

INFORMATICA GENERALE II

Ingegneria delle Telecomunicazioni
Università di Trento
A.A. 2003/2004
II Bimestre

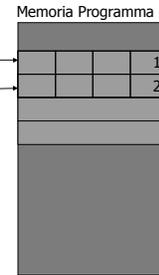
Marco Roveri

roveri@irst.itc.it

Memoria e Puntatori

Programmi, variabili, memoria

```
int main () {  
  int x = 1; _____  
  int y = x +1; _____  
  
  cout << "x = " << x << endl;  
  cout << "y = " << y << endl;  
  cout << endl;  
  return 0;  
}
```



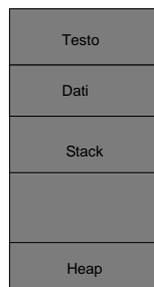
Struttura della memoria di un programma

- **Testo:** contiene il programma. Dimensione dipende dalla dimensione del programma.
- **Dati:** contiene variabili globali e statiche. La dimensione dipende dal programma.
- **Stack:** contiene argomenti delle funzioni, punti di ritorno, variabili locali ad una funzione.... Di solito ha una dimensione fissa massima.
- **Heap:** contiene area dati dinamica. La dimensione è limitata dal sistema operativo (e dalla memoria fisica disponibile).

Programmi, variabili, memoria

- Ogni volta che si dichiara una variabile, viene allocata (riservata) una zona di memoria per essa.
- La grandezza di questa zona dipende dal tipo della variabile.
- Tutte le variabili di un certo tipo occupano esattamente lo stesso numero di byte.
- **Esempio:**
 - Le variabili di tipo char occupano un solo byte.
 - Gli interi occupano 4 byte.
 - Le variabili di tipo double occupano 8 byte.

Struttura della memoria di un programma



Programmi, variabili, memoria

- Per sapere quali byte una variabile occupa occorrono due numeri:
 - La posizione del primo byte (detto *indirizzo*).
 - Il numero di byte occupati.
- Il C++ mette a disposizione primitive per conoscere questi due valori.
- Esiste la possibilità di scrivere programmi senza sapere quanto spazio occupa una variabile.
- Esistono delle situazioni in cui è necessario (gestione di dati non noti a priori, e.g. array, ...).

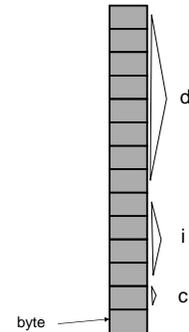
Programmi, variabili, memoria

- Per sapere l'indirizzo di una variabile si usa l'operatore **&**
&x rappresenta indirizzo della variabile **x**
- Per sapere il numero di byte occupati da una variabile si usa l'operatore **sizeof**
sizeof(x) bytes occupati da **x**

Programmi, variabili, memoria

```
int main () {
    double d;
    int i;
    char c;

    cout << "double = " << sizeof(d);
    cout << " add = " << &d << endl;
    cout << "int = " << sizeof(i);
    cout << " add = " << &i << endl;
    cout << "char = " << sizeof(c);
    cout << " add = " << &c << endl;
    return 0;
}
```



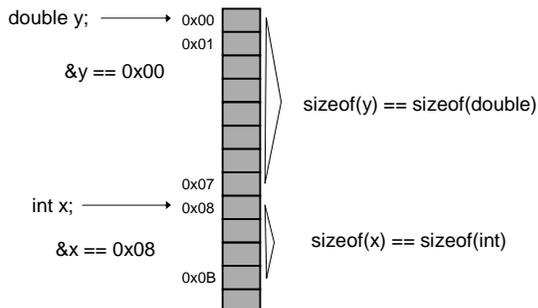
Programmi, variabili, memoria

- Sintassi:
 - &var** // restituisce indirizzo della variabile *var*
 - sizeof(var)** // ritorna numero byte occupati dalla variabile *var*
 - sizeof(type)** // ritorna il numero di byte occupati da una variabile di tipo *type* (e.g. **int**, **double**, **char**, ...)

Programmi, variabili, memoria

- È importante notare la differenza tra il *valore* di una variabile e il suo *indirizzo*.
 - L'indirizzo di una variabile è l'indirizzo del primo byte della zona di memoria occupata dalla variabile.
 - Il valore di una variabile è il contenuto di tale zona.

Programmi, variabili, memoria



Programmi, variabili, memoria

- Esempio:

```
int main () {
    int x = 10;
    double c = 'a';

    cout << "Indirizzo di x = " << &x << " valore di x = " << x;
    cout << endl;
    cout << "Indirizzo di c = " << &c << " valore di c = " << c;
    cout << endl;
    return 0;
}
```

Esercizi

- Provare ad implementare per ogni tipo noto un programma simile al precedente che stampi indirizzo e valore di una variabile.
- Quale è il risultato dell'esecuzione del seguente frammento di codice C++?

```
int main () {
    int x = 10;
    cout << "x = " << x << " &x = " << &x << endl;
    x = 20;
    cout << "x = " << x << " &x = " << &x << endl;
    return 0;
}
```

Puntatori

- Le variabili puntatore possono essere confrontate, assegnate come qualunque altra variabile.

```
int main () {
    int x = 10;
    int *y, *z; // notare differenza tra int * y, z;

    y = &x; z = y;
    if (z == &x) cout << "Ok\n";
    else cout << "Ko\n";
    return 0;
}
```

Puntatori

- L'indirizzo di una variabile di un tipo T viene detto *puntatore a T*.
 - $\&x$ è un puntatore ad un intero (x è di tipo intero)
- In C++ si possono dichiarare delle variabili di tipo puntatore.
- Il tipo di una variabile puntatore a T è T^*
- Ad ogni tipo che è possibile definire in C++ è associato il corrispondente tipo puntatore.

Operatore di *dereference*

- Per accedere all'oggetto puntato da una variabile puntatore occorre usare operatore di *dereference* `**`

```
int x = 1; // variabile di tipo intero
int *px; // variabile di tipo puntatore
px = &x; // assegno a px l'indirizzo di x
*px = *px + 1; // incrementa di uno il contenuto
// della memoria puntata da px
```

Puntatori

- Una variabile *puntatore* rappresenta l'indirizzo di un'altra variabile o funzione.
- Hanno come valore gli indirizzi di memoria di locazioni di memoria.
- Il tipo puntatore è un tipo come tutti gli altri, quindi la sua dichiarazione avviene nel modo solito.
- Sintassi

tipo * *identificativo*;

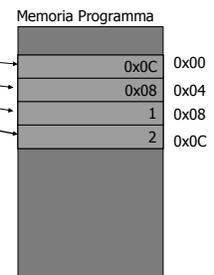
Esempio:

```
int * p;
```

Variabili puntatori e memoria

```
int main () {
    int * px, int * py;
    int x = 1;
    int y = x + 1;

    px = &x;
    py = &y;
    cout << "x = " << *px;
    cout << "px = " << px << endl;
    cout << "y = " << *py;
    cout << "py = " << py << endl;
    return 0;
}
```



Variabili puntatori e memoria

```
int main () {
    int * p, num;

    p = &num;
    *p = 100;
    cout << num << '\n';
    (*p)++;
    cout << num << '\n';
    (*p)--;
    cout << num << '\n';
    return 0;
}
```

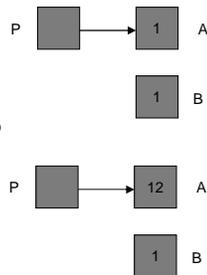
Gestione dinamica della memoria

- Quando non si può stabilire a priori (in maniera statica) la dimensione delle strutture dati, occorre gestire la memoria *dinamicamente* durante l'esecuzione del programma.
- La gestione dinamica della memoria consente di allocare porzioni di memoria nella **heap**, ovvero in un'area di memoria esterna allo stack di esecuzione del programma.
- L'accesso a questa area avviene tramite puntatori.

Copia del valore e copia dell'indirizzo

```
int main () {
    int a, b, *p;

    a = 1; // ad a assegniamo valore 1
    b = a; // copiamo in b il valore di a
    p = &a; // l'indirizzo di a è copiato in p
    a = 12; // cambiamo il valore di a
    // quale è il valore di *p e di b?
    cout << " *p vale = " << *p << endl;
    cout << " b vale = " << b << endl;
    return 0;
}
```



Allocazione dinamica della memoria

- L'allocazione avviene mediante l'operatore **new**, che alloca un'area di memoria atta a contenere un oggetto del tipo specificato, e ritorna un puntatore a tale area di memoria.
- Sintassi:
new tipo;
new tipo [dimensione]; // (per gli array)

Memoria e puntatori

- Ad una variabile puntatore viene associato uno spazio di memoria atto a contenere un indirizzo di memoria, ma non viene riservato spazio di memoria per l'oggetto puntato.
- Lo spazio allocato per una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell'oggetto puntato.
- Per inizializzare una variabile puntatore ad un indirizzo costante è necessario effettuare un casting (conversione esplicita):

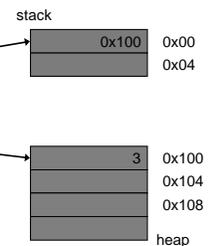
```
double *px=(double *)321;
```

Allocazione dinamica della memoria

- Esempio:

```
int main () {
    int *p;

    p = new int;
    *p = 3;
    cout << "p = " << p;
    cout << " *p = " << *p << endl;
    return 0;
}
```



Allocazione dinamica della memoria

- Una variabile creata dinamicamente resta allocata finchè:
 - il programma non termina
 - non viene esplicitamente deallocata
- La memoria deallocata viene resa disponibile al programma per allocazioni successive, ma la dimensione della heap *non* diminuisce.
- La memoria allocata dinamicamente **deve** essere deallocata quando non più utilizzata.
- La non deallocazione causa il cosiddetto problema del *memory leak*, e può risultare non più disponibile al programma e agli altri programmi.

Allocazione dinamica della memoria

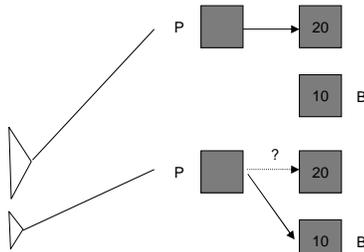
- È un errore deallocare memoria non precedentemente allocata mediante l'operatore `new`.
 - Esempio:

```
void main () {
    int x, *px;
    x = 2;
    px = &x;
    delete px;
}
```
 - Se eseguito genera un *core dump*.

Allocazione dinamica della memoria

```
int main () {
    int *p; int b;

    p = new int;
    *p = 20;
    b = 10;
    p = &b;
    return 0;
}
```



Puntatori a Puntatori

- Una variabile puntatore è una variabile con un tipo (similmente a qualunque altra variabile), per cui è possibile definire puntatori a tali variabili.
- Il suo indirizzo è un puntatore ad un puntatore.
- Sintassi:
 - `int **p;` // puntatore a puntatore ad intero
 - `char **c` // puntatore a puntatore a carattere

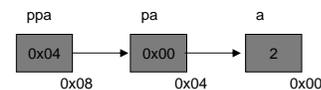
Allocazione dinamica della memoria

- La deallocazione esplicita di una variabile si effettua con l'operatore **delete**
- Sintassi:
 - `delete var;`
 - `delete var [dimensione];` // (per gli array)
- Esempio:
 - Nel programma precedente aggiungere l'istruzione `delete p;`.
 - Dove la devo posizionare per evitare memory leak?

Puntatori a Puntatori

- Esempio:

```
void main () {
    int a, *pa, **ppa;
    a = 9; pa = &a; ppa = &pa;
    cout << "Ind. di a = " << &a << " valore di a = " << a << endl;
    cout << "Ind. di pa = " << &pa << " valore di pa = " << pa << endl;
    cout << "Ind. di ppa = " << &ppa << " valore di ppa = " << ppa << endl;
}
```
- Valore di `ppa` coincide con indirizzo di `pa`.
- Valore di `pa` coincide con indirizzo di `a`.



Funzioni: passaggio valore/riferimento

```
void swap_v(int x, int y) {
    int z = y;
    y = x;
    x = z;
    cout << "Indirizzo di x = " << &x << endl;
    cout << "Indirizzo di y = " << &y << endl;
}

void swap_r(int &x, int &y) {
    int z = y;
    y = x;
    x = z;
    cout << "Indirizzo di x = " << &x << endl;
    cout << "Indirizzo di y = " << &y << endl;
}

int main() {
    int x = 0; y = 1;
    cout << "Indirizzo di x = " << &x << endl;
    cout << "Indirizzo di y = " << &y << endl;
    swap_v(x,y);
    swap_r(x,y);
}
```

Funzioni: passaggio valore/riferimento

- La funzione `swap_r` quando invocata, si vede che gli indirizzi corrispondenti ai parametri formali corrispondono agli indirizzi delle corrispondenti variabili nella procedura padre.
- Questo è il motivo per cui lo chiamiamo passaggio per riferimento, le variabili si *referiscono* alle variabili della procedura padre. *Non viene copiato il valore* nello stack di attivazione, ma i parametri formali sono dei semplici *"alias"* (sinonimi) per l'area di memoria a cui puntano.
- Quindi risulta evidente che eventuali modifiche a parametri formali passati per riferimento possono comportare modifiche del valore.

Vantaggi memoria dinamica

- Gestione efficiente delle risorse in modo da allocare lo spazio realmente necessario.
- Creazione di strutture dinamiche (es. array a dimensione variabile, liste, alberi, grafi, ...)