
INFORMATICA GENERALE II

Ingegneria delle Telecomunicazioni
Università di Trento

Marco Roveri

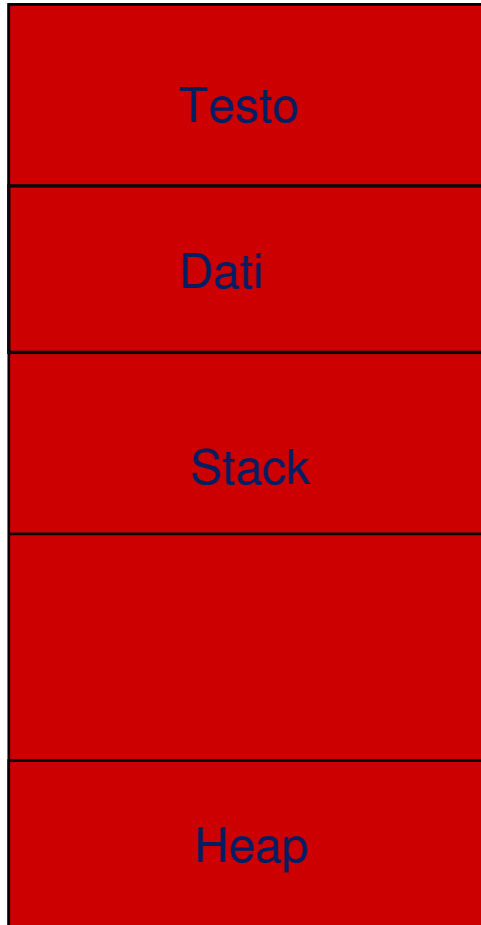
roveri@irst.itc.it

Memoria e Puntatori

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).

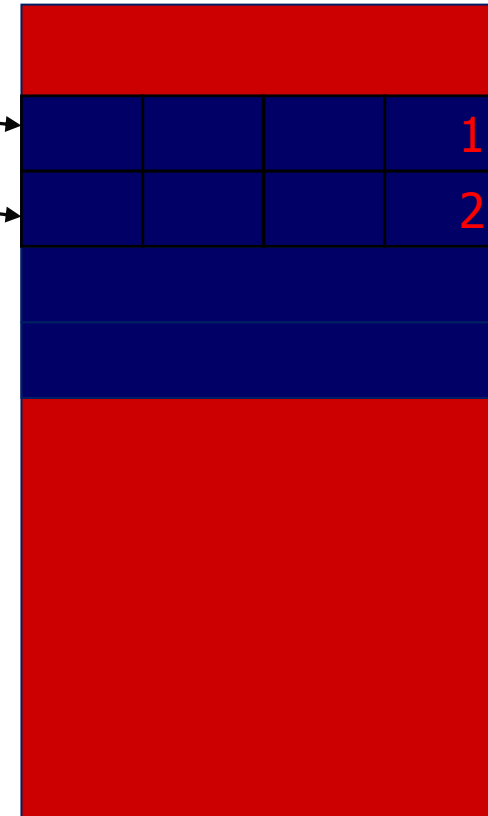
Struttura della memoria di un programma



Programmi, variabili, memoria

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

Memoria Programma



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.

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**

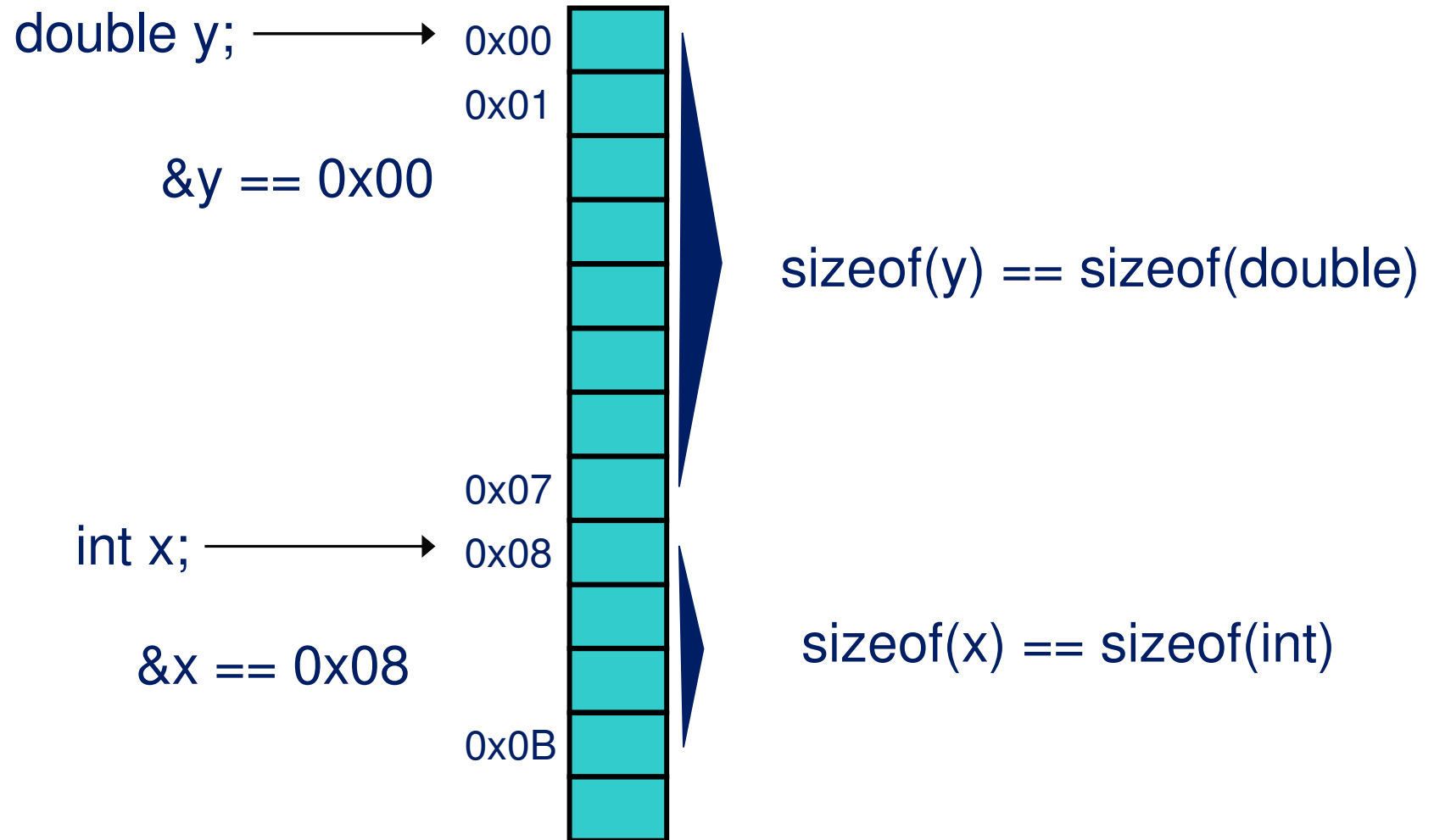
sizeof(x) bytes occupati da x

Programmi, variabili, memoria

■ Sintassi:

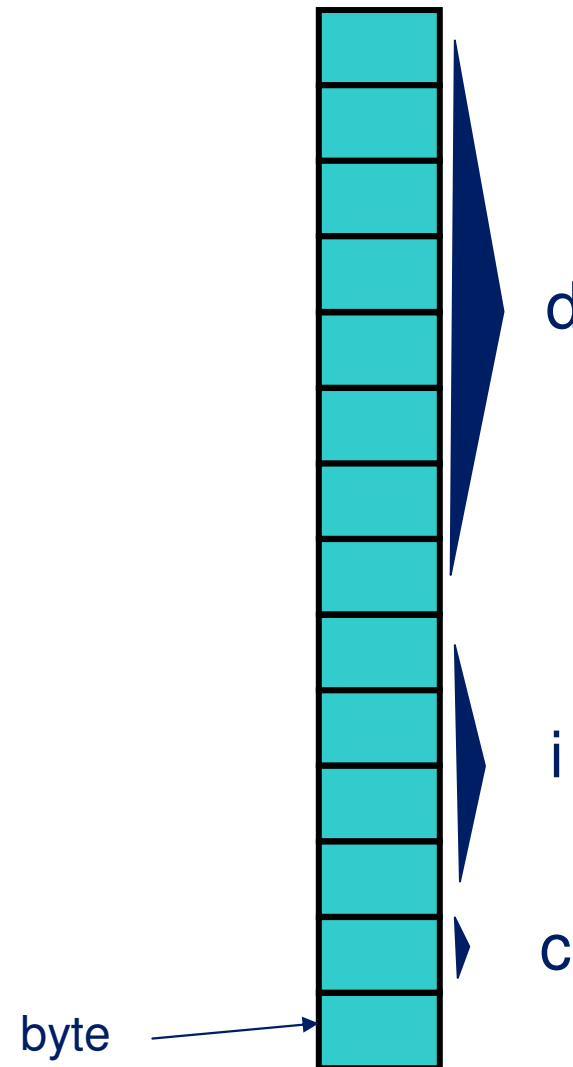
- **&var** // restituisce indirizzo della
// variabile *var*
- **sizeof(var)** // ritorna numero byte
// occupati dalla variabile *var*
- **sizeof(type)** // ritorna il numero di byte
// occupati da una variabile di
// tipo *type* (e.g. **int**, **double**, **char**, ...)

Programmi, variabili, memoria



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

- 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

■ Esempio:

```
int main () {  
    int x = 10;  
    char 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

- 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.

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;
```

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;  
}
```


Operatore di *dereference*

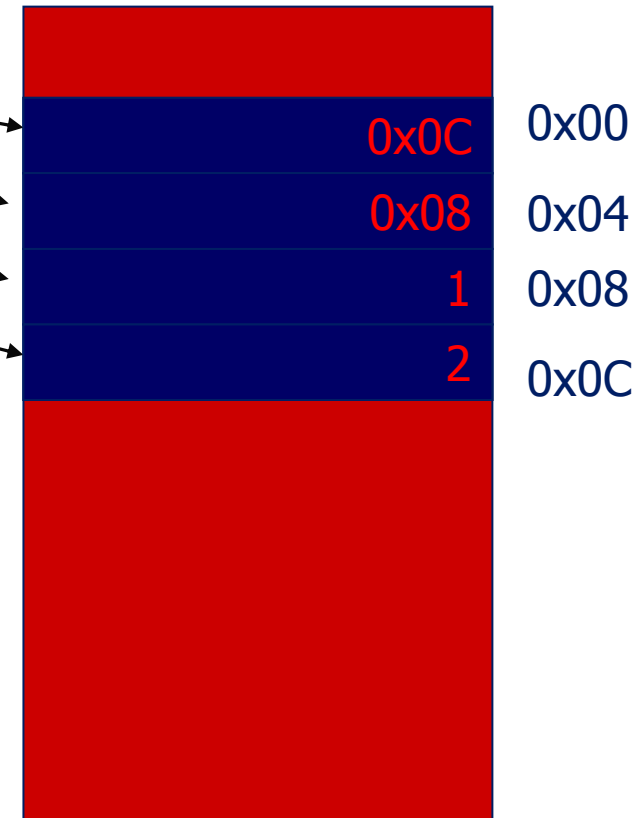
- Per accedere all'oggetto puntato da una variabile puntatore occorre usare operatore di *dereference* “*”

```
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
```

Variabili puntatori e memoria

```
int main () {  
    int * px, * 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;  
}
```

Memoria Programma

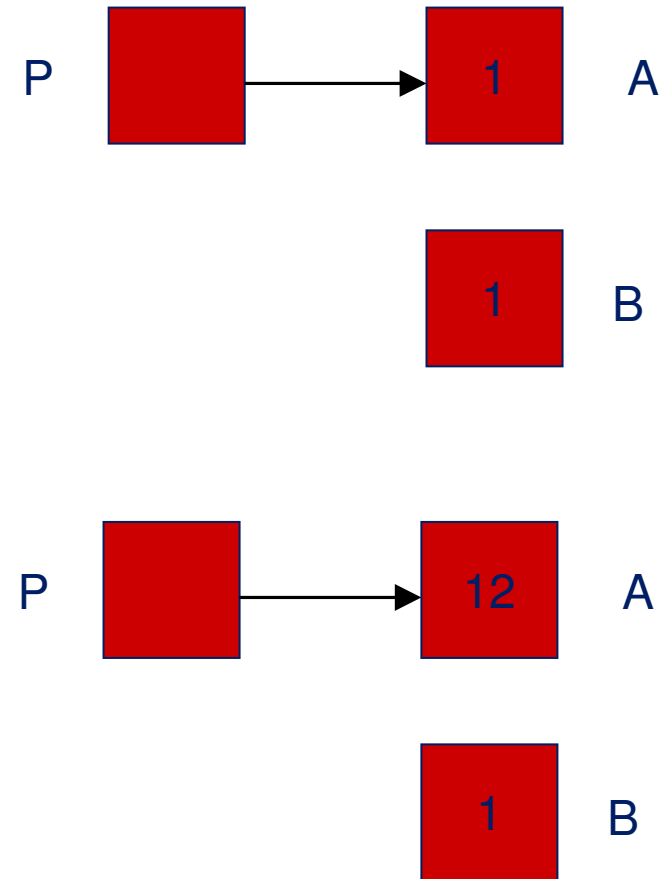


Variabili puntatori e memoria

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

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;  
}
```



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;
```

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.

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)

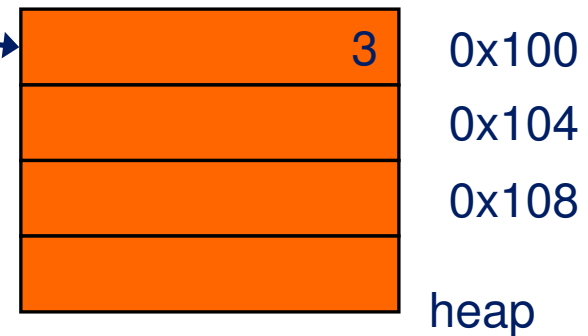
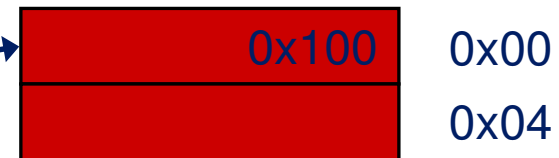
Allocazione dinamica della memoria

■ Esempio:

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

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

stack



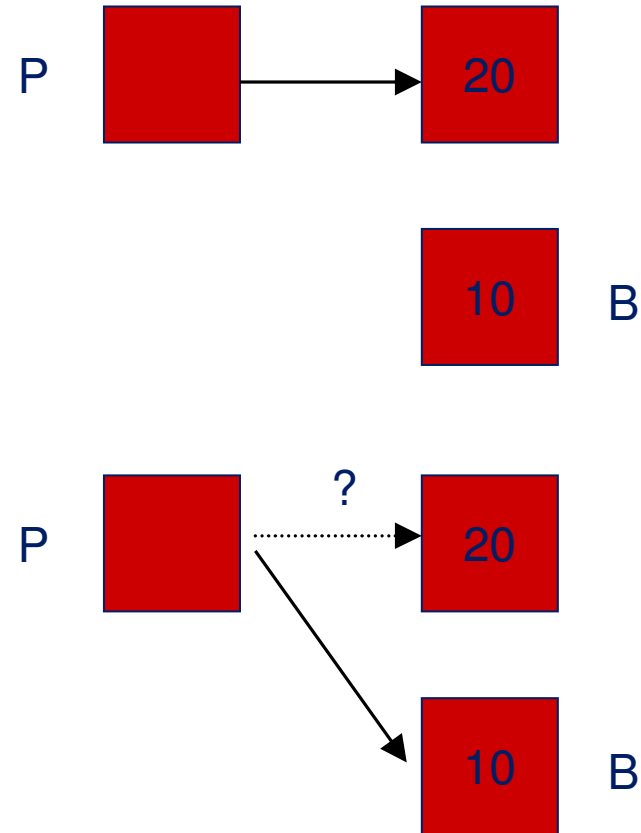
Allocazione dinamica della memoria

- 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

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

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



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?

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*.

Puntatori a Puntatori

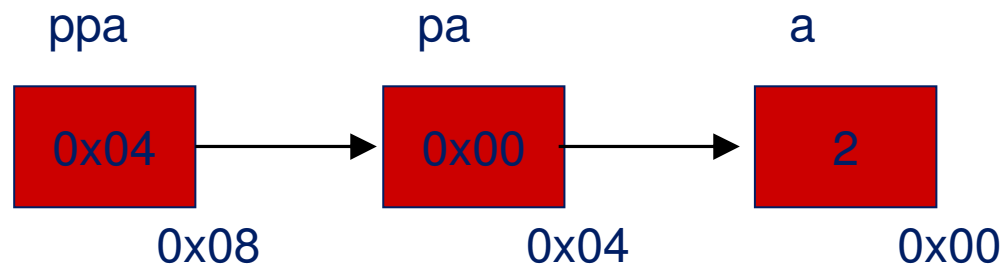
- Una variabile puntatore è una variabile con un tipo (similmente a qualunque altra variabile), per cui è possibile definire puntatori a tali variabili.
- Il suo indirizzo è un puntatore ad un puntatore.
- Sintassi:
 - `int **p;` // puntatore a puntatore ad intero
 - `char **c` // puntatore a puntatore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

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 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 *riferiscono* 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, ...)