

Corso “Programmazione 1”

Capitolo 09: Le Strutture

Docente: Marco Roveri - marco.roveri@unitn.it

Esercitatori: Giovanna Varni - giovanna.varni@unitn.it

Andrea E. Naimoli - andrea.naimoli@unitn.it

Giacomo Colle - giacomo.colle@unitn.it

C.D.L.: Informatica (INF)

A.A.: 2025-2026

Luogo: DISI, Università di Trento

URL: <https://shorturl.at/cxAAS>



Ultimo aggiornamento: 6 novembre 2025

Terms of Use and Copyright

USE

This material (including video recording) is intended solely for students of the University of Trento registered to the relevant course for the Academic Year 2025-2026.

SELF-STORAGE

Self-storage is permitted only for the students involved in the relevant courses of the University of Trento and only as long as they are registered students. Upon the completion of the studies or their abandonment, the material has to be deleted from all storage systems of the student.

COPYRIGHT

The copyright of all the material is held by the authors. Copying, editing, translation, storage, processing or forwarding of content in databases or other electronic media and systems without written consent of the copyright holders is forbidden. The selling of (parts) of this material is forbidden. Presentation of the material to students not involved in the course is forbidden. The unauthorised reproduction or distribution of individual content or the entire material is not permitted and is punishable by law.

The material (text, figures) in these slides is authored mostly by Roberto Sebastiani, with contributions by Marco Roveri, Alessandro Armando, Enrico Giunchiglia e Sabrina Recla.

Outline

1 Le Strutture

2 Operazioni su Strutture

3 Strutture Ricorsive

4 Array ordinati di Strutture

Le Strutture

- Una struttura è una **collezione ordinata di elementi non omogenei**
 - Gli elementi sono detti **membri** o **campi**
 - Ciascun campo ha uno specifico **tipo**, **nome** e **valore**
- Permette di definire **nuovi tipi** di **oggetti aggregati**
 - La struttura può essere utilizzata come un oggetto unico
 - I campi possono essere utilizzati singolarmente
- Ciascun campo può essere a sua volta un tipo struttura

Definizione di un tipo **struct**

- Viene definito un nuovo **tipo** aggregato

- Sintassi:

```
struct new_struct_id {  
    tipo1 campo1;  
    ...  
    tipoN campoN;  
};  
new_struct_id var_id;
```

- Esempio:

```
struct complex { // definizione del tipo "complex"  
    double re; // campo "reale"  
    double im; // campo "immaginario"  
};
```

```
complex c,c1; // definizione di variabili di tipo "complex"
```

Alcuni esempi di strutture annidate

```
struct data {  
    int giorno, mese, anno;  
};  
  
struct persona { // struttura annidata  
    char nome[25], cognome[25];  
    char comune_nascita[25];  
    data data_nascita;  
    enum { F, M } sesso;  
};  
  
struct studente { // struttura ulteriormente annidata  
    persona generalita;  
    char matricola[10];  
    int anno_iscrizione;  
};
```

Inizializzazione di variabili di tipo **struct**

- Una variabile di tipo **struct** viene inizializzata con liste ordinate dei valori dei campi rispettivi
 - Devono combaciare per ordine e tipo
 - Eventuali valori mancanti vengono iniziati allo zero del tipo

```
struct data {  
    int giorno, mese, anno;  
};  
struct persona {  
    char nome[25], cognome[25];  
    char comune_nascita[25];  
    data data_nascita;  
    enum { F, M } sesso;  
};  
persona x = {"Paolo", "Rossi", "Trento",  
             {21,10,1980}, M };
```

Accesso ai campi di una **struct**

- Se `s` è una **struct** e `field` è un identificatore di un suo campo, allora `s.field` denota il campo della **struct**
 - `s.field` è un'espressione dotata di indirizzo!
⇒ può essere letta con `>>`, assegnata, passata per riferimento, ecc.
- Se `ps` è un **puntatore** ad una struttura avente `field` come campo, allora è possibile scrivere `ps->field` al posto di `(*ps).field`
 - zucchero sintattico
 - uso molto frequente

Esempio

```
struct complex { double re, im; };
complex c; complex *pc = &c;
c.re = 2.5; pc->im = 3;
cin >> c.re >> c.im;
swap(c.re,c.im);
```

Esempi

- Operazioni di base sui membri di **struct** :
 { STRUCT/struct.cc }
- ... con inizializzazione:
 { STRUCT/struct1.cc }

Assegnazione di Strutture

- A differenza degli array, l'assegnazione tra **struct** è definita
- L'assegnazione di **struct** avviene **per valore**
 - Vengono copiati tutti i valori dei membri
 - Se un campo è un array statico, viene copiato per intero!

⇒ La copia di **struct** può essere computazionalmente onerosa!

```
persona x, y = {"Paolo", "Rossi", "Trento",
                 {21,10,1980}, M};
```

```
x=y; // vengono copiate tutte le stringhe!
```

Passaggio di Strutture a Funzioni

- A differenza degli array, le strutture:
 - Possono essere passate per valore ad una funzione
 - Possono essere restituire da una funzione tramite **return**
- Entrambe le operazioni comportano una **copia** dei valori dei membri (array compresi!)
- \Rightarrow **Entrambe le operazioni possono essere computazionalmente onerose!**
- \Rightarrow Quando possibile, è preferibile utilizzare passaggio per riferimento (con **const**)

```
void stampa_persona (persona p) {...}
void stampa_personal (const persona & p) {...}

persona x, y = {"Paolo", "Rossi", "Trento",
                {21,10,1980}, M };
stampa_persona(y); // viene fatta una copia
stampa_personal(y); // non viene fatta alcuna copia
```

Esempi

- Assegnazione e passaggio di **struct** :
 { STRUCT/struct3.cc }

Assegnazione di array statici tramite **struct**

Per gestire gli **array statici** in modo che possano essere copiati, si può “incapsulare” un tipo array come membro di una **struct**

```
struct int_array { int ia[3]; };
int_array sa, sb;
sa.ia[0]=1;
sa.ia[1]=2;
sa.ia[2]=3;
sb = sa; // l'array viene copiato!
```

- Esempio di cui sopra, esteso:
 { STRUCT/struct_array.cc }
- ... con inizializzazione:
 { STRUCT/struct_array1.cc }

Assegnazione di array dinamici tramite **struct**

Nel caso di **array dinamici**, viene copiato solo il puntatore

```
struct int_array {    int * ia; };
sa.ia = new int[3];
sb = sa; // viene copiato il puntatore,
          // sa.ia e sb.ia sono lo stesso array!
```

- Esempio di cui sopra, esteso:
 { STRUCT/struct_arraypunt.cc }

Strutture ricorsive

- La seguente definizione non è lecita:

```
struct S {  
    int value;  
    S next; //definizione circolare!  
};
```

- La seguente definizione è lecita:

```
struct S {  
    int value;  
    S *next;  
};
```

- Ogni puntatore occupa lo stesso spazio di memoria indipendentemente dal suo tipo.
- Molto importante per strutture dati dinamiche!

Strutture mutualmente ricorsive

- La seguente definizione non è lecita:

```
struct S1
{ int value;
  S2 *next;  }; // S2 ancora indefinito
struct S2
{ int value;
  S1 *next; };
```

- La seguente definizione è lecita:

```
struct S2; // dichiarazione di S2
struct S1
{ int value;
  S2 *next; }; // Ok!
struct S2 // definizione di S2
{ int value;
  S1 *next; };
```

Esempi

- **struct** ricorsiva, non corretta:
 { STRUCT/rec_struct_err.cc }
- **struct** ricorsiva, corretta:
 { STRUCT/rec_struct.cc }
- **struct** mutualmente ricorsive, non corrette:
 { STRUCT/mutrec_struct_err.cc }
- **struct** mutualmente ricorsive, corrette:
 { STRUCT/mutrec_struct.cc }

Uso di Array Ordinati di Strutture

- È frequente il dover gestire **archivi ordinati** di oggetti complessi (ES: persone, articoli, libri, ecc.)
 - Elemento base dei **sistemi informativi** (ES: archivi, inventari, rubriche, anagrafi, ecc.)
 - Ordinamento usa qualche campo specifico (**chiave**)
- Tipicamente utilizzate strutture di dati dinamiche ad hoc (ES: alberi di ricerca binaria)
- Esempio di archivio semplificato: **array ordinato di persone**

Esempio 1: Array Ordinato di Persone

- Array ordinato di strutture “persona”:
`persona persone [NmaxPers];`
- Ordinamento e ricerca usano `strcmp` sul campo cognome:
`if (strcmp(p[i].cognome, cognome) < 0) ...`
- Array ordinato di `struct`, bubblesort, ricerca binaria:
`{ STRUCT/persone.cc }`
- Problema: ogni swap effettua 3 copie tra `struct`!
 \Rightarrow molto inefficiente!

Esempio 2: Array Ordinato di Puntatori a Persone

- Array ordinato di **puntatori** a strutture “persona”:
`persona * persone [NmaxPers];`
- Ordinamento e ricerca usano **strcmp** sul campo cognome:
`if (strcmp(p[i]->cognome, cognome) < 0) ...`
- Array ordinato di puntatori a **struct**, bubblesort, ricerca binaria:
`{ STRUCT/persone2.cc }`
- Importante: **ogni swap effettua 3 copie tra puntatori**
 \Rightarrow efficiente!

Es. 3: Doppio Array Ordinato di Puntatori a Persone

- Richiesta: poter effettuare ricerca sia per nome che per cognome.
- Idea: 2 array di puntatori a strutture “persona”, ordinati rispettivamente per nome e cognome

```
persona * nomi [NmaxPers];  
persona * cognomi [NmaxPers];
```

- Ordinamento e ricerca usano `strcmp` sul campo cognome e nome rispettivamente:
`if (strcmp(p[i]->cognome, cognome) < 0) ...`
`if (strcmp(p[i]->nome, nome) < 0) ...`
- Array ordinato di puntatori a `struct`, bubblesort, ricerca binaria:
`{ STRUCT/persone3.cc }`
- Importante: Le `struct` sono condivise tra i due array, ogni swap effettua 3 copie tra puntatori
⇒ efficiente!

Esercizi proposti

Esercizi proposti:
{ STRUCT/ESERCIZI_PROPOSTI.txt }