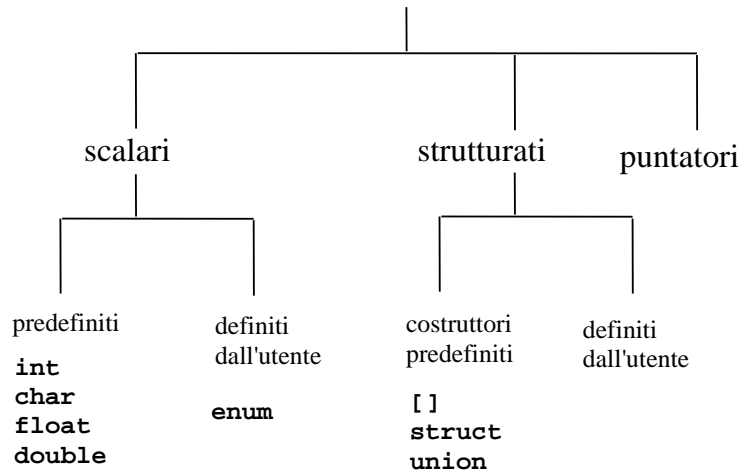


TIPI DI DATO

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



1

TIPI DI DATO

In C si possono *definire tipi strutturati*

Vi sono due *costruttori* fondamentali:

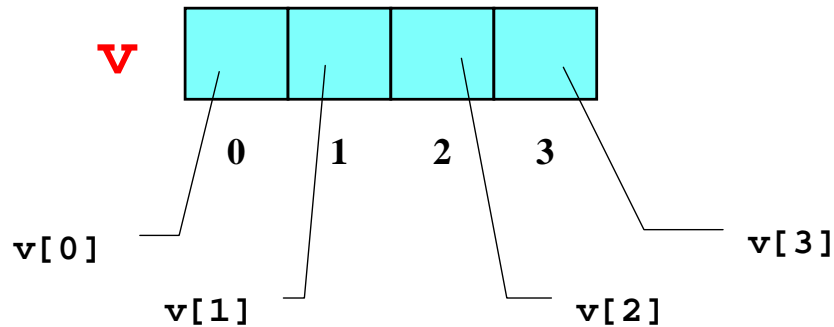
[] (array)

struct (strutture)

2

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**



3

ARRAY (VETTORI)

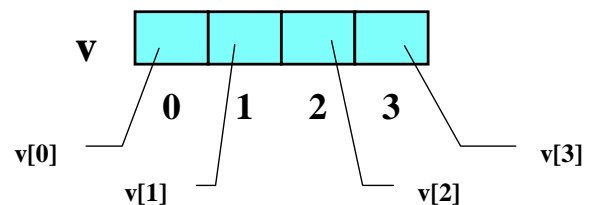
Definizione di una variabile di tipo array:

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

Esempi:

```
int v[4];
```

```
char nome[20];
```



ATTENZIONE: Sbagliato

```
int N;
```

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

Il compilatore non sa quanta memoria allocare per l'array

4

ESEMPIO

Problema: leggere da tastiera gli elementi di un vettore

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

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

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

5

ESEMPIO

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

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

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

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

6

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*

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

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

7

ESEMPIO

Codifica:

```
#define DIM 4
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 */
}
```

Espressione di
inizializzazione
di un array

8

ESEMPIO

Codifica:

```
#define DIM 4
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 */
}
```

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

9

ESEMPIO

Anziché inizializzare l'array a priori, calcoliamo i valori iniziali come parte dell'algoritmo

```
#define DIM 4
main() {
    int i, max, v[DIM];
    for (i=0; i<DIM; i++) v[i]=i+1;
    max=v[0];
    for (i=1; i<DIM; i++)
        if (v[i]>max) max=v[i];
}
```

Nessuna inizializzazione

Calcolo valori iniziali

10

DIMENSIONE FISICA VS. LOGICA

Un array è una **collezione finita di N celle dello stesso tipo**

- 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*

11

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

12

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

13

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

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

14

ESEMPIO

Codifica:

```
#define DIM 10
```

```
main() {
```

```
    int k, v[DIM] = {273, 340, 467, -1};
```

```
    int media, s=0;
```

```
    for (k=0; (k<DIM) && (v[k]>=0); k++)  
        s += v[k];
```

```
    media = s / k;
```

```
}
```

Dimensione fisica = 10

Dimensione logica = 4

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

STRINGHE: ARRAY DI CARATTERI

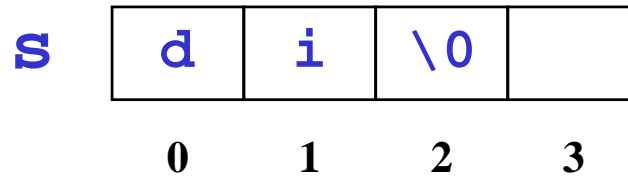
Una *stringa* di caratteri in C è un *array di caratteri terminato dal carattere ' \0 '*

s	a	p	e	\0
	0	1	2	3

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

17

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

18

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);

```

19

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

20

ESEMPIO 1

Specifica:

- scandire uno a uno gli elementi **di equal 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**

21

ESEMPIO 1

Codifica:

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

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*

23

ESEMPIO 2

Codifica: copia della stringa carattere per carattere

```
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';  
}
```

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

24

ESEMPIO 2

Perché non fare così?

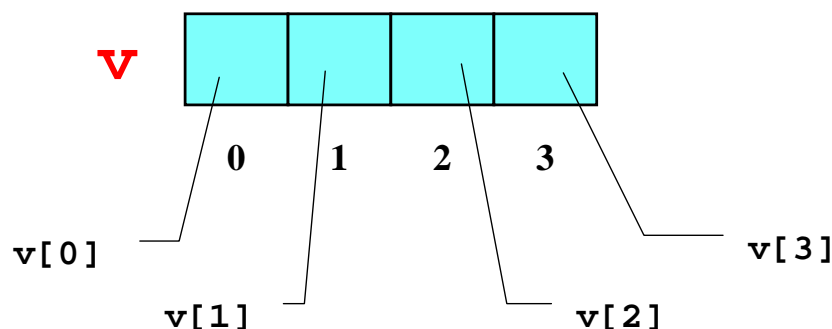
```
main() {  
    char s[] = "Nel mezzo del cammin di";  
    char s2[40];  
    s2 = s;  
}
```

ERRORE DI COMPILAZIONE:
incompatible types in assignment

**GLI ARRAY NON POSSONO
ESSERE MANIPOLATI NELLA LORO INTEREZZA**

ARRAY: IMPLEMENTAZIONE in C

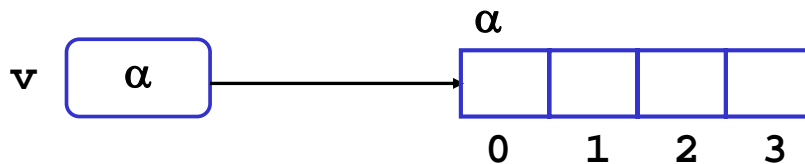
Un *array* è una collezione finita di N variabili dello stesso tipo, ognuna identificata da un *indice* compreso fra 0 e N-1



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***: $v \equiv \&v[0] \equiv \alpha$

27

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:

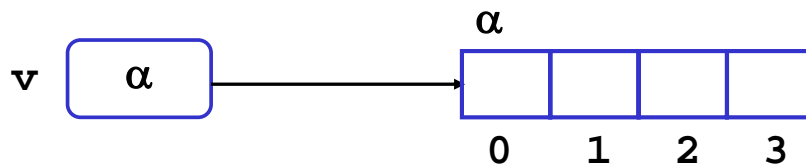
- *assegnare un array a un altro (`s2 = s`)*
- *che una funzione restituisca un array*
- *passare un array come parametro a una funzione non significa affatto passare l'intero array*

28

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
($v \equiv \&v[0] \equiv \alpha$)



29

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

$$(v \equiv \&v[0] \equiv \alpha)$$

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

30

RIASSUMENDO...

A livello fisico:

- il C passa i parametri ***sempre e solo per valore***
- nel caso di un array, si passa il suo indirizzo iniziale ($v \equiv \&v[0] \equiv \alpha$) *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***

31

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*

32


ESEMPIO

Problema:

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

Nel caso delle stringhe, non è necessario indicare alla funzione la dimensione dell'array perché può essere dedotta dalla posizione dello '\0'. Si può anche usare `lunghezza(char *s)`

Codifica:

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

33

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)`

34

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

$$*v \equiv v[0]$$

35

ARITMETICA DEI PUNTATORI (1)

Oltre a $*v \equiv v[0]$, vale anche:

$$*(v+1) \equiv v[1]$$

...

$$*(v+i) \equiv v[i]$$

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**)

36

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

37

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);
```

38

ESEMPIO

Il cliente:

```
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)

39

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;  
}
```

40

ESEMPIO

La funzione:

Per assicurarsi che la funzione NON modifichi l'array (passato per riferimento), si può imporre la qualifica `const`. Se si tentano modifiche:
cannot modify a const object



```
int findMax(const 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;  
}
```

41

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';  
}
```

42

LIBRERIA SULLE STRINGHE

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

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

Include funzioni per:

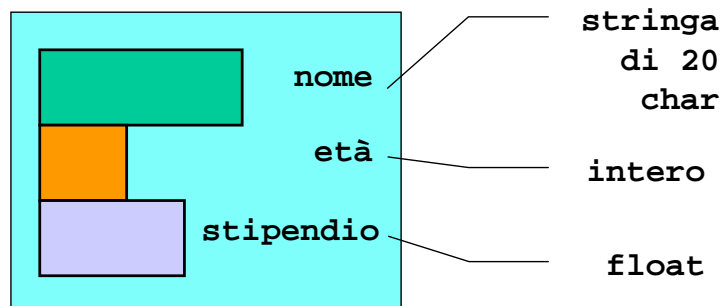
- copiare una stringa in un'altra (`strcpy`)
- concatenare due stringhe (`strcat`)
- confrontare due stringhe (`strcmp`)
- cercare un carattere in una stringa (`strchr`)
- cercare una stringa in un'altra (`strstr`)
- ...

43

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> ;
```

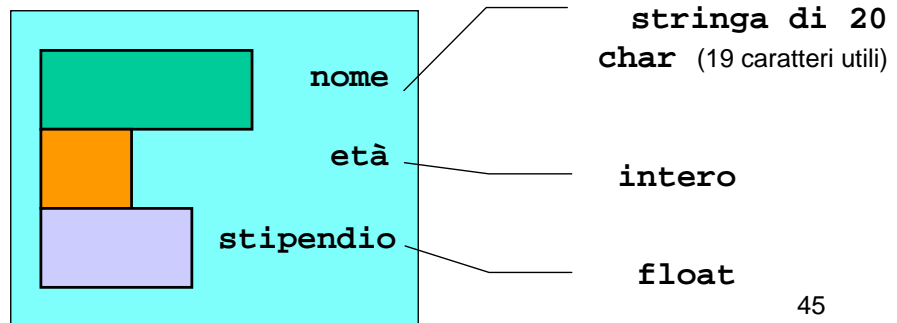
44

ESEMPIO

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

Definisce una variabile
pers

struct
persona



45

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

46

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

47

STRUTTURE

```
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

48

ESEMPIO

```
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 perché ogni variabile di nome `peso` è definita nella propria struct

49

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***

50

ASSEGNAZIONE TRA STRUTTURE

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

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`

53

ESEMPIO

PROBLEMA: leggere le coordinate di un punto in un piano e modificarle a seconda dell'operazione richiesta

1. proiezione sull'asse X
2. proiezione sull'asse Y
3. traslazione di DX e DY

Specifica:

- leggere le coordinate di input e memorizzarle in una struttura
- leggere l'operazione richiesta
- effettuare l'operazione
- stampare il risultato

54

ESEMPIO

```
#include <stdio.h>
main()
{ struct punto{float x,y;} P;
  unsigned int op;
  float Dx, Dy;
  printf("ascissa? "); scanf("%f",&P.x);
  printf("ordinata? "); scanf("%f",&P.y);
  printf("%s\n","operazione(0,1,2,3)?");
  scanf("%d",&op);
  switch (op)
  {case 1: P.y=0;break;
   case 2: P.x=0; break;
   case 3: printf("%s","Traslazione?");
            scanf("%f%f",&Dx,&Dy);
            P.x=P.x + Dx;
            P.y=P.y + Dy;
            break;
   default: ;
  }
  printf("%s\n","Le nuove coordinate sono");
  printf("%f%s%f\n",P.x," ",P.y);
}
```