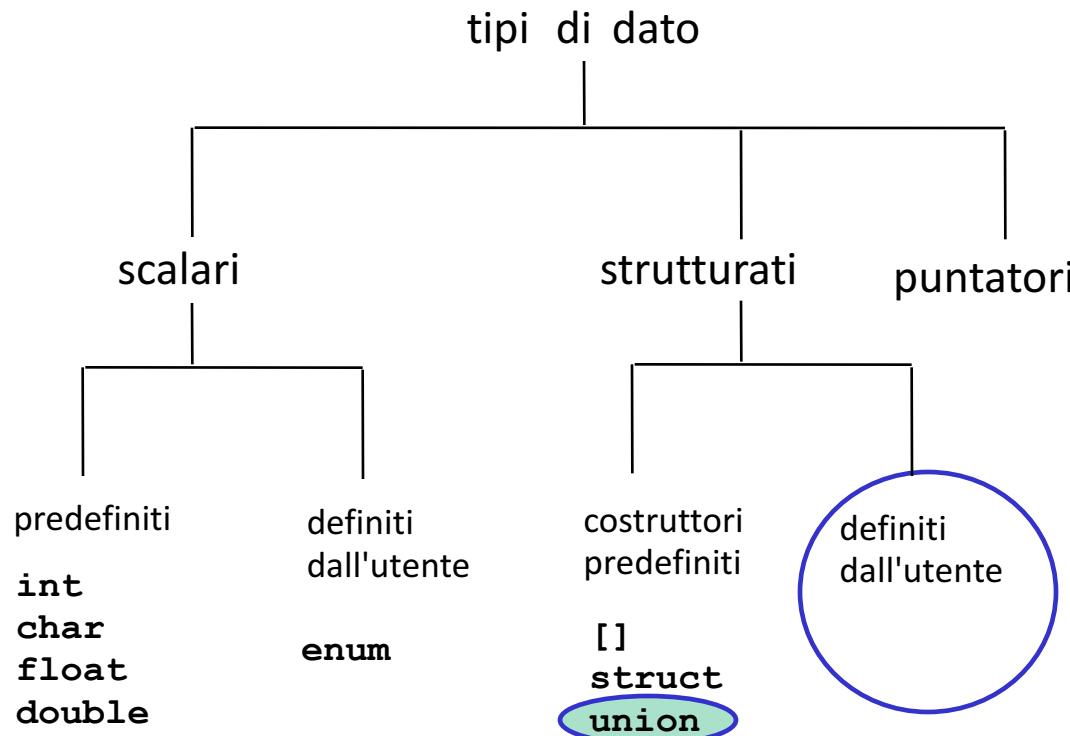


TIPI DI DATO

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:

[]

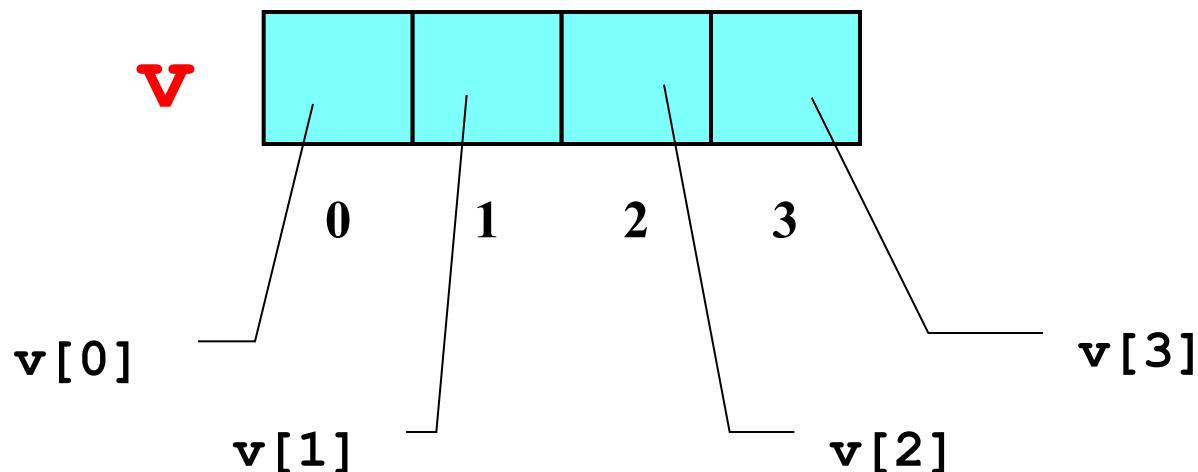
(array)

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 $N-1$**



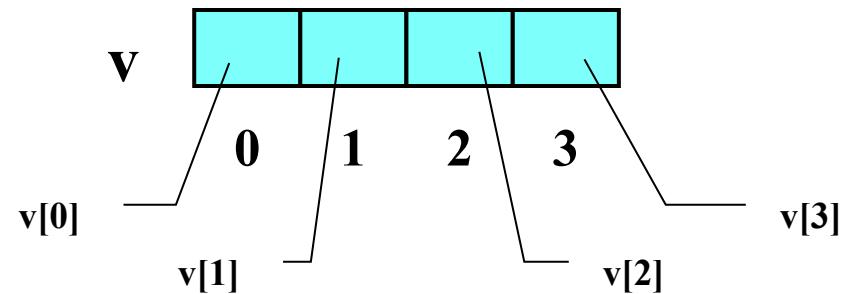
ARRAY (VETTORI)

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

<tipo><nome> [<espr-costante-postiva>] ;

Esempi:

```
int v[4];  
char nome[20];  
int s[4*2];  
char nome[20]
```



ATTENZIONE: Da evitare

```
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]);
  }
}
```

- E' bene definire la lunghezza di un array tramite una macro (`#define`).

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++;
}
}
```

ESEMPIO

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

Specifiche 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 **maggior**e 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 $m_{n-1} \geq v[0], v[1] \dots v[n-1]$

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 */
}
```

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 */
}
```

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

Nota: il programma dovrebbe in realtà leggere i valori del vettore da tastiera

Note su inizializzazione

- Se specifichiamo in inizializzazione un numero di valori minore del numero di elementi dell'array gli elementi esclusi sono inizializzati a zero;

```
#define DIM 4  
int main() {  
    int v[DIM] = {43,12};....
```

- Se specifichiamo in inizializzazione un numero di valori maggiore del numero di elementi dell'array gli elementi in eccesso sono ignorati.

```
#define DIM 4  
int main() {  
    int v[DIM] = {43,12,17,22,31,40};....
```

DIMENSIONE FISICA VS. LOGICA

Un array è una **collezione finita di N celle dello stesso tipo disposte in locazioni di memoria successive e contigue**. 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
espresso 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 (intera) 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

Specifiche 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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} s_{N-1} &= s_{N-2} + v[N-1], \\ k_N &= N \end{aligned}$$

ESEMPIO

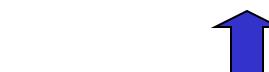
Codifica:

```
#define DIM 10
int 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

Numero valori utili = 3



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

ESERCIZIO: Lettura/Scrittura Array

Non è possibile leggere/scrivere un intero vettore con un'unica operazione (a parte il caso particolare delle **stringhe**); occorre leggere/scrivere ognuno dei suoi componenti

```
int main() {  
    int i,frequenza[25];  
    for (i=0; i<25; i++)  
    {    scanf("%d",&frequenza[i]);  
        frequenza[i]=frequenza[i]+1;  
    } /* legge a terminale le componenti del  
        vettore frequenza e le incrementa  
    */  
}
```

ESERCIZIO: Assegnamento

Anche se due variabili vettore sono dello **stesso tipo**, NON è possibile l'assegnamento diretto:

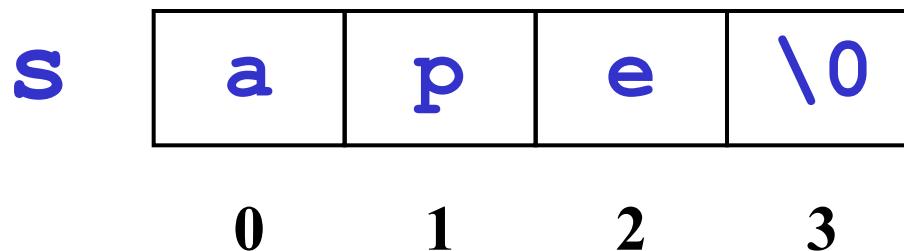
```
int F[25], frequenza[25];  
F = frequenza;           /* NO */
```

ma **occorre copiare componente per componente**:

```
for (i=0; i<25; i++)  
    F[i] = frequenza[i];
```

STRINGHE: ARRAY DI CARATTERI

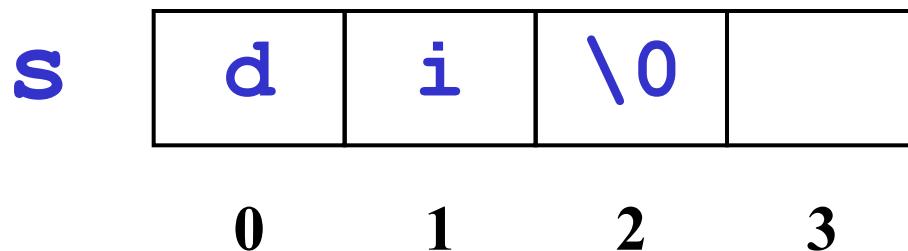
Una *stringa di caratteri* in C è un *array di caratteri terminato dal carattere '\0'* (codificato come 0 in codice ascii)



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 ($s_1 < s_2$, $s_1 == s_2$, $s_2 < s_1$), *un valore logico boolean non basterebbe*
- Si può decidere di utilizzare:
 - *un intero (negativo, zero, positivo)*

ESEMPIO 1

Specifiche:

- 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];  
    .....  
}
```

negativo \leftrightarrow s1 precede s2
positivo \leftrightarrow s2 precede s1
zero \leftrightarrow 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’

Specifiche:

- 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';  
}
```

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?

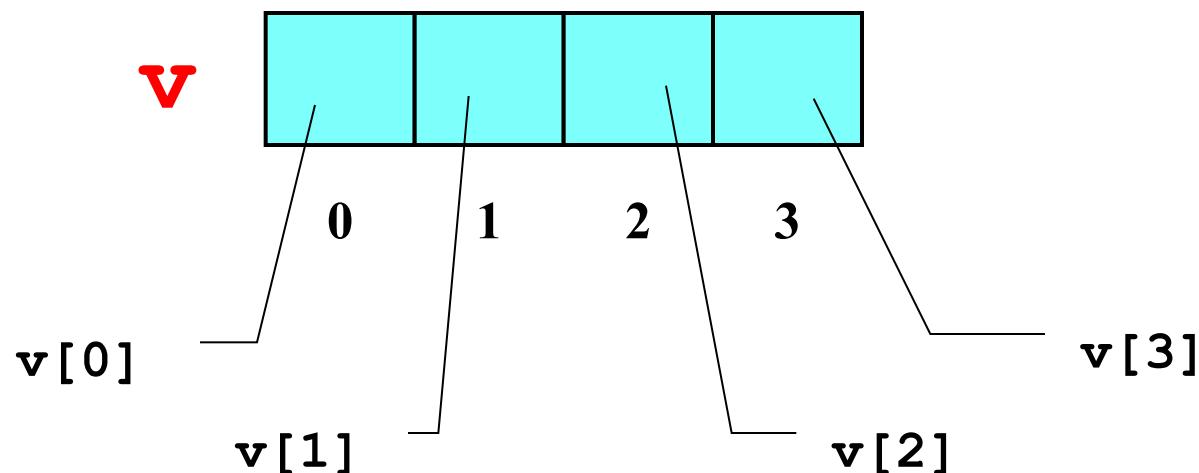
```
int main() {  
    char s[] = "Nel mezzo del cammin di";  
    char s2[40];  
    s2 = s;  
}
```

ERRORE DI COMPILAZIONE:
incompatible types in assignment

GLI ARRAY NON POSSONO
ESSERE MANIPOLATI NELLA LORO INTEREZZA

ARRAY: IMPLEMENTAZIONE in C

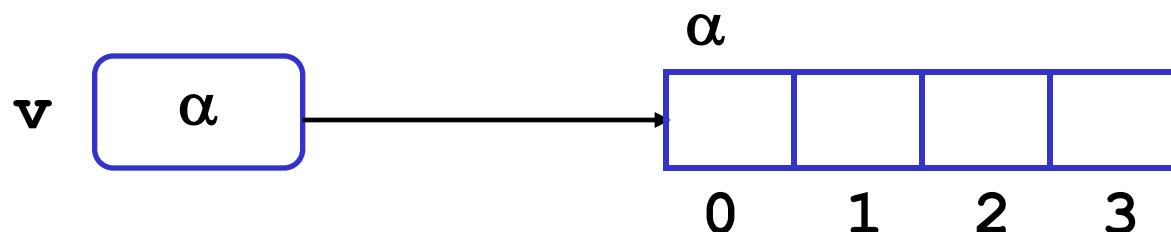
Un *array* è una collezione finita di N variabili dello stesso tipo, ognuna identificata da un indice compreso fra 0 e $N-1$



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

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

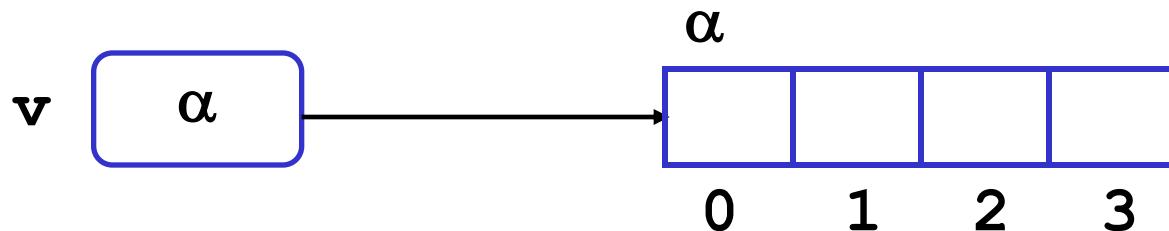
Quindi NON è possibile:

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



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
 $(\mathbf{v} \equiv \&\mathbf{v}[0] \equiv \alpha)$

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

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;  
}
```



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

$$\star v \equiv v[0]$$

ARITMETICA DEI PUNTATORI (1)

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

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

...

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

Gli operatori \star 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 e sottrazione 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 **STESO 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

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: $*(\text{s} + \text{lung})$

Altre versioni più .. criptiche

- Versione 2

```
int lunghezza(char *s)
{
    char *s0 = s;
    while (*s) s++;
    return s-s0;
}
```

- Versione 3

```
int lunghezza(char *s)
{
    char *s0 = s;
    while (*s++);
    return s-s0-1;
}
```

1. Viene dereferenziato il puntatore e usato nel test

2. Viene incrementato il puntatore (e non il valore puntato)

→ Gli operatori unari * e ++ sono equiprioritari e associativi da destra a sinistra!

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';  
}
```