

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]
```

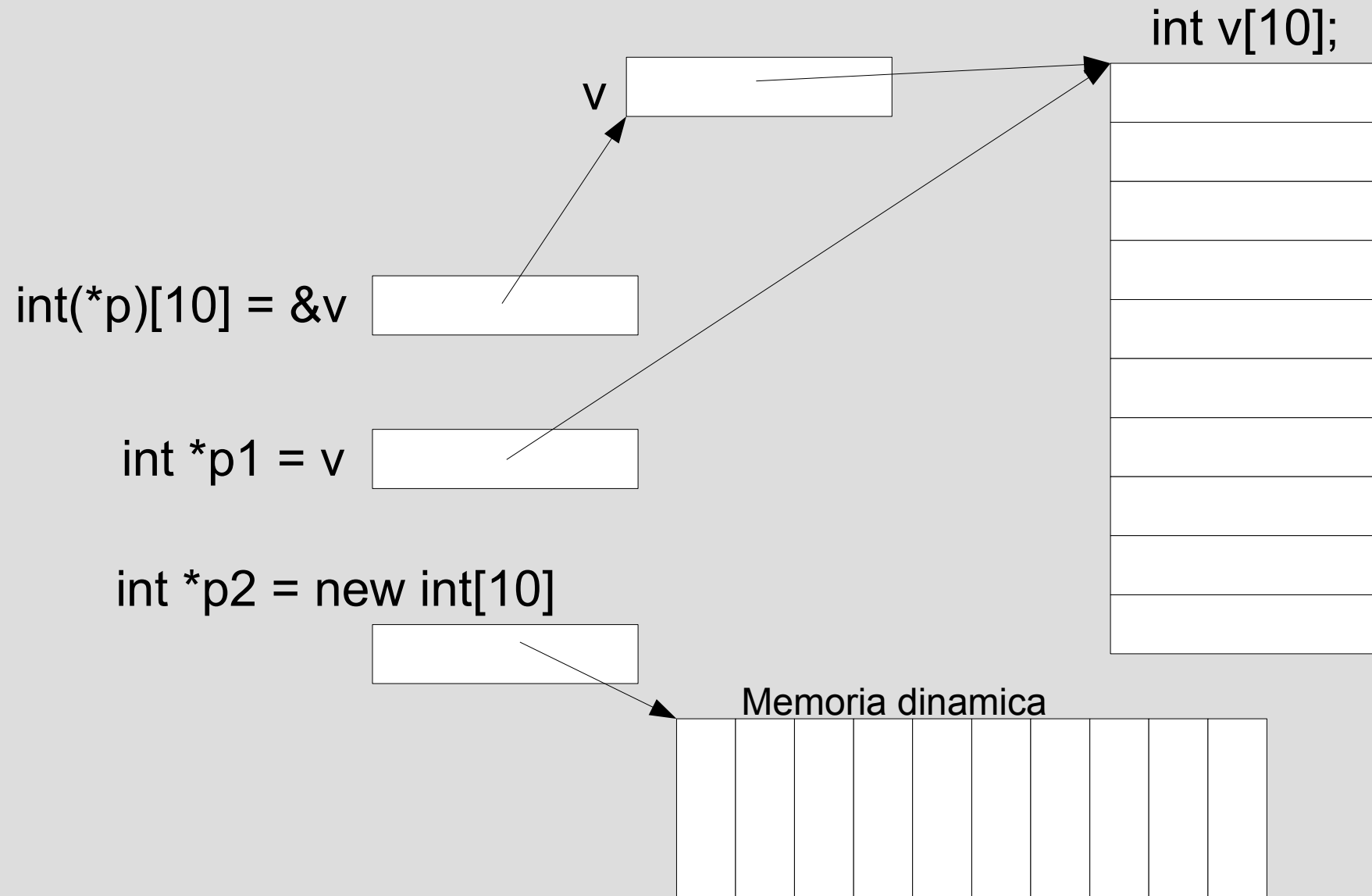
```
int *p = new int[10]
```

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 I  
                    // 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** può 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<<end;
```

```
}
```

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 **dereferenziazione sul puntatore nascosto**

Implementazione riferimenti

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

Corrisponde a:

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

e ogni volta che viene usato `rif` 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  
}
```

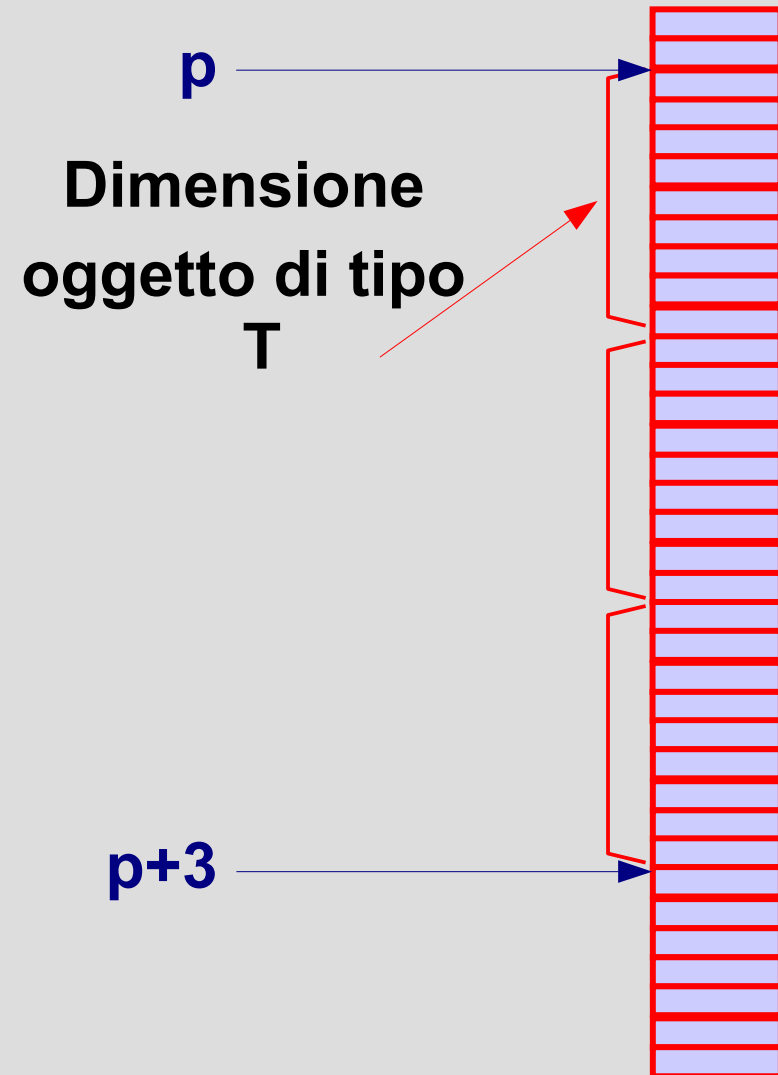
Cosa stampa? programma *punt_rif.cc*

Aritmetica degli indirizzi

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