

Tipi di dato strutturati: Array

- ▶ I tipi di dato visti finora sono tutti semplici: `int`, `char`, `float`, ...
- ▶ ma i dati manipolati nelle applicazioni reali sono spesso complessi (o **strutturati**)
- ▶ Gli **array** sono uno dei tipi di dato strutturati
 - ▶ sono composti da **elementi omogenei** (tutti dello stesso tipo)
 - ▶ ogni elemento è identificato all'interno dell'array da un **numero d'ordine** detto **indice** dell'elemento
 - ▶ il numero di elementi dell'array è detto **lunghezza** (o **dimensione**) dell'array
- ▶ Consentono di rappresentare tabelle, matrici, matrici n-dimensionali, ...

Array monodimensionali (o vettori)

- ▶ Supponiamo di dover rappresentare e manipolare la classifica di un campionato cui partecipano **16** squadre.
- ▶ È del tutto naturale pensare ad una **tabella**

Classifica

| | | | |
|-----------|-----------|-----|-----------|
| Squadra A | Squadra B | ... | Squadra C |
| 1° posto | 2° posto | | 16° posto |

che evolve con il procedere del campionato

Classifica

| | | | |
|-----------|-----------|-----|-----------|
| Squadra B | Squadra A | ... | Squadra C |
| 1° posto | 2° posto | | 16° posto |

Sintassi: dichiarazione di variabile di tipo vettore

```
tipo-elementi nome-array [lunghezza];
```

Esempio: `int vet[6];`

dichiara un vettore di 6 elementi, ciascuno di tipo intero.

- ▶ All'atto di questa dichiarazione vengono riservate (allocate) 6 locazioni di memoria **consecutive**, ciascuna contenente un intero. 6 è la **lunghezza** del vettore.
- ▶ La **lunghezza di un vettore deve essere costante** (nota a tempo di compilazione).
- ▶ Ogni elemento del vettore è una **variabile** identificata dal **nome** del vettore e da un **indice**

Sintassi: elemento di array `nome-array[espressione];`

Attenzione: `espressione` deve essere di tipo intero ed il suo valore deve essere compreso tra 0 a `lunghezza-1`.

▶ **Esempio:**

| indice | elemento | variabile |
|--------|----------|---------------------|
| 0 | ? | <code>vet[0]</code> |
| 1 | ? | <code>vet[1]</code> |
| 2 | ? | <code>vet[2]</code> |
| 3 | ? | <code>vet[3]</code> |
| 4 | ? | <code>vet[4]</code> |
| 5 | ? | <code>vet[5]</code> |

- ▶ `vet[i]` è l'**elemento** del vettore `vet` di **indice** `i`. Ogni elemento del vettore è una **variabile**.

```
int vet[6], a;
vet[0] = 15;
a = vet[0];
vet[1] = vet[0] + a;
printf("%d", vet[0] + vet[1]);
```

- ▶ `vet[0]`, `vet[1]`, ecc. sono variabili intere come tutte le altre e dunque possono stare a sinistra dell'assegnamento (es. `vet[0] = 15`), così come all'interno di espressioni (es. `vet[0] + a`).
- ▶ Come detto, l'indice del vettore è un'espressione.

```
index = 2;
vet[index+1] = 23;
```

Manipolazione di vettori

- ▶ avviene solitamente attraverso cicli **for**
- ▶ l'indice del ciclo varia in genere da **0** a **lunghezza-1**
- ▶ spesso conviene definire la lunghezza come una **costante** attraverso la direttiva **#define**

Esempio: Lettura e stampa di un vettore.

```
#include <stdio.h>
#define LUNG 5

main ()
{
  int v[LUNG]; /* vettore di LUNG elementi, indicizzati da 0 a LUNG-1 */
  int i;

  for (i = 0; i < LUNG; i++) {
    printf("Inserisci l'elemento di indice %d: ", i);
    scanf("%d", &v[i]);
  }
  printf("Indice Elemento\n");
  for (i = 0; i < LUNG; i++) {
    printf("%6d %8d\n", i, v[i]); }
}
```

Inizializzazione di vettori

- ▶ Gli elementi del vettore possono essere inizializzati con **valori costanti** (valutabili a tempo di compilazione) contestualmente alla dichiarazione del vettore .

Esempio: `int n[4] = {11, 22, 33, 44};`

- ▶ l'inizializzazione deve essere contestuale alla dichiarazione

Esempio: `int n[4];`
`n = {11, 22, 33, 44};` \implies **errore!**

- ▶ se i valori iniziali sono meno degli elementi, i rimanenti vengono posti a **0**

`int n[10] = {3};` azzera i rimanenti **9** elementi del vettore
`float af[5] = {0.0};` pone a **0.0** i **5** elementi
`int x[5] = {};` **errore!**

- ▶ se ci sono più inizializzatori di elementi, si ha un errore a tempo di compilazione

Esempio: `int v[2] = {1, 2, 3};` **errore!**

- ▶ se si mette una sequenza di valori iniziali, si può omettere la lunghezza (viene presa la lunghezza della sequenza)

Esempio: `int n[] = {1, 2, 3};` equivale a
`int n[3] = {1, 2, 3};`

- ▶ In C l'unica operazione possibile sugli array è l'**accesso** ai singoli elementi.
- ▶ Ad esempio, non si possono effettuare direttamente degli assegnamenti tra vettori.

Esempio:

```
int a[3] = {11, 22, 33};
```

```
int b[3];
```

```
b = a;
```

errore!

Esempi

- ▶ Calcolo della somma degli elementi di un vettore.

```
int a[10], i, somma = 0;
```

```
...
```

```
for (i = 0; i < 10; i++)
```

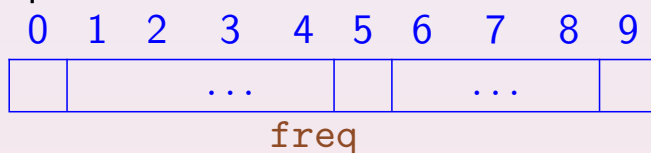
```
    somma += a[i];
```

```
printf("%d", somma);
```

- ▶ Leggere **N** interi e stampare i valori maggiori di un valore intero **y** letto in input.

```
#include <stdio.h>
#define N 4
main()  {
  int ris[N];
  int y, i;
  printf("Inserire i %d valori:\n", N);
  for (i = 0; i < N; i++) {
    printf("Inserire valore n.  %d:  ", i+1);
    scanf("%d", &ris[i]);    }
  printf("Inserire il valore y:\n");
  scanf("%d", &y);
  printf("Stampa i valori maggiori di %d:\n", y);
  for (i = 0; i < N; i++)
    if (ris[i] > y)
      printf("L'elemento %d:  %d e' maggiore di %d\n",
            i+1, ris[i],y);
}
```

- ▶ Leggere una sequenza di caratteri terminata dal carattere `\n` di fine linea e stampare le frequenze delle cifre da `'0'` a `'9'`.
- ▶ utilizziamo un vettore `freq` di **10** elementi nel quale memorizziamo le frequenze dei caratteri da `'0'` a `'9'`



`freq[0]` conta il numero di occorrenze di `'0'`

...

`freq[9]` conta il numero di occorrenze di `'9'`

- ▶ utilizziamo un ciclo per l'acquisizione dei caratteri in cui aggiorniamo una delle posizioni dell'array tutte le volte che il carattere letto è una cifra

```

int i; char ch;
int freq[10] = {0};
do {
    ch = getchar();
    switch (ch) {
        case '0': freq[0]++; break;
        case '1': freq[1]++; break;
        case '2': freq[2]++; break;
        case '3': freq[3]++; break;
        case '4': freq[4]++; break;
        case '5': freq[5]++; break;
        case '6': freq[6]++; break;
        case '7': freq[7]++; break;
        case '8': freq[8]++; break;
        case '9': freq[9]++; break;
    }
} while (ch != '\n');
printf("Le frequenze sono:\n");
for (i = 0; i < 10; i++)

    printf("Freq. di %d: %d\n", i, freq[i]);

```

- ▶ Nel ciclo **do-while**, il comando **switch** può essere rimpiazzato da un **if** come segue

```

if (ch >= '0' && ch <= '9')
    freq[ch - '0']++;

```

Infatti:

- ▶ i codici dei caratteri da '0' a '9' sono consecutivi
- ▶ dato un carattere **ch**, l'espressione intera **ch - '0'** è la **distanza** del codice di **ch** dal codice del carattere '0'. In particolare:
 - ▶ '0' - '0' = 0
 - ▶ '1' - '0' = 1
 - ▶ ...
 - ▶ '9' - '0' = 9

- ▶ Leggere da tastiera i risultati (double) di 20 esperimenti. Stampare il numero d'ordine ed il valore degli esperimenti per i quali il risultato è minore del 50% della media.

```
#include <stdio.h>
#define DIM 20
main() {
    double ris[DIM], media;
    int i;
    /* inserimento dei valori */
    printf("Inserire i %d risultati dell'esperimento:\n", DIM);
    for (i = 0; i < DIM; i++) {
        printf("Inserire risultato n. %d: ", i);
        scanf("%g", &ris[i]); }
    /* calcolo della media */
    media = 0.0;
    for (i = 0; i < DIM; i++)
        media = media + ris[i];
    media = media/DIM;
    printf("Valore medio: %g\n", media);
    /* stampa dei valori minori di media*0.5 */
    printf("Stampa dei valori minori di media*0.5:\n");
    for (i = 0; i < DIM; i++)
        if (ris[i] < media * 0.5)
            printf("Risultato n. %d: %g\n", i, ris[i]); }
}
```

Array multidimensionali

Sintassi: dichiarazione

tipo-elementi nome-array [lung₁] [lung₂]... [lung_n];

Esempio: `int mat[3][4];` ⇒ matrice 3×4

- ▶ Per ogni dimensione i l'indice va da 0 a $lung_i-1$.

| | | colonne | | | |
|-------|---|---------|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| righe | 0 | ? | ? | ? | ? |
| | 1 | ? | ? | ? | ? |
| | 2 | ? | ? | ? | ? |

Esempio: `int marketing[10][5][12]`

(indici potrebbero rappresentare: prodotti, venditori, mesi dell'anno)

Accesso agli elementi di una matrice

```
int i, mat[3][4];
```

```
...
```

```
i = mat[0][0];      elemento di riga 0 e colonna 0 (primo elemento)
```

```
mat[2][3] = 28;     elemento di riga 2 e colonna 3 (ultimo elemento)
```

```
mat[2][1] = mat[0][0] * mat[1][3];
```

- Come per i vettori, l'unica operazione possibile sulle matrici è l'accesso agli elementi tramite l'operatore `[]`.

Esempio: Lettura e stampa di una matrice.

```
#include <stdio.h>
#define RIG 2
#define COL 3
main()
{
  int mat[RIG][COL];
  int i, j;
  /* lettura matrice */
  printf("Lettura matrice %d x %d;\n", RIG, COL);
  for (i = 0; i < RIG; i++)
    for (j = 0; j < COL; j++)
      scanf("%d", &mat[i][j]);
  /* stampa matrice */
  printf("La matrice e':\n");
  for (i = 0; i < RIG; i++) {
    for (j = 0; j < COL; j++)
      printf("%6d ", mat[i][j]);
    printf("\n");      } /* a capo dopo ogni riga */
}
```


Esempio: Programma che legge due matrici $M \times N$ (ad esempio 4×3) e calcola la matrice somma.

```
for (i = 0; i < M; i++)
    for (j = 0; j < N; j++)
        c[i][j] = a[i][j] + b[i][j];
```

Inizializzazione di matrici

```
int mat[2][3] = {{1,2,3}, {4,5,6}};
```

```
int mat[2][3] = {1,2,3,4,5,6};
```

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |

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

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

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 0 | 0 | 0 |

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

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 3 | 0 |

Esercizio

Programma che legge una matrice A ($M \times P$) ed una matrice B ($P \times N$) e calcola la matrice C prodotto di A e B

- ▶ La matrice C è di dimensione $M \times N$.
- ▶ Il generico elemento C_{ij} di C è dato da:

$$C_{ij} = \sum_{k=0}^{P-1} A_{ik} \cdot B_{kj}$$

Soluzione

```
#define M 3
#define P 4
#define N 2
int a[M][P], b[P][N], c[M][N];
...
/* calcolo prodotto */
for (i = 0; i < M; i++)
    for (j = 0; j < N; j++) {
        c[i][j] = 0;
        for (k = 0; k < P; k++)
            c[i][j] = c[i][j] + a[i][k] * b[k][j];
    }
```

- Tutti gli elementi di **c** possono essere inizializzati a **0** al momento della dichiarazione:

```
int a[M][P], b[P][N], c[M][N] = {0};
...
for (i = 0; i < M; i++)
    for (j = 0; j < N; j++)
        for (k = 0; k < P; k++)
            c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];
```