

Parte 3

Puntatori



[S. Dalí – The temptation of St. Anthony, 1946]

Puntatori

- **Approfondimento** rispetto alla trattazione vista nel corso precedente
- Finora come avete utilizzato i puntatori?

Principalmente per memorizzare indirizzi di array allocati in memoria dinamica

Ma i puntatori possono essere utilizzati per ***riferire oggetti di ogni tipo***

Allocazione/deallocazione

- Allo stesso modo degli array, si possono allocare e deallocare ***oggetti dinamici di ogni tipo*** mediante gli operatori **`new`** e **`delete`**
- Se non si tratta di array, non si utilizzano le parentesi quadre nè si indica il numero di elementi quando si utilizza l'operatore **`new`**
- La sintassi **`nome_tipo *`** può essere usata per dichiarare un puntatore ad un oggetto singolo o ad un array (con parentesi quadre)
- **Perchè è importante specificare `nome_tipo`?**

Esempi (1)

```
main() {  
    int *p ;    // puntatore ad un oggetto di  
                // tipo int  
  
    p = new int ; // allocazione di un oggetto  
                  // dinamico di tipo int:  
                  // NON è un array!  
  
    delete p ;   // deallocazione di un oggetto  
                  // puntato da p  
}
```

Esempi (2)

```
main() {  
    struct s {int a, b ;} ;  
    s *p2 ; // punt. ad un oggetto di tipo s  
  
    p2 = new s ; // allocazione di un oggetto  
                  // dinamico di tipo s:  
                  // NON è un array!  
  
    delete p2 ; // deallocazione oggetto  
                  // puntato da p2  
}
```

Ripasso

Cosa rappresentano i seguenti oggetti?

`const int *p`

`int * const p`

`int * p[10]`

`int (*p) [10]`

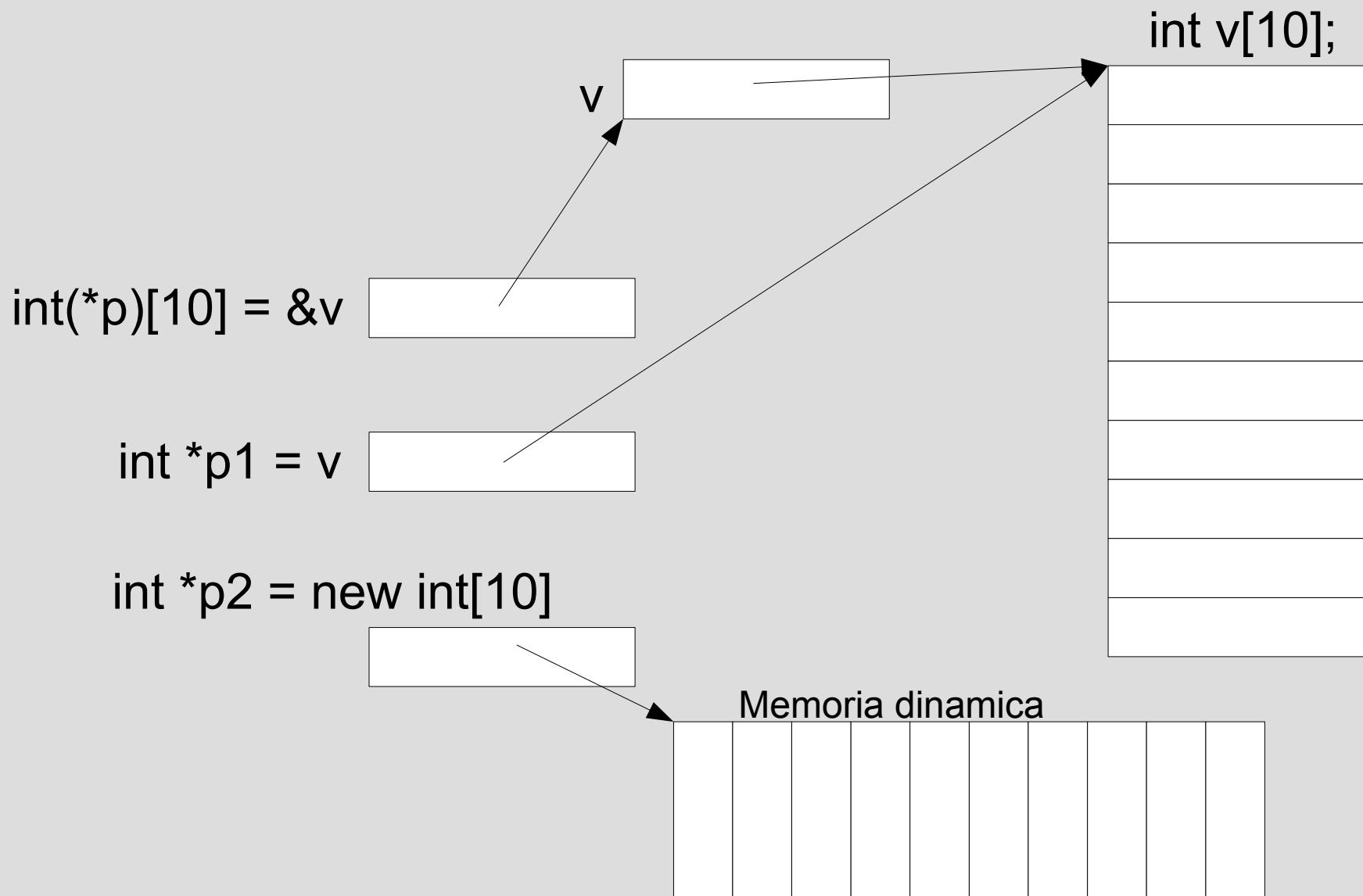
`int *p = new int[10]`

Ripasso

Cosa rappresentano i seguenti oggetti?

```
const int *p    // puntatore ad oggetto di tipo int,  
                // non modificabile tramite p  
  
int * const p // puntatore costante ad oggetto di  
                // tipo int  
  
int * p[10]    // array di 10 puntatori ad int  
  
int (*p)[10]   // puntatore ad array di 10 interi  
  
int *p = new int[10] // puntatore (ad int) al 1  
                    // elemento di un array di  
                    // 10 int allocato in  
                    // memoria dinamica
```

Puntatori a vettori



Operatore di indirizzo

- ***L'operatore di indirizzo*** & restituisce l'indirizzo di memoria dell'oggetto a cui viene applicato
- **Operatore unario e prefisso**
- Il risultato restituito dall'operatore di indirizzo può essere **assegnato ad un puntatore ad un oggetto dello stesso tipo**
 - **`&x`** puo' essere tradotto come "l'indirizzo di **x**"

Esempi

```
main() {  
    int i, j;  
    int *p = &i;  
    int * const p2 = &j;    //in alcuni casi  
                           //è bene usare questa  
                           //definizione  
    p = p2;    // equivale a p = indirizzo di j  
    int k;  
    p2 = &k;    // genera un errore a tempo di  
               // compilazione - p2 costante  
}
```

Osservazione

- L'uso dei puntatori **è una delle aree più inclini ad errori** della programmazione moderna
- Alcuni linguaggi come Java, C# e Visual Basic **non forniscono alcun tipo di dato puntatore**
- Problemi tipici:
 - ***Dangling reference*** (puntatore pendente)
 - ***Memory leak*** – memoria irraggiungibile causa perdita del puntatore

Operatore di dereferenziazione

- Per accedere all'oggetto riferito da un puntatore si usa l'***operatore di dereferenziazione*** *
- **Operatore unario e prefisso**
- Si dice che il puntatore viene dereferenziato
- L'operatore * applicato ad un puntatore **ritorna un riferimento all'oggetto puntato**
 - *p puo' essere tradotto come "l'oggetto puntato da p"

Esempi

```
main() {  
    int i, j;  
    int * p = &i;  
    int * const p2 = &j;  
  
    *p = 3; // equivale a i = 3  
    *p2 = 4; // equivale a j = 4  
  
    int x = *p; // equivale a x = i  
  
    i = *p2; // equivale a i = j  
}
```

Stampa di puntatori

- Il valore di un puntatore, così come del risultato dell'operatore di indirizzo **&**, può essere stampato mandandolo sullo stream di uscita mediante l'operatore **<<**
- Di norma l'operatore **<<** mette sullo stream di uscita la sequenza di caratteri che rappresenta il valore di un puntatore in **base 16**
- Programma *indirizzo_punt.cc*

Puntatori a puntatori

- Un puntatore può puntare a (contenere l'indirizzo di) un altro puntatore
- Esempio

```
main() {  
    int i, *p;  
    int **q;    // puntatore a puntatore a int  
  
    q = &p;      // q = indirizzo di p  
    p = &i;      // p = indirizzo di i  
    **q = 3; // equivale a i = 3  
}
```

Selettori di campo

- Oggetto di tipo struttura indirizzato da un puntatore **p**
- **Due modi** per riferire un campo **m** della struttura indirizzata da p
 - 1) **p->m**
 - 2) **(*p).m**

Nota: l'operatore **.** ha una precedenza maggiore dell'operatore ***** → necessarie le parentesi

Esempi

```
main() {  
    struct s {int a, b;} s1;  
    s *p2;      // punt. ad un oggetto di tipo s  
  
    p2 = &s1;  
  
    (*p2).a = 3; // equivalente a s1.a = 3  
  
    p2->a = 3;  // equivalente all'istruzione  
                 // precedente  
}
```

Riferimenti

- Oltre ai puntatori, il C++ supporta anche il concetto di **riferimento** (non esiste in C)
- A livello di utilizzo, un riferimento ad una variabile è un ulteriore nome per essa, in pratica un **alias**
- A livello di implementazione, un riferimento contiene l'indirizzo di un oggetto puntato, come un puntatore
- I riferimenti sono **dichiarati** usando l'operatore **&** (anziché *****)

Esempi di riferimenti

```
int & rif = n;
```

Definisce una variabile rif di tipo “riferimento a int” e la inizializza al valore n

→ **rif è un sinonimo di n**

ES:

```
void main()
{
    int n=75;
    int & rif=n;
    cout<<"n=<<n<<" , rif="<<rif<<" , " ;
    rif = 30;
    cout << "rif="<<rif<<endl;
}
```

Stampa: n=75, rif=75, rif=30

Puntatori e riferimenti (1)

- ***Differenze sostanziali:***
 - I riferimenti non possono avere valore nullo → necessaria inizializzazione
 - I riferimenti non possono poi essere riassegnati
- I riferimenti sono ***meno flessibili, ma meno pericolosi*** dei puntatori

Riferimento: realizzato mediante un ***puntatore costante nascosto*** (non visibile al programmatore) che ha per valore l'indirizzo dell'oggetto riferito

Ogni operazione che coinvolge l'oggetto riferito è realizzata da una **derefenziazione sul puntatore nascosto**

Implementazione riferimenti

```
int & rif = n;
```

Corrisponde a:

```
int * __ptr_rif = &n; // puntatore nascosto
```

e ogni volta che viene usato **ref** viene sostituito da

```
(*__ptr_rif )
```

Puntatori e riferimenti (2)

- I riferimenti sono usati soprattutto per la ***dichiarazione dei parametri***
- **Passaggio per valore:** impedisce i cambiamenti e spreca memoria per le copie
- **Passaggio attraverso puntatori:** introduce il rischio di usi scorretti (puntatori nulli, tentativi di modifiche al puntatore)
 - ***Passaggio attraverso riferimenti***
- Come qualsiasi altro tipo di oggetto, anche un ***oggetto di tipo puntatore può essere passato attraverso un riferimento***

Esempio riassuntivo

```
int main()
{
    int a = 20, b=15, c=12, d=8;
    int *punt;
    punt = &b;
    int *prp;
    prp = &d;
    f(a, punt, c, prp);
    cout << a << " " << *punt << " " << c << " "
    << *prp << " " << endl;
}
```

Esempio riassuntivo

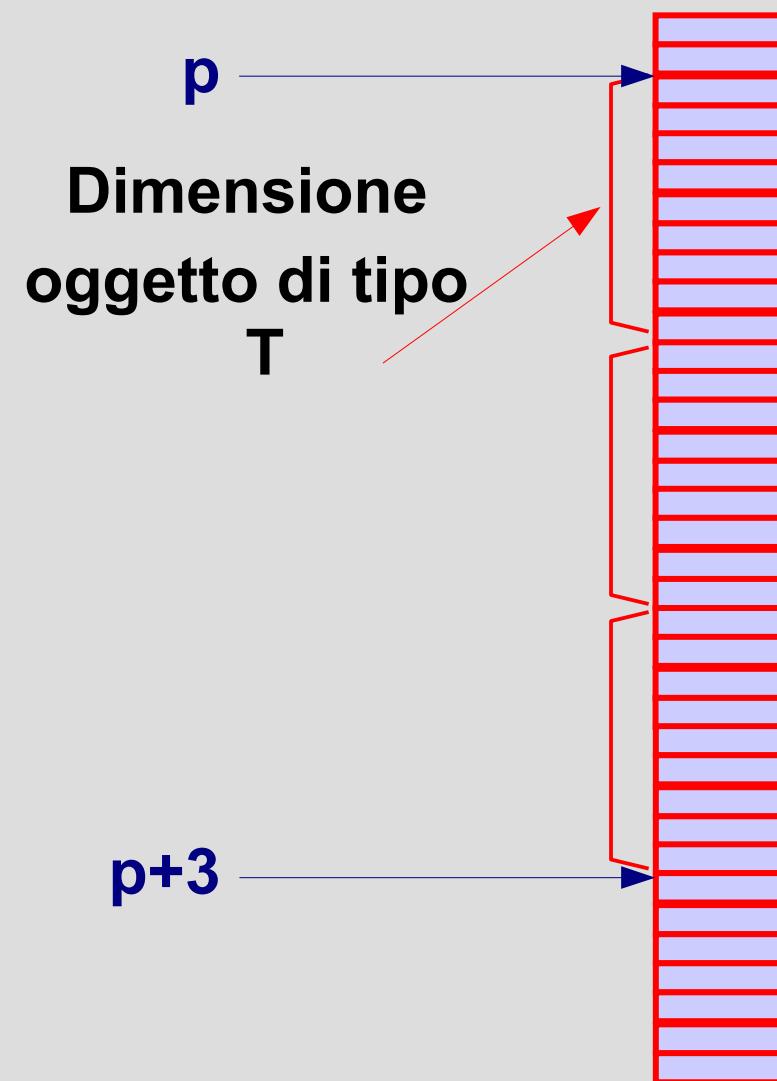
```
void f(int i, int *p, int &ri, int *&rp) {  
    int *q = new int ;  
    i = 10 ; // nuovo valore dell'argomento i  
    p = q ; // nuovo valore dell'argomento p  
    *p = 10 ; // nuovo valore dell'oggetto  
               // puntato da p  
    ri = 10 ; // nuovo valore dell'oggetto di  
               // nome (sinonimo) ri  
    rp = q ; // nuovo valore dell'oggetto di  
               // nome (sinonimo) rp  
    *rp = 30; // nuovo valore dell'oggetto  
               // puntato dal puntatore  
               // di nome (sinonimo) rp  
}  
Cosa stampa? programma punt_rif.cc
```

Aritmetica degli indirizzi

- Insieme di regole che governano le operazioni effettuabili sugli indirizzi
- Detta anche *aritmetica dei puntatori*
- Esempio: somma di un intero
- Sia p un puntatore contenente l'indirizzo di un oggetto di tipo T
 - l'espressione $p + i$ restituisce come valore l'indirizzo di un oggetto di tipo T che si trova in memoria dopo i oggetti consecutivi di tipo T (o prima se i è negativo)

Somma di un intero

Se **p** ha come valore numerico l'indirizzo **addr**, e **T** occupa **n** locazioni di memoria, l'espressione **p+i** ha come valore numerico l'indirizzo **addr+n*i**



Altre operazioni possibili

- **Incremento** e **decremento** di un puntatore ad un oggetto **x** di tipo **T**
 - assegnano a **p** l'indirizzo dell'oggetto di tipo **T** che segue o precede immediatamente **x** in memoria
- **Differenza** tra due indirizzi di oggetti di tipo **T**
 - restituisce il numero di elementi di tipo **T** contenuti nella zona di memoria compresa tra i due indirizzi

Puntatori ed array

- Il nome di un array corrisponde ad un puntatore al primo elemento dell'array stesso
 - Tale puntatore è (ovviamente) **costante**
- Quindi se **x[N]** è un array di **N** elementi
 - **x** equivale a **&x[0]** (**riferimento**)
- Questo spiega perché l'assegnamento tra due array dà luogo ad un errore a tempo di compilazione
- In funzione dell'aritmetica dei puntatori, si ha:
 - ***(x + i)** equivale a **x[i]**

Esempio 1

```
main() {  
    const int N = 10 ;  
    int v[N] ;  
  
    int *p = v ; // è legale ? Cosa fa?
```

E' legale: assegna a p l'indirizzo (del primo elemento) di v

```
* (p + 2) = 7 ; // è legale ? Cosa fa?  
}  
  
E' legale: equivale a v[2]=7
```

Esempio 2

```
main() {  
    const int N = 10 ;  
    int v[N] , z[N] ;  
    *v = *z ;          // è legale ? cosa fa?  
}
```

è legale... equivale a $v[0] = z[0]$

Programma

- *stampa_array_pun.cc*
- Programma che stampa il contenuto di un vettore di interi attraverso due funzioni distinte
- Entrambe le funzioni non devono utilizzare l'operazione di selezione con indice
- La seconda funzione, inoltre, non deve utilizzare nemmeno una variabile locale