

Capitolo 15

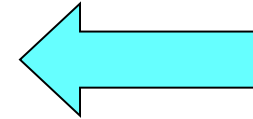
Stringhe
Struct
Matrici statiche



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
 - Operazioni
 - Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni



Stringa di caratteri

- Una *stringa* (di caratteri) è una sequenza di caratteri
- Utilizzando le stringhe si possono iniziare finalmente a scrivere programmi dall'input/output più ricco
- Ad esempio, uno dei compiti per casa sulle stringhe sarà un programma che chiede all'utente di inserire una parola da *stdin*, e ristampa sul terminale tale parola, trasformando in una lettera maiuscola il primo carattere nel caso sia una lettera minuscola, ed utilizzando i font di default del tool *figlet* (o di tool equivalenti)

Parola da stampare: paolo



paolo

Letterale stringa

- In C/C++ si possono scrivere letterali stringa, ossia costanti senza nome di tipo stringa
- Un letterale stringa è una sequenza di caratteri delimitata da doppi apici
- Esempio: la costante letterale per la stringa *sono una stringa* è **"sono una stringa"**
- All'oggetto *cout* abbiamo spesso passato dei letterali di tipo stringa mediante l'operatore di uscita <<

Letterali stringa notevoli

"Hello\n"

Stringa contenente il carattere speciale *newline*, di fatto si tratta quindi di una riga

"b"

stringa contenente un solo carattere, per il momento la consideriamo equivalente a 'b'

""

stringa nulla

Implement. stringhe in C/C++

- Nel linguaggio C/C++ non esiste propriamente il tipo stringa
- E' implementato concretamente mediante
 - Un array di caratteri terminati da un carattere **terminatore**
 - Il terminatore è il carattere speciale ' \0 '
 - Numericamente, il suo valore è 0
- Come per i vettori, nella libreria standard del C++ è disponibile anche un tipo astratto stringa (*string*) con interfaccia di più alto livello di un array di caratteri
 - In questo corso non vedremo tale tipo astratto

Sintassi definizione

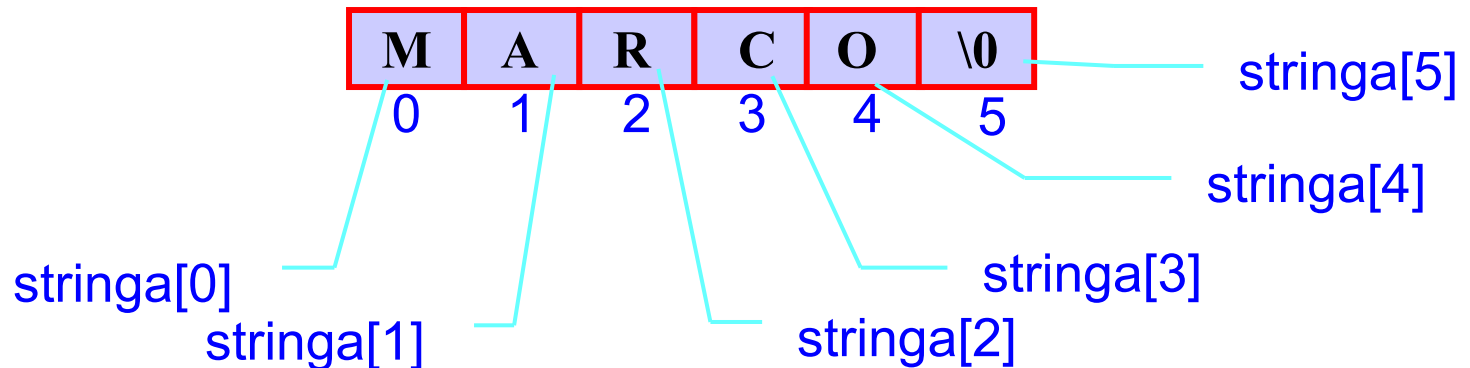
- SINTASSI della definizione di un oggetto di tipo stringa:

```
[const] char <identificatore> [ <espr-costante> ] ;
```

- Esempio:

```
char stringa[6] ;
```

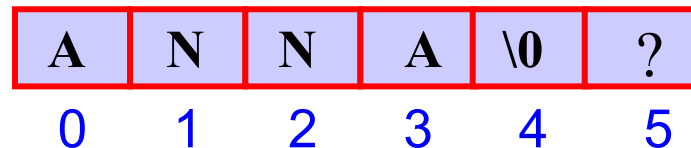
- alloca spazio per 6 oggetti di tipo **char**
- uno va utilizzato per il fine stringa '**\0**'
- quindi la stringa ha al più 5 caratteri



- L'istruzione
`char stringa[N] ;`
 - Alloca spazio per una stringa di al più $N-1$ caratteri
 - E' possibile memorizzare in un array di N caratteri anche una stringa di dimensione inferiore ad $N-1$

Esempio:

```
char nome[6] ;
```



- in questo caso le celle oltre il carattere '\0' sono **concettualmente vuote**
 - ovviamente contengono pur sempre un valore, che però non viene preso in considerazione

- Una stringa è implementata mediante un *array* di caratteri
- Al contrario, un *array* di caratteri non è necessariamente l'implementazione di una stringa
- Affinché un *array* di caratteri implementi una stringa, è **necessario** che contenga il terminatore '\0'

Inizializzazione

- Vi sono tre modi per inizializzare una stringa in una definizione:

```
char nome[6] = { 'M', 'A', 'R', 'C', 'O', '\0' } ;  
/* come un normale array */
```

```
char nome[6] = "MARCO" ;  
/* sintassi utilizzabile solo per le stringhe; il  
carattere di fine stringa viene inserito  
automaticamente dal compilatore */
```

```
char nome[] = "MARCO" ;  
/* in questo caso la stringa viene dimensionata  
automaticamente a 6 ed il carattere di fine  
stringa viene inserito dal compilatore */
```

Assegnamento

- Se non si tratta di una inizializzazione, l'unico modo per assegnare un valore ad una stringa è carattere per carattere (come un normale array), con esplicito inserimento del carattere di fine stringa:

```
char nome [6];  
nome [0] = 'M';  
nome [1] = 'A';  
nome [2] = 'R';  
nome [3] = 'C';  
nome [4] = 'O';  
nome [5] = '\0';
```

Input/output di stringhe

- Se un oggetto di tipo stringa (ossia array di caratteri)
 - viene passato al *cout/cerr* mediante l'operatore <<
 - vengono stampati tutti i caratteri dell'array, finché non si incontra il terminatore
 - viene utilizzato per memorizzarvi ciò che si legge da *cin* mediante l'operatore >>
 - vi finisce dentro la prossima **parola**, ossia sequenza di caratteri non separati da spazi bianchi (spazio, tab, newline)
Esempio: se sullo *stdin* vi è “*ciao mondo*”, nella stringa finisce solo “*ciao*” (e sullo *stdin* rimane “ *mondo*”)
 - Viene inserito in fondo il terminatore automaticamente
- Esercizio: definire un oggetto di tipo stringa, inizializzarlo, stamparlo, riversarvi dentro il contenuto dello *stdin*, ristamparlo

Soluzione

```
main()  
{  
    const int MAX_LUN = 20 ;  
    char stringa[MAX_LUN] = "prova";  
    cout<<stringa<<endl ;  
    cin>>stringa ;  
    cout<<stringa<<endl ;  
}
```

Domanda

- Che succede se l'utente immette una parola più lunga delle dimensioni massime dell'array di caratteri (meno uno) che avete definito nel programma per contenere la stringa?

- I caratteri eccedenti vengono memorizzati dopo la fine dell'array
- Errore di gestione della memoria

Domanda

- Utilizzando il manipolatore *noskipws* si riesce a leggere più di una parola alla volta con l'operatore di ingresso?

- Purtroppo no ...
- Per leggere righe intere, servono soluzioni più sofisticate
 - Ne vediamo una nella lezione sull'I/O non formattato

- Definire un array di caratteri ed inizializzarlo successivamente come una stringa
 - ESEMPIO DI SEQUENZA DI ISTRUZIONI ERRATA:
`char nome[6];`
`nome = "MARCO" ;` **NO**
- Copiare una stringa in un'altra con l'operazione di assegnamento
 - ESEMPIO DI SEQUENZA DI ISTRUZIONI ERRATA:
`char nome[15], cognome[15] ;`
`nome = cognome;` **NO**
- In conclusione, come abbiamo già visto parlando degli array, gli elementi vanno copiati uno alla volta

Domanda

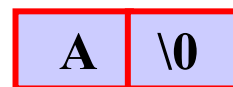
- C'è differenza tra 'A' ed "A" ?
- Occupano lo stesso spazio in memoria?

Caratteri e stringhe

- `'A'` carattere A, rappresentabile in un oggetto di tipo `char`, ad esempio
`char c = 'A' ;`
- `"A"` stringa A, rappresentabile in un array di due caratteri, ad esempio
`char s[2] = "A" ;`
- Tale differenza ha un impatto anche sulla rappresentazione in memoria:



A



A \0

Stringa ed elementi

- I singoli caratteri di una stringa possono anche essere visti come oggetti indipendenti
"MARCO" → 'M' 'A' 'R' 'C' 'O' '\0'
- Se pensati come stringa sono però parte di un tutt'uno

Stringhe statiche e dinamiche

- Nell'accezione comune, una stringa è una sequenza di caratteri la cui lunghezza può variare
 - Per supportare stringhe dinamiche di qualsiasi lunghezza bisognerebbe utilizzare l'allocazione dinamica della memoria
 - Tale argomento sarà trattato nella lezione sulla memoria dinamica
- Per ora prendiamo in considerazione solo il caso di
 - stringhe statiche (dimensione fissa)
 - stringhe dinamiche con dimensione massima definita a tempo di scrittura del programma

Domanda

- Cosa stampa il seguente programma?

```
main()
{
    char a[] = {'c', 'i', 'a', 'o' } ;

    for (int i = 0; ; i++)
        cout<<a[i] ;
}
```

Esercizio

- Scrivere un programma che legga una parola da *stdin* e ne stampi la lunghezza
 - Senza utilizzare funzioni di libreria per le stringhe
- Ripetere l'esercizio utilizzando invece una stringa contenente più parole, ed inizializzata a piacere a tempo di scrittura del programma

- Scandire tutto l'array che rappresenta la stringa fino al carattere di terminazione '`\0`', contando i passi che si effettuano

Algoritmo e struttura dati

- Algoritmo
 - Inizializzare una variabile contatore a 0
 - Ripetere un ciclo fino al carattere '`\0`' ed incrementare la variabile contatore ad ogni passo
 - Stampare il valore finale della variabile contatore
- Struttura dati
 - Una variabile per memorizzare la stringa
 - Una variabile ausiliaria come indice del ciclo e forse un'ulteriore variabile come contatore del numero di caratteri ...

Programma

```
main()
{
    int conta = 0;
    char dante[]="Nel mezzo del cammin di nostra vita";

    for (int i=0; dante[i] != '\0'; i++)
        conta++; // poteva bastare la sola variabile i

    cout<<"Lunghezza stringa = "<<conta<<endl ;
}
```

Domanda

```
main()
{
    int conta=0;
    char dante[] = "Ho preso 0 spaccato";

    for (int i=0; dante[i] != '\0'; i++)
        conta++;

    cout<<"Lunghezza stringa = "<<conta<<endl ;
}
```

E' corretto?

- Sì, perché il codice del carattere `'\0'` è diverso dal codice del carattere `'0'`

Esercizio

- Scrivere un programma che legga una parola da *stdin* e ne assegni il contenuto ad un'altra stringa
 - la stringa di destinazione deve essere memorizzata in un *array* di dimensioni sufficienti a contenere la stringa sorgente
 - il precedente contenuto della stringa di destinazione viene perso (sovrascrittura)
- Ripetere l'esercizio utilizzando invece una stringa contenente più parole, ed inizializzata a piacere a tempo di scrittura del programma

Algoritmo e struttura dati

- Algoritmo
 - Scandire tutta la prima stringa fino al carattere di terminazione '\0'
 - Copiare carattere per carattere nella seconda stringa
 - **Aggiungere il carattere di fine stringa!**
- Struttura dati
 - Due variabili stringa ed almeno un indice per scorrere gli array

Programma

```
main()
{
    int i; // volutamente non definito nell'intestazione del for
    char origine [] = "Nel mezzo del cammin di nostra vita";
    char copia [40] ;

    for (i=0; origine[i] != '\0' ; i++)
        copia[i] = origine[i]; /* si esce prima della copia del
                                carattere di fine stringa che,
                                quindi, va aggiunto
                                esplicitamente */

    copia[i] = '\0' ; // FONDAMENTALE !!!
    // da qui in poi si può utilizzare copia come una stringa
    ...
}
```


Stampa di una stringa

- Una stringa si può ovviamente stampare anche carattere per carattere

Esempio:

```
int i=0;
char str[]=
    "Nel mezzo del cammin di nostra vita";
...
while (str[i] != '\0') {
    cout<<str[i];
    i++;
}
```

Passaggio alle funzioni

- Per le stringhe valgono la stessa sintassi e semantica del passaggio alle funzioni degli *array*
 - Sono quindi passate sempre per riferimento
 - E' opportuno utilizzare il qualificatore `const` per un parametro formale di tipo stringa che non viene modificato dalla funzione

Domanda

- Quando si passa una stringa ad una funzione, è necessario passare anche la lunghezza della stringa?

- No, perché il terminatore determina la fine della stringa

Funzioni di libreria

- Così come per le funzioni matematiche e quelle sui caratteri, il linguaggio C/C++ ha una ricca libreria di funzioni per la gestione delle stringhe, presentata in `<cstring>` (`string.h` in C)
- `strcpy(stringa1, stringa2)`
copia il contenuto di `stringa2` in `stringa1` (sovrascrive)
- `strncpy(stringa1, stringa2, n)`
copia i primi `n` caratteri di `stringa2` in `stringa1`
- `strcat(stringa1, stringa2)`
concatena il contenuto di `stringa2` a `stringa1`
- `strcmp(stringa1, stringa2)`
confronta `stringa2` con `stringa1`: 0 (uguali), >0 (`stringa1` è maggiore di `stringa2`), <0 (viceversa)

Esercizio

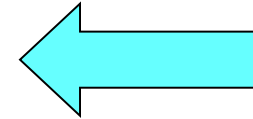
- Svolgere la nona esercitazione fino ai tipi strutturati esclusi
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/1SBhGWw2bydXRl6m1f-hc6BHwybzLrJm1/view?usp=sharing>

Esercizi senza soluzione

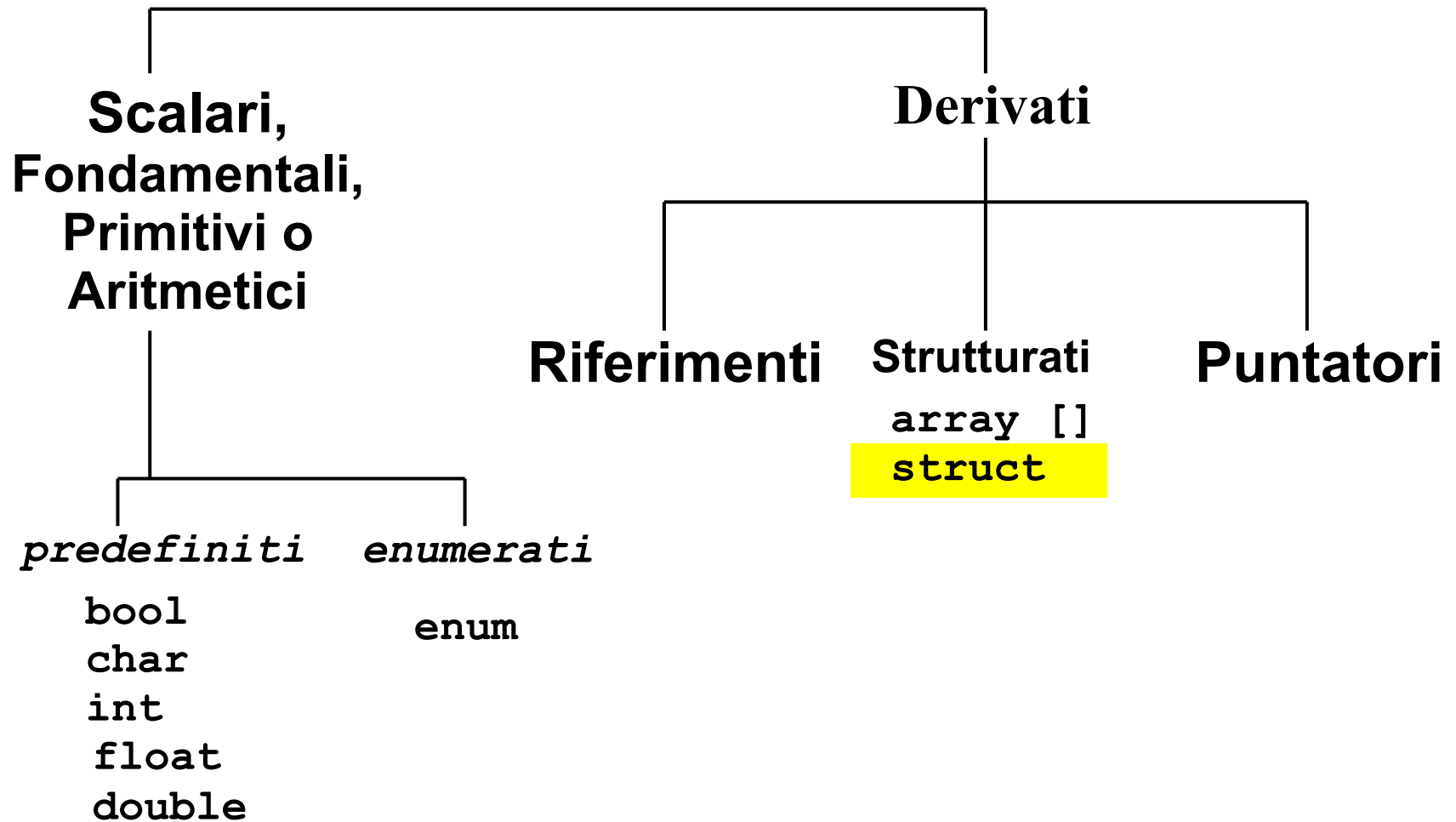
- Controllare se una stringa è più lunga di un'altra
- Copiare soltanto i primi 10 caratteri di una stringa in un'altra stringa, inizialmente vuota. [Attenzione: esistono?]
- Copiare soltanto le vocali di una stringa in un'altra stringa, inizialmente vuota.
- Copiare soltanto le lettere minuscole di una stringa in un'altra stringa, inizialmente vuota.
- Concatenazione (append) di due stringhe: Aggiungere una stringa in fondo ad un'altra stringa, lasciando uno spazio tra le due stringhe [Att.!: la seconda stringa può essere vuota o no]
- Verificare se due stringhe sono uguali o diverse
- Data una frase, contare il numero dei caratteri maiuscoli, minuscoli, numerici e dei caratteri non alfanumerici

Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
- Operazioni
- Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni



Tipo di dato struttura



Problema 1/2

- Dobbiamo scrivere un programma che lavori su delle 'persone'
- In particolare, per ogni persona, nel programma si devono manipolare i seguenti dati:
 - Nome (stringa di al più 15 caratteri)
 - Cognome (stringa di al più 20 caratteri)
 - Luogo di nascita (stringa di al più 20 caratteri)
 - Età (int)
 - Altezza espressa in metri (double)
 - Codice fiscale (stringa di 16 caratteri)

Problema 2/2

- Come facciamo a memorizzare i dati di più persone?
- Cominciamo da un esempio ancora più semplice
- Supponiamo che per esempio il programma avesse lavorato **solo** sull'altezza di varie persone
 - Quale tipo di dato avremmo potuto utilizzare per rappresentare tale informazione per tutte le persone?

- Un *array* di *double*
 - Col quale implementare magari un vettore dinamico con le tecniche che conosciamo
- Purtroppo però, nel problema completo, ogni persona è caratterizzata da più di un attributo!
- Come potremmo generalizzare la precedente soluzione continuando ad utilizzare solo i tipi di dato che conosciamo?

- Utilizzando un array per ogni attributo, quindi
 - Un *array* di nomi
 - Un *array* di cognomi
 - Un *array* di luoghi di nascita
 - Un *array* di età
 - Un *array* di altezze
 - Un *array* di codici fiscali
- E' però una soluzione pesante e poco leggibile: abbiamo 6 diversi array, mentre quello che vorremmo fare concettualmente è semplicemente rappresentare un solo *array* di **persone**

Soluzione migliore

- Per realizzare una soluzione in cui la struttura dati rappresenti in modo molto più chiaro e semplice i dati del problema, abbiamo bisogno di poter definire direttamente un *tipo di dato persona*
 - Del quale possiamo dire che contiene un nome, un cognome, un luogo di nascita e così via ...
- Tutto questo si può fare in C/C++ mediante il costrutto **struct**, come mostrato nel seguente esempio

Esempio dichiarazione struct

- Dichiarazione del nuovo tipo di dato persona

```
struct persona {  
    char nome[16];  
    char cognome[21];  
    char luogo_nascita[21];  
    int eta;  
    double altezza;  
    char codice_fiscale[17];  
};
```

- Una volta dichiarato il nuovo tipo di dato **persona**, è possibile definire variabili di tale tipo
- Ad esempio si può scrivere la seguente definizione (solo in C++, in C va ripetuto **struct**, come vedremo in seguito):

```
persona Mario;
```

- Che cos'è la variabile **Mario**?
 - Una variabile strutturata composta da tre stringhe, un **int**, un **double** ed un'altra stringa

Oggetti di tipo struttura

- Oggetto di tipo struttura
 - ennupla ordinata di elementi, detti **membri** o **campi**, ciascuno dei quali ha un suo nome ed un suo tipo
Esempio: il campo *altezza* nel tipo **persona**
- In altri linguaggi il tipo struttura è spesso chiamato **record**
- Un oggetto di tipo struttura differisce da un array per due aspetti:
 - Gli elementi non sono vincolati ad essere tutti dello stesso tipo
 - Ciascun elemento ha un nome

Definizione tipi di dato nuovi

- Mediante il costrutto **struct**, si possono di fatto dichiarare nuovi tipi di dato
 - Ad esempio, il precedente tipo **persona** è un vero e proprio nuovo tipo di dato, che si può utilizzare a sua volta per definire nuovi oggetti di quel tipo
- Per brevità chiameremo semplicemente *tipi struttura* i tipi di dato dichiarati attraverso il costrutto **struct**

- Dichiarazione di un tipo struttura:

```
struct <nome_tipo> { <lista_dichiarazioni_campi> } ;
```

Nome del nuovo tipo

NOTA: come per gli enum
si usa il ; dopo una }
Motivo: come vedremo
ci potrebbe essere una
definizione di variabile/i

- Definizione di oggetti di un tipo strutturato
<nome_tipo>:

```
[const] <nome_tipo>  
    <identificatore1>, <identificatore2>, ... ;
```

Esempio

Nome del nuovo tipo

```
struct frutto {  
    char nome[20];  
    float peso, diametro;  
};
```

Campi

Dichiarazione di due campi

```
frutto f1, f2;
```

Definizione variabili di tipo *frutto*

Definizione contestuale

- Si possono definire degli oggetti di un dato tipo strutturato anche all'atto della dichiarazione del tipo stesso, con la seguente sintassi

```
[const] struct [<nome_tipo>]
    { <lista_dichiarazioni_campi> }
    <identific_1>, <identific_2>, ... ;
```

- Esempio:

Nome del nuovo tipo (opzionale)

```
struct frutto {
    char nome[20];
    float peso, diametro;
} f1, f2;
```

Campi

Variabili

Selezione campi

- Per selezionare i campi di un oggetto strutturato si utilizza la notazione a punto
<nome_oggetto>◦<nome_campo>

- Ad esempio, dato

```
struct frutto {  
    char nome[20];  
    float peso, diametro; } f;
```

si può accedere ai campi di `f` mediante

`f.nome` `f.peso` `f.diametro`

- che risultano essere normali variabili, rispettivamente di tipo stringa e di tipo float

- Esempi:

```
f.peso = 0.34; cout<<f.nome<<endl ;
```

Esempio

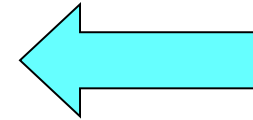
```
struct coordinate { int x, y; };

main()
{
    coordinate p1, p2, punto3;
    p1.x=10;  p1.y=20;  p2.x=30;  p2.y=70;
    punto3.x = p1.x + p2.x;
    punto3.y = p1.y + p2.y;
    cout<<"Coordinate risultanti:"
         <<" Ascissa="<<punto3.x<<
         <<" e Ordinata="<<punto3.y<<endl ;
}
```

- Dalla nona esercitazione:
 - *struttura.cc*
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/1qoUIhWr1KZVFpJH-L8vlu39ZXLswisey/view?usp=sharing>

Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
 - Operazioni
 - Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni



Inizializzazione

- Un oggetto struttura può essere inizializzato
 - elencando i valori iniziali dei campi fra parentesi graffe
 - Esempio:

```
struct coord { int x, y; } ;  
coord p1 = {3, 2} ;
```
 - Copiando il contenuto di un altro oggetto dello stesso tipo
 - Esempio:

```
coord p2 = p1 ;
```
 - Equivale ad una inizializzazione campo per campo
 - Ossia: $p2.x = p1.x$; $p2.y = p1.y$;

Assegnamento

- L'assegnamento tra oggetti di tipo struttura equivale ad una copia campo per campo
 - Esempio:
`coord p1 = {3, 2} ;`
`coord p2 ;`
`p2 = p1 ;`
- I due oggetti devono essere dello stesso tipo struttura
- **NON E' CONSENTITO**, invece, fare assegnamenti di oggetti struttura **con nomi di tipi diversi**, anche se i due tipi contenessero gli stessi campi

Esempi di assegnamenti

```
struct coordinata { int x; int y;}  p1, p2;
```

```
struct coor { int x; int y;}  t1, t2;
```

```
int k;
```

```
. . .
```

```
p2 = p1;
```

```
p1 = t2;
```

```
t2 = t1;
```

```
k = p1;
```

Quali sono validi e quali no?

Risposta

```
struct coordinata { int x; int y;} p1, p2;
```

```
struct coor { int x; int y;} t1, t2;
```

```
int k;
```

```
. . .
```

```
p2 = p1;
```

```
p1 = t2;
```

```
t2 = t1;
```

```
k = p1;
```

SI
NO
SI
NO

Strutture contenenti array

```
struct abc { int x; int v[5]; } ;
```

```
abc p1 = {1, {1, 2, 5, 4, 2}} ;
```

```
abc p2 ;
```

```
p2 = p1 ; A cosa equivale?
```

```
struct abc { int x; int v[5]; } ;
```

```
abc p1 = {1, {1, 2, 5, 4, 2}} ;
```

```
abc p2 ;
```

```
p2 = p1 ;
```

Equivale a

```
p2.x = p1.x ;
```

```
for (int i = 0 ; i < 5 ; i++)
```

```
    p2.v[i] = p1.v[i] ;
```

Domanda

```
struct abc { int x; int v[5]; } ;
```

```
abc p1 = {1, {1, 2, 5, 4, 2}} ;
```

```
abc p2 ;
```

```
p2.v = p1.v ; // E' corretto?
```


NO

- Esiste quindi un metodo per ottenere la copia tra due *array* senza ricorrere ad un ciclo?

- Sì, basta definire un tipo struttura che contiene semplicemente un array
- Se si effettua l'assegnamento tra due oggetti di tale tipo struttura
 - Si ottiene la copia, elemento per elemento,
 - dell'array contenuto nell'oggetto di origine
 - nell'array contenuto nell'oggetto di destinazione

Uso campi o intero oggetto

```
struct frutto { char nome[20]; float peso, diametro; };

main()
{
    frutto f1, f2, f3;

    float somma;

    f1.nome = { 'm', 'e', 'l', 'a', '\0' }; // ERRATO !!!!!

    f1.peso=0.26;

    f2.nome={'a', 'r', 'a', 'n', 'c', 'i', 'a', '\0'};
                                                // ERRATO !!!!!

    f2.peso=0.44;

    somma = f1.peso + f2.peso; ← Utilizzo dei campi

    f3 = f2; ← Utilizzo dell'intero oggetto
}
```

- Si può definire un *array* di oggetti di tipo **struct**?

- Ovviamente sì
- Esempio:

```
struct coord { int x, y; } ;  
coord vett[10] ;
```
- Come si accede agli elementi di un array se tali elementi sono di tipo **struct**?
- E come si accede ai singoli campi di un elemento dell'array nel caso in cui tale elemento sia di tipo **struct**?

- Si accede agli elementi con la solita notazione vista finora
- Si accede ai campi di un elemento combinando la notazione per accedere all'elemento con quella per accedere ai campi dell'elemento stesso
- Esempio:

```
struct coord { int x, y; } ;
coord vett[10] ;
// Nella prossima riga assegniamo il valore 2
// al campo x del terzo elemento dell'array
vett[2].x = 2;
vett[2].y = 3 ; // Assegniamo 3 al campo y
cout<<vett[2].x<<endl ; // Stampa campo x
```

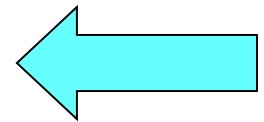
- Quali sono la sintassi e la semantica del passaggio di un array di oggetti di tipo **struct**?

- Le stesse del passaggio di un array di oggetti di tipo primitivo (quale ad esempio `int`)

- Dalla nona esercitazione:
 - *traccia_classifica_solo_elenco.txt*
 - *traccia_classifica.txt*
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/1CVSt0hmy-JCIhfl1rpJx3nYvIN9wMEA9/view?usp=sharing>

Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
 - Operazioni
 - Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni



Esercizio

- Si dichiara una struttura dati in grado di rappresentare l'oggetto astratto *figura piana trapezio*. Definito ed inizializzato un oggetto di tipo trapezio, se ne calcolino il perimetro e l'area

Dati e formule

- Un trapezio è caratterizzato da:
 - Base maggiore (B)
 - Base minore (b)
 - Lato sinistro ($lato_s$)
 - Lato destro ($lato_d$)
 - Altezza (h)
- Per calcolare il perimetro, si applica la formula:
 - $B+b+lato_s+lato_d$
- Per calcolare l'area, si applica la formula:
 - $((B+b)*h)/2$



Progetto struttura dati 1/2

- Come si rappresentano le informazioni relative ad un trapezio?
 - A basso livello sono dati omogenei (numeri reali), quindi si potrebbe utilizzare un array
 - bisogna ricordare qual è l'indice usato per ciascuno degli elementi del trapezio
 - Pur essendo dati omogenei a basso livello, tali informazioni si riferiscono ad elementi
 - **concettualmente distinti nel dominio del problema**
 - un tipo struttura permette di assegnare un nome distinto a ciascun elemento del trapezio
 - **logicamente correlati** per descrivere un dato trapezio
 - l'uso del tipo struttura permette di **raggruppare in un unico tipo di dato** tale insieme correlato di informazioni

Progetto struttura dati 2/2

- La seconda possibilità è quindi dichiarare un tipo struttura *trapezio*
- Quale scelta è migliore?
- Per rispondere in modo ancora più accurato vediamo il codice che scaturisce dalle due diverse soluzioni

Possibili strutture dati

- array

trapezio [0] ~ Base maggiore
trapezio [1] ~ Base minore
trapezio [2] ~ Lato sinistro
trapezio [3] ~ Lato destro
trapezio [4] ~ Altezza

- tipo struttura

```
struct trapezio_t {  
    double base_maggiore;  
    double base_minore;  
    double lato_s;  
    double lato_d;  
    double h;  
};
```


Programma con array

```
main()
{
    double trapezio[5] = {15, 10, 4, 6, 3};
    double perimetro, area;
    perimetro=trapezio[0]+trapezio[1]+trapezio[2]+trapezio[3];
    area=(trapezio[0]+trapezio[1])*trapezio[4])/2.;
    cout<<"Perimetro="<<perimetro<<" Area="<<area<<endl ;
}
```

Programma con tipo struttura

```
main()
{
    trapezio_t trapezio = {15, 10, 4, 6, 3};
    double perimetro, area;
    perimetro = trapezio.base_maggiore +
                trapezio.base_minore +
                trapezio.lato_s + trapezio.lato_d;
    area = ( trapezio.base_maggiore + trapezio.base_minore )
           * trapezio.altezza / 2;

    cout<<"Perimetro="<<perimetro<<" Area="<<area<<endl ;
}
```

Leggibilità/organizzazione 1/3

- Il precedente esercizio è uno dei casi in cui i tipi strutturati permettono di scrivere codice di maggiore qualità rispetto ad un insieme di array:

1) Maggiore leggibilità delle operazioni

- I campi sono acceduti mediante nomi significativi

2) Migliore organizzazione dei dati

- Informazioni logicamente correlate sono raggruppate assieme nello stesso tipo di dato
- Vediamo un esempio pratico

Struttura dati vettore

```
const int MAX_NUM_ELEM = 10 ;  
  
// descrittore di un vettore  
struct vettore {  
    int vett[MAX_NUM_ELEM] ; // contenitore degli elementi  
    int num_elem ;          // numero di elementi attuale  
} ;
```

- Al contrario, **errore** tipico
 - Non definire una struct per organizzare i campi
 - Sparpagliare i campi tra globali e variabili locali al main

Leggibilità/organizzazione 2/3

- 3) Migliore leggibilità delle chiamate di funzione
- In merito, un errore che bisogna evitare di commettere è invocare qualche funzione passando troppi parametri
 - Il numero di parametri oltre il quale un lettore sicuramente si perde è **sette**, ma anche valori non troppo più bassi portano a codice poco leggibile
 - Spesso l'errore nasce dall'usare un errato livello di astrazione: si hanno in pratica funzioni che lavorano **concettualmente** su un dato oggetto, anche se magari non ne leggono/scrivono proprio tutti i campi
 - Ma si commette l'errore di passare uno ad uno tutti e soli i campi interessati
 - La soluzione migliore in questi casi è invece passare **l'intero oggetto**

Leggibilità/organizzazione 3/3

- Se invece la funzione **anche concettualmente** lavora solo su alcuni campi, allora è meglio passare solo tali campi
 - Se la funzione continua ad avere troppi parametri allora a volte l'errore è che la funzione **vuole fare troppe cose** e **va spezzata** in più funzioni più semplici
- C'è però una eccezione: in alcuni casi, se non si passa l'intera struttura, allora non si riesce a capire cosa fa la funzione senza doversi guardare chi la chiama
 - Come nel prossimo esempio

Eccezione 1/2

- Nello scambio al seguente link:
<https://lkml.org/lkml/2017/12/2/165>
il maintainer del block layer di Linux spiega perché è meglio passare un'intera struct (nel caso specifico, l'indirizzo di una struct chiamata `request_queue`), invece di un suo campo `queue_lock`
 - Anche se poi la funzione lavora solo col campo `queue_lock`
- Il motivo è che tantissime strutture definite nel kernel hanno un campo di quel tipo, per cui, se non si passa tutta la coda, non si riesce a sapere su **quale** oggetto di quel tipo lavorerà la funzione

Eccezione 2/2

- Il motivo è che
 - Nel kernel, tantissimi oggetti di tipo struttura hanno un campo *lock* di quel tipo (`spinlock_t`)
 - Per lavorare su tali oggetti, bisogna “prendere il lock”, usando appunto tale campo *lock*
 - Se non si passa tutto l’oggetto ad un funzione che prende poi tale lock, allora, da dentro il codice della funzione, non si riesce a capire per **quale oggetto** la funzione prende il lock

Lezione imparata

- D'ora in poi quindi
 - organizziamo opportunamente i dati mediante tipi struttura e
 - cerchiamo sempre di passare parametri alle funzioni al livello di astrazione più appropriato
 - intero oggetto o singoli campi a seconda dei casi

Soluzione più semplice

- Se mi sembra che ci siano più opzioni per il numero ed il tipo dei campi, quale scelgo?
 - Assolutamente **la più semplice!**

Passaggio/ritorno 1/2

- Gli oggetti struttura possono essere passati/ritornati per valore
 - Nel parametro formale finisce la copia campo per campo del parametro attuale
 - Quindi ad esempio sarebbero **copiati tutti** gli elementi di eventuali campi *array*
- Questo può essere molto oneroso
 - Per esempio se l'oggetto contiene un *array* molto molto grande
 - C'è una soluzione alternativa efficiente ???

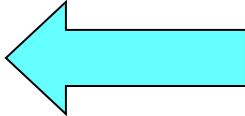
Passaggio/ritorno 2/2

- Passaggio/ritorno per riferimento
- Però, come sappiamo, nel passaggio per riferimento si rischia la modifica indesiderata!
 - Utilizzare quindi, come già visto, il qualificatore **const**

Esercizi d'esame

- Svolgere le prove scritte e di programmazione riportate prima degli esercizi sulle matrici nella nona esercitazione
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/1CVSt0hmy-JCIhfl1rpJx3nYvIN9wMEA9/view?usp=sharing>

Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
 - Operazioni
 - Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche 
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni

Editor grafico ...

- Compiliamo, eseguiamo e giochiamo con
 - *lab9/matrici/disegno.cc*
- Chi ne è l'autore?
 - Lo sarete voi
 - Dopo aver appreso le prossime nozioni ...

Definizione matrice

- Tabella ordinata di elementi
- Esempio bidimensionale:

a_{ij}

m colonne
 j cresce

n righe
 i cresce

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}$$

matrice $n \times m$

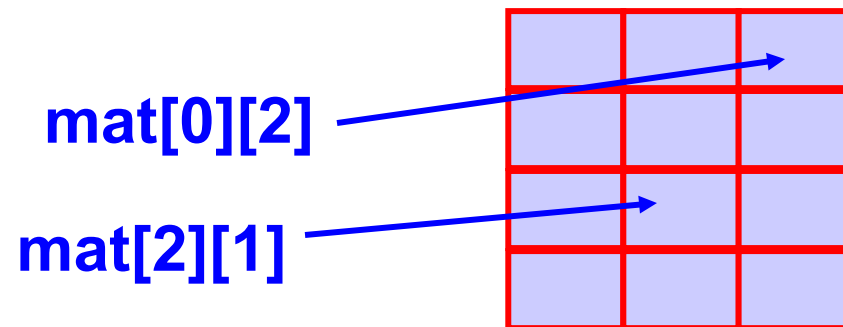
Matrice bidimens. in C/C++

- SINTASSI della definizione di una variabile o di una costante con nome di tipo **matrice bidimensionale statica**:

```
[const] <tipo_elementi_matrice>  
    <identificatore> [<espr-costante>] [<espr-costante>] ;
```

- Esempio: matrice di 4x3 oggetti (tutti) di tipo **double**

```
double mat[4][3] ;
```



Esercizio

- Dalla decima esercitazione:
 - *riempi_stampa_matrice.cc*
- Videoregistrazione:
https://drive.google.com/file/d/1UN-ojIHj4nKF4z_mmnHwbYqD3Got5ekb/view?usp=sharing

Sintassi matrice k dimensioni

- SINTASSI della definizione di una variabile o di una costante con nome di tipo **matrice statica k-dimensionale**:
[const] <tipo_elementi_matrice>
<identificatore> [<espr-cost_1>] [<espr-cost_2>] ... [<espr-cost_K>] ;
ove <espr-cost_i> fornisce il numero di elementi dell'*i*-esima dimensione
- Di conseguenza, per accedere ad un elemento bisogna fornire tanti indici quante sono le dimensioni
 - l'*i*-esimo indice può assumere valori compresi fra 0 e (<espr-cost_i> - 1)
- In particolare, il generico elemento di una matrice è denotato dal nome della matrice seguito dai valori degli indici racchiusi tra []

Inizializzazione matrici

- Generalizzazione della sintassi per gli *array* monodimensionali

- Esempio:

```
int mat[3][4] = { {2, 4, 1, 3},  
                 {5, 3, 4, 7},  
                 {2, 2, 1, 1} } ;
```

- Il numero di colonne **deve** essere specificato
- Il numero di righe può essere omissso, nel qual caso coincide col numero di righe che si inizializzano
- Elementi non inizializzati hanno valori casuali o nulli a seconda che si tratti di un oggetto locale o globale
- Non si possono inizializzare più elementi di quelli presenti

Esercizio

- Data una matrice di dimensione $M \times M$ di valori reali inizializzata a tempo di scrittura del programma, si calcoli la differenza tra la somma degli elementi della diagonale principale e la somma degli elementi della diagonale secondaria
- Esempio e suggerimenti nelle prossime slide

Esempio indici matrice 5x5

0,0	0,1	0,2	0,3	0,4
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
4,0	4,1	4,2	4,3	4,4

- Gli elementi della diagonale principale sono caratterizzati dagli indici: $[i][i]$
- Gli elementi della diagonale secondaria sono caratterizzati dagli indici: $[i][M-1-i]$
- Quindi, per scandire tutti gli elementi delle due diagonali è sufficiente un unico ciclo (e quindi un solo indice)

Algoritmo

- Inizializzare due variabili a 0 e sommarvi rispettivamente i valori degli elementi della prima e della seconda diagonale
- Stampare la differenza tra i valori finali delle due variabili

Struttura dati

- Una costante (int) per denotare la dimensione della matrice: $M=100$
- Una matrice bidimensionale di double pari a $M \times M$
- Un indice (int) per scandire la matrice
- Due variabili ausiliarie (double) per sommarvi i valori delle diagonali

Programma

```
main()
{
    const int M=100 ;
    double somma_d1=0., somma_d2=0.;
    double mat[M][M];

    for (int i=0; i<M; i++)
        for(int j=0; j<M; j++)
            cin>>mat[i][j] ;

    for (int i=0; i<M; i++) {
        somma_d1 = somma_d1+mat[i][i];
        somma_d2 = somma_d2+mat[i][M-1-i];
    }
    cout<<"Differenza valori "
        <<somma_d1-somma_d2<<endl;
}
```

Esercizio per casa

- Data una matrice di dimensione $M \times N$ di valori interi, si calcoli il numero complessivo di elementi positivi, negativi e nulli

Algoritmo

- Per scandire tutti gli elementi della matrice possiamo utilizzare due cicli innestati
- Inizializzare due variabili a 0 e sommarvi tutti gli elementi che risultano positivi e negativi
- Serve un'altra variabile per gli elementi nulli?
- Stampa il valore finale delle due o tre variabili

Struttura dati

- Due costanti (int) per denotare la dimensione massima delle righe e delle colonne della matrice:
`max_R=100, max_C=1000`
- Una matrice bidimensionale di int pari a `max_R * max_C`
- Due (o tre ?) variabili ausiliarie (int) come contatori dei valori positivi e negativi

Programma

```
main()
{
    const int max_R = 100, max_C = 1000 ;
    int positivi=0, negativi=0 ;
    int mat[max_R][max_C];

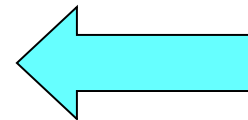
    <si ipotizza che la matrice venga inizializzata in qualche modo>

    for (int i=0; i<max_R; i++)
        { for (int j=0; j<max_C; j++) {
            if (mat[i][j]>0) positivi++;
            else if (mat[i][j]<0) negativi++;
        }
    }

    cout<<"Valori positivi= "<<positivi<<" , negativi = "<<negativi
    <<" , nulli = "<< (max_R*max_C - positivi - negativi)
    <<endl ;
}
```

Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
 - Operazioni
 - Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni



Implementazione matrice

- Considerando la notazione con cui viene definita una matrice e quella con cui si accede ai suoi elementi, forse una matrice è un tipo derivato costruito a partire da un tipo che conosciamo già?

Array di array

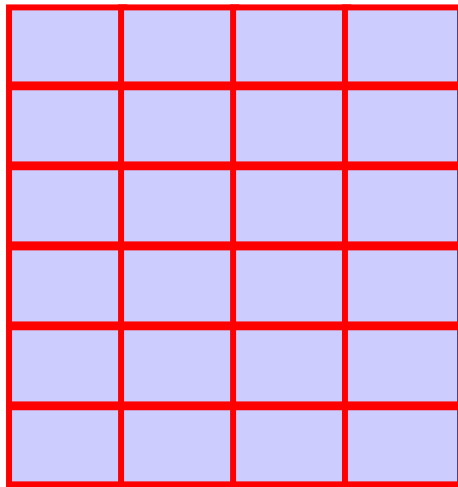
- Sì
- Nel linguaggio C/C++, una matrice è a tutti gli effetti un **array di array**
 - Gli array combinati per ottenere una matrice sono organizzati per righe consecutive
- Ad esempio

```
int mat[M][N] ;
```

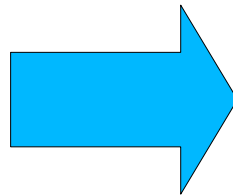
definisce un array di M array da N elementi ciascuno, ossia M righe da N colonne ciascuna, come mostrato nel seguente esempio numerico

Organizzazione matrice

```
int mat[6][4] ;
```



mat[6][4]



mat[0]



mat[1]



mat[2]



mat[3]



mat[4]



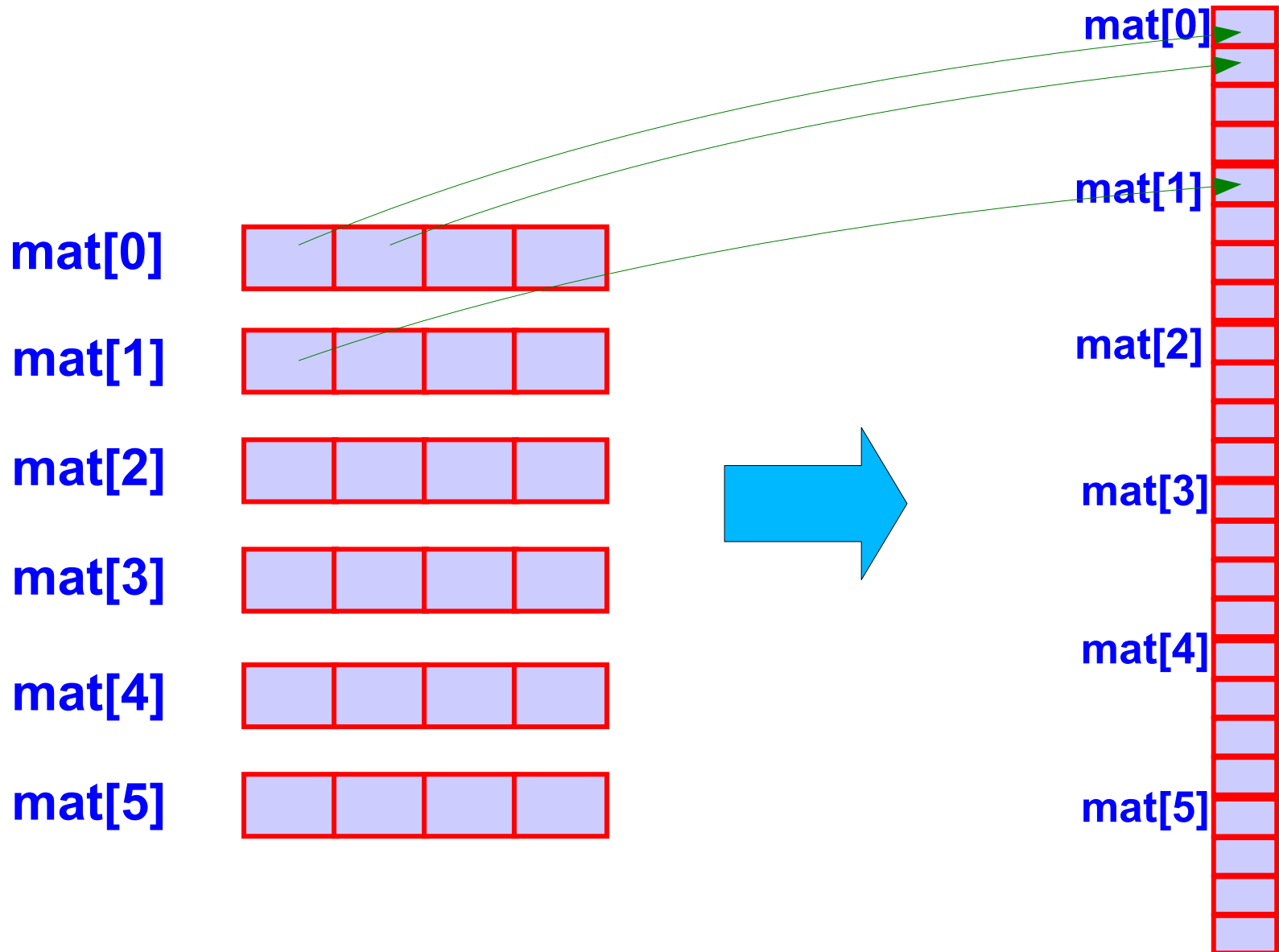
mat[5]



Array di array in memoria 1/2

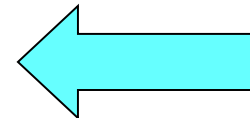
- Siccome un array è una sequenza contigua di elementi in memoria, allora un array di array è una sequenza contigua di array in memoria
- Un esempio è mostrato nella seguente slide

Array di array in memoria 2/2



Contenuto lezione

- Stringhe
- Struct
 - Operazioni
 - Progettazione strutture dati e passaggio parametri
- Matrici statiche
 - Implementazione
 - Passaggio alle funzioni



Passaggio righe matrice 2D 1/2

- Riassumendo quanto detto nelle precedenti slide:
`int mat[M][N] ;`
definisce un array di M array da N elementi ciascuno
- Cos'è quindi `mat[i]` con $i = 0, 1, \dots, M - 1$?

Passaggio righe matrice 2D 2/2

- E' un *array* di N elementi
- Quindi data una matrice di N colonne, come si passa una delle righe ad una funzione che prende in ingresso un *array* lunghezza N ?
- Vediamo con un esercizio: *calcola_somma_righe.cc* della nona esercitazione
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/10HGrhTcfAR3-ZOA43-4RNaQuVA95hYp3/view?usp=sharing>
- A voi la generalizzazione per il passaggio di fette di matrici con più di due dimensioni

Passaggio matrici

- Così come gli array monodimensionali, gli array di array sono **passati per riferimento**
- La dichiarazione/definizione di un parametro formale di tipo matrice bidimensionale è la seguente:
[const] <tipo_elementi>
 <identificatore> [] [<numero_colonne>]
 - Nessuna indicazione del numero di righe !!!
 - La funzione pertanto non conosce implicitamente il numero di righe della matrice
 - Se presente, il qualificatore **const** fa sì che la matrice non sia modificabile
- Nell'invocazione della funzione, una matrice si passa **scrivendone semplicemente il nome**

Esempio

```
const int num_col = 4 ;
```

```
void fun(int mat[][num_col], int num_righe) ;
```

```
main()
```

```
{  
    const int M = 3 ;  
    int A[M][num_col] ;  
    fun(A, M) ;  
    ...  
}
```

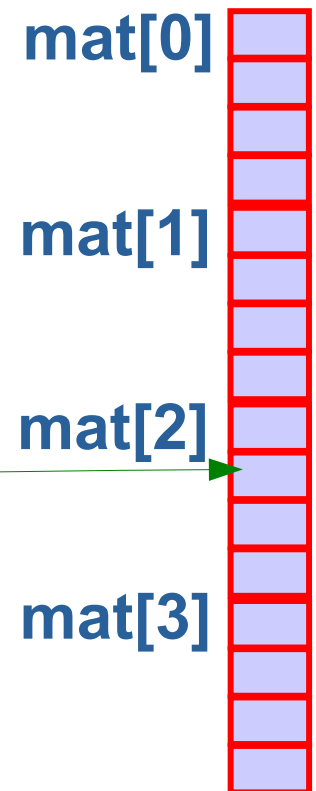
Domanda

- Di quale informazione ha bisogno il compilatore per poter generare il codice che accede al generico elemento di una matrice?

- Dell'indirizzo di tale elemento in memoria

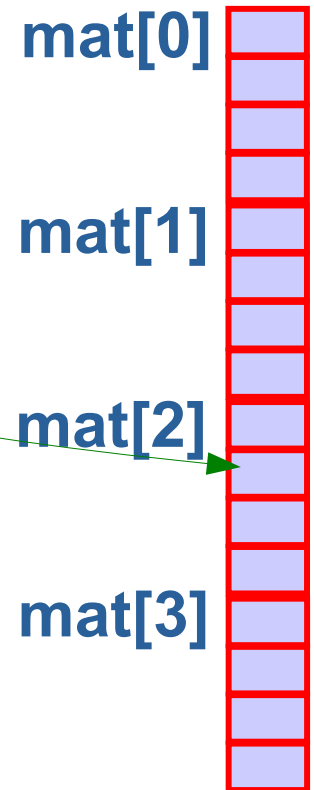
Domanda

- Di quali informazioni ha bisogno il compilatore per calcolare tale indirizzo?
 - Ricordate che le righe sono memorizzate l'una dopo l'altra
- Come supporto per arrivare alla risposta, scrivete il calcolo da effettuare per calcolare, ad esempio, l'indirizzo del secondo elemento della terza riga di una matrice (di elementi di un qualche tipo), ossia l'elemento di indici [2][1]



Risposta

- L'indirizzo dell'elemento è dato da:
$$\text{indirizzo_matrice} + \text{dim_elementi} * (\text{lun_riga} * 2 + 1)$$
- Quindi le informazioni che servono per il calcolo sono:
 - 1) L'indirizzo della matrice, ossia della prima locazione in cui è memorizzata la matrice
 - 2) Le dimensioni di ciascun elemento (numero di byte occupati, dipende dal tipo degli elementi)
 - 3) La lunghezza di ciascuna riga, ossia il numero di colonne della matrice



Indirizzo generico elemento

- In generale l'indirizzo del generico elemento di indici i e j è dato da

$\text{indirizzo_matrice} + \text{dim_elementi} * (\text{lun_riga} * i + j)$

Domanda

- Alla luce di quanto abbiamo appena capito, come mai è obbligatorio passare il numero di colonne nel passaggio di una matrice ad una funzione?

Accesso elementi

- Perché, come visto, il numero delle colonne è una delle informazioni che è necessario conoscere per calcolare l'indirizzo di un generico elemento della matrice
- In quanto alle altre due informazioni necessarie:
 - L'indirizzo della matrice viene fornito dal parametro attuale stesso
 - Poi capiremo meglio perché
 - Il tipo degli elementi è scritto nella dichiarazione del parametro formale

Array di stringhe

- Per analogia con quanto detto in precedenza, un array di stringhe si realizza mediante una matrice di tipo `char`
- Esempio: Elenco dei nomi dei giorni della settimana:

```
char giorni[7][11] =  
{ "lunedì'", "martedì'", "mercoledì'",  
  "giovedì'", "venerdì'", "sabato",  
  "domenica" } ;
```

l	u	n	e	d	i	'	\0			
m	a	r	t	e	d	i	'	\0		
m	e	r	c	o	l	e	d	i	'	\0
g	i	o	v	e	d	i	'	\0		
v	e	n	e	r	d	i	'	\0		
s	a	b	a	t	o	\0				
d	o	m	e	n	i	c	a	\0		

- Dalla nona esercitazione:
 - *disegno.cc*
- Si tratta di un programma di una certa complessità
- E' un esempio di macchina a stati
 - Gli stati sono: modo spostamento, modo scrittura, modo cancellazione
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/1OxUYGBrXqLbJmnEAQN7GexVUXyv4YyxY/view?usp=sharing>

Esercizi per casa

- Seguono degli esercizi sulle matrici per casa

Battaglia navale semplificata

- Realizzare un programma che, dopo aver fatto creare una mappa 10x10 con 12 navi da 1 cella in posizioni casuali, consenta ad un giocatore di “scoprire” tutte le posizioni delle nave avversaria.
- La classifica dei record viene mantenuta rispetto al numero dei colpi necessari per scoprire tutte le nave nemiche.
- Estensione: si visualizzi la mappa, con la posizione delle navi scoperte, i tiri effettuati andati a vuoto, e quelli andati a buon fine
- Per implementare bene il programma partire dalla realizzazione delle seguenti funzioni propedeutiche

Funzioni propedeutiche

- Scrivere una funzione INSERT che riceva in input un numero di navi e le inserisca casualmente in una mappa di dimensioni 10x10
 - Si assuma che ciascuna nave occupi 1 cella
 - Si faccia attenzione a non posizionare le navi in celle coincidenti
- Scrivere una funzione TIRO che riceva in input una coordinata (ovvero due elementi interi), e restituisca se il tiro ha colpito o meno una nave

Battaglia navale

- Scrivere un programma che
 - crei una mappa con le seguenti navi in posizioni casuali:
 - 1 nave da 4 celle, 2 navi da 3 celle, 3 navi da 2 celle, 4 navi da 1 cella (scegliere a proprio piacimento le dimensioni della mappa)
 - consenta ad un giocatore di “scoprire” le posizioni delle navi avversarie
 - Mantenga una classifica dei record rispetto al numero dei colpi necessari per scoprire tutte le navi nemiche
- Estensione: si visualizzi la mappa, con la posizione delle navi scoperte, i tiri effettuati andati a vuoto, e quelli andati a buon fine
- Per implementare bene il programma partire dalla realizzazione delle seguenti funzioni propedeutiche

Funzioni propedeutiche

- Data una mappa di dimensione $M \times M$, si inseriscano casualmente (in posizioni non sovrapposte):
 - 1 nave da 4 celle
 - 2 navi da 3 celle
 - 3 navi da 2 celle
 - 4 navi da 1 cella
- Si accettano navi in diagonale?
- Scrivere poi una funzione che, presa in ingresso una coordinata, stampi su video se il tiro ha colpito o meno una nave

Gioco della vita 1/2

- Una mappa di dimensione $N \times M$ rappresenta il mondo. Ogni cella può essere occupata o meno da un organismo. Partendo da una configurazione iniziale di organismi, questa popolazione evolve nel tempo secondo tre regole genetiche:
 - un organismo sopravvive fino alla generazione successiva se ha 2 o 3 vicini;
 - un organismo muore, lasciando la cella vuota, se ha più di 3 o meno di 2 vicini;
 - ogni cella vuota con 3 vicini diventa una cella di nascita e alla generazione successiva viene occupata da un organismo.
- Si visualizzi l'evoluzione della popolazione nel tempo

Gioco della vita 2/2

- Nota

Il concetto di “vicinanza” in una tabella raffigurante il mondo può essere interpretato in 2 modi:

- Al di là dei bordi c'è il vuoto che non influenza il gioco, per cui ci sono punti interni che hanno 8 potenziali “vicini”, punti sulle righe e colonne estreme che hanno 5 “vicini”, punti ai vertici che hanno 3 “vicini”
- I bordi estremi confinano tra di loro: la colonna “0” è “vicina” alla colonna “M-1”, così come la riga “0” è “vicina” alla riga “N-1” (con attenzione a trattare i vertici!)

Esercizi d'esame

- Terminare la nona esercitazione
- Videoregistrazione:
<https://drive.google.com/file/d/14vv10oclhchLHGynXNkWSPHFJq6fA9Ps/view?usp=sharing>