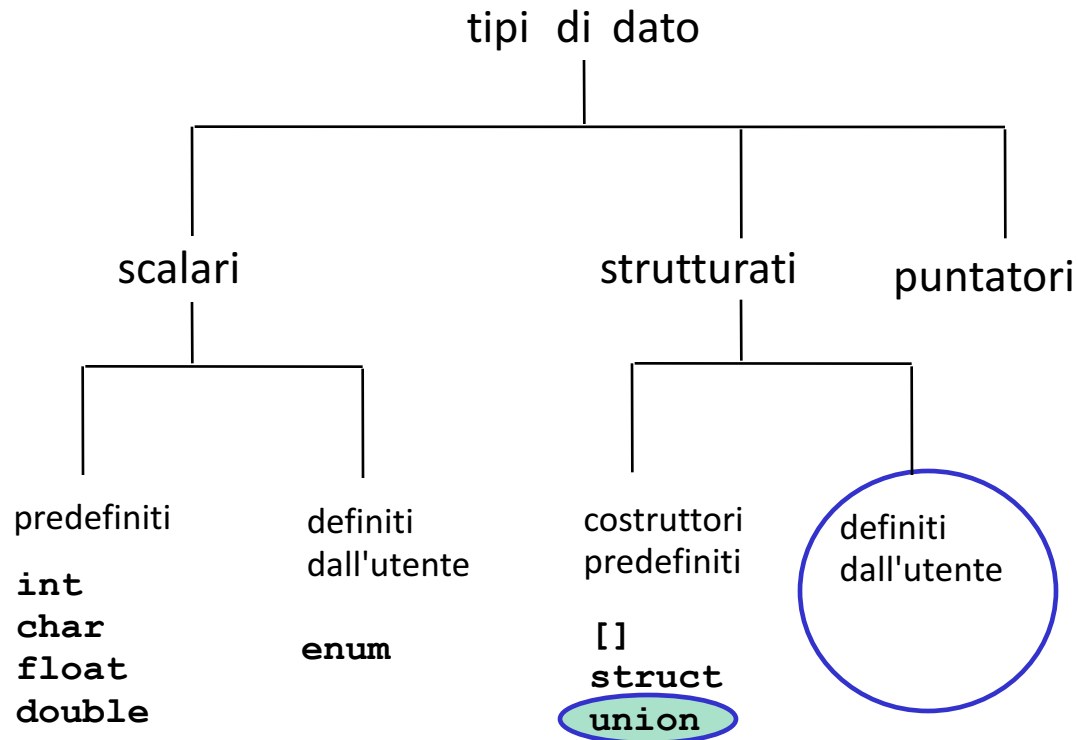


# TIPI DI DATO

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:

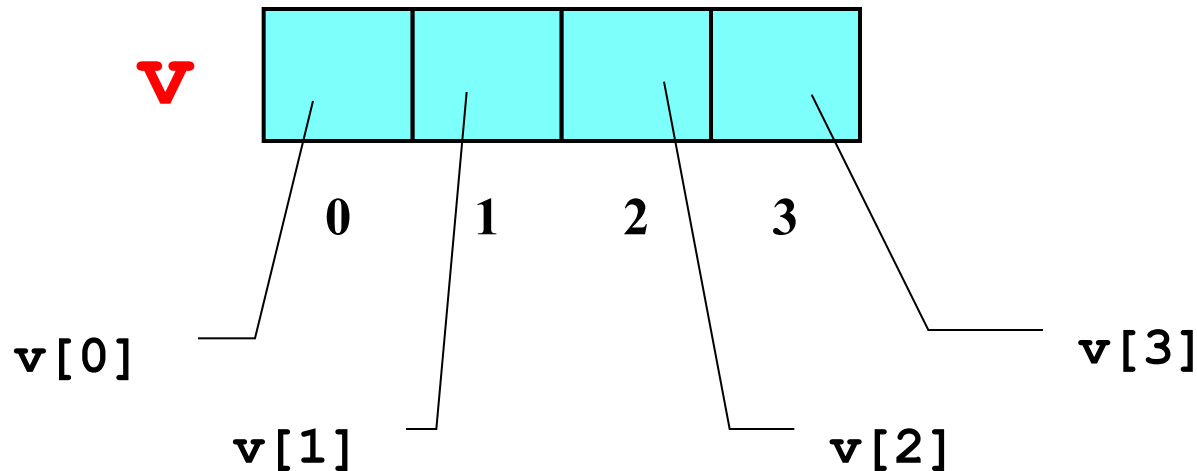
[ ] (array)

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>] ;`

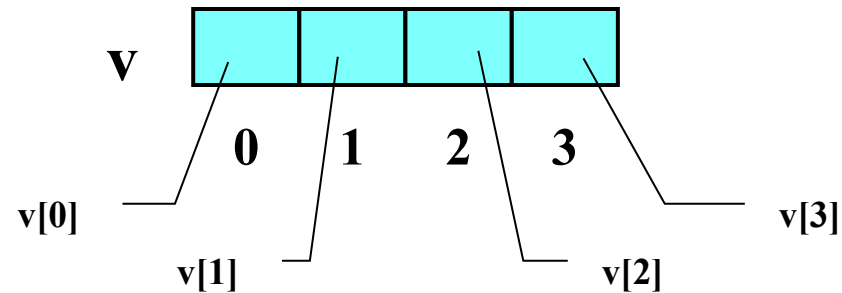
**Esempi:**

```
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

## 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  
$$m_{n-1} \geq v[0], v[1] \dots v[n-1]$$

# 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 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*** (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

## 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

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

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 ( $k < DIM$ )

# 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**:

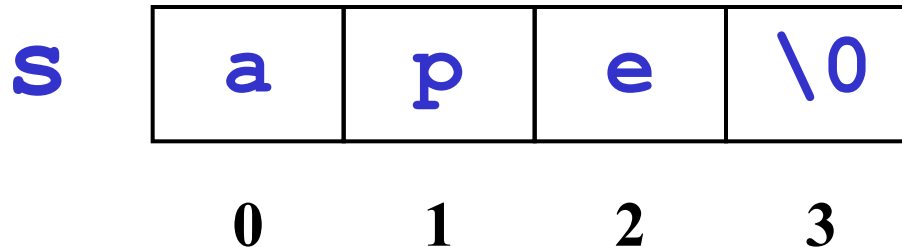
```
for (i=0; i<25; i++)  
    F[i] = frequenza[i];
```

# 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)

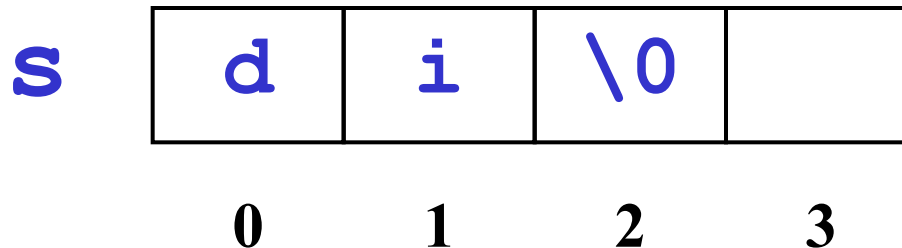


Un vettore di N caratteri può dunque ospitare stringhe *lunghe al più N-1 caratteri*, perché una cella è destinata al ***terminatore '\0'***

# 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 ( $s1 < s2$ ,  $s1 == s2$ ,  $s2 < s1$ ), *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 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***

# 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’

## 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';  
}
```

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;  
}
```

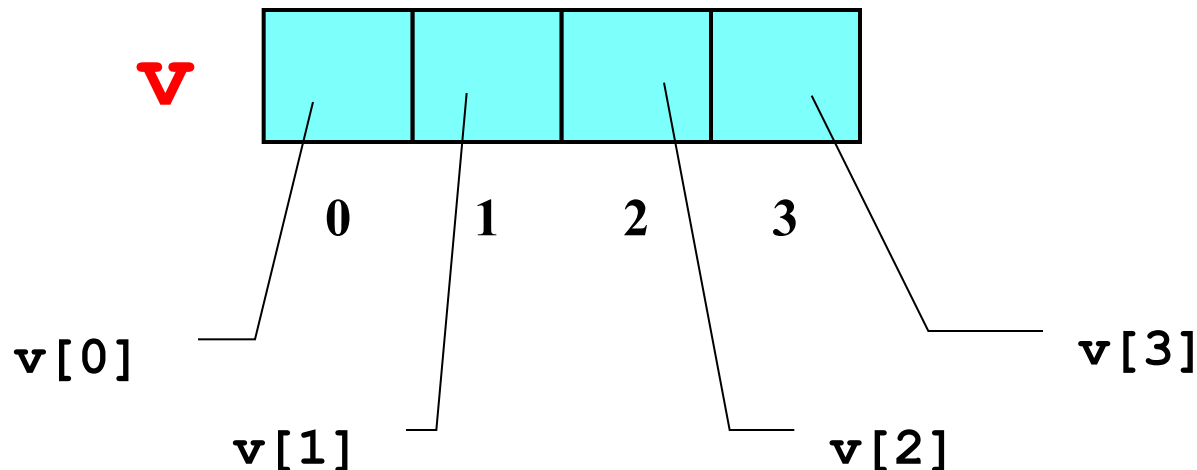
ERRORE DI COMPILAZIONE:  
*incompatible types in assignment*

**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  $N-1$

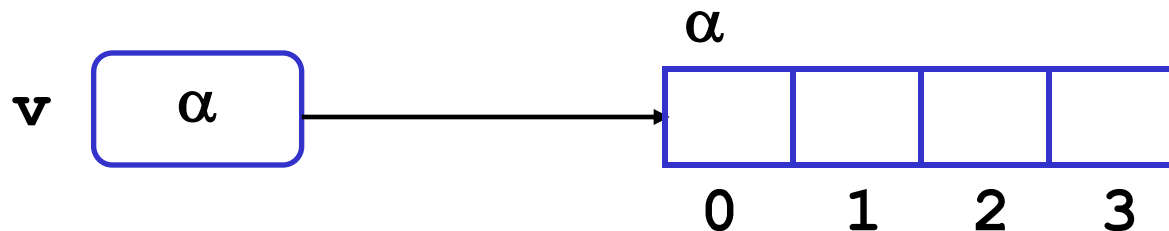


Le cose non stanno proprio così...

# 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:***  $\mathbf{v \equiv \&v[0] \equiv \alpha}$

# 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:

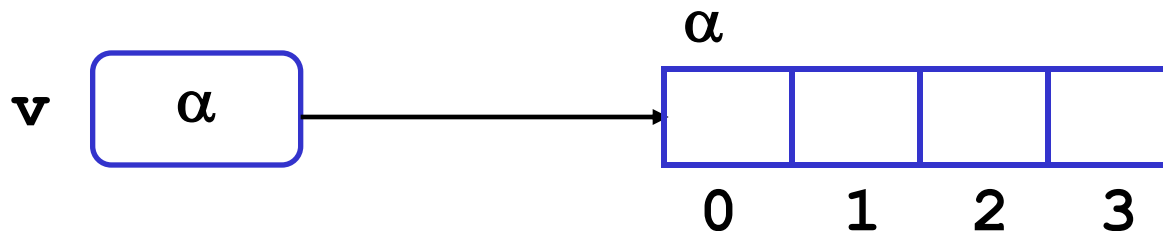
- *assegnare un array a un altro array (~~s2 = s~~)*
- *che una funzione restituisca un array*
- *passare un array come parametro a una funzione*  
*non significa affatto passare l'intero array*

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



# 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

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

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

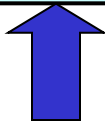
# ESEMPIO

## 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*

$$\mathbf{*v} \equiv \mathbf{v[0]}$$

# 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**)

## 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 **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

---

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)

# 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';  
}
```