WYDZIAŁ FIZYKI
UNIWERSYTET WARSZAWSKI

Programowanie zaawansowane FM i NI

Wykład 5

Tablice, napisy, alokacja dynamiczna

Krzysztof Piasecki

Semestr letni roku akad. 2024-25

krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl

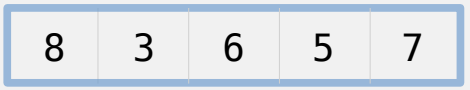
- **Tablica (array)** – to uporządkowany zbiór danych tego samego typu, w pamięci jako ciągły blok.
  Ilość elementów tablicy = **rozmiar (size)**.

Tu omówimy **tablice statyczne**. „Statyczne” oznacza tu: na etapie kompilacji rozmiar jest ustalony.

Uwaga: w praktyce na PC rozmiar pamięci na tablice statyczne (i inne lokalne zmienne) wynosi ~ 8 MB.
Ten obszar pamięci nazywa się **stos** (**stack**).

- Deklaracja **tablicy** 5-elementowej i przypisanie **zbioru** 5-elementowego:

```
int tab[5] = { 8, 3, 6, 5, 7 } ;
```



Poniżej, kompilator zadeklaruje taki rozmiar, jaki wynika ze zbioru.

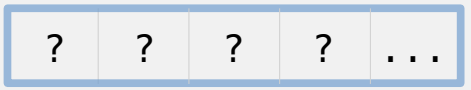
```
int tab2[] = { 1, 2, 3, 4, 5 } ;
```

Poniżej: rozmiar będzie 5, ale inicjujemy 2 pierwsze elementy. Reszta = 0.

```
int tab3[5] = { 1, 2 } ;
```

Poniżej: deklarując, można nie przypisywać (*niezbyt bezpieczne*)

```
int tab4[100] ;
```



Poniżej: do wymiarowania można użyć „stałej zmiennej”.

```
const int Dim = 20;
int tab5 [Dim] ;
```

Komunikacja z tablicą statyczną

- Wpisywanie do danego elementu:

```
tab[2] = -3 ;
```

8	3	-3	5	7

Dlaczego komputer wstawił w pozycję trzecią z lewej, a nie drugą ?
→ w C/C++ jest umowa, że **elementy indeksujemy od 0**.

- Czytanie elementu:

```
cout << tab[2] ;                                  →    -3
```

Rozmiar tablicy w bajtach:

```
cout << sizeof (tab)                              →    20
```

… i w liczbie elementów:

```
     << sizeof (tab) / sizeof(tab[0])             →     5
```

Uwaga: te operacje, są *niestety* dozwolone:

```
tab[-1] = 5;    tab[ sizeof(tab) + 15 ] = 123;
```

Komputer będzie sięgał do sąsiednich komórek pamięci i nie wypisze błędu (*chyba, że będzie to obszar poza stosem*) Nie powinniśmy do tego dopuszczać.

- Pętle po elementach robimy albo. wg wcześniej poznanych sposobów,

```
for (int i = 0; i < sizeof (tab) / sizeof (tab[0]); i++) {
   cout << tab[i] << ' ';
}
```

albo przez **pętlę zakresową**:

```
for ( int& elem : tab ) {
  elem++ ;
  cout << elem ;
}
```

w każdym kroku `elem` = kolejny element tablicy.

Przekaz tablicy statycznej do funkcji

[Link]

Funkcja przyjmująca tablicę statyczną,
w argumentach wejścia ma postać:

① `typ nazwa[rozmiar]` , albo
② `typ nazwa[]` , albo
③ `typ* nazwa` .

W przypadkach ① i ② typ obiektu
i tak sprowadzi się do: `typ*` .

⊙ W miejscu wywołania podajemy nazwę tablicy.
Nieprzypadkowo: nazwa tablicy
… to wskaźnik na jej zerowy element!

⊙ Wywołana funkcja nigdy nie pozna rozmiaru tablicy statycznej 😔 .
Chcąc przekazać rozmiar, robimy to przez osobny argument wejścia.

```
F1: 5
F1: 8 2

F2: 8 3 6 5 7
```

```cpp
#include<iostream>
using namespace std;

void funtab1 ( int T[] ) {
  cout << "funtab1: " << T[3]  << endl;
  cout << "funtab1: " << sizeof(T) << ' '
       << sizeof(T) / sizeof(T[0]) << "\n\n";
}

void funtab2 ( int T[] , int size ) {
  cout << "funtab2: ";
  for (int i = 0 ; i < size ; i++)
      cout << T[i] << ' ';

  cout << endl;
}

int main () {
  int tab[5] = { 8 ,3 ,6 ,5 ,7 };

  funtab1 ( tab );
  funtab2 ( tab, sizeof(tab)/sizeof(tab[0]) );
}
```

- **Tablice a wskaźniki**

[Link]

Adres początku tablicy to:
albo `&tab[0]` , albo `tab`

Adres i-tego elementu tablicy to:
albo `&tab[i]` , albo `tab+i`

Wartość i-tego elementu tablicy to:
albo `tab[i]` , albo `*(tab+i)`

Pętlę po elementach tablicy
można zamienić na
pętlę po kolejnych adresach.
Indeksem musi stać się wskaźnik.
Iterujemy przez `+` , `-` , `++` , `--`

Tak wyciągamy nr elementu

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int main () {
5   int tab[3] = { 8 , 3 , 6 };
6
7   cout << &tab[0] << ' ' << tab << "\n\n";
8
9   for ( int i = 0 ; i < 3 ; i++ ) {
10    cout << i
11         << ' ' << &tab[i] << ' ' <<   tab+i
12         << ' ' <<  tab[i] << ' ' << *(tab+i)
13         << endl;
14  }
15  cout << endl;
16
17  for ( int* p = tab ; p < tab + 3 ; p++ ) {
18    cout << p - tab << ' ' << p << ' '
19         << *p << endl;
20  }
21 }
```

- **Określanie typu: *„reguła prawo-lewo” (right-left rule)* .** (*dawniej: reguła spiralna*)

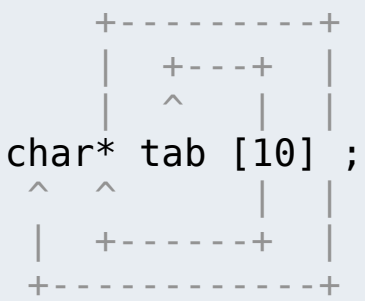
Określając typ zmiennej, kompilator działa według konkretnego schematu.

① Zaczynamy od nazwy własnej. Od razu - wyjątek:
Jeśli nazwa jest objęta nawiasami i poprzedzona & lub *, to obiekt jest referencją lub wskaźnikiem.

② Idziemy w prawo.
Jeśli jest tam [x] – obiekt jest tablicą o rozmiarze x.
(chyba że np. [x][y] – obiekt jest tablicą dwuwymiarową, itd.)
Jeśli jest: (*zmienne*) – obiekt jest funkcją, ew. z argumentami wejścia.

③ odtąd kręcimy się zgodnie ze wskazówkami zegara, de-facto coraz bardziej na lewo.

Przykład od autora reguły:



tab jest tablicą 10 elementów.
... której każdym elementem jest wskaźnik
… na zmienną typu `char`.

```
int (& ABC) [10][20] = ... ;
```

ABC jest referencją
… na tablicę wymiaru 10x20
… której każdy element ma typ int

```
unsigned int** MyPtr2 ;
```

`MyPtr2` jest wskaźnikiem
… do trzymania adresu wskaźnika,
… do adresu zmiennej typu `unsigned int`

- **C-string**: napis wykonany jako statyczna tablica `char`'ów (tzw. napis *„w stylu C”*)

Typowa deklaracja C-stringu :

```
char Text[] = "Moj napis" ;
```

Uwaga: zaraz po napisie komputer zawsze dostawi **znak końca**. Jest to **char o wartości 0**.

→ Dzięki temu, funkcje działające na C-stringach rozpoznają koniec napisu.
Np. tak działa `cout << napis`

→ długość tablicy = liczba znaków + 1.
Ale funkcja **`strlen`** (podaje długość napisu) pominie znak końca.

→ gdy przekazujemy C-string do funkcji, nie musimy osobno podawać rozmiaru.

N-ta litera napisu to `Text[N-1]`.

Do porównywania napisów służy **`strcmp`**.
Jeśli napisy są identyczne, `strcmp` zwróci 0.

⊙ [Link] do biblioteki `cstring`. M.in. **`strcpy`**.

[Link]

```cpp
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;

void funNapis ( char Text[] ) {
  cout << "[funNapis]: " ;
  for (int i = 0 ; Text[i] != 0 ; i++ )
    cout << Text[i] ;
}

int main () {
  char napis[] = "Kodowanie w C++" ;
  cout << "Napis [" << napis << "] ma "
       << strlen (napis) << " znaków. \n"
       << "Piaty znak to: " << napis[4] << endl;

  if (napis[4] == 'w') cout << "Jest to w.\n";
  else                 cout << "To nie  w.\n";

  char napis2[] = "Kodowanie w C--" ;
  if ( strcmp (napis, napis2) == 0 )
    cout << "Napis to: " << napis2 <<  endl;
  else
    cout << "Napis inny niz: " << napis2 << endl;

  funNapis (napis) ;
}
```

- **Wywoływanie programu z opcjami**
  (argumenty wywołania funkcji `main`)

⊙ Możemy do programu przyjmować opcje z linii wywołania (tzw. **argumenty wywołania**). Funkcja `main` powinna mieć nagłówek:

```
int main ( int argc, char* argv[] )
```

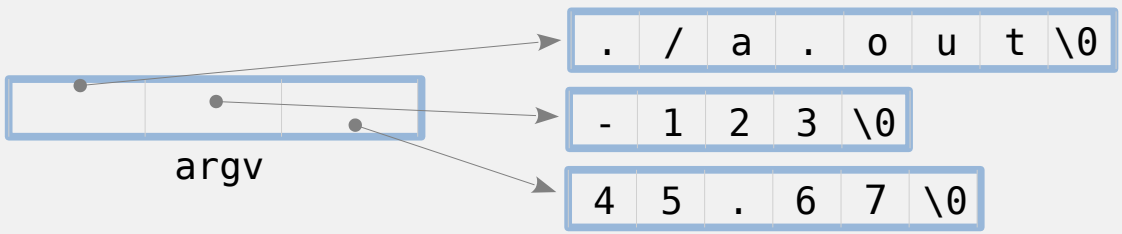
Liczba opcji [+1], którą użytkownik wpisał w danym wywołaniu. [+1] , bo wpisał też nazwę aplikacji.

Tablica z adresami, gdzie zaczynają się opcje w formie C-stringów

⊙ Przypuśćmy, że użytkownik wpisał:

```
$ ./a.out -123 45.67
```

wtedy `argc = 3` , a `argv` ma postać:



[Link]

```
#include <iostream>
#include <cstring>
#include <cstdlib>
using namespace std;

int main ( int argc,  char* argv[] )
{
  for (int i = 0 ; i < argc ; i++ ) {
    cout << argv[i] << endl;
  }
  int    ivalue = atoi (argv[1]) ;
  double dvalue = atof (argv[2]) ;

  cout << "Rozczytane argumenty: "
       << ivalue <<'\t'<< dvalue << endl;

  if ( strcmp (argv[0], "./a.out") == 0 ) {
    cout << "Program wykonany przez ./a.out";
  }
}
```

⊙ Potrzebna jest jeszcze konwersja C-stringu do `int` lub `double`. Są to funkcje **`atoi`** i **`atof`** w bibliotece `cstdlib`.

- **Dynamiczna alokacja pamięci (dynamic memory allocation)**

to odmienny sposób na tworzenie obiektów.

Cecha	Statyczna alokacja	Dynamiczna alokacja
Rozmiar tablicy	zafiksowany w kodzie	można uzależnić od zmiennej
Limit pamięci	typowo ~ 8 MB	cała dostępna pamięć
Zakres zmiennej	wnętrze { }	przeżywa poza { }
Sposób skasowania	komputer sam kasuje	programista kasuje
Rozmiar tablicy	wydobywalny (sizeof)	niewydobywalny
Organizacja pamięci	stos (stack)	sterta (heap)

Zwykle, **sterta** (**heap**) jest obszarem pamięci znacznie pojemniejszym, zazwyczaj ograniczona limitem pamięci przydzielonej przez system.

- **Dynamiczna alokacja pamięci (dynamic memory allocation)**

⊙ **Tworzenie obiektu**: operator **new**

Podajemy mu typ obiektu do utworzenia.
new robi wpis do **tablicy alokacji**
i zwraca nam adres utworzonego obiektu.
Ten adres chowamy do wskaźnika:

```
int* Iptr = new int ;
```

Jeśli chcemy utworzyć tablicę obiektów, dokładamy `[]` .
new zwróci adres *początkowego* elementu tablicy.
Ale w tablicy alokacji wiadomo, że to tablica.

```
int* Tptr = new int[5] ;
```

⊙ **Kasowanie**: operator **delete** (lub **delete[]** do tablic)
Podajemy mu wskaźnik, który trzyma adres obiektu.
`delete` usuwa wpis z tablicy alokacji.

```
delete   Iptr ;
delete[] Tptr ;
```

Uwaga: `delete` nie zeruje wskaźnika.
Jeśli chcemy go wyzerować, przypisujemy mu **nullptr**.

[Link]

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main () {
 int* Iptr = new int ;
 *Iptr = 123;
 cout << "Iptr: "    <<  Iptr
      << " Value:  "<< *Iptr << endl;

 int* Tptr = new int [5] ;
 Tptr[3] = -456;
 cout << "Tptr: "    << Tptr
      <<" Tptr[3] " << Tptr[3] ;

 int Dim;
 cout << "\nPodaj rozmiar fTab: ";
 cin >> Dim;
 float* fTab = new float [Dim] ;
 cout << "ftab: " << fTab << ", size? "
      << sizeof(fTab) / sizeof (fTab[0]);

 delete   Iptr ;
 delete[] fTab ;
                  cout << endl << Iptr ;
 Iptr = nullptr; cout << endl << Iptr ;
}
```

- **string**: napis w stylu C++ .
  - ☞ więcej bezpieczeństwa, np.:

    `at(i)` : odczyt/zapis i-tego znaku,
    ale po upewnieniu się, że i ∈ [0 , `size()`)
  - ☞ więcej narzędzi do manipulacji
  - ☞ przechodzi do podfunkcji jako 1 obiekt
  - ☞ możliwość sekwencji poleceń.

⊙ [Link] do poleceń z biblioteki `string`. Np:

`size ()`	długość
`at (i)`	litera na pozycji i
`to_string (..)`	konwersja liczby na string
`find ('a')`	pozycja wystąpienia 'a'
`str1 + str2`	połącz dwa napisy
`compare (s1, s2)`	porównaj dwa stringi
`erase (p,n)`	od pozycji p skasuj n liter
`insert (p,"X")`	w pozycję p wstaw X
`replace (p,n,"X")`	wymień n liter od poz. p → na X
`substr (p,n)`	utwórz string z poz. [p, p+n)

[Link]

```
#include <string>
#include <iostream>
#include <typeinfo>
using namespace std;

int main () {
 float cena = 4.5 ;
 string S1 = "Cena napoju: " ,
        S2 = S1 + to_string( cena ) + " zl.";
 cout << S2 << "\nSize: " << S2.size() ;
 cout <<'\n'<< S2[0] <<' '<< S2.at(0) << endl;

 string S3 = S2.substr (S2.find('.') -1 , 4);
 S2 = S1 + S3 + " zl.";
 cout << S3 << endl << S2 << endl ;

 S2.replace ( 18 , 2 , "EUR" )
   .erase   (  0 , 1 )
   .insert  (  0 , "Nowa c") ;
 cout << S2 << endl;

 string Snum1 = "-123" , Snum2 = "-4.567" ;
 int    num1 = stoi ( Snum1 ) ;
 double num2 = stod ( Snum2 ) ;
 cout << num1 << ' ' << num2 ;
}
```

- **Konwersje C-string ↔ string**

Przejście **C-string → string** jest proste.
Gdy mamy `char CS[] = "abc"` , to

```
string S = string (CS)
```

Ale przejście **string → C-string**
w sposób prosty:

```
const char* CS = S.c_str()
```

daje połowiczny sukces, bo:

① CS jest `const`,
czyli nie wolno go zmienić

② CS dotyczy tego samego adresu, co S,
więc dowolna zmiana S zmienia i CS.

Rozwiązaniem problemów jest
skopiowanie z CS komendą:
`strcpy` z biblioteki `cstring`.

[Link]

```
#include <string>
#include <cstring>
#include <iostream>
using namespace std;

int main () {
 char cText[] = "Programowanie C++" ;
 string sText = string ( cText ) ;
 cout << "c-string 1: " << cText << endl;
 cout << "  string 1: " << sText << "\n\n";

 const char* cTextOrig = sText.c_str () ;
 cout << "c-string 2: " << cTextOrig << endl;

 sText.at(0) = 'X';
 cout << "c-string 2: " << cTextOrig << "\n\n";
 sText.at(0) = 'P';

 char cTextCopy [ sText.size() + 1 ] ;
 strcpy ( cTextCopy , sText.c_str() ) ;
 sText.at(0) = 'Q';
 cout << "  string 1: " << sText     << endl;
 cout << "c-string 3: " << cTextCopy << endl;
}
```

- **Wyszukiwanie w stringu**. Niech `string S = "Tak trzeba zyc!" ;`

  Pierwsze wystąpienie 'a' `S.find ('a')` → 1

  Poszukajmy 'a' począwszy od poz. 5: `S.find ('a', 5)` → 9

  Gdy znak się nie znalazł: `S.find ('x')` → zwróci `string::npos`

  Gdy szukamy całego słowa: `S.find ("zyc")` → 11

- To nie koniec. Z **listy kandydatów** poszukajmy,

  gdy pierwszy raz coś wystąpi:

  `S.find_first_of ("abc")` → 1

  gdy pierwszy raz wystąpi coś spoza listy:

  `S.find_first_not_of ("Tt")` → 1

  gdy ostatni raz coś wystąpi:

  `S.find_last_of ("xyz")` → 12

  gdy ostatni raz wystąpi coś spoza listy:

  `S.find_last_not_of ("abc")` → 14

[Link]

```cpp
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

int main () {
 string S ("Tutaj znikna samogloski.");
 size_t found = S.find_first_of ("aeiouy");

 while ( found != string::npos )  {
  S.at ( found ) = '_' ;
  found = S.find_first_of ("aeiou", found+1);
 }
 cout << S << '\n';
}
```