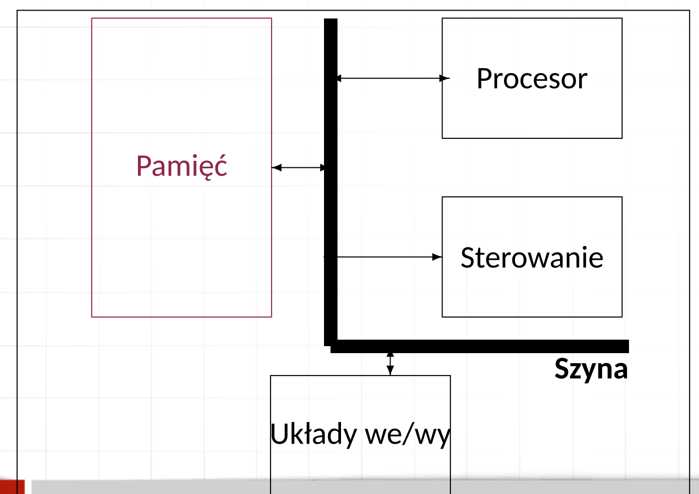
# Wskaźniki

## Pamięć komputera



# Wskaźniki

## Pamięć komputera



# Pamięć komputera

1. RAM (Random Access Memory — pamięć o dostępie swobodnym).
2. ROM (Red Only Memory — pamięć tylko do odczytu).
3. Pamięć dyskowa.
4. Pamięci „zewnętrzne” (dyski USB, dyski sieciowe, . . . )

My (teraz) zajmować się będziemy tylko pamięcią RAM komputera, choć bardzo często pamieć dyskowa jest swojego rodzaju przedłużeniem pamięci RAM („systemowy plik wymiany” czy *swap*).

# Pamięć komputera

1. RAM (Random Access Memory — pamięć o dostępie swobodnym).
2. ROM (Red Only Memory — pamięć tylko do odczytu).
3. Pamięć dyskowa.
4. Pamięci „zewnętrzne” (dyski USB, dyski sieciowe, . . . )

My (teraz) zajmować się będziemy tylko pamięcią RAM komputera, choć bardzo często pamieć dyskowa jest swojego rodzaju przedłużeniem pamięci RAM („systemowy plik wymiany” czy *swap*).

# Pamięć komputera

1. RAM (Random Access Memory — pamięć o dostępie swobodnym).
2. ROM (Red Only Memory — pamięć tylko do odczytu).
3. Pamięć dyskowa.
4. Pamięci „zewnętrzne” (dyski USB, dyski sieciowe, . . . )

My (teraz) zajmować się będziemy tylko pamięcią RAM komputera, choć bardzo często pamieć dyskowa jest swojego rodzaju przedłużeniem pamięci RAM („systemowy plik wymiany” czy *swap*).

# Pamięć komputera

1. RAM (Random Access Memory — pamięć o dostępie swobodnym).
2. ROM (Red Only Memory — pamięć tylko do odczytu).
3. Pamięć dyskowa.
4. Pamięci „zewnętrzne” (dyski USB, dyski sieciowe, ...)

My (teraz) zajmować się będziemy tylko pamięcią RAM komputera, choć bardzo często pamieć dyskowa jest swojego rodzaju przedłużeniem pamięci RAM („systemowy plik wymiany” czy *swap*).

# Pamięć komputera

1. RAM (Random Access Memory — pamięć o dostępie swobodnym).
2. ROM (Red Only Memory — pamięć tylko do odczytu).
3. Pamięć dyskowa.
4. Pamięci „zewnętrzne” (dyski USB, dyski sieciowe, . . . )

My (teraz) zajmować się będziemy tylko pamięcią RAM komputera, choć bardzo często pamieć dyskowa jest swojego rodzaju przedłużeniem pamięci RAM („systemowy plik wymiany” czy *swap*).

# Pamięć komputera

1. RAM (Random Access Memory — pamięć o dostępie swobodnym).
2. ROM (Red Only Memory — pamięć tylko do odczytu).
3. Pamięć dyskowa.
4. Pamięci „zewnętrzne” (dyski USB, dyski sieciowe, . . . )

My (teraz) zajmować się będziemy tylko pamięcią RAM komputera, choć bardzo często pamieć dyskowa jest swojego rodzaju przedłużeniem pamięci RAM („systemowy plik wymiany” czy *swap*).

# Pamięć operacyjna

1. Można ją przedstawić w postaci następującej:

| adres | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | · · · | · · · |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| zawartość | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · | · |

2. Pamięć praktycznie wszystkich komputerów ma organizację **bajtową**. (Najmniejszą adresowalną jednostką pamięci jest bajt.)
3. Zmienne różnych typów zajmują w pamięci różną liczbę bajtów.
4. W chwili deklarowania zmiennych kompilator przydziela im w pamięci miejsce.
5. Każdy program uruchamiany jest w „maszynie wirtualnej” i ma dostęp tylko do przydzielonej mu pamięci.

# Zmienne a pamięć operacyjna I

1. Zmienne różnych typów zajmują w pamięci różną liczbę bajtów.
2. W chwili deklarowania zmiennych kompilator przydziela im w pamięci miejsce.
3. Używając nazwy zmiennej (w jakiś) sposób wskazujemy miejsce w pamięci operacyjnej

   ```
   a = b + 3;
   ```

   należy czytać „pobierz zawartość pamięci operacyjnej przydzielonej zmiennej b, dodaj do niej 3, a wynik zapisz w miejscu pamięci operacyjnej przydzielonym zmiennej a”.
4. ...ale (przy takim zapisie) nie mamy żadnego dostępu do adresu zmiennej!
5. Należy natomiast pamiętać, że polecenie:

   ```
   a = b;
   ```

# Zmienne a pamięć operacyjna II

powoduje **przekopiowanie** zawartości zmiennej b do zmiennej a.
a i b to dwa różne obiekty!

Pytanie jest takie: Czy jest nam potrzebny (i do czego) adres zmiennej?

# Typy danych i zajętość pamięci

```
sizeof(char  ) = 1
sizeof(short ) = 2
sizeof(int   ) = 4
sizeof(long  ) = 8
sizeof(float ) = 4
sizeof(double) = 8
sizeof(long double) = 16
```

# Wskaźniki I

1. Wskażnik, w języku C to (w pewnym uproszczeniu) adres zmiennej w pamięci operacyjnej.
2. Wskaźniki, tak jak wszystko, muszą być deklarowane.
3. Deklaracja wskaźnika jest „dziwna”:

```
int *ip;
  /* ip jest wskaznikiem do obiektu typu int */
double *fp;
  /* fp jest wskaznikiem do obiektu typu double */
char* cp // wskaznik do typu char
float*Fp // wskaznik do typu float
```

mówi jakiego typu jest zmienna na którą wskaźnik wskazuje.

# Wskaźniki II

4. Podstawowe operacje na wskaźnikach to
   - & pobranie adresu zmiennej na którą ma wskazywać wskaźnik.
   - * pobranie zawartości zmiennej wskazywanej przez wskaźnik (gdy występuje po prawej stronie znaku równości) lub nadanie wartości zmiennej wskazywanej przez wskaźnik (gdy występuje po lewej stronie znaku równości).
   - — Odejmowanie wskaźników. Wynikiem jest liczba calkowita długa.
   - + Dodanie do wskaźnika stałej/zmiennej (całkowitej).
   - — Odjęcie od wskaźnika stałej/zmiennej całkowitej.

   W ostatnich dwu przypadkach wynikiem jest nowy adres.

# Wskaźniki

```
int x = 1, y = 2, z[10];
int *ip;     /* ip jest wskaznikiem do obiektu typu int */

ip = &x;     /* teraz ip wskazuje na x */
y = *ip;     /* y ma teraz wartosc 1 */
*ip = 0;     /* x ma teraz wartosc 0 */
ip = &z[0];  /* teraz ip wskazuje na element z[0] */
```

# Aliasy

Jeżeli pa i pb to wskaźniki tego samego typu

```
int b;
int *pa, *pb;
pb = &b;
```

to polecenie

```
pa = pb;
```

tworzy coś w rodzaju aliasu: przez nazwy pa i pb możemy odwoływać się do tej samej zmiennej.

# Wskaźniki i tablice I

1. Wskaźniki mogą przydawać się w przypadku organizowania dostępu do tablic.
2. Działają w tym przypadku trochę jak indeks tablicy.
3. Jeżeli mamy coś takiego:

```
int a[10];
int *pa;

pa = &a[0];
```

w **pa** mamy wskaźnik pokazujący na zerowy element tablicy **a**, czyli

```
x = *pa;
```

jest równoważne poleceniu

```
x = a[0];
```

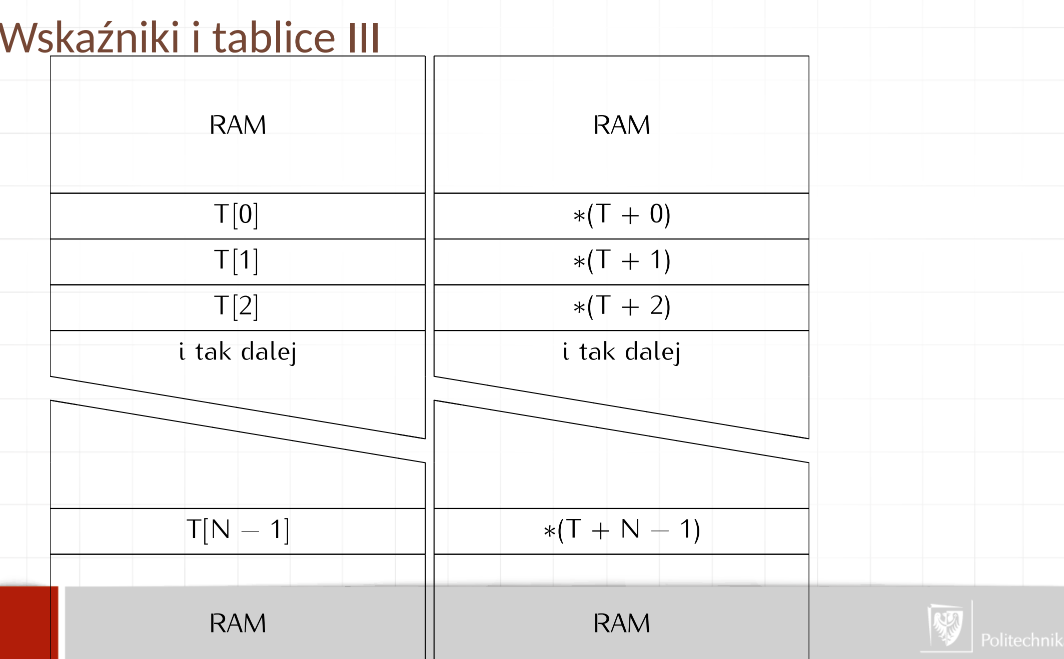
# Wskaźniki i tablice II

Natomiast zwiększenie wskaźnika o 1 da nam dostęp do następnej komórki w tablicy **a**; zapisujemy to tak:

```
y = *(pa + 1);
```

gdyż jednoargumentowy operator * ma wyższy priorytet niż dodawanie!

# Wskaźniki i tablice III



# Wskaźniki i tablice I

1. Wszystko działa poprawnie niezależnie od tego ile miejsca w pamięci zajmuje element tablicy (jakiego jest typu) tak długo, jak poprawnie deklarujemy zmienną wskaźnikową...
2. pa+1 pokazuje „następny obiekt" tablicy
3. pa+i pokazuje element oddalony od pa o `i` takich obiektów.
4. Nazwa tablicy jest **stałą** typu wskaźnikowego! Zamiast pisać

   ```
   pa = &a[0];
   ```

   można napisać

   ```
   pa = a;
   ```

5. Natomiast odwołanie do `a[i]` można zapisać jako `*(a+i)`. Nazwa tablicy pełni rolę wskaźnika do jej pierwszego elementu.

# Wskaźniki i tablice II

6. Identyczne są również a+i oraz &a[i].
7. Natomiast wskaźnik jest zmienną i można na nim wykonywać operacje typu pa=a czy pa++. Nazwa tablicy nie jest zmienną (raczej należy ją traktować jak stałą), zatem konstrukcja a=pa czy a++ są niedozwolone!

# Tablice dwuwymiarowe

1. Język C zna pojęcie tablicy dwuwymiarowej.
2. Deklaruje się ją tak:
   **<typ>** <*nazwa*> [<*liczba_wierszy*>][<*liczba_kolumn*>]
3. **int** tab2 [10][20] // to tablica o 10 wierszach i 20 kolumnach.
4. Dane w tablicy przechowywane są „wierszami”: najpierw w pamięci zapisane są dane pierwszego wiersza, później drugiego,. . .
5. Można też wyobrazić sobie inną konstrukcję: najpierw deklarujemy tablicę jednowymiarową w której zapisujemy wskaźniki do jednowymiarowych tablic (wierszy tablicy).

# Funkcje i parametry raz jeszcze

Podczas wywoływania funkcji wykonywane są następujące czynności:

1. Wyliczana jest wartość wszystkich argumentów funkcji.
2. Dokonywane są konwersje typów.
3. Wyznaczone tak wartości „przekazywane” są do wnętrza funkcji (to znaczy wyznaczone wartości przypisywane są zmiennym wewnątrz funkcji.
4. Nastepnie zostaje wykonana funkcja.
5. Ewentualy wynik przekazywany jest poleceniem **return**.
6. Jakiekolwiek zmiany wartości zmiennych lokalnych lub parametrów **wewnątrz** funkcji nie są przekazywane na zewnątrz.

# Paramatry

Jednym z ważniejszych obowiązków programisty jest zadbanie aby:

1. liczba parametrów w wywołaniu funkcji była identyczna z liczbą parametrów w definicji
2. zgadzał się typ parametrów.

O ile brak zgodności w pierwszym punkcie kończy się niepowodzeniem kompilacji, to w drugim przypadku zazwyczaj powoduje ostrzeżenia. W większości przypadków dokonywane jest rzutowanie, które może powodować utratę informacji...

**Uwaga**

Szczególnie niebezpieczne nieprzemyślane rzutowanie wskaźników.

# Wartość zwracana przez funkcje

1. Może być tylko **jedna**!
2. Typ funkcji **musi** być zgodny z typem wyrażenia pojawiającego się jako argument polecenia `return`.

```
typ f()
{
    ...;
    return cos
}
```

Czyli typy zmiennej `cos` lub wyrażenia arytmetycznego `cos` powinny być identyczne. W pewnym zakresie można liczyć na **automatyczne** rzutowanie.

# Gdy nie określimy typów funkcji ani parametrów

```
f(x)
{
    x = x * 2;
    return x;
}
```

system **automatycznie** przyjmie, że typ zmiennej `x` oraz typ wartości zwracanej przez funkcję `f(x)` jest `int`.

# Funkcje i parametry

1. Parametrem (formalnym) funkcji może być wskaźnik:

```
int funkcja(int *par)
{
    return *par;
}
```

2. Podczas wywołania funkcji parametrem „aktualnym” w tym miejscu musi być adres zmiennej (prostej lub złożonej). Na przykład:

```
int a;
...
u = fumkcja(&a);
```

# Prosty program

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

int funkcja(int *par)
{
    return *par;
}

int main(void)
{
    int tablica[10] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 };
    int zmienna_prosta = 123;
    int wynik;
    wynik = funkcja(&zmienna_prosta);
    printf("1.␣wynik␣=␣%d\n", wynik);
    wynik = funkcja(&tablica[3]);
    printf("2.␣wynik␣=␣%d\n", wynik);
    wynik = funkcja(tablica);
    printf("3.␣wynik␣=␣%d\n", wynik);
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

# Wynik

1. `wynik = 123`
2. `wynik = 4`
3. `wynik = 1`

# Wskaźniki i funkcje I

- Efektem ubocznym przekazywania parametrów do funkcji przez wartość jest to, że nie można w poniższy sposób stworzyć funkcji realizującej funkcję $a \leftrightarrow b$ (zamiana miejscami wartości dwu zmiennych; pierwsze, naiwne podejście, **nie działa**:

```
void swap(int a, int b) /* To jest zle!!! */
{
    int temp;
    temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
```

gdyż żadne zmiany dokonywane na zmiennych wewnątrz funkcji nie „wydostają" się na zewnątrz.

# Wskaźniki i funkcje I

- Problem można rozwiązać za pomocą wskaźników:

```
void swap(int *pa, int *pb)
{
    int temp;

    temp = *pa;
    *pa = *pb;
    *pb = temp;
}
```

- Wywołanie tej funkcji będzie takie:

```
swap(&x, &y);
```

- Zwracam uwagę, że próba zmiany wartości wskaźników wewnątrz funkcji również nie przenosi się poza funkcję.

# Funkcje, tablice, wskaźniki

- Ponieważ nazwa tablicy (w pewnym zakresie) może być traktowana jako wskaźnik, prawidłowa jest poniższa definicja parametru formalnego:
  **int** x[ ] i jest ona równoważna **int** *x
- Wydaje się, że drugi zapis jest „lepszy” (jako bliższy prawdy?)
- Można do funkcji przekazać fragment tablicy podając jako parametr aktualny wskaźnik do początku (pod)tablicy: f(&a[2])
- Wewnątrz funkcji **f** deklaracja parametru formalnego może mieć postać:
  f( **int** arr[ ]) {...}
  lub
  f( **int** *arr ) {...}
- Można też odwoływać się do elementów tablicy wstecz (arr[−1], arr[−2]) jeśli jest rzeczą pewną, że elementy te istnieją

# Funkcje, tablice dwuwymiarowe, wskaźniki

- Tabice dwuwymiarowe mogą sprawiwć pewne problemy gdy powinny być parametrem funkcji.
- Gdy w programie głównym zadeklarowaliśmy tablice jako:
  **int** tab2 [10][20]
- W funkcji deklaracja parametru może wyglądać albo tak:
  **int** f ( **int** a [10][20])
  albo tak:
  **int** f ( **int** a[ ][20])
  albo tak:
  **int** f ( **int** (*a )[20])
- Wywołanie funkcji zaś tak: i = f (tab2 );

# Wskaźnik jako wynik funkcji

W szczególności wynikiem funkcji może być wskaźnik. Funkcja taka będzie zadeklarowana jakoś tak:

```
int * test (...)
{
    int * a;
    ...
    ...
    return a;
}
```

Argumentem polecenia **return** musi być stała lub zmienna typu wskaźnikowego.

# Przykład I

```
int * test (...)
{
    int a[10]={1, 2, 3, 4};
    ...
    ...
    return a;
}
```

- Powyższy przykład z formalnego punktu widzenia jest OK.
- Zmienna a (tablica) jest automatyczna i w związku z tym po wyjściu z funkcji przestaje istnieć, zatem zwracany wskaźnik wskazuje na coś czego już nie ma!

# Przykład II

- Program można zmodyfikować tak żeby było lepiej, zastępując tablicę a tablicą statyczną:

```
static int a[10]={...};
```

# Argumenty wywołania programu I

- Możemy teraz (szybko) wrócić do przekazywania parametrów do funkcji main czyli programu.
- W chwili uruchomienia programu System Operacyjny tworzy strukturę danych zawierającą liczbę parametrów (integer, zazwyczaj nazywany argc — *argument count*) oraz tablicę zawierającą parametry (argv — *argument vector*).

# Argumenty wywołania programu II

```
#include <stdio.h>
main(int argc, char *argv[ ])
{
    int i;
    for (i = 1; i < argc; i++)
        printf("%s%s", argv[i], (i < argc - 1)?" ":"");
    printf("\n");
    return 0;
}
```

Teraz powinno być już jasne w jaki sposób można „dobierać się” do danych (o których liczbie i długości nic nie wiemy w trakcie pisania programu).

# Argumenty wywołania programu

- Ale jak się dobrać do pierwszego znaku pierwszego argumentu?
- *argv jest wskaźnikiem pokazującym zerowy element tablicy argumentów (nazwa programu).
- *++argv wskazuje na pierwszy (czyli właściwy) element tekstu.
- Najprawdopodobniej zatem (*++argv )[0] to pierwszy znak.

Uwaga Nawias okrągły jest potrzebny, gdyż operator [ ] (pobierania elementu tablicy) ma wyższy priorytet niż operatory adresu (*) i operator zwiększenia (++).

# Pamięć dynamiczna

- Jedną z funkcji Systemu Operacyjnego jest przydział pamięci.
- Jak jest to realizowane?
  - Po pierwsze — gdy użytkownik uruchamia program, SO przydziela programowi pamięć niezbędną do pracy.
  - Po drugie przydziela pamięć — niejako automatycznie — na potrzeby powstających w trakcie pracy programu zmiennych.
- Co jednak zrobić, gdy podczas pisania programu nie znamy liczby danych (a zatem ilości potrzebnej do ich przechowywania pamięci)?
- Musimy wykorzystać funkcje dynamicznego przydziału pamięci!

# Pamięć dynamiczna I

## malloc, calloc

1. Do dynamicznego przydzielania pamięci służy funkcja malloc (pamiętamy o **#include**< stdlib .h>)
2. Sposób użycia funkcji („prototyp” funkcji):
   **extern void** *malloc( size );
   - **extern** mówi, że funkcja jest „zewnętrzna” czyli zdefiniowana gdzie indziej niż nasze pliki źródłowe
   - **void** *malloc mówi, że funkcja zwraca wynik w postaci wskaźnika typu **void** (nieokreślonego typu). wskaźnik ten jest równy NULL gdy System Operacyjny nie może przydzielić pamięci lub wskazuje na początek obszaru przydzielonej pamięci.
   - size to parametr mówiący ile (bajtów) pamięci potrzebujemy.
3. Żeby z funkcji korzystać trzeba użyć dyrektywy **#include** < stdlib .h> gdzieś na początku programu.

# Pamięć dynamiczna II

## malloc, calloc

4. Przydzielona pamięć może zawierać przypadkowe wartości.
5. Funkcja **extern void** * calloc ( nelem, elsize ); może być wykorzystania do uzyskania „wyzerowanego" obszaru pamięci; pierwszy argument (nelem) określa liczbę żądanych jednostek, drugi ( elsize ) wielkość w bajtach każdej jednostki.

# Pamięć dynamiczna I

## Przykład

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main() {
    int number;
    int *ptr;
    int i;
    printf( "How␣many␣ints␣would␣you␣like␣store?␣" );
    scanf( "%d", &number );
    /* allocate memory */
    ptr = malloc( number * sizeof( int ) );
    if ( ptr != NULL )
    {
        for ( i = 0; i < number; i++ )
```

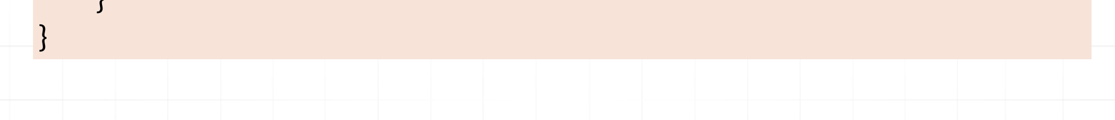
# Pamięć dynamiczna II

## Przykład

```
            *( ptr + i ) = i;
        for ( i = number; i > 0; i-- )
            /* print out in reverse order */
            printf( "%d\n", *( ptr + ( i - 1 ) ) );
        /* free allocated memory */
        free( ptr );
        return 0;
    }
    else
    {
        printf( "\nMemory allocation failed -"
                " not enough \ memory.\n" );
        return 1;
```

# Pamięć dynamiczna III

## Przykład



```
    }
}
```

# Dynamiczny przydział pamięci

## Zwalnianie pamięci

1. Dobry obyczaj każe oddać to co się pożyczyło.
2. W zasadzie, w chwili zakończenia programu cała przydzielona pamięć powinna zostać automatycznie zwrócona…
3. …ale różnie bywa.
4. Funkcja `extern void free (void *ptr)` zwraca pamięć. Jedynym argumentem jest wskaźnik początku obszaru przydzielonej pamięci.
5. Funkcja `extern void * realloc (void *ptr, size)` pozwala zmienić (rozszerzyć, zmniejszyć) posiadany obszar pamięci do zadanego obszaru.

# Dynamiczny przydział pamięci I

## Pożytek ze wskaźników

```
#include <stdio.h>
/* required for the malloc and free functions */
#include <stdlib.h>
int main() {
    int number;
    int *ptr;
    int i;
    printf("How␣many␣ints␣would␣you␣like␣store?␣");
    scanf("%d", &number);
    /* allocate memory */
    ptr = malloc( number * sizeof( int ) );
    if ( ptr != NULL )
    {
```

# Dynamiczny przydział pamięci II

## Pożytek ze wskaźników

```
        for ( i = 0; i < number; i++ )
//          *(ptr+i) = i;
            ptr[i] = i;
        for ( i = number; i > 0; i-- )
            /* print out in reverse order */
//          printf("%d\n", *(ptr+(i-1)));
/* print out in reverse order */
            printf("%d\n", ptr[i - 1]);
        /* free allocated memory */
        free(ptr);
        return 0;
    }
    else
```

# Dynamiczny przydział pamięci III

## Pożytek ze wskaźników

```
    {
        printf("\nMemory␣allocation␣failed␣—␣"
                "not␣enough␣memory.\n");
        return 1;
    }
}
```

# Drobne podsumowanie

```
int T[10];
...
...
for (i = 0 ; i < 10 ; i++)
    T[i] = i;
...
for(i = 0 ; i < 10 ; i++)
    printf("%d\n", T[i]);
```

```
int * T =
    malloc(10 * sizeof(int));
...
for (i = 0; i < 10 ; i++)
    *(T + i) = i;
...
for (i = 0 ; i < 10 ; i++)
    printf("%d\n", T[i]);
```

# Tablice wielowymiarowe...

- ...również mogą być deklarowane w sposób dynamiczny,
- ...ale jest to bardziej skomplikowane

Tablica o N wierszach i M kolumnach:

```
int ** U;
...
U = malloc(N * sizeof(int *))
for(int i = 0; i < N; i++)
    U[i] = malloc(M * sizeof(int));
```

# Co już wiemy? (Co powinniśmy wiedzieć) I

1. Zmienne **automatyczne** to zmienne deklarowane w sposób następujący:

```
int a, A[10], B[N][M];
```

- są one deklarowane w pamięci stosu (o ograniczonym rozmiarze);
- deklaracja obowiązuje jedynie w ramach bloku (`{...}`), w którym została wykonana (i bloków niższych);
- `A` to **stała** typu „wskaźnik na `int`'' (czyli `int *`) zawierająca adres tablicy `A`;
- adres zmiennej `a` trzeba wyliczyć za pomocą operatora `&`;
- tablice (automatyczne) dwu (i więcej wymiarowe) to konstrukcje *skomplikowane*...
- zajmują ciągły obszar pamięci (o rozmiarze `N * M * sizeof(typ)`)
- mogą być traktowane jako „tablica tablic” — w przypadku tablicy dwuwymiarowej `B` jest to tablica o `N` wierszach, każdy wiersz tej tablicy to tablica o `M` kolumnach, zatem...

# Co już wiemy? (Co powinniśmy wiedzieć) II

- ...`B` to również **stała** typu wskaźnikowego, ale typ jest *dziwaczny*: `int (*)[M]` — tablica o `M` elementach — (zwiększenie `B` o jeden w arytmetyce wskaźników zmienia adres tak, by wskazywał na kolejny wiersz tablicy)

2. Zmienne dynamiczne tworzone są z wykorzystaniem funkcji
   - `void *malloc(size_t size)`
   - `void *calloc(size_t nmemb, size_t size)`

     w powyższym `void *` to wskaźnik **bez określonego typu**,
     `size_t` to specjalny typ (zbliżony do `int`, ale 64-bitowy, bez znaku),
     `size` rozmiar pamięci (w bajtach),
     `nmemb` — liczba elementów tablicy,
     `size` rozmiar (w bajtach) jednego elementu tablicy;
   - funkcja `calloc()` zeruje przydzieloną pamięć;
   - obie funkcje zwracają adres początku tablicy.

3. Tworzenie tablicy jednowymiarowej `T` o `N` elementach jest proste:

# Co już wiemy? (Co powinniśmy wiedzieć) III

```
typ *T;
T = malloc(N * sizeof(typ));
```

lub

```
typ *T;
T = calloc(N, sizeof(typ));
```

zawsze jednak trzeba sprawdzić, czy wartość zwracana przez funkcję nie jest równa zero — w tym przypadku pamięć **nie została** przydzielona. Podczas operacji podstawienia (`T =`) dokonywana jest konwersja (rzutowanie) wskaźnika `void` na wskaźnik odpowiedni dla typu zmiennej `T`.

4. Tworzenie tablicy dwuwymiarowej `U` o `N` wierszach i `M` kolumnach jest bardziej skomplikowane
   - zaczynamy od zadeklarowania zmiennej `U` typu

```
typ ** U;
```

# Co już wiemy? (Co powinniśmy wiedzieć) IV

(***jednowymiarowa** tablica, której każdy element jest wskaźnikiem typu* `typ`)

- przydzielamy jej pamięć używając funkcji `malloc()`:

```
U = malloc(N * sizeof(typ));
```

(i sprawdzamy, czy zwrócona wartość jest różna od zera)
tworzy się struktura, która będzie użyta do przechowywania adresów początkowych każdego wiersza,

- następnie przydzielamy pamięć dla każdego wiersza tablicy:

```
for (int i = 0; i < N; i++)
    U[i] =  malloc(M * sizeof(typ));
```

a uzyskane adresy wpisujemy do kolejnych komórek tablicy `U`;
(przypominam o konieczności każdorazowego sprawdzenia czy wartość zwracana przez `malloc()` jest różna od zera).

# Co już wiemy? (Co powinniśmy wiedzieć) V

5. W każdym przypadku `B[i]` oraz `U[i]` definiują adres `i`-tego wiersza w pamięci operacyjnej; ale w każdym przypadku wartość ta jest inaczej **wyliczana**:
   - w przypadku tablicy `B` jest to adres `B` zwiększony (w arytmetyce wskaźników) o `i`,
   - w przypadku tablicy `U`, jest to zawartość `i`-tej komórki tablicy `U`;

   kolejna operacja służąca „dobraniu” się do `j`-tego elementu wiersza tablicy `(B[i])[j]` czy `(U[i])[j]` wykonywana jest tak samo: adres zwiększany jest korzystając z arytmetyki wskaźników.

# Drobne podsumowanie I

## Ciąg dalszy

Wyobraźmy sobie, że mamy następującą definicję funkcji:

```
int f(int n, double b, int c[ ], double * d,
          int e[ ][n], double ** g);
```

1. Funkcja ma sześć (6) parametrów.
2. Funkcja zwraca wartości całkowite (to jest nieistotne).
3. Podczas wywołania funkcji:
   - pierwszym argumentem może być: stała, zmienna lub wyrażenie typu całkowitego;
   - drugim argumentem może być: stała, zmienna lub wyrażenie typu podwójnej precyzji;

W przypadku gdy typ pierwszych dwu argumentów będzie inny niż zadeklarowany — zostanie dokonana odpowiednia konwersja.

# Drobne podsumowanie II

## Ciąg dalszy

4. Trzecim (i czwartym) argumentem powinien być wskaźnik do (adres) tablicy typu **int** (**double**). Żadne konwersje nie będą wykonywane gdy argumentem będzie wskaźnik innego typu. Należy się spodziewać najgorszych możliwych efektów w takim przypadku.

# Drobne podsumowanie III

## Ciąg dalszy

### Przykład

```
int t[10];
int * u = malloc( 40 );
```

Argumentem może być:

- t
- u
- &t[0] albo nawet &t[1] czy alternatywnie u + 1,

5. W przypadku argumentu piątego (**int** e[ ][n] parametrem wywołania funkcji może być wyłącznie tablica automatyczna lub statyczna (typu **int**) zadeklarowana jako:

# Drobne podsumowanie IV

Ciąg dalszy

```
int v[m][n]
```

gdzie m i n to jakieś stałe. (Wówczas pierwszy parametr wywołania funkcji (n) powinien mówić o liczbie kolumn!)

6. Ostatnim argumentem funkcji (podwójny wskaźnik) powinna być tablica dynamiczna typu **double** w, zadeklarowana jakoś tak:

```
double ** w;
int m, n, i;
w = (double **) malloc(n * sizeof( double *));
for(i = 0; i < n; i++)
w[i] = (double *) malloc(m * sizeof(double));
```

o n wierszach i m kolumnach.

(Uwaga: Wszędzie powinno być dodane sprawdzenie, czy funkcja malloc nie zwróciła wartości zero (NULL).

# Wskaźniki do funkcji

```c
#include <stdio.h>

int add( int x, int y );  /* declare function */

int main() {
  int x=6, y=9;
  int (*ptr)(int, int); /* declare pointer to function*/

  ptr = add; /* set pointer to point to "add" function */

  printf( "%d plus %d equals %d.\n", x, y, (*ptr)(x,y) );
  /* call function using pointer */
  return 0;
}

int add( int x, int y ) { /* function definition */
 return x+y;
}
```

# Wskaźniki do funkcji

1. Pamiętać należy aby w deklaracji wskaźnik zamknąc w nawiasach.
2. Pamiętać należy aby typ wskaźnika funkcji odpowiadał typowi wartości zwracanych przez funkcję.
3. Po co to?
   - Żeby studentom było trudniej.
   - Żeby móc przekazać do funkcji parametr będący funkcją.
   - . . .

# Zamiast zakończenia

(Za http://orcik.net/programming/pointers-in-assembly-language/)

# Przykładowe programiki

## Dla dociekliwych, czyli dla wszystkich

Wszystkie zamieszczone dalej przykładowe programy pochodzą z [2].

# Dla dociekliwych

## Adresy zmiennych...

```
/* Program 1.1 from PTRTUT10.TXT   6/10/97 */

#include <stdio.h>

int j, k;
int *ptr;

int main(void)
{
    j = 1;
    k = 2;
    ptr = &k;
    printf("\n");
    printf("j has the value %d and is stored at %p\n", j,
           (void *)&j);
    printf("k has the value %d and is stored at %p\n", k,
           (void *)&k);
    printf("ptr has the value %p and is stored at %p\n", ptr,
           (void *)&ptr);
    printf("The value of the integer pointed to by ptr is %d\n",
           *ptr);

    return 0;
}
```

# Dla dociekliwych

## Indeks tablicy i wskaźnik do elementu

```
/* Program 2.1 from PTRTUT10.HTM   6/13/97 */

#include <stdio.h>

int my_array[ ] = {1,23,17,4,-5,100};
int *ptr;

int main(void)
{
    int i;
    ptr = &my_array[0];      /* point our pointer to the first
                                element of the array */
    printf("\n\n");
    for (i = 0; i < 6; i++)
    {
      printf("my_array[%d]␣=␣%d␣␣␣", i, my_array[i]);    /*<-- A */
      printf("ptr␣+␣%d␣=␣%d\n", i, *(ptr + i));         /*<-- B */
    }
    return 0;
}
```

# Dla dociekliwych

## Napisy

```
/* Program 3.1 from PTRTUT10.HTM   6/13/97 */

#include <stdio.h>

char strA[80] = "A string to be used for demonstration purposes";
char strB[80];

int main(void)
{

    char *pA;      /* a pointer to type character */
    char *pB;      /* another pointer to type character */
    puts(strA);    /* show string A */
    pA = strA;     /* point pA at string A */
    puts(pA);      /* show what pA is pointing to */
    pB = strB;     /* point pB at string B */
    putchar('\n');         /* move down one line on the screen */
    while(*pA != '\0')     /* line A (see text) */
    {
        *pB++ = *pA++;     /* line B (see text) */
    }
    *pB = '\0';            /* line C (see text) */
    puts(strB);            /* show strB on screen */
    return 0;
}
```

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

    char a[20];
    int i;
    a[3] = 'x';
    3[a] = 'x';
    printf("%c   %c\n", a[3]);
    return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro a[i] jest równoważne *(a + i)
- Skoro dodawanie jest przemienne… to jest równoważne *(i + a)
- A zatem równoważne i[a]???

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

    char a[20];
    int i;
    a[3] = ’x’;
    3[a] = ’x’;
    printf("%c   %c\n", a[3]);
    return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro dodawanie jest przemienne… to jest równoważne *(i + a)
- A zatem równoważne i[a]???

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

   char a[20];
   int i;
   a[3] = 'x';
   3[a] = 'x';
   printf("%c  %c\n", a[3], 3[a]);
   return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro a[i] jest równoważne *(a + i)
- Skoro dodawanie jest przemienne… to jest równoważne *(i + a)
- A zatem równoważne i[a]???

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

    char a[20];
    int i;
    a[3] = 'x';
    3[a] = 'x';
    printf("%c  %c\n", a[3], 3[a]);
    return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro a[i] jest równoważne *(a + i)
- Skoro dodawanie jest przemienne… to jest równoważne *(i + a)
- A zatem równoważne i[a]???

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

   char a[20];
   int i;
   a[3] = 'x';
   3[a] = 'x';
   printf("%c   %c\n", a[3], 3[a]);
   return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro a[ i ] jest równoważne *(a + i )
- Skoro dodawanie jest przemienne... to jest równoważne *( i + a)
- A zatem równoważne i [a]???

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

    char a[20];
    int i;
    a[3] = 'x';
    3[a] = 'x';
    printf("%c   %c\n", a[3], 3[a]);
    return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro a[ i ] jest równoważne *(a + i )
- Skoro dodawanie jest przemienne… to jest równoważne *( i + a)
- A zatem równoważne i [a]???

# Dla dociekliwych

## Dziwactwa

```
#include <stdio.h>
int main(void)

   char a[20];
   int i;
   a[3] = 'x';
   3[a] = 'x';
   printf("%c   %c\n", a[3], 3[a]);
   return 0;
```

O co chodzi?

- Skoro a[i] jest równoważne *(a + i)
- Skoro dodawanie jest przemienne... to jest równoważne *(i + a)
- A zatem równoważne i[a]???

# Co robi ten program I

```
/*
 cc -Aa +O3 zapchaj.c -o zapchaj
 gcc -O3 zapchaj.c -o zapchaj
*/

#include <stdlib.h>

int main (int cnt, char ** arg)
{
 char *tab;

 long
   bytes,
   loops;

 long
  i,
```

# Co robi ten program II

```c
 n;

if (cnt!=3)
 {
  printf("usage:\n\t%s bytes loops\n", arg[0]);
  return(-1);
 }

bytes = atol(arg[1]);
loops = atol(arg[2]);

tab = malloc(bytes*sizeof(char));

if (tab==0)
 {
  printf("%s:\n\tcannot allocate %ld bytes\n",arg[0],bytes);
  return(-2);
```

# Co robi ten program III

```
  }

 for (i=1; i<=loops; i++)
  {
    printf("%ld\n",i);
    for (n=0; n<bytes; n++) tab[n]=(char)n;
  }

 return(0);
}
```