Sperimentazioni di Fisica I mod. A – Lezione 8

Array, Stringhe e Vettori (CAP. 3)

Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei",
Università degli Studi di Padova

Array, Stringhe e Vettori

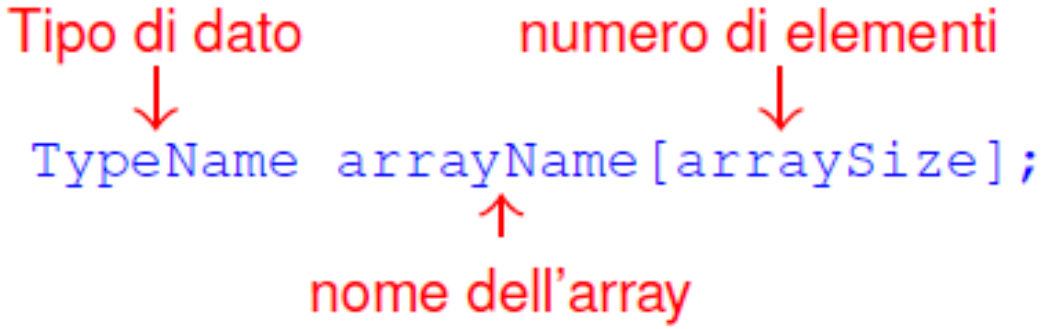
Lezione 8:

Parte 1. Array

Array (Statici) in C++

- ✓ permette di immagazzinare più di un elemento dello stesso tipo
- ✓ e di accedere ad un singolo elemento dell'array specificando la sua posizione
- ✗ hanno una dimensione fissata (i.e. numero di elementi)
- ✗ non è possibile aggiungere o eliminare elementi durante l'esecuzione del programma

Sintassi di dichiarazione di un array



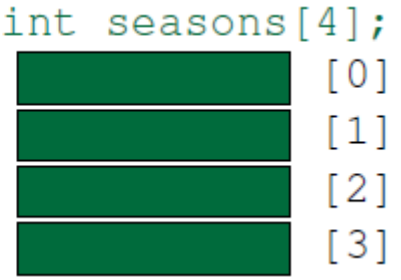
Esempio

```
int months[12];    // array di tipo int con 12 elementi
```

Creazione di Array (Statici)

Creo un array con 4 elementi:

- ✓ primo elemento `seasons[0]`
- ...
- ✓ ultimo elemento `seasons[3]`




```
TypeName arrayName[arraySize]
```

`arraySize` può essere:

una costante intera

```
const int size = 4;
double wine[size];
```

una espressione costante

```
double wine[8*32+size];
```

NON è lecita una variabile il cui valore cambia run-time

```
int dim = 3;
double boxes[dim];
```

Inizializzazione di Array (Statici)

✓ Gli elementi di un array non sono automaticamente inizializzati

✓ esistono svariati modi per inizializzarli :

```
const unsigned size = 3;     // La dimensione e' costante
int a[size] = {0, 1, 3};     // a[0] = 0, a[1] = 1, a[2] = 3

int a2[] = {0, 1, 3};      // Un array di dimensione 3
int a3[5] = {0, 1, 3};     // equivalente a
                           // a3[] = {0, 1, 3, 0, 0}

int a4[2] = 0, 1, 3;     // ERRORE: troppi inizializzatori
int a5[];                // ERRORE: dimensione sconosciuta
```

✗ ATTENZIONE: No COPY or ASSIGNMENT

```
int b[] = a;    // ERRORE: non possibile inizializzare
                // un array con un altro

int c[size];
c = a;          // ERRORE: non possibile assegnare
                // un array con un altro
```

Puntatori ed Array

- Tutte le volte che usiamo l'operatore *address-of* & di fronte ad un oggetto, otteniamo un puntatore all'oggetto
- Gli elementi di un array sono oggetti : con l'operatore *subscript* [] si ottiene l'oggetto alla locazione indicata dall'indice

```
const int size = 3;
string num[size] = {"uno", "due", "tre"};

string *ps = & num[0]; // punta al primo elemento
ps = num;              // equivalente, il nome di un array
                       // e' un puntatore costante al primo
                       // elemento dell'array


string *first = num;             // punta al primo elemento
string *last  = num + size - 1; // punta all'ultimo elemento
while (first != last) {
    cout << *first << endl;
    ++first;
}
cout << *last << endl;  // stampiamo anche l'ultimo
```

`begin()` ed `end()`

- Gli array standard del C++ non permettono un controllo sulla validità dell'indice dell'elemento al quale si accede
- Il C++ fornisce due funzioni `begin` e `end` che forniscono le stesse funzionalità degli equivalenti membri dei contenitori (per es `string` e `vector`)

```
int ia[] {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};

int *first = begin(ia); // punta al primo elemento
int *last = end(ia);    // punta all'elemento
                        // successivo all'ultimo

            while (first != last) {
                cout << *first << endl;
                ++first;
            }
```

Array Dinamici (CAP. 12)

- ✓ Gli array sono contenitori statici : è necessario conoscere la dimensione dell'array a *compile-time* e non è possibile aggiungere o togliere elementi *run-time*
- ✓ gli operatori `new/delete` permettono di allocare/liberare memoria per immagazzinare oggetti *run-time*
- ✓ possiamo utilizzarli per creare array dinamici

```
TypeName * nomePuntatore = new TypeName[arraySize]
```

```
double * pd = new double;  // crea spazio per un double
int * pia = new int[10];   // crea un array con 10 int

            for (int i=0; i<10; i++)
                cin >> pia[i];

delete pd;          // elimina il double
delete [] pia;      // distrugge tutto l'array
```

Il Contenitore `array`

- ✓ Il contenitore generico `array<class T, size_t N>`, definito nel file header `<array>`, permette di creare un numero prefissato di elementi, grazie al parametro `N`
- ✓ completamente compatibile, a livello binario, con gli array standard del C :
  - ✓ fornisce accesso casuale agli elementi con l'operatore `[]`
  - ✓ rispetta il vincolo di contiguità di memoria degli elementi `a[i]`

```
array<double, 12> periodo;    // array di 12 double
```

è equivalente a

```
double periodo[12];
```

- il vantaggio, rispetto agli array del C, è di poter usare funzioni specializzate direttamente implementate come metodi

```
#include <array>
int main() {
  array<int, 4> a1 = {1, 2, 3, 4};
  array<int, 4> a2;
```

```
// Scambiamo gli array
a2.swap(a1);
a1.fill(-1);
```

Array Multidimensionali

Dichiarazione di array multidimensionali:

```
int ia[3][4];  //  array of size 3; each element is an array of  ints of size 4
//  array of size 10; each element is a 20-element array whose elements are arrays of 30
ints
int arr[10][20][30] = {0};  //  initialize all elements to  0
```

Inizializzazione di array multidimensionali:

```
int ia[3][4] = {      //  three elements; each element is an array of size 4
    {0, 1, 2, 3},     //  initializers for the row indexed by  0
    {4, 5, 6, 7},     //  initializers for the row indexed by  1
    {8, 9, 10, 11}    //  initializers for the row indexed by  2
};

//  equivalent initialization without the optional nested braces for each row
int ia[3][4] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11};
```

Array, Stringhe e Vettori

Lezione 8:

Parte 2. Stringhe

La Classe `string`

- Una `string` è una sequenza variabile di caratteri
- È definita nel namespace `std`
- Per creare/manipolare oggetti della classe `string` è necessario scrivere

```
#include <string>
using std::string;
```

- definizione e inizializzazione di una stringa:

```
string s1;
```
← inizializzazione di default: `s1` è una stringa vuota

```
string s2 = s1;
```
← `s2` è una copia di `s1`

```
string s3 = "Cpp";
```
← `s3` è una copia di una stringa letterale

```
string s4(10, 'S');
```
← `s4` è "SSSSSSSSSS"

Inizializzazione di Stringhe

- Il C++ permette svariate forme di inizializzazione
- Inizializzando una variabile con l'operatore =, chiediamo al compilatore una inizializzazione con copia dell'oggetto
- senza l'operatore =, si usa invece la inizializzazione diretta

```
string s1; // Init default:  stringa vuota

string s2(s1); // Init diretta:  s2 copia di s1

string s2 = s1; // Init di copia, equiv.  a s2(s1)

string s1("Prova"); // Inizializzazione diretta

string s1 = "Prova"; // Inizializzazione di copia
```

Lettura e Scrittura di Stringhe

Utilizzo della libreria iostream come per `int`, `double`

```
#include <iostream>
#include <string>

int main()
{
  std::cout << "Inserire una stringa: "

  std::string s;

  std::cin >> s;

  std::cout << "Stringa: \""
            << s << "\""
            << std::endl;
  return 0;
}
```

- compiliamo ed eseguiamo il programma

```
$ g++ string1.cxx
$
$ ./a.out
Inserire una stringa: Ciao
String: "Ciao"
$
```

```
$ ./a.out
Inserire una stringa: Ciao a tutti
String: "Ciao"
$
```

`std::cin` legge caratteri fino a quando non incontra un carattere whitespace

Numero Variabile di Stringhe

Scriviamo un programma per leggere un numero sconoscuto di stringhe

```
#include <iostream>
#include <string>

int main()
{
  std::string word;

  while (std::cin >> word){

    std::cout << "Stringa: \""
              << word << "\""
              << std::endl;
  }

  return 0;
}
```

```
$ g++ -Wall -o string1 string1.cpp

$ ./string1

$ ./string1
Prima riga di input
Stringa: "Prima"
Stringa: "riga"
Stringa: "di"
Stringa: "input"

Seconda
Stringa: "Seconda"

$
```

Il while controlla la validità della stream dopo ogni lettura.
Se ci sono errori (per esempio `End-Of-File`), esce dal ciclo

Lettura di una Riga Intera

- Scriviamo un programma per leggere un numero sconoscuto di righe (riga = caratteri fino a `'\n'`)

```
#include <iostream>
#include <string>

int main()
{
  std::string line;

  // Read input line until EOF
  while (std::getline(std::cin, line))
  {
    std::cout << "Line: \""
              << line << "\""
              << std::endl;
  }

  return 0;
}
```

```
$ g++ -Wall -o string2 string2.cpp

$ ./string2

Prova
Line: "Prova"

Uno Due Tre
Line: "Uno Due Tre"

$
```

`getline()` legge tutti i caratteri fino al carattere `newline`

Sintassi: `getline (cin, nome_della_stringa);`

empty() e size()

La funzione `empty()` ritorna un `bool` che indica se la stringa è vuota

```
std::string line;
while (std::getline(std::cin, line) ) {
if (!line.empty()) {
    std::cout << line << std::endl;
    }
}
```

La funzione `size()` ritorna la lunghezza della stringa: il numero di caratteri in essa contenuti.

```
std::string line;
while (std::getline(std::cin, line) ) {
if (line.size() < 80) {
    std::cout << line << std::endl;
    }
}
```

Concatenazione di Stringhe

L'operatore + permette di concatenare due stringhe (sum)

L'operatore composto += attacca l'operando a destra alla stringa di sinistra (append)

```
string s1 = "hello, "; string s2("World!");
string s3 = s1 + s2;   // ok: hello, World!
s1 += s2;              // ok: hello, World!
```

È possibile concatenare oggetti stringhe con stringhe costanti

```
string s1 = "hello", s2("World");
string s3 = s1 + ", " + s2 + "!";   // ok: hello, World!
```

Mescolando stringhe e costanti ⇒ **uno dei due op. di tipo** `string`

```
string s4 = s1 + "!!!";             // ok: hello!!!
string s5 = "hello " + "Sky";       // err: no string operand
string s6 = s1 + ", " + "Sky";      // ok: (s1 + ",") + "Sky"
string s7 = "hello" + ", " + s2;    // err: can't add string literals
```

range for

- A volte è necessario accedere ai singoli caratteri della stringa
- L'approccio migliore, per accedere ad ogni singolo carattere, è di usare una istruzione `range for`

Sintassi:

```
for (declaration : expression)
    statement;
```

C++11

- Una string rappresenta una sequenza di caratteri, pertanto possiamo usarla come expression nel `range for`

```
std::string line("0123456789abcdef");
for (auto c : line) {
    std::cout << c;
}
```

C++11

`auto` dirà al compilatore di determinare il tipo di `c`, che nel nostro caso sarà `char`

Esempio di Utilizzo

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <cctype>

int main()
{
  std::string s;
  int alpha_cnt = 0;
  int digit_cnt = 0;
  int other_cnt = 0;

  std::getline(std::cin, s);
  for (auto c : s) {

    if (isalpha(c))
      ++alpha_cnt;
    else if (isdigit(c))
      ++digit_cnt;
    else
      ++other_cnt;
  }

  std::cout << "Letters: "
            << alpha_cnt
            << " Numbers: "
            << digit_cnt
            << " Others: "
            << other_cnt
            << std::endl;
  return 0;
}
```

```
$ g++ -W -Wall -std=c++0x str_cnt.cxx

$ ./a.out

Test del programma 12345 &^#%

Letters: 16 Numbers: 5 Others: 8
```

Funzioni `cctype`

`isalnum(c)`	`true` se `c` è lettera o numero
`isalpha(c)`	`true` se `c` è una lettera
`isdigit(c)`	`true` se `c` è una cifra numerica
`iscntrl(c)`	`true` se `c` è un carattere di controllo
`ispunct(c)`	`true` se `c` è un carattere di interpunzione
`islower(c)`	`true` se `c` è una lettera minuscola
`isupper(c)`	`true` se `c` è una lettera maiuscola
`isspace(c)`	`true` se `c` è un `whitespace`: (spazio, tab, vertical tab, return, newline o formfeed)
`tolower(c)`	ritorna il carattere minuscolo corrispondente
`toupper(c)`	ritorna il carattere maiuscolo corrispondente

Accesso ai Singoli Caratteri

A volte è necessario accedere soltanto ad alcuni caratteri della stringa (per esempio trasformare la prima lettera in maiuscola)

L'operatore `[]` prende un `string::size_type` come indice dalla posizione del carattere e ritorna una reference al carattere indicato

NB indici da 0 (primo carattere) a string::size() - 1 (ultimo carattere)

Reference al carattere → R/W permission

```
if (!s.empty()) {
    std::cout << s << std::endl;
    std::cout << s[0] << std::endl;
    s[0] = std::toupper(s[0]);
    std::cout << s << std::endl;
}
```

```
hello World!
h

Hello World!
```

Operazioni sulle Stringhe

`os << s`	Invia `s` sulla stream di output `os`. Ritorna `os`.
`is << s`	Legge stringhe separati da caratteri "whitespace" da `is` e li immagazzina in `s`. Ritorna `is`.
`getline(is, s)`	Legge una linea completa di input da `is` e la immagazzina in `s`. Ritorna `is`.
`s.empty()`	Ritorna `true` se `s` è vuota, `false` altrimenti.
`s.size()`	Ritorna il numero di caratteri contenuti in `s`.
`s[k]`	Ritorna una reference al carattere in posizione `k`.
`s1+ s2`	Ritorna una stringa che è il risultato della concatenazione di `s1` e `s2`.
`s1 = s2`	Rimpiazza `s1` con una copia di `s2`.
`s1 == s2`	Ritorna `true` se le stringhe sono uguali.
`s1 != s2`	Ritorna `true` se le stringhe sono diverse.

Array, Stringhe e Vettori

Lezione 8:

Parte 3. Vettori

La Classe Template `vector`

- ✓ è una raccolta di oggetti tutti dello stesso tipo
- ✓ ogni elemento della collezione ha un indice che ci permette di accedere all'oggetto corrispondente
- ✓ Per creare/manipolare oggetti della classe `vector` è necessario scrivere

```
#include <vector>
using std::vector;
```

- ✓ Il tipo `vector` è una classe template
- un tipo template non è una classe nè una funzione, ma può essere pensato come una istruzione per il compilatore per generare classi o funzioni
- ✓ quando si crea un `vector` bisogna specificare il tipo degli oggetti da immagazzinare

```
vector<int> vi;                 // Vettori di tipo int
vector<string> vs;              // Vettori di stringhe

vector<vector<double>> vvs; // Vettori di vettori
                                // di double
```

Creazione di un `vector`

- ✓ solitamente verrà creato un vettore vuoto del tipo richiesto:

```
vector<string> svec;     // default init: svec is empty
```

- ✓ gli elementi del vettore verranno aggiunti durante l'esecuzione del programma (run-time)
- ✓ è possibile fornire valori iniziali per un vettore
- ✓ quando si copia un vettore in un altro, devono essere dello stesso tipo e avere la stessa dimensione

```
vector<int> ivec;     // default init: ivec is empty
    ...               // inseriamo valori in ivec
vector<int> iv2(ivec);     // copia elementi da ivec a iv2
vector<int> iv3 = ivec;    // copia elementi da ivec a iv3
vector<string> svec(ivec2);   // Error: different types
```

List Initialization di un `vector`

- ✓ è possibile, con il nuovo standard, fornire una lista di inizializzazione per un `vector`

```
vector<string> svec = {"Una", "lista", "di", "stringhe"};
```

- ✓ il vettore risultante avrà 4 elementi: il primo conterrà la stringa `"Una"` e l'ultimo la stringa `"stringhe"`

- ✓ come avevamo visto, il C++ fornisce svariate forme di inizializzazione, ma non tutte possono essere utilizzate in maniera intercambiabile

- ✓ per i vettori non è possibile fornire una lista di inizializzatori usando le parentesi

```
//list initialization error
vector<string> v1("una", "lista", "di", "stringhe");
```

Inizializzazione di `vector`

- ✓ è possibile creare un vettore con un numero definito di elementi e specificare il loro valore iniziale

```
vector<int> vi(10, -1);   // ten int elements, each
                          // initialized to -1
```

- ✓ il valore iniziale può essere omesso, fornendo soltanto la dimensione del `vector`

- ✓ unica restrizione importante: il vettore conterrà degli oggetti che devono possedere una inizializzazione di default

```
vector<int> vi(10);       // ten int elements, init to 0

vector<string> vs(50);    // fifty string elements
                          // init to empty string
```

Riassumendo

✓ I modi per inizializzare un `vector` sono i seguenti:

```
vector<T> v1;              // Vettori di tipo T
                           // default-constructor, v1 e' vuoto

vector<T> v2(v1);          // copia in v2 tutti gli elementi di v1
                           // copy-constructor

vector<T> v2 = v1;         // equivalente a v2(v1)
                           // copia tutti gli elementi di v1 in v2

vector<T> v3(n, val);      // v3 ha n elementi con valore val

vector<T> v4(n);           // v4 ha n elementi init di default

vector<T> v5{a,b,c,...};   // v5 ha tanti elementi quandi sono
                           // gli inizializzatori

vector<T> v6 = {a,b,c,...};  // Inizializzazione equivalente
                             // a quella di v5
```

Il Metodo `push_back()`

- ✓ generalmente, quando viene creato un `vector`, non si conosce quanti elementi si andranno ad inserire
- ✓ si crea pertanto un vettore vuoto e si aggiungono elementi run-time, utilizzando il metodo `push_back()` della classe templata `vector`

```
vector<int> v;  // empty vector
for (int i=0; i<100; i++) {
  v.push_back(i);
}
```

- ✓ alla fine del ciclo il vettore conterrà 100 elementi : gli interi da 0 a 99
- ✓ Altro esempio: lettura di input con salvataggio del testo in un vettore di stringhe

```
string word;
vector<string> vs;  // empty vector of strings
while (cin >> word) {
  vs.push_back(word);
}
```

range for

- ✓ oltre all'operazione `push_back()`, i `vector` fornisco altre operazioni, che sono molto simili a quelle sulle stringhe
- ✓ è possibile accedere ai singoli elementi del `vector`, come accediamo ai caratteri delle stringhe

```
vector<int> v{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};
for (auto &i : v) {
  i *= i;  // prendiamo il quadrato
}
```

- ✓ nel primo ciclo for, la variabile `i` è una referenza : possiamo modificare il valore immagazzinato nel vettore

```
for (auto i : v) {
  cout << i << " ";
}
```

- ✓ nel secondo ciclo for, la variabile `i` è un intero : accediamo in lettura ai valori del vettore e li stampiamo

Accesso con gli Indici

- ✓ vogliamo creare un istogramma delle frequenze dei risultati dei compiti di esame si Sperimentazioni 1
- ✓ dati i voti compresi tra 1 e 30 si vogliono creare 10 classi all'interno delle quali contare i risultati

```
#include <iostream>
#include <vector>

int main(){
  vector<unsigned> histo(10, 0);
  unsigned voto;
  while (cin >> voto) {
      if (voto <=30)
          ++histo[(voto-1)/3];
  }
   // stampo i risultati
   for (auto v : histo)
       cout << v << " ";
   cout << endl;
}
```

```
$  g++ -o vec_01 vec_01.cxx
$
$ ./vec_01
29 27 24 25 26 29 30 24 22 23 18
29 28 26 26 26 30

0 0 0 0 0 1 0 4 6 6
$
```

Operazioni sui `vector`

`v.empty()`	ritorna `true` se `v` è vuoto, `false` altrimenti
`v.size()`	ritorna il numero di elementi nel vettore
`v.push_back(t)`	aggiunge l'elemento `t` alla fine del vettore
`v[k]`	ritorna una reference al vettore in posizione `k`.
`v1 = v2`	rimpiazza gli elementi di `v1` con una copia di quelli di `v2`.
`v1 = {a,b,c,...}`	rimpiazza `v1` con una copia degli elementi della lista
`v1 == v2`	ritorna `true` se hanno lo stesso numero di elementi ed ogni elemento di v2 è in v1

Iteratori

- ✓ Per navigare all'interno di un vector (e in generale di un container in C++), è possibile usare degli oggetti chiamati iteratori
- ✓ Al contario dei puntatori, non utilizziamo l'operatore `address-of, (&)` per ottenere l'indirizzo dell'elemento del vettore
- ✓ Esistono due funzioni membro della classe :

  `begin()` : si riferisce al primo elemento del contenitore

  `end()` : si riferisce all'elemento successivo all'ultimo

- Se il contenitore è vuoto : gli iteratori ritornati da `begin()` e `end()` sono uguali : sono entrambi l'elemento sucessivo alla fine del contenitore
- Come per i puntatori, tramite l'operatore di de-referenziazione possiamo accedere all'elemento indicato dall'iteratore

```
string s("esempio di stringa");
if (s.begin() != s.end()) { // string not empty
    auto it = s.begin();
    *it = toupper(*it);
    std::cout << s << std::endl;
}
```

```
esempio di stringa

Esempio di stringa
```

Operazioni sugli Iteratori

`*it`	ritorna una referenza all'elemento indicato dall'iteratore `it`
`it->mem`	dereferenza `it` e ritorna il membro `mem` dell'elemento indicato. Equivalente a (*it).mem
`++it`	incrementa di uno l'iteratore per riferirsi all'elemento successivo
`--it`	decrementa di uno l'iteratore per riferrsci all'elemento precedente
`it1 == it2`	ritorna `true` se puntano allo stesso elemento
`it1 != it2`	rtorna `true` se si riferiscono ad elementi diversi

Aritmetica degli Iteratori

`*iter`	ritorna una referenza all'elemento indicato dall'iteratore
`iter + n`	scorre il contenitore di `n` posizoni in avanti
`iter - n`	scorre il contenitore di `n` posizioni all'indietro
`iter += n`	assegnazione composta per la somma di iteratori
`iter -= n`	assegnazione composta per la differenza di iteratori
`iter1 - iter2`	la sottrazione di due iteratori fornisce un numero che sommato all'iteratore di destra fornisce l'iteratore di sinistra
`>, >=, <, <=`	operatori relazionali su iteratori