Università degli Studi
di Cassino

Corso di Fondamenti di Informatica

Puntatori

Anno Accademico 2008/2009

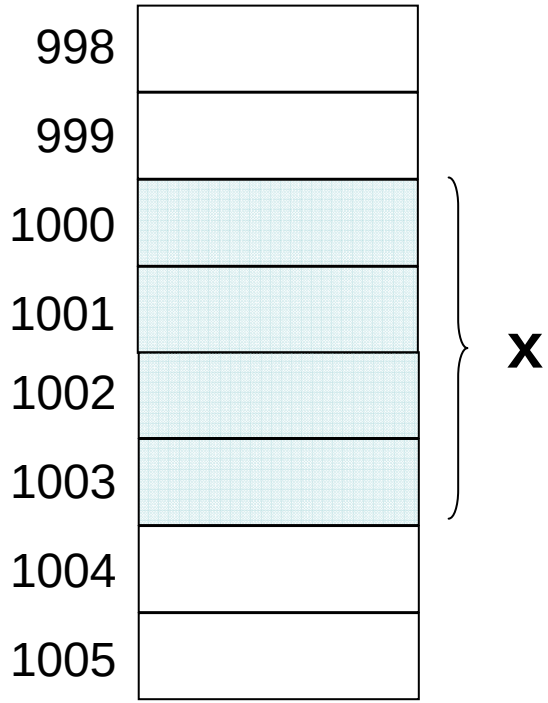
Francesco Tortorella

Variabili, registri ed indirizzi

- Abbiamo visto che la definizione di una variabile implica l'allocazione (da parte del compilatore) di registri di memoria. Il numero di registri allocati dipende dal tipo della variabile.
- Alla porzione di memoria allocata si accede tramite l'identificatore della variabile. Questo ci risparmia di preoccuparci in quale particolare locazione la variabile sia realmente allocata.
- È il compilatore a creare e gestire la corrispondenza tra identificatore della variabile e indirizzo della locazione in memoria.

Variabili, registri ed indirizzi

- Esempio:
  `int x;`
- Con l'istruzione viene definita una variabile intera **`x`** che occupa 4 registri da 1 byte a partire dall'indirizzo 1000.



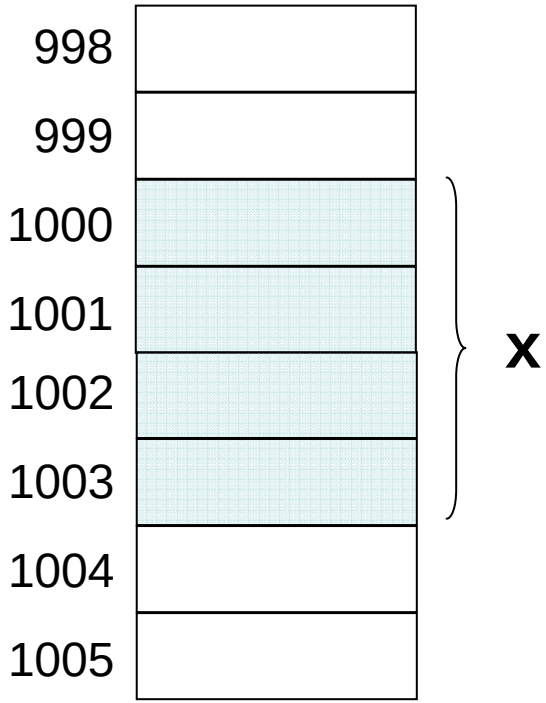
Variabili, registri ed indirizzi

- Di fatto, abbiamo considerato l'indirizzo di una variabile quando abbiamo descritto il passaggio di parametri per riferimento.
- In quel caso il compilatore accede ed utilizza l'indirizzo della variabile che viene passato al sottoprogramma invocato.
- Il C++ dà la possibilità di accedere esplicitamente all'indirizzo di una variabile tramite l'operatore & (operatore di riferimento o di *reference*) prefisso all'identificatore della variabile.

`int x;`	variabile **`x`**
`&x`	indirizzo della variabile **`x`**

Variabili, registri ed indirizzi

- Esempio:
  `int x;`
- In questo caso **`&x`** sarà uguale a 1000.
- **ACHTUNG !**
  L'operatore & si può applicare solo alle variabili (o, più precisamente, a ***l-value***)



Variabili, registri ed indirizzi

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(int argc, char** argv) {
        int x=3;

        cout << "Valore di x: " << x << endl;
        cout << "Indirizzo di x: " << &x << endl;
        return (EXIT_SUCCESS);
}
```

```
Valore di x: 3

Indirizzo di x: 0x22ff48
```

indirizzo esadecimale

Puntatori

- Il C++ permette di definire delle variabili di tipo “puntatore” cui si possono assegnare gli indirizzi di variabili di un particolare tipo.
- La definizione di tali variabili (dette **puntatori**) richiede la specificazione del tipo “puntato”, seguito da un ‘*’.
- Es.: definizione di un puntatore a **`int`**

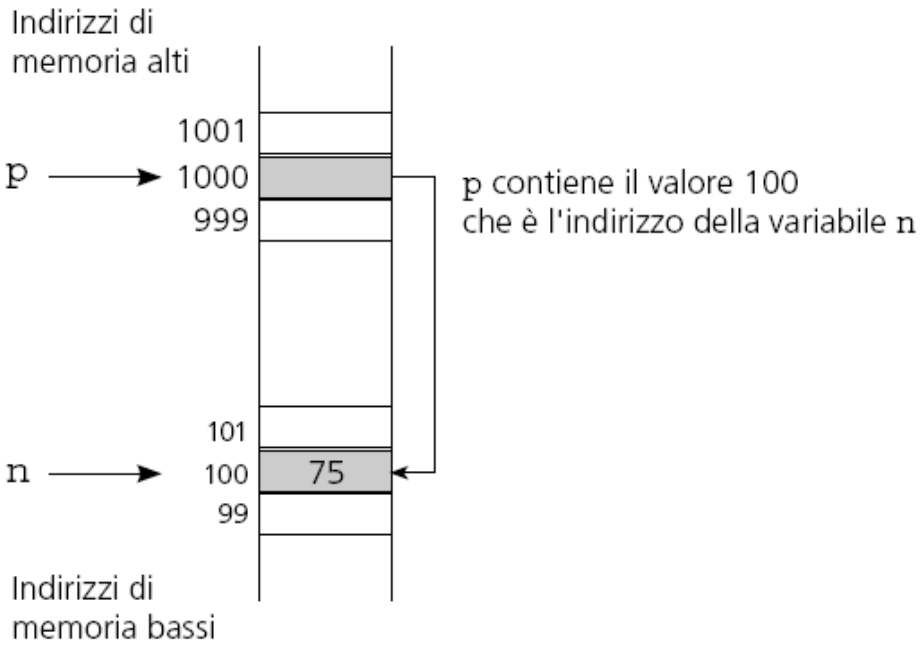
```
int *p;
```

Puntatori

Di fatto una variabile di tipo *puntatore al tipo T* contiene l'indirizzo di memoria di una variabile di *tipo T.*
Esempio:

```
int n;
int *p;

n = 75;
p = &n;
```

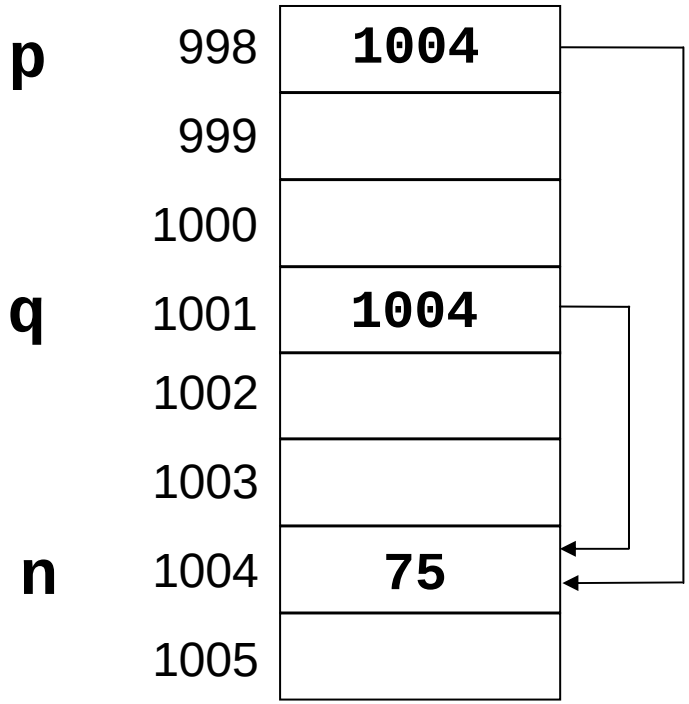


Puntatori

- È possibile fare assegnazioni tra puntatori.
- Esempio:

```
int n=75;
int *p,*q;
p = &n;
q = p;
```

- In questo modo due puntatori puntano alla stessa variabile.



Puntatori

- Tramite il puntatore è possibile accedere alla variabile puntata.
- Con l'operatore * (operatore di indirezione o di *dereference*) prefisso all'identificatore della variabile puntatore è possibile accedere direttamente alla variabile puntata, sia in lettura che in scrittura.
- In questo modo si crea un *alias* della variabile che può essere modificata tramite il puntatore.

Puntatori

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(int argc, char** argv) {
    int x=3,y=5;
    int *p;

    p = &x;
    *p = 10;
    cout << "Valore di x: " << x << endl;

    p = &y;
    *p = 20;
    cout << "Valore di y: " << y << endl;

    return (EXIT_SUCCESS);
}
```

```
Valore di x: 10
Valore di y: 20
```

Puntatori

- Non è possibile fare assegnazioni tra puntatori di tipo diverso.
  Es.:
  ```
  int x=3, *p;
  char c='A', *t=&c;
  p=t;
  ```
  non è consentito

- Perché ? In fondo entrambi contengono un indirizzo.
- Domanda fondamentale: perché i puntatori si riferiscono a un tipo particolare ?

Puntatori

- Di fatto, **`p`** e **`t`** sono entrambi puntatori ed occupano lo stesso spazio in memoria (quanto ?).
- Bisogna però ricordare che c'è una profonda differenza tra i dati puntati :
  - Non sono dello stesso tipo
  - Non occupano lo stesso spazio in memoria
  - Non utilizzano la stessa rappresentazione dei dati
- Per accedere correttamente alla variabile puntata è quindi necessario che il puntatore "porti con sé" l'informazione sul tipo puntato.

Puntatore NULL

- Un puntatore non inizializzato può dare qualche problema perché, di fatto, punta ad una locazione casuale in memoria.
- È quindi necessario avere un valore “neutro” da poter assegnare ad un puntatore per segnalare che non indirizza alcun dato valido in memoria.
- Per questo scopo si usa la costante simbolica **`NULL`** (definita in vari header tra cui **`iostream`**).

Puntatore NULL

- Un puntatore può essere inizializzato a **`NULL`**:
  ```
  int *p = NULL;
  ```
- È possibile operare un confronto con **`NULL`**:
  ```
  if(p != NULL)…
  ```

Puntatori e array

- Concetto di array molto vicino a quello di puntatore.
- L'identificatore di un array è equivalente all'indirizzo del primo elemento dell'array. Consideriamo il codice:

```
int vet[4]={5,7,9,2};
int *p;

p=vet;
cout << vet[0] << endl;
cout << *p << endl;
```

- Quale la differenza tra il puntatore e la variabile array ? Entrambi contengono un indirizzo, ma:
  - **Il puntatore potrà modificare il suo valore e puntare ad un altro dato in memoria**
  - **La variabile array punterà sempre al primo dei 4 elementi `int` con cui è stata definita**
- Da questo punto di vista, una variabile array può essere considerata un **puntatore costante**.

Aritmetica dei puntatori

- È possibile compiere operazioni aritmetiche tra puntatori e interi.
- In particolare, sono ammesse:
  - Addizione di un puntatore ed un intero
  - Sottrazione di un intero da un puntatore
  - Differenza tra due puntatori

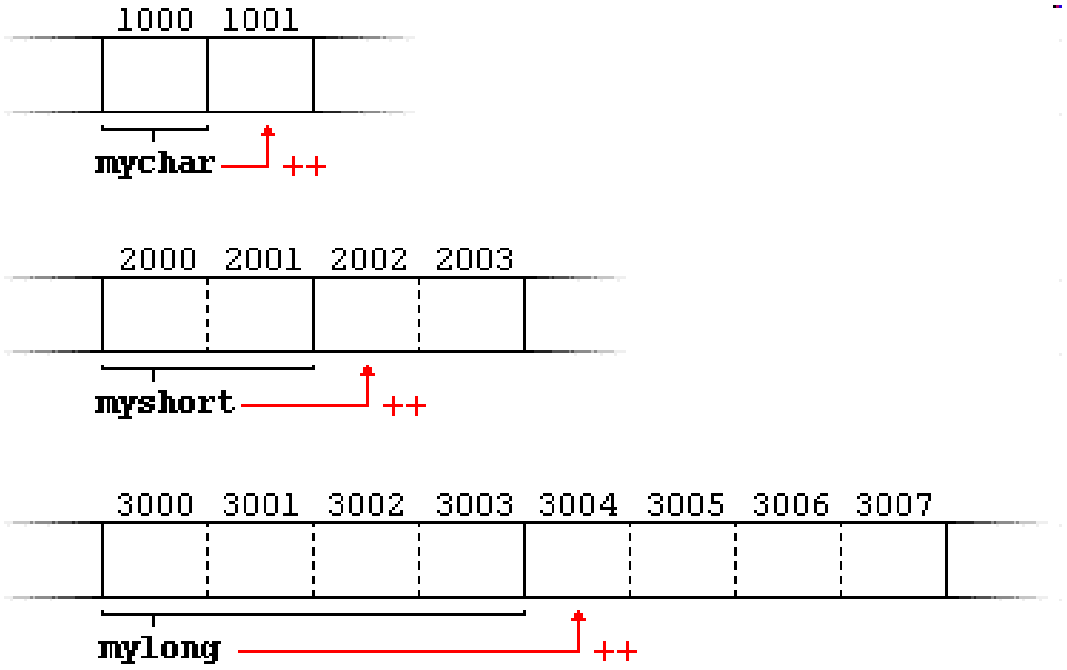
Aritmetica dei puntatori

- Che cosa significa sommare un puntatore ed un intero ? Qual è il risultato ?
- Il risultato è comunque un puntatore.
  A cosa ?
- Se un puntatore a un tipo T viene incrementato di 1, il suo valore viene di fatto incrementato di una quantità pari alla dimensione in byte del tipo T.

Aritmetica dei puntatori

```
char *mychar;
short *myshort;
long *mylong;
```

L'incremento individua l'indirizzo della variabile di tipo T immediatamente seguente in memoria



Aritmetica dei puntatori

- Lo stesso vale per il decremento.
- Che cosa succede se invece si somma (o si sottrae) un valore *k* > 1 ?
- **p+k**: il risultato è uguale al valore di p incrementato di k**d* dove *d* è la dimensione in byte del tipo puntato.
- Lo stesso vale per **p-k**

Puntatori e array /2

- Con l'aritmetica dei puntatori, il contatto tra puntatori e array diventa ancora più stretto.

```
int vet[4]={5,7,9,2};
int *p;

p=vet;
```

- Infatti **`p+1`** punterà a **`v[1]`**, **`p+2`** a **`v[2]`**,..., **`p+i`** a **`v[i]`**
- Di fatto, **`*(p+i)`** è un alias di **`v[i]`.**

Puntatori e array /2

- Che cosa realizza il codice seguente?

```
int vet[4]={5,7,9,2};
int *p;

p=vet;
for(int i=0;i<4;i++)
  cout << *(p+i) << endl;
```

Puntatori e array /2

- Tuttavia anche l'identificatore dell'array è un puntatore (costante) e quindi anche su **`vet`** si può adoprare l'aritmetica dei puntatori:

```
int vet[4]={5,7,9,2};

for(int i=0;i<4;i++)
  cout << *(vet+i) << endl;
```

- Qual è la differenza ?

Puntatori e array /2

- La grossa differenza di cui tener conto è che **p** è una variabile.

```
int vet[4]={5,7,9,2};
int *p;

p=vet;
for(int i=0;i<4;i++){
  cout << *p << endl;
  p = p+1;
}
```

Puntatori e array /2

- Ai puntatori può essere applicato l'operatore di autoincremento:

```
for(int i=0;i<4;i++){
  cout << *p << endl;
  p++;
}
```

- Si possono combinare autoincremento e dereferenziazione (non banale).

Aritmetica dei puntatori /2

- L'operatore di autoincremento (++) ha precedenza maggiore rispetto all'operatore di indirezione (*), ma assume un comportamento speciale quando è usato come suffisso: l'espressione è valutata con il valore che **p** ha prima di essere incrementato.
- Perciò l'espressione ***p++** che sarebbe equivalente a ***(p++)** di fatto è valutata come la sequenza:
  ***p**
  p++
- Si poteva fare diversamente ? Perché ? Che cosa succede con l'espressione **(*p)++ ?**

Putting all together…

```
int vet[4]={5,7,9,2};
int *p;

p=vet;
for(int i=0;i<4;i++)
  cout << *p++ << endl;
```

Problema

- Scrivere una funzione di nome **`transfer`** che riceva in ingresso una stringa e trasferisca in altre due stringhe rispettivamente le vocali e le consonanti della stringa in ingresso.
- Implementare due versioni con
  - accesso agli elementi tramite indice
  - accesso agli elementi tramite puntatore

Puntatori a costanti

- È possibile definire puntatori a costanti, in modo che la variabile puntata non possa essere modificata tramite indirezione del puntatore.
- La dichiarazione prevede di anticipare la parola chiave const alla consueta dichiarazione. Es.:

```
const int *px;
int x=3,y;

px=&x;
y=*px;   possibile
*px=5;   illegale
```

Puntatori come argomenti di funzione

- È possibile usare un puntatore come argomento di una funzione cui passare un riferimento o il valore di un puntatore come parametro effettivo.
- L'effetto netto è uguale a quanto visto per il passaggio per riferimento, solo che, con i puntatori, bisogna gestire esplicitamente l'indirezione.

Puntatori come argomenti di funzione

```
void scambia1(int &a, int &b)
{
	int appo;

	appo=a;
	a=b;
	b=appo;

	return;
}
```

```
void scambia2(int *a, int *b)
{
	int appo;

	appo=*a;
	*a=*b;
	*b=appo;

	return;
}
```

Puntatori come argomenti di funzione

- L'uso dei puntatori come argomenti può essere vantaggioso quando si lavora con gli array.
- In effetti, l'array parametro formale viene gestito come un puntatore.
- Es.: riscrivere la funzione **`transfer`** usando puntatori come argomenti.

Puntatori a strutture

- Come le altre variabili, anche per le variabili struttura è possibile definire puntatori.
- L'unica particolarità è l'accesso ai campi di una struttura riferita tramite puntatore:

```
Studente s1 = {"Paolino",
       "Paperino",
       1234,
       "LINFTLC"};

Studente *pstud;
pstud = &s1;

cout << "Cognome: "<< (*pstud).cognome << endl;
```

Parentesi necessarie

Puntatori a strutture

- È necessario racchiudere tra parentesi () il puntatore dereferenziato perché l'operatore . (punto) ha la precedenza rispetto all'operatore di indirezione.
- È possibile però utilizzare l'operatore apposito '**->**' per cui sono equivalenti le espressioni **(*pstud).cognome** e **pstud->cognome:**

```
cout << "Cognome: "<< pstud->cognome << endl;
```

Il materiale seguente è complementare e non fa parte del programma

Puntatori a funzioni

- Il C++ permette la definizione di puntatori a funzioni. In questo caso non si considera l'indirizzo di una variabile, ma l'indirizzo della prima istruzione di una funzione.
- L'impiego tipico di un puntatore a funzione è il passaggio di una funzione come argomento ad un'altra funzione.
- La definizione di un puntatore a funzione è simile al prototipo della funzione, tranne che il nome della funzione (in effetti, il nome del puntatore) è racchiuso tra parentesi () ed è preceduto da un asterisco:
  *tipo_restituito (*nome_puntatore) (lista_argomenti);*

- Esempio:
  `int (*pfun)(int x, int y);`

  definisce il puntatore **`pfun`** ad una funzione che ha due argomenti **`int`** passati per valore e restituisce un **`int`**.

Puntatori a funzioni

- Per inizializzare un puntatore a funzione, è sufficiente assegnare il nome della funzione al puntatore.

```
int somma(int x, int y){
    return x+y;
}

int main() {
    int (*pf)(int,int);

    pf = somma;
}
```

Definizione del puntatore

Assegnazione del puntatore

Puntatori a funzioni

- Per dereferenziare il puntatore (e invocare la funzione puntata) si scrive tra parentesi () il nome del puntatore preceduto da un asterisco e quindi la lista dei parametri effettivi tra parentesi ().

```
int somma(int x, int y){
    return x+y;
}

int main() {
    int a=1,b=2,c;
    int (*pf)(int,int);

    pf = somma;
    c = (*pf)(a,b);
}
```


Indirezione del puntatore

```
#include <iostream>
using namespace std;

int somma(int x, int y);
int diff(int x, int y);
int operazione(int (*pfun)(int,int),int x, int y);

int main(int argc, char** argv) {
    int a,b,c;

    cout << "Primo valore: "; cin >> a;
    cout << "Secondo valore: "; cin >> b;

    if(a > b)
        c = operazione(diff,a,b);
    else
        c = operazione(somma,a,b);

    cout << "Risultato: " << c << endl;
    return (EXIT_SUCCESS);
}
```

segue… →

```
int somma(int x, int y){
    return x+y;
}

int diff(int x, int y){
    return x-y;
}

int operazione(int (*pfun)(int,int),int x, int y){
    int z;

    z = (*pfun)(x,y);

    return z;
}
```