Fondamenti di Informatica

Allievi Automatici
A.A. 2015-16

Puntatori

Variabili "rivisitate"

- Finora l'accesso alle variabili è avvenuto soprattutto tramite il *nome* (identificatore):

```
x = a;
```

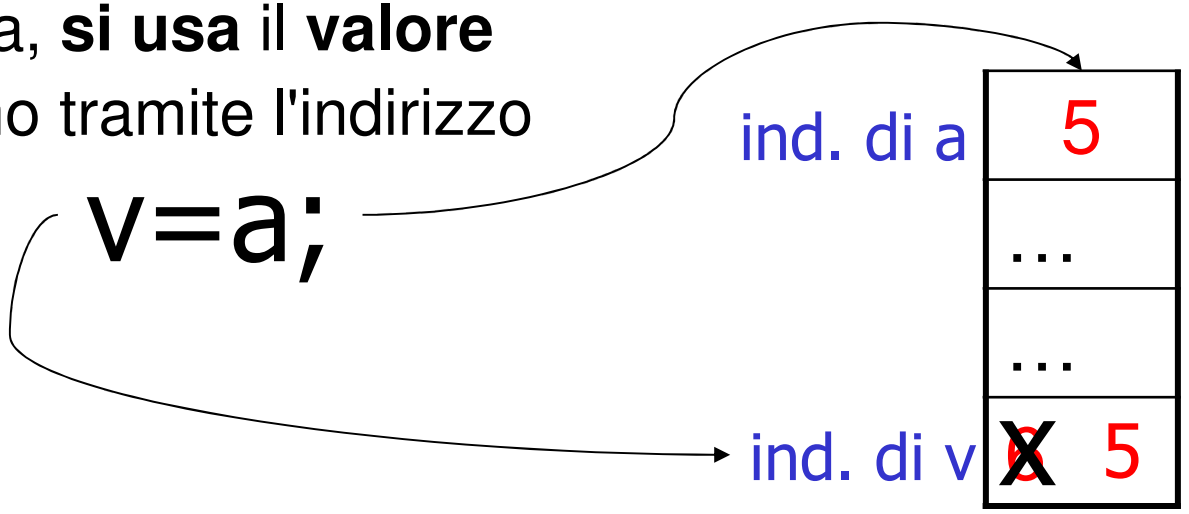
- Il valore contenuto nella cella identificata da **`a`** è memorizzato nella cella identificata da **`x`**
  - È possibile che le variabili occupino più celle
- Ma che cos'altro identifica una variabile?
  - Più volte si è parlato di *indirizzi* (assembler, scanf, operatore &, array, …)

Indirizzi e valori

- Ogni variabile ha, tra gli elementi che la caratterizzano:
  - ***Indirizzo***: è l'indirizzo della locazione di memoria associata alla variabile (indirizzo della *prima* cella)
  - ***Valore***: è il valore contenuto nella locazione di memoria associata alla variabile
- L'indirizzo è immutabile: solo il valore muta durante l'esecuzione del programma
  - La variabile, cioè, cambia valore ma **non si sposta**

Indirizzi e valori: gli assegnamenti

- Quando una variabile è a sinistra di un assegnamento, **si usa** l'**indirizzo** per andarne a **modificare** il **valore**
- Quando è a destra, **si usa** il **valore**
  - a cui accediamo tramite l'indirizzo



Gli identificatori servono "a noi" per distinguere agevolmente le variabili, ma per accedere alla RAM l'esecutore usa (ovviamente) gli indirizzi

Indirizzi

- In alcuni linguaggi di programmazione non è possibile (per il programmatore) conoscere gli indirizzi delle variabili
  - Esempio: **Java**
- In C è possible conoscere l'indirizzo delle locazioni di memoria associate alle variabili, mediante l'operatore **&**

L'operatore **&**

```
int main() {
    int x = 3;
    printf ( "indirizzo di x : %p \n", &x );
    printf ( "valore di x : %d \n", x );
}
```

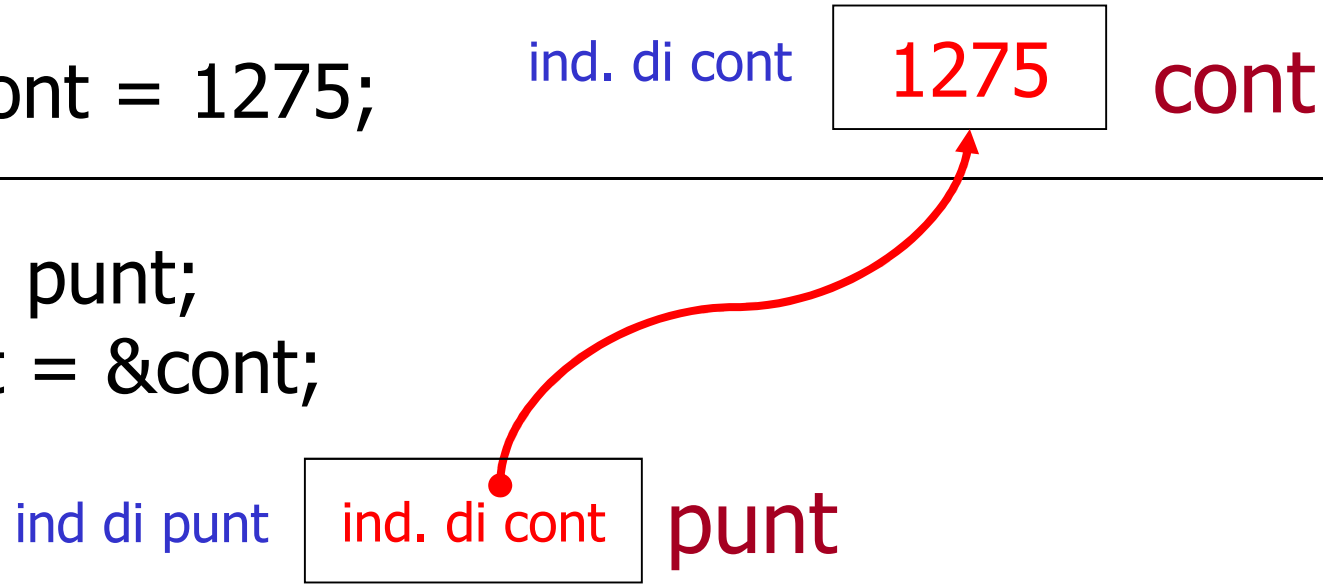
Output del programma:

```
indirizzo di x : 0xbffff984
valore di x : 3
```

I puntatori

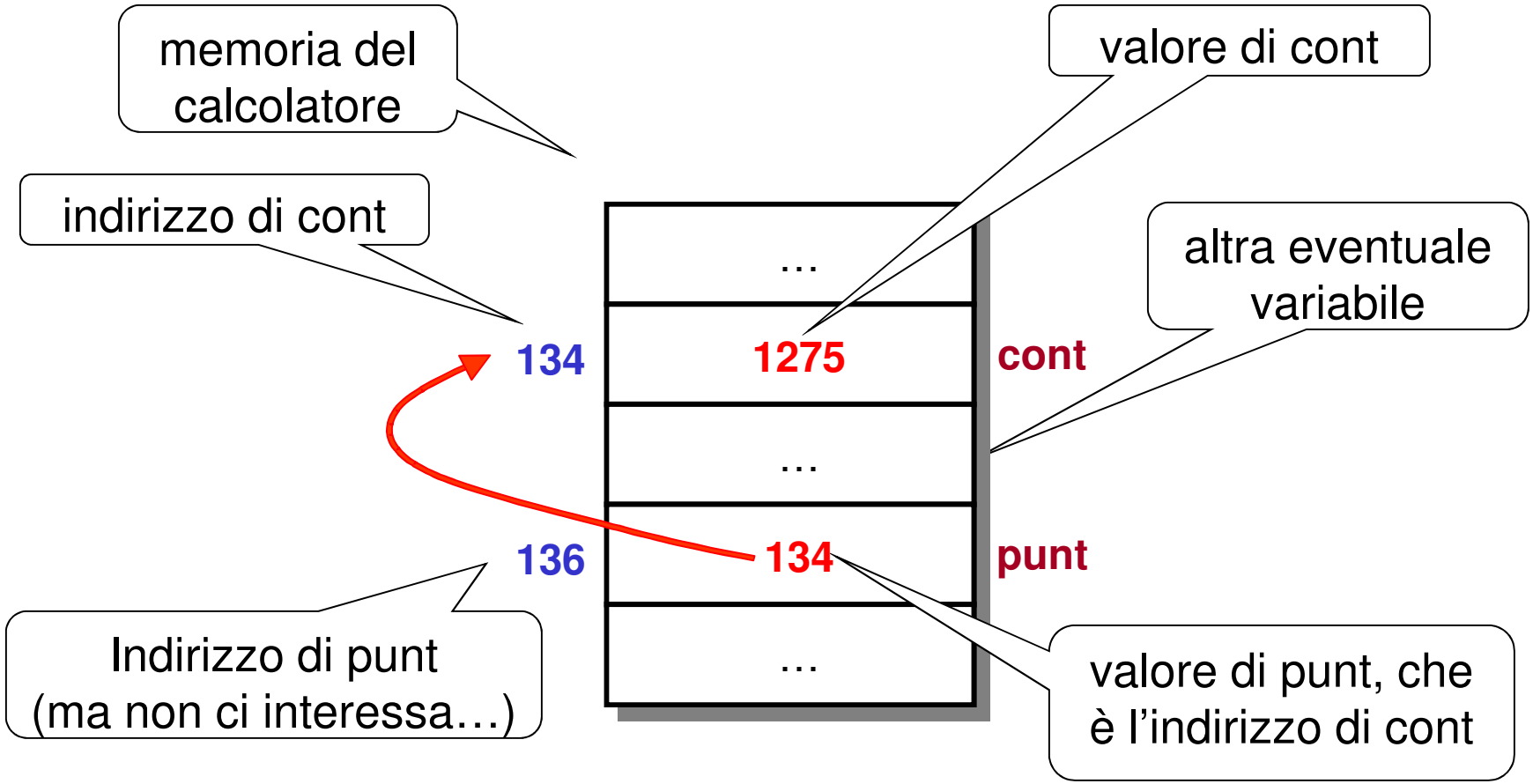
- Le variabili ***puntatore*** sono variabili il cui valore è l'indirizzo di un'altra variabile

```
int cont = 1275;
```




```
int * punt;
punt = &cont;
```

O anche …


memoria del calcolatore
valore di cont
indirizzo di cont
altra eventuale variabile
…
134
1275
cont
…
136
134
punt
…
Indirizzo di punt (ma non ci interessa…)
valore di punt, che è l'indirizzo di cont

Dichiarare i puntatori

- typedef Tipo *TipoRef;
  - TipoRef è un puntatore a dati di tipo Tipo
    - typedef int *intRef;
    - intRef myRef, yourRef;
    - int * herRef; /* *abbreviazione* */
  - ATTENZIONE: *puntatori a dati di tipo diverso sono variabili di tipo diverso*
  - Suggerimento: usare "Ref" (o Punt) in coda al nome per denotare i puntatori

Il modello

Quando abbiamo **myRef = &x;** lo rappresentiamo così:

Diciamo che
myRef ***punta a*** x

come possiamo accedere al valore di questa variabile usando myRef?

dereferenziazione: *myRef

Dereferenziazione

- L'operatore unario * è detto di *dereferenziazione*
- Permette di estrarre il **valore** della variabile puntata dal puntatore che è argomento dell'operatore

```
typedef int * punt_a_int;
```

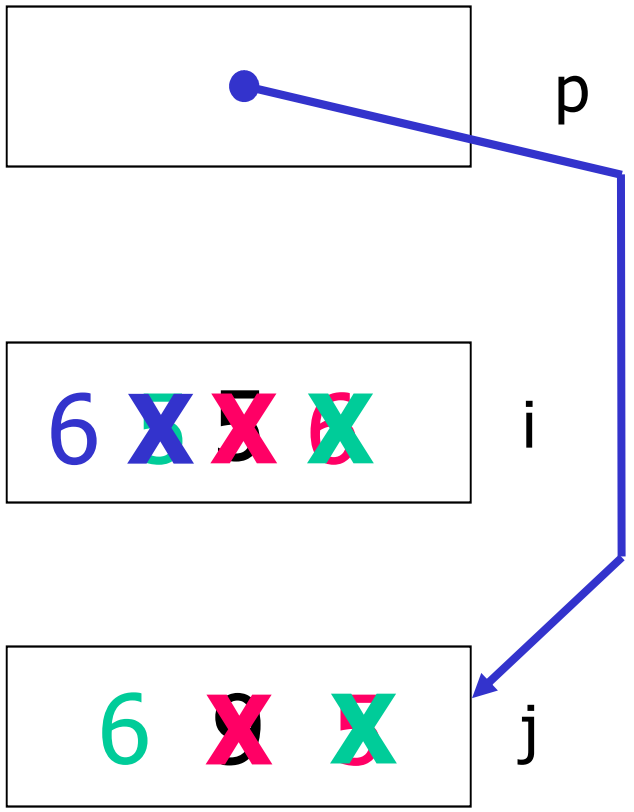
si legge anche dicendo che dereferenziando un **`punt_a_int`** si ottiene un **`int`**

```
int x  = 3;
int * p = &x; /* inizializzazione di p */

printf("il valore di x e' %d\n", *p);
```

Esercizio: simulazione di esecuzione

```
typedef int * punt;
punt p;
int i = 5, j = 9;
p = &j;
*p = i;
++i;
i = *p;
(*p)++;
p = &i;
*p = j;
```



Puntatori: riassunto

- `int *` è la dichiarazione di un puntatore `p` a un intero

  ```
  int i, *p;
  ```

- Con `&i` si denota l'indirizzo della variabile `i`
- `&` è l'operatore che restituisce l'indirizzo di una variabile

  ```
  p = &i;
  ```
  (operatore di referenziazione)

- L'operatore opposto è `*`, che restituisce il valore puntato

  ```
  i = *p;
  ```
  (operatore di dereferenziazione)

- **Attenzione:** non si confondano i molteplici usi dell'asterisco (**moltiplicazione**, **dichiarazione** di puntatore, e **dereferenziazione**)

Esercizio

- Spiegare la differenza tra

```
p = q;
```

e

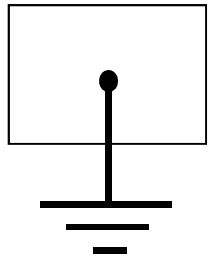
```
*p = *q;
```

- Nel primo caso si impone che il puntatore **`p`** punti alla stessa variabile a cui punta **`q`**
- Nel secondo caso si assegna il **valore** della variabile puntata da **`q`** al **valore** della variabile puntata da **`p`**

Il valore NULL

- NULL: costante simbolica che rappresenta un valore speciale che può essere assegnato a un puntatore
- Significa che la variabile non punta a niente
  - È un errore dereferenziare la variabile
- Standard ANSI: impone che NULL rappresenti il valore 0
  - Test di nullità di un puntatore: if (p == NULL) oppure if (!p)
  - Test di non nullità: if (p != NULL) oppure if (p)
- Utilizziamo il simbolo della "messa a terra"

myRef



myRef = NULL;

Inizializzazione dei puntatori

- Il valore iniziale di un puntatore **dovrebbe essere la costante speciale NULL**
- NULL significa che **non ci si riferisce ad alcuna cella di memoria**
- Dereferenziando NULL si ha un **errore in esecuzione**
- *Come al solito, non bisogna **MAI** fare affidamento sulle inizializzazioni implicite delle variabili che il C potrebbe fare*
  - *Alcune implementazioni inizializzano a NULL*

Esempi di dichiarazioni

```
typedef TipoDato *TipoPuntatore;
typedef AltroTipoDato *AltroTipoPuntatore;

TipoDato *Puntatore;
TipoDato **DoppioPunt; /* DoppioPuntatore punta a un
                          puntatore a TipoDato */
TipoPuntatore P, Q;
AltroTipoPuntatore P1, Q1;
TipoDato x, y;
AltroTipoDato z, w;
```

Esempi di istruzioni

CORRETTE

```
Puntatore = &y;
DoppioPunt = &P;
y = **DoppioPunt
Q1 = &z;
P = &x;
P = Q;
*P = *Q;
*Puntatore = x;
P = *DoppioPunt;
z = *P1;
Puntatore = P;
```

SCORRETTE

```
P1 = P;
w = *P;
*DoppioPunt = y;
Puntatore = DoppioPunt;
*P1 = *Q;
```

Puntatori e tipo delle variabili puntate

- Il compilatore segnala l'uso di puntatori a dati di tipo diverso da quello a cui dovrebbero puntare
  - In forma di warning: sono errori *potenziali*
- I tipi "puntatore a tipo x" e "puntatore a tipo y" sono diversi tra loro
- Il tipo **void ***, però, è compatibile con i puntatori a tutti i tipi

Struct e puntatori

```
typedef struct {
    int    PrimoCampo;
    char   SecondoCampo;
} TipoDato;
TipoDato t;
TipoDato * p = &t;
```

Sintassi per accedere ai campi di una struct tramite un puntatore p

```
p->PrimoCampo   = 12;
(*p).PrimoCampo = 12;
```

} *equivalenti*

Esempio: assegna a due puntatori l'indirizzo degli elementi con valore minimo e massimo in un array

```
#define LUNGHEZZAARRAY  100
int main() {
    int     i,   ArrayDiInt[LUNGHEZZAARRAY];
    int     *PuntaAMinore, *PuntaAMaggiore;
    . . . .
    PuntaAMinore = &ArrayDiInt[0];
    for( i=1; i < LUNGHEZZAARRAY; i++ )
       if( ArrayDiInt[i] < *PuntaAMinore )
          PuntaAMinore = &ArrayDiInt[i];
    PuntaAMaggiore = &ArrayDiInt[0];
    for( i=1; i < LUNGHEZZAARRAY; i++ )
       if( ArrayDiInt[i] > *PuntaAMaggiore )
          PuntaAMaggiore = &ArrayDiInt[i];
return 0; }
```

Tipi e memoria occupata

- Le variabili occupano in memoria un numero di parole che dipende dal tipo
- Sono allocate in parole di memoria consecutive
- L'operatore **`sizeof()`** dà il numero di byte occupati da un tipo (o da una variabile):

```
double A[5], *p;

sizeof(A[2]) →   8
sizeof(A)    →  40
sizeof(p)    →   4
```

Il qualificatore const e i puntatori

- Le variabili possono essere dichiarate **const**
  - I puntatori sono variabili, non fanno eccezione
  - Ma attenzione: possono essere const i valori e i puntatori

```
int k = 0, a[] = {1, 2, 3};          // valori modificabili
const int i = 0;                     // valore costante 0
const int b[] = {10, 20, 30};        // valori costanti 10, 20, 30

int * const m = &k;                  // puntatore costante a int
const int * n = &i;                  // puntatore a int costante
int * const p = a;                   // puntatore costante a int
const int * const q= b;              // puntatore costante a int costante
```

Aritmetica dei puntatori

- Il C permette operazioni di somma e sottrazione tra puntatori
- Per esempio:

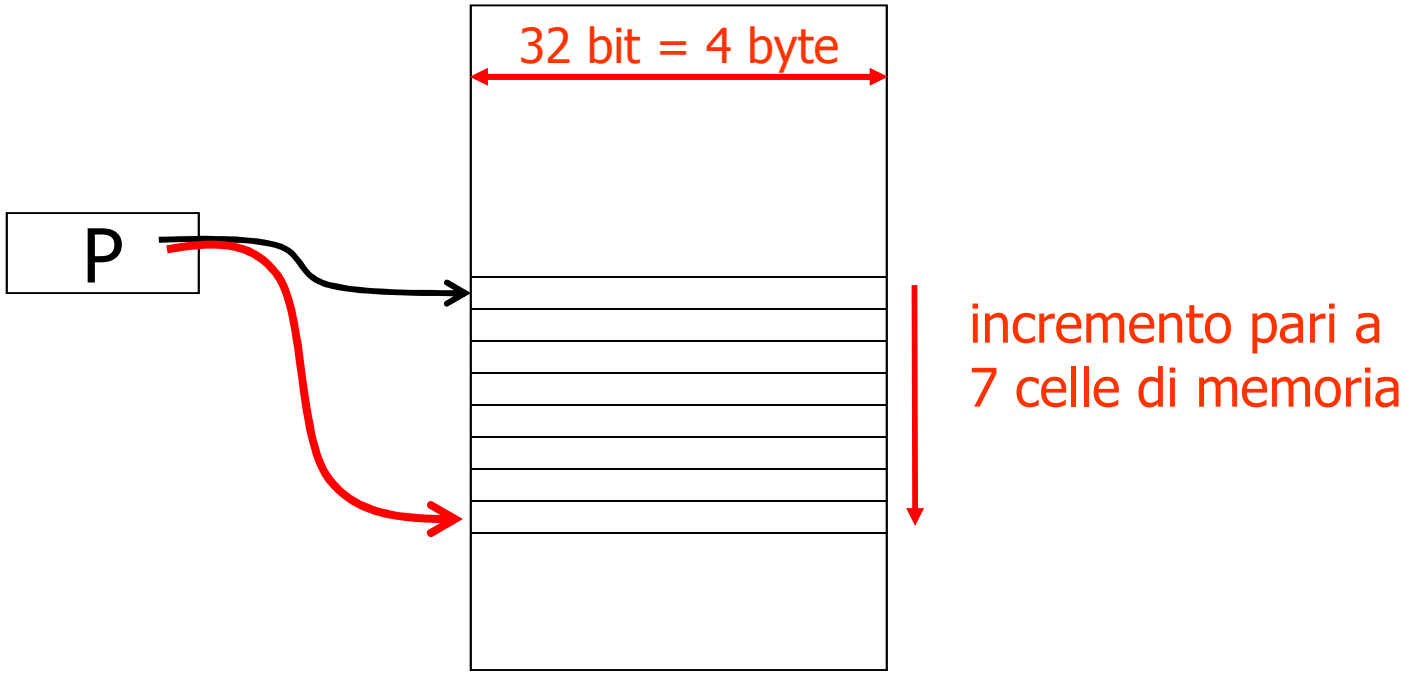
```
p += var;    /* cioè p = p + var; */
```

il valore di p è incrementato **di un multiplo dell'ingombro in memoria del tipo puntato**, e cioè della quantità

var*(**sizeof**(*TipoPuntatoDa_p*) / *#BytePerCella*)

Vediamo meglio: Esempio

```
TipoDato * p;     / * sizeof(TipoDato) = 28 */
...
++p;
```



Array e puntatori

- In C esiste una parentela stretta tra array e puntatori
- Il nome di un array (p. es. **`v`**) è una *costante* (simbolica) di tipo puntatore (al tipo componente l'array), di valore "indirizzo della prima cella allocata per l'array"
- Esempio:

```
int v[3];
```

  definisce **`v`** come una costante simbolica il cui tipo è **`int const *`**, cioè come un **puntatore costante** a una variabile intera
- Perciò **`v[i]`** è equivalente a **`*(v + i)`**
  - Calcolo dello **spiazzamento** nel vettore grazie all'aritmetica dei puntatori

Ecco finalmente svelato uno dei “misteri” della scanf!

- Perché ci vuole **&** per memorizzare un valore in una variabile generica, ma non in una stringa?
  - La funzione **scanf**() riceve come parametri gli **indirizzi** delle variabili in cui scrivere i valori letti da terminale
  - Gli identificatori delle variabili “normali” rappresentano la variabile, e per estrarne l’indirizzo occorre l’operatore &. Gli identificatori degli array rappresentano già di per sé i puntatori ai primi elementi, quindi nel caso delle stringhe (che sono array) non occorre &.

Riassumendo: array e puntatori

- Con la seguente dichiarazione:

```
int a[5], i, * p;
```

`a[i]`	equivale a `*(a + i)`
`p = a;`	equivale a `p = &a[0];`
`p = a + 1;`	equivale a `p = &a[1];`
`a = p;`	è un ERRORE !!
`a = a + 1;`	è un ERRORE !!

- **Cioè occorre ricordare che `a` è un array !!**

Ancora sull'aritmetica dei puntatori

- Se `p` e `q` puntano a due diversi elementi di uno stesso array, la differenza:

  `p - q`

  dà la distanza **nell'array** tra gli elementi puntati
- Tipicamente **non** coincide con la differenza "aritmetica" tra i valori numerici dei due puntatori
  - È una distanza espressa in "numero di elementi"

Ancora sull'aritmetica dei puntatori

```
int x[3]={2,7,4}, *p = x;
```

- Differenza tra

  ```
  (*p)++;
  ```

  e

  ```
  *(p++);
  ```

Array multidimensionali

- Per calcolare lo **spiazzamento** occorre conoscere le dimensioni intermedie
  - `Tipo m[R][C];` /*N.B.: R righe, C colonne*/
  - `m[i][j]` → accesso al j-esimo elemento della i-esima riga
  - `m[i][j]` ≡ `*( *(m + i) + j )` ≈ m + **C**·i + j
    - serve conoscere sia la dimensione del tipo sia il numero di colonne (sizeof(Tipo) e C; *la "altezza" R non serve*)
  - Tipo p[**X**][**Y**][**Z**]
  - p[i][j][k] ≡ *(*(*(p+i)+j)+k) ≈ p + **Y**·**Z**·i + **Z**·j + k
    - serve conoscere dimensione del tipo, altezza e larghezza (sizeof(Tipo), Y e Z; *la "profondità" X non serve*)