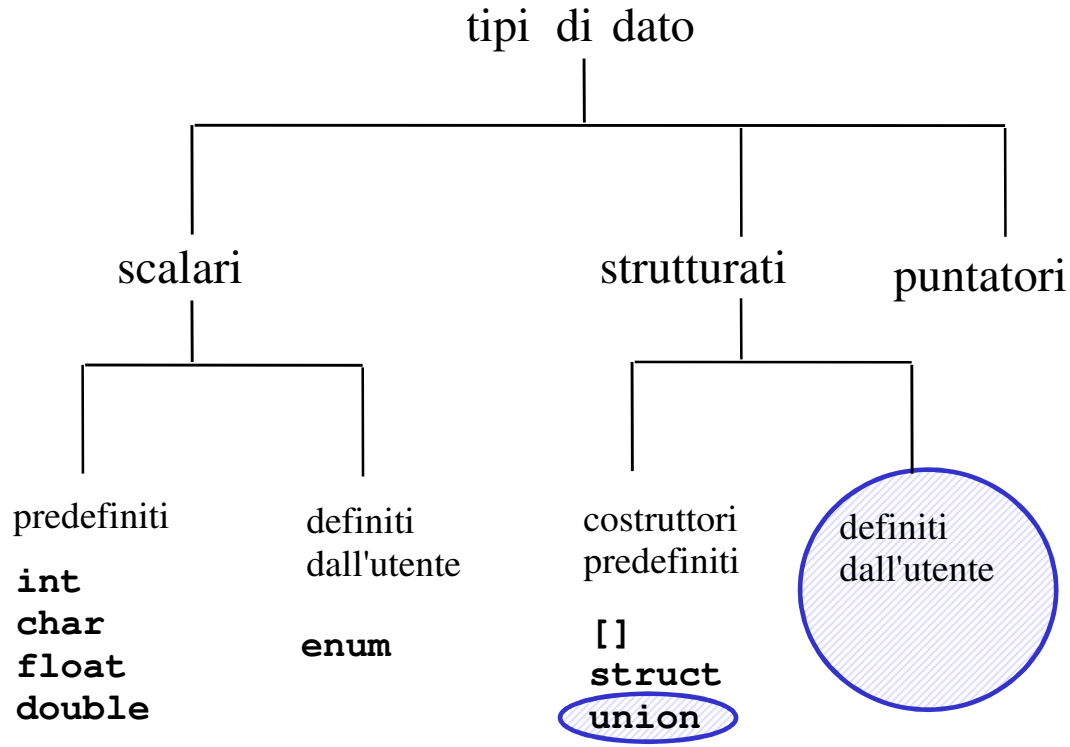
TIPI DI DATO

I tipi di dato si differenziano in *scalari* e *strutturati*



Non saranno trattati nel corso

TIPI DI DATO

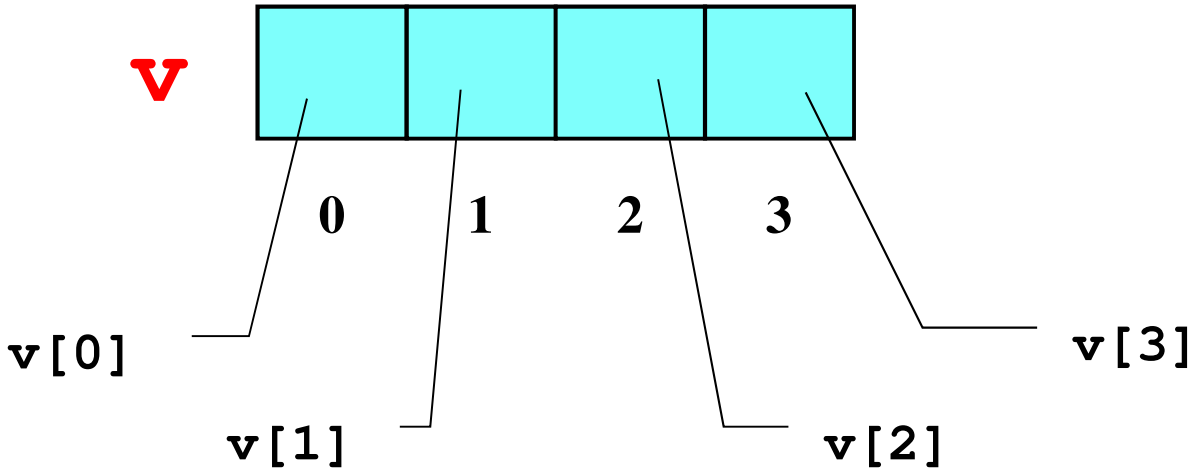
In C si possono *definire tipi strutturati*

Vi sono due *costruttori* fondamentali:

`[ ]`	*(array)*
`struct`	*(strutture)*

ARRAY (VETTORI)

Un ***array*** è una ***collezione finita di N variabili dello stesso tipo***, ognuna identificata da un ***indice compreso fra 0 e N-1***



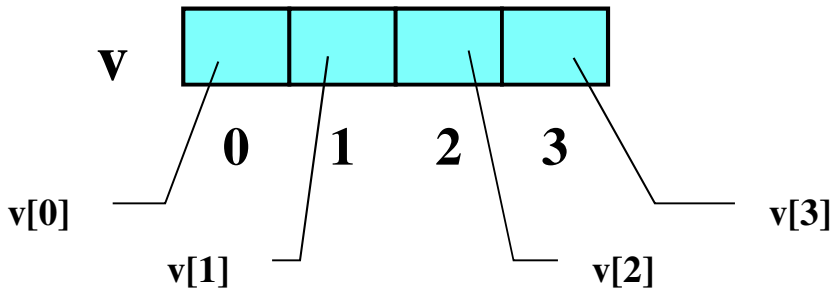
ARRAY (VETTORI)

Definizione di una *variabile* di tipo *array*:

```
<tipo> <nomeArray> [ <costante> ];
```

Esempi:

```
int  v[4];
char nome[20];
```



ATTENZIONE: Sbagliato

```
int  N;
char nome[N];
```

Compilatore non saprebbe quanta memoria allocare per l'array

ESEMPIO

Problema: leggere da tastiera gli elementi di un vettore

```
#include <stdio.h>
#define N 3

int main()
{ int k;
  int A[N];

for(k=0; k < N; k++)
  {printf("Dammi elemento %d: ", k);
   scanf("%d", &A[k]);
  }
  return 0;
}
```

ESEMPIO

Problema: inizializzare un vettore con il prodotto degli indici posizionali dei suoi elementi

```
#include <stdio.h>
#define N 3

int main()
{ int i=0;
  int A[N];

while (i<N)
  {
    A[i]=i*i;   /*gli elementi del vettore sono 0,1,4*/
    i++;
  }
  return 0;
}
```

ESEMPIO

Problema: scrivere un programma che, dato un vettore di N interi, ne determini il valore massimo

Specifica di I livello:

Inizialmente, si assuma come ***massimo di tentativo*** il ***primo*** elemento $m_0 = v[0] \rightarrow m_0 \geq v[0]$

Poi, si ***confronti il massimo di tentativo con gli elementi*** del vettore: nel caso se ne trovi uno ***maggiore*** del massimo di tentativo attuale, si ***aggiorni il valore del massimo di tentativo***

$m_i = max(m_{i-1}, v[i]) \rightarrow m_i \geq v[0], v[1], .., v[i]$

Al termine, il valore del massimo di tentativo coincide col valore massimo ospitato nel vettore $m_{n-1} \geq v[0], v[1] \ldots v[n-1]$

ESEMPIO

Codifica:

```
#define DIM 4
int main() {
  int v[DIM] = {43,12,7,86};
  int i, max=v[0];
  for (i=1; i<DIM; i++)
   if (v[i]>max) max = v[i];
  /* ora max contiene il massimo */
   return 0;
}
```

Espressione di *inizializzazione* di un array

ESEMPIO

Codifica:

```
#define DIM 4
int main() {
  int v[] = {43,12,7,86};
  int i, max=v[0];
  for (i=1; i<DIM; i++)
   if (v[i]>max) max = v[i];
  /* ora max contiene il massimo */
   return 0;
}
```

Se vi è una *inizializzazione esplicita*, la dimensione dell'array ***può essere omessa***

DIMENSIONE FISICA VS. LOGICA

Un array è una ***collezione finita di N celle dello stesso tipo***. La dimensione fisica N è decisa ***staticamente all'atto della definizione della variabile*** di tipo array

- Questo non significa che si debbano per forza *usare sempre tutte.* La ***dimensione logica*** di un array può essere ***inferiore*** alla sua ***dimensione fisica***
- Spesso, la *porzione di array* realmente utilizzata *dipende dai dati d'ingresso*

DIMENSIONE FISICA VS. LOGICA

Esempio:

È data una serie di rilevazioni di temperature espresse in gradi Kelvin

Ogni serie è composta al più da 10 valori, *ma può essere più corta*. Il valore "-1" indica che la serie delle temperature è finita

Scrivere un programma che, data una serie di temperature memorizzata in un vettore, ***calcoli la media delle temperature*** fornite

ESEMPIO

Il vettore deve essere ***dimensionato per 10 celle*** (caso peggiore) ma la porzione realmente usata ***può essere minore***

Specifica di I livello:

- calcolare la somma di tutti gli elementi del vettore, e nel frattempo contare quanti sono
- il risultato è il rapporto fra la somma degli elementi così calcolata e il numero degli elementi

ESEMPIO

Specifica di II livello:

Inizialmente, poni uguale a 0 una variabile S che rappresenti la somma corrente, e poni uguale a 0 un indice K che rappresenti l'elemento corrente

$$s_0 = 0,\ k_0 = 0$$

A ogni passo, aggiungi l'elemento corrente a una variabile S che funga da somma

$$s_k = s_{k-1} + v[k],$$
$$k_{k+1} = k_k + 1, \quad k<N$$

Al termine (quando un elemento vale -1 oppure hai esaminato N elementi), l'indice K rappresenta il numero totale di elementi: il risultato è il rapporto S/K

$$s_{N-1} = s_{N-2} + v[N-1],$$
$$k_N = N$$

ESEMPIO

Codifica:

Dimensione fisica = 10

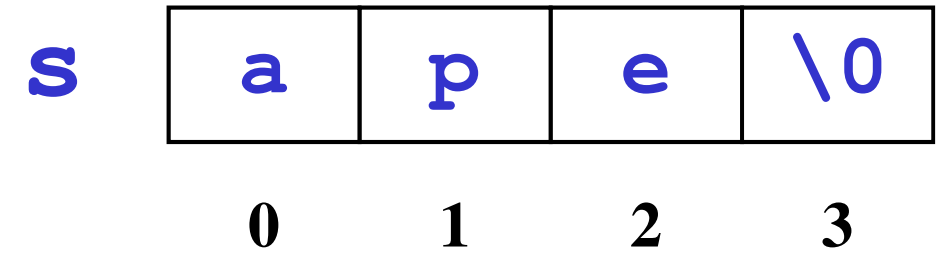
```
#define DIM 10
int main() {
  int k, v[DIM] = {273,340,467,-1};
  int s=0; float media;
  for (k=0; (k<DIM) && (v[k]>=0); k++)
   s += v[k];
  media = (float)s / k;
   return 0;
}
```

Numero valori utili = 3

Condizione di prosecuzione del ciclo: la serie di dati non è finita (`v[k]`≥0) e ci sono ancora altre celle nell'array (`k<DIM`)

STRINGHE: ARRAY DI CARATTERI

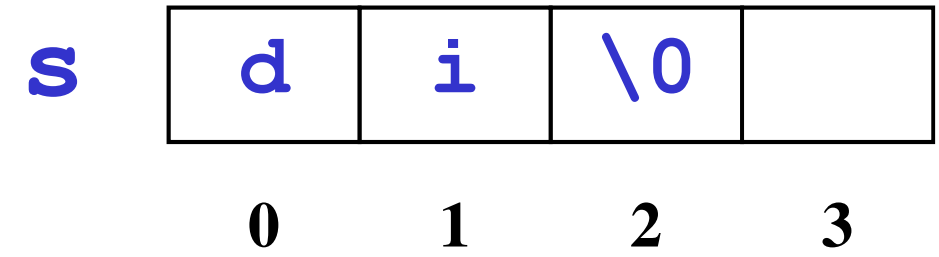
Una ***stringa*** *di caratteri in C* è un ***array di caratteri terminato dal carattere*** `'\0'`



Un vettore di N caratteri può dunque ospitare stringhe *lunghe al più N-1 caratteri,* perché una cella è destinata al ***terminatore*** `'\0'`

STRINGHE: ARRAY DI CARATTERI

Un array di N caratteri può essere usato per memorizzare ***anche stringhe più corte di N-1***



In questo caso, *le celle oltre la k-esima* (k essendo la lunghezza della stringa) *sono* ***logicamente vuote****:* sono inutilizzate e contengono un valore casuale

STRINGHE

Una stringa si può *inizializzare,* come ogni altro array, elencando le singole componenti:

```
char s[4] = {'a', 'p', 'e', '\0'};
```

oppure anche, più brevemente, *con la forma compatta* seguente:

```
char s[4] = "ape" ;
```

Il carattere di terminazione `'\0'` è *automaticamente incluso* in fondo
Attenzione alla lunghezza

STRINGHE: LETTURA E SCRITTURA

Una stringa si può *leggere da tastiera e stampare,* come ogni altro array, elencando le singole componenti:

```
... char str[4]; int i;
  for (i=0; i < 3; i++)
  scanf("%c", &str[i]); str[3] = '\0'
...
```

oppure anche, più brevemente, *con la forma compatta* seguente:

```
...char str[4]; scanf("%s", str);
```

ESEMPIO 1

Problema:

Date due stringhe di caratteri, decidere quale precede l'altra in ordine alfabetico

Rappresentazione dell'informazione:

- poiché vi possono essere *tre* risultati (s1<s2, s1==s2, s2<s1), *un valore logico boolean non basterebbe*

- Si può decidere di utilizzare:
  - ***un intero (negativo, zero, positivo)***

ESEMPIO 1

Specifica:

- scandire uno a uno gli elementi ***di egual posizione*** delle due stringhe, ***o fino alla fine delle stringhe, o fino a che se ne trovano due diversi***
  - *nel primo caso, le stringhe sono uguali*
  - *nel secondo, sono diverse*
- nel secondo caso, confrontare i due caratteri così trovati, e determinare qual è il ***minore***
  - la stringa a cui appartiene tale carattere ***precede l'altra***

ESEMPIO 1

Codifica:

```
int main() {
 char s1[] = "Maria";
 char s2[] = "Marta";
 int i=0, risultato;
 while (s1[i]!='\0' && s2[i]!='\0' &&
       s1[i]==s2[i]) i++;
 risultato = s1[i]-s2[i];
 ……
  return 0;
}
```

negativo ↔ s1 precede s2
positivo ↔ s2 precede s1
zero ↔ s1 è uguale a s2

ESEMPIO 2

Problema:

Data una stringa di caratteri, copiarla in un altro array di caratteri (di lunghezza non inferiore)

Ipotesi:

La stringa è “ben formata”, ossia correttamente terminata dal carattere ‘\0’

Specifica:

- scandire la stringa, elemento per elemento, fino a trovare il terminatore ‘\0’ (che esiste certamente)
- *nel fare ciò, copiare l’elemento corrente nella posizione corrispondente dell’altro array*

ESEMPIO 2

Codifica: copia della stringa carattere per carattere

```
int main() {
 char s[] = "Nel mezzo del cammin di";
 char s2[40];
 int i=0;
 for (i=0; s[i]!='\0'; i++)
     s2[i] = s[i];
 s2[i] = '\0';
 return 0;
}
```

La dimensione deve essere tale da garantire che la stringa non ecceda

Al termine, occorre garantire che anche la nuova stringa sia “ben formata”, inserendo esplicitamente il terminatore

ESEMPIO 2

Perché non fare così?

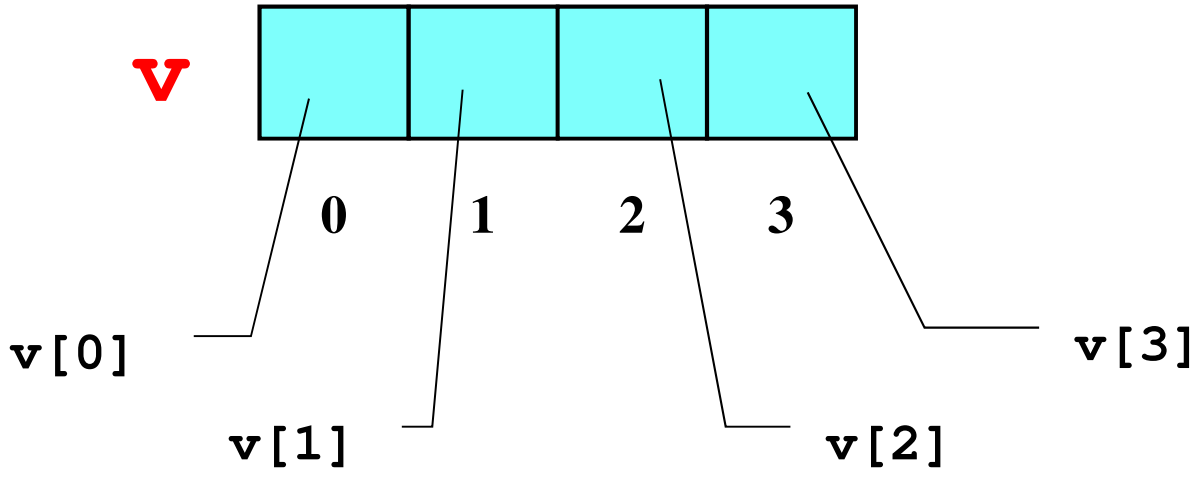
```
int main() {
 char s[] = "Nel mezzo del cammin di";
 char s2[40];
     s2 = s;
 return 0;
}
```

ERRORE DI COMPILAZIONE:
incompatible types in assignment

GLI ARRAY NON POSSONO ESSERE MANIPOLATI NELLA LORO INTEREZZA

ARRAY: IMPLEMENTAZIONE in C

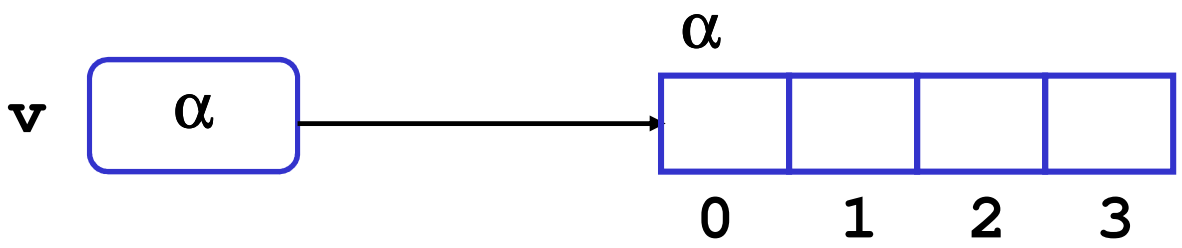
Un *array* è una *collezione finita di N variabili dello stesso tipo*, ognuna identificata da un *indice* compreso fra 0 e N-1



Le cose non stanno proprio così…

ARRAY: IMPLEMENTAZIONE in C

In C un *array* è in realtà un ***puntatore che punta a un'area di memoria pre-allocata***, di ***dimensione prefissata***



Pertanto, ***il nome dell'array è un sinonimo per il suo indirizzo iniziale***: `v` ≡ `&v[0]` ≡ α

ARRAY: IMPLEMENTAZIONE in C

Il fatto che il nome dell'array non indichi l'array, ma l'indirizzo iniziale dell'area di memoria ad esso associata ha una conseguenza:

> *È impossibile denotare un array nella sua globalità, in qualunque contesto*

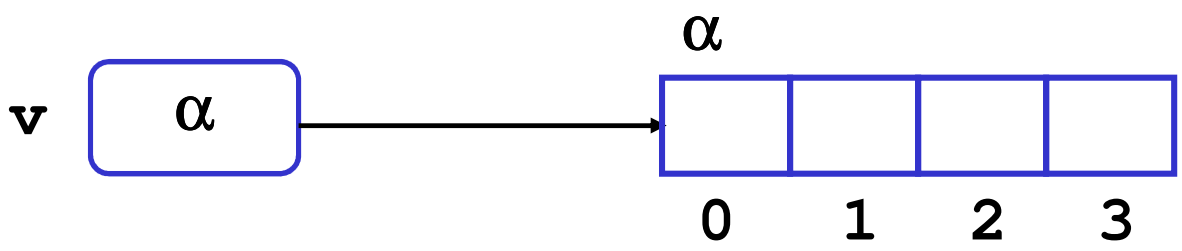
Quindi NON è possibile:

- *assegnare un array a un altro* array (~~`s2 = s`~~)
- *che una funzione restituisca un array*
- *passare un array come parametro a una funzione* *non significa affatto passare l'intero array*

ARRAY PASSATI COME PARAMETRI

Poiché un *array* in C è un *puntatore che punta a un'area di memoria pre-allocata*, di dimensione prefissata, *il nome dell'array:*

- *non rappresenta l'intero array*
- è un alias per il suo indirizzo iniziale (**`v`** ≡ **`&v[0]`** ≡ α)



ARRAY PASSATI COME PARAMETRI

Quindi, *passando un array a una funzione:*

- *non si passa l'intero array*
- si passa solo ***(per valore, come sempre)*** il suo indirizzo iniziale

  (`v` ≡ `&v[0]` ≡ α)

L'effetto finale apparente è che ***l'array sia passato per riferimento***

RIASSUMENDO…

A livello implementativo:

- il C passa i parametri ***sempre e solo per valore***
- nel caso di un array, si passa il suo indirizzo iniziale (`v` ≡ `&v[0]` ≡ α) *perché tale è il significato del nome dell'array*

A livello concettuale:

- il C passa ***per valore*** tutto tranne gli array, che appaiono trasferiti ***per riferimento***

NOTAZIONE A PUNTATORI

Ma se quello che passa è solo *l'indirizzo iniziale* dell'array, che è un puntatore...

...allora ***si può adottare direttamente la notazione a puntatori nella intestazione della funzione***

In effetti, *l'una o l'altra notazione sono, a livello di linguaggio, assolutamente equivalenti*

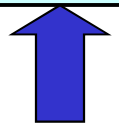
- non cambia niente nel funzionamento
- si rende solo *più evidente* ciò che accade *comunque*

ESEMPIO

Problema:

Data una stringa di caratteri, *scrivere una funzione* che ne calcoli la lunghezza

Nel caso delle stringhe, non serve un ulteriore parametro che indichi alla funzione **la dimensione dell'array** perché può essere dedotta dalla posizione dello '\0'



Codifica:

```
int lunghezza(char s[]) {
  int lung=0;
  for (lung=0; s[lung]!='\0'; lung++);
  return lung;
}
```

ESEMPIO

Da così...

```
int lunghezza(char s[]) {
  int lung=0;
  for (lung=0; s[lung]!='\0'; lung++);
  return lung;
}
```

... a così:

```
int lunghezza(char *s) {
  int lung=0;
  for (lung=0; s[lung]!='\0'; lung++);
  return lung;
}
```

Oppure: *(s+lung)

OPERATORI DI DEREFERENCING

- L'operatore **`*`**, applicato a un *puntatore*, accede alla variabile da esso puntata
- L'operatore **`[]`**, applicato a un *nome di array e a un intero i*, accede alla i-esima variabile dell'array

Sono entrambi operatori di dereferencing

`*v ≡ v[0]`

ARITMETICA DEI PUNTATORI (1)

Oltre a `*v ≡ v[0]`, vale anche:

```
*(v+1) ≡ v[1]
   ...
*(v+i) ≡ v[i]
```

Gli operatori * e [] *sono* ***intercambiabili*

Espressioni della forma `p+i` vanno sotto il nome di ***aritmetica dei puntatori***, e denotano l'indirizzo posto `i` celle *dopo l'indirizzo denotato da* `p` ***(celle, non byte)***

ARITMETICA DEI PUNTATORI (2)

Non solo sono consentite operazioni di somma fra puntatori e costanti intere ma anche:

- ***Assegnamento*** e ***differenza*** fra puntatori

```
int *p,*q;     p=q; p-q; p=p-q;
```

La differenza però produce un warning

- Altre operazioni aritmetiche fra puntatori non sono consentite:

```
int *p, *q;      p=p*2;  q=q+p;
```

Le operazioni sono ***corrette*** se i puntatori riferiscono lo ***STESSO TIPO*** (***non tipi compatibili***). Attenzione: comunque solo ***warning*** dal compilatore negli altri casi

ESEMPIO

```
.....
double a[2], *p, *q;
p=a;
q=p+1; /* q =&a[1] */
printf("%d\n", q-p);/* stampa 1 */
printf("%d\n", (int) q - (int) p);
/* stampa 8 */
```

ESEMPIO

Problema:

Scrivere *una funzione* che, dato un array di N interi, ne calcoli il massimo

Si tratta di riprendere l'esercizio già svolto, e impostare la soluzione come funzione anziché codificarla direttamente nel *main()*

Dichiarazione della funzione:

```
int findMax(int v[], int dim);
```

ESEMPIO

Il cliente:

```
int main() {
 int max, v[] = {43,12,7,86};
 max = findMax(v, 4);
}
```

Trasferire esplicitamente la dimensione dell'array è ***NECESSARIO***, *in quanto la funzione, ricevendo solo l'indirizzo iniziale, non avrebbe modo di sapere quando l'array termina (possibile indirizzamento scorretto)*

ESEMPIO

La funzione:

```
int findMax(int v[], int dim) {
 int i, max;
 for (max=v[0], i=1; i<dim; i++)
     if (v[i]>max) max=v[i];
 return max;
}
```

ESEMPIO

Problema:

Scrivere ***una procedura*** che ***copi una stringa*** in un'altra

Codifica:

```
void strcpy(char dest[], char source[]) {
  while (*source) {
          *(dest++) = *(source++); }
  *dest = '\0';
}
```

LIBRERIA SULLE STRINGHE

Il C fornisce una ricca libreria di funzioni per operare sulle stringhe:

```
#include <string.h>
```

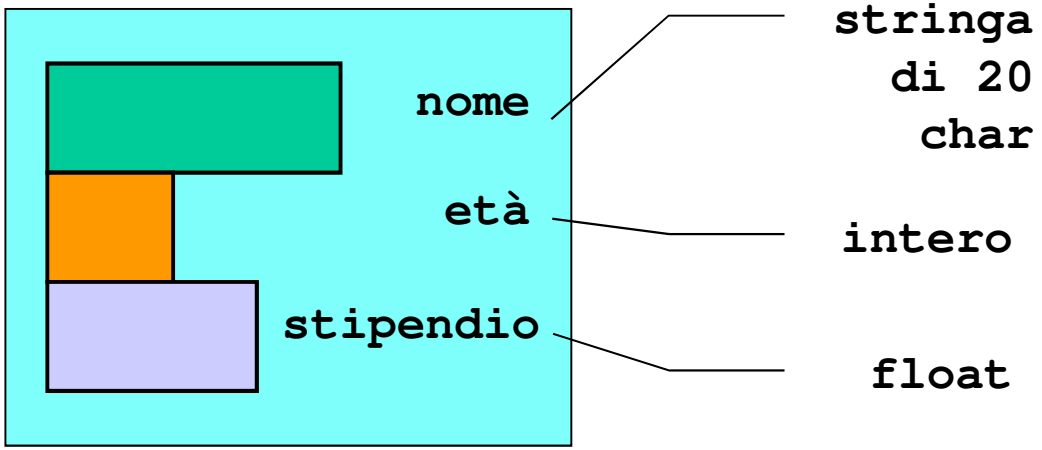
Include funzioni per:

- copiare una stringa in un'altra (**`strcpy`**)
- concatenare due stringhe (**`strcat`**)
- confrontare due stringhe (**`strcmp`**)
- cercare un carattere in una stringa (**`strchr`**)
- cercare una stringa in un'altra (**`strstr`**)
- ...

STRUTTURE

Una *struttura* è una ***collezione finita di variabili non necessariamente dello stesso tipo***, ognuna identificata da un *nome*

struct persona



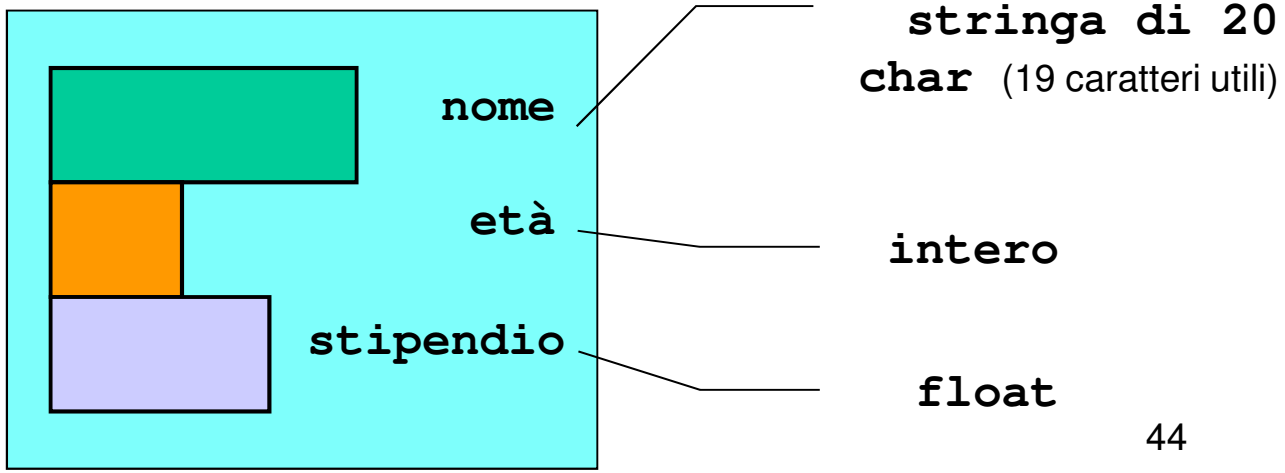

```
struct [<etichetta>] {
    { <definizione-di-variabile> }
 } <nomeVariabile> ;
```

ESEMPIO

```
struct persona {
    char nome[20];
    int  eta;
    float stipendio;
} pers ;
```

Definisce una variabile `pers`

struct persona



ESEMPIO

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

p1 e **p2** sono fatte ciascuna da due interi di nome **x** e **y**

```
struct data {
   int  giorno,mese,anno;
} d ;
```

d è fatta da tre interi di nome **giorno**, **mese** e **anno**

STRUTTURE

Una volta definita una variabile struttura, *si **accede ai singoli campi** mediante la **notazione puntata***

Ad esempio:

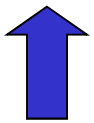
```
p1.x = 10;  p1.y = 20;
p2.x = -1;  p2.y = 12;
d.giorno = 25;
d.mese = 12;
d.anno = 1999;
```

Ogni campo si usa come una normale variabile del tipo corrispondente a quello del campo

STRUTTURE

```
int main(){
   struct frutto {
      char nome[20]; int  peso;
   } f1;
   struct frutto f2 ;

   ...
}
```



Non occorre ripetere l'elenco dei campi perché *è implicito* ***nell'etichetta*** `frutto`, che è già comparsa sopra

ESEMPIO

```
int main(){
  struct frutto {
     char nome[20]; int  peso;
  } f1 = {"mela", 70};
  struct frutto f2 = {"arancio", 50};

  int peso = f1.peso + f2.peso;

}
```

Non c'è alcuna ambiguità fra la variabile **peso** definita nel **main** e quella definita nella **struct**

STRUTTURE

A differenza di quanto accade con gli array, il nome della struttura rappresenta la struttura nel suo complesso

Quindi, è possibile:

- assegnare una struttura a un'altra (`f2 = f1`)
- che una funzione restituisca una struttura

E soprattutto:

- ***passare una struttura come parametro a una funzione significa passarne una copia***

ASSEGNAMENTO TRA STRUTTURE

```
int main(){
  struct frutto {
     char nome[20]; int  peso;
  } f1 = {"mela", 70};
  struct frutto f2 = {"arancio", 50};

  f1 = f2;

 return 0;

}
```

Equivale a copiare `f2.peso` in `f1.peso`, e `f2.nome` in `f1.nome`

```
f1.peso=f2.peso;
strcpy(f1.nome, f2.nome);
```

STRUTTURE passate COME PARAMETRI

- Il nome della struttura rappresenta ***la struttura nel suo complesso***

- quindi, non ci sono problemi nel passare strutture come parametro a una funzione: *avviene il classico* ***passaggio per valore***
  - ***tutti i campi vengono copiati, uno per uno***

- è perciò possibile anche ***restituire come risultato*** una struttura

ESEMPIO

Tipo del valore di ritorno della funzione

```
struct frutto macedonia(
   struct frutto f1, struct frutto f2){
      struct frutto f;
      f.peso = f1.peso + f2.peso;
      strcpy(f.nome, "macedonia");
      return f;
}
```

La funzione di libreria **`strcpy()`** copia la costante stringa **`"macedonia"`** in **`f.nome`**

TIPI DI DATO

- Tipicamente un elaboratore è ***capace*** di trattare **domini di dati di *tipi primitivi***
  - *numeri naturali, interi, reali*
  - *caratteri* e *stringhe di caratteri*

  e quasi sempre anche collezioni di oggetti, mediante la definizione di ***tipi strutturati***
  - *array, strutture*
- Spesso un linguaggio di programmazione permette di **introdurre altri tipi *definiti dall'utente***

TIPI DEFINITI DALL'UTENTE

- In C, l'utente può introdurre ***nuovi tipi*** tramite una ***definizione di tipo***
- **La definizione associa a un identificatore (*nome del tipo*) un tipo di dato**
  - aumenta la leggibilità del programma
  - consente di ragionare per astrazioni
- Linguaggio C consente in particolare di:
  - **ridefinire tipi già esistenti**
  - **definire dei nuovi *tipi strutturati***
  - **definire dei nuovi *tipi enumerativi***

TIPI RIDEFINITI

Un nuovo identificatore di tipo viene dichiarato identico a un tipo già esistente

Schema generale:

```
typedef  TipoEsistente NuovoTipo;
```

Esempio

```
typedef     int MioIntero;
MioIntero   X,Y,Z;
int         W;
```

DEFINIZIONE DI TIPI STRUTTURATI

Abbiamo visto a suo tempo come introdurre *variabili* di tipo array e struttura:

```
char msg1[20], msg2[20];
struct persona {...} p, q;
```

Non potendo però ***dare un nome*** al nuovo tipo, dovevamo ***ripetere la definizione*** per ogni nuova variabile

- per le strutture potevamo evitare di ripetere la parte fra {..}, ma **`struct persona`** andava ripetuto comunque

DEFINIZIONE DI TIPI STRUTTURATI

Ora siamo in grado di ***definire nuovi tipi*** **array e struttura**:

```
typedef char string[20];
typedef struct {... } persona;
```

Ciò consente di *non dover più ripetere la definizione per esteso* ogni volta che si definisce una nuova variabile:

```
string s1, s2;  /* due stringhe di 20 caratteri */
persona p1, p2;  /* due strutture "persona" */
```

- per le strutture, ciò rende ***quasi sempre inutile specificare etichetta*** dopo parola chiave **`struct`**

TIPI ENUMERATIVI

Un ***tipo enumerativo*** viene specificato tramite ***l'elenco dei valori*** che i dati di quel tipo possono assumere

Schema generale:

```
typedef enum {
   a1, a2, a3, ... , aN } EnumType;
```

Il compilatore associa a ciascun "identificativo di valore" a_1, .., a_N un *numero naturale* (0,1,...), che viene usato nella valutazione di espressioni che coinvolgono il nuovo tipo

TIPI ENUMERATIVI

Gli "identificativi di valore" $a_1, \ldots, a_N$
sono a tutti gli effetti delle ***nuove costanti***

Esempi:

```
typedef enum {
  lu, ma, me, gi, ve, sa, dom} Giorni;
typedef enum {
  cuori, picche, quadri, fiori} Carte;

Carte   C1, C2, C3, C4, C5;
Giorni  Giorno;
if (Giorno == dom) /* giorno festivo */
else /* giorno feriale */
```

TIPI ENUMERATIVI

Un "identificativo di valore" può comparire *una sola volta* nella definizione di *un solo tipo*, altrimenti si ha ambiguità

Esempio:

```
typedef enum {
  lu, ma, me, gi, ve, sa, dom} Giorni;

typedef enum { lu, ma, me} PrimiGiorni;
```

La definizione del secondo tipo enumerativo è ***scorretta***, perché gli identificatori `lu, ma, me` sono già stati usati altrove

TIPI ENUMERATIVI

Un tipo enumerativo è *totalmente ordinato:*
vale l'ordine con cui gli identificativi di valore sono stati elencati nella definizione

Esempio:

```
typedef enum {
  lu, ma, me, gi, ve, sa, dom} Giorni;
```

Data questa definizione,

`lu < ma` *è vera*

`lu >= sa` *è falsa*

in quanto `lu` ↔ 0, `ma` ↔ 1, `me` ↔ 2, ...

IL TIPO BOOLEAN

Il boolean non esiste in C, ma si può facilmente definire in termini di tipo enumerativo:

```
typedef enum { false, true }
Boolean;
```

Di conseguenza:

`false` $\leftrightarrow$ 0, **`true`** $\leftrightarrow$ 1

`false` < **`true`**