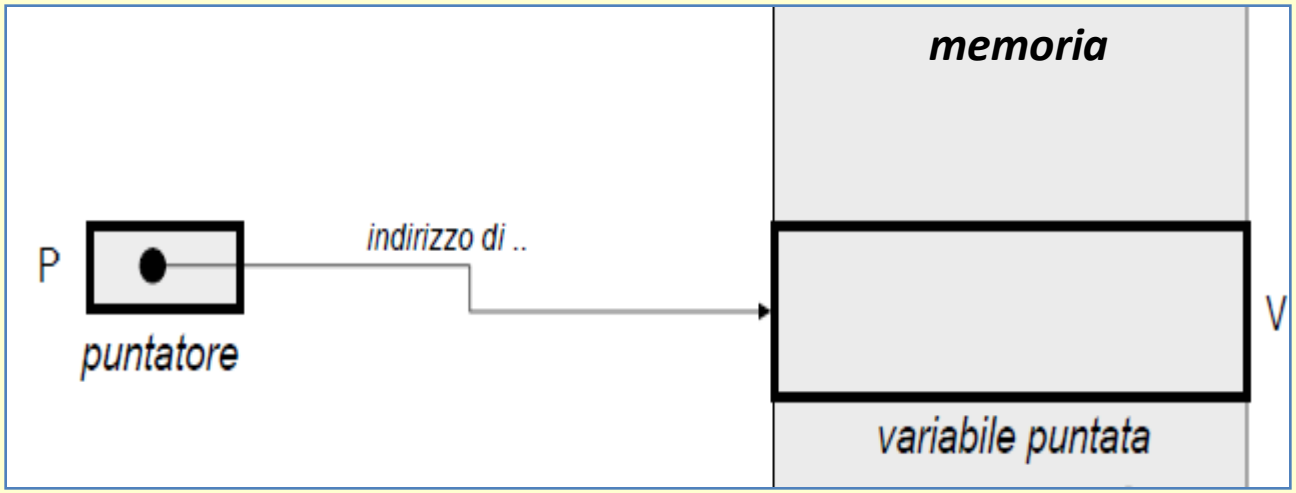
I puntatori
in C++

I puntatori in C++

Il **puntatore** un tipo di dato scalare, che consente di rappresentare gli **indirizzi delle variabili allocate in** memoria.

Dominio:
Il dominio di una variabile di tipo puntatore è un insieme di indirizzi.

Quindi il valore contenuto in una variabile P di tipo puntatore può essere **l'indirizzo di un'altra variabile** (detta variabile ***puntata).***



I puntatori in C++

In C++ i puntatori si definiscono mediante **il costruttore *.**

Definizione di una variabile puntatore:

<TipoElementoPuntato> *<NomePuntatore>;

dove:

<TipoElementoPuntato> e` il **tipo** della variabile puntata

<NomePuntatore> e` il **nome** della variabile di tipo puntatore

il simbolo ***** **è il costruttore del tipo puntatore.**

Esempio:

```
int *P;          // P è un puntatore a intero
```

I puntatori in C++

Operatori:

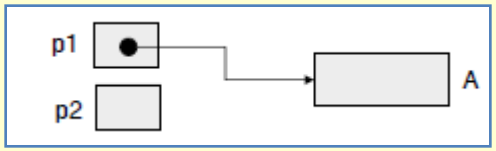
- ***Assegnamento (=):*** è possibile l'assegnamento tra puntatori (dello stesso tipo).
  È disponibile la costante NULL, per indicare l'indirizzo nullo (0).
- ***Dereferencing (*) :*** *è un operatore unario.*
  Si applica a un puntatore e restituisce il valore contenuto nella cella puntata .
  Serve per accedere alla variabile puntata.
- ***Operatori aritmetici : +, –, ++, – –***

  In generale, possono essere *sommati numeri interi* ai puntatori.
  NON ha senso sommare dei puntatori tra loro.
- ***Operatori relazionali: >, <, ==, !=***
  I puntatori possono essere confrontati tra loro
- ***Operatore indirizzo &:*** si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale è allocata la variabile.

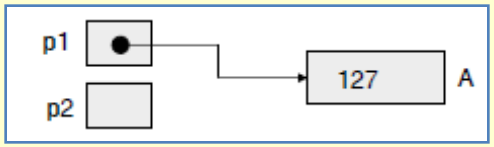
I puntatori in C++

Esempio:

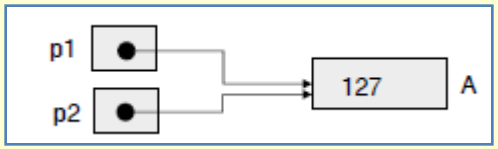
```
int *p1, *p2;
int A;
p1 = &A;
```



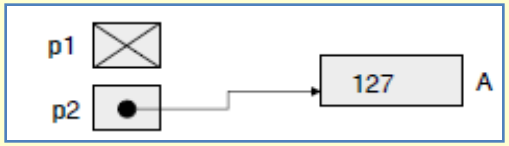

```
*p1 = 127;
```




```
p2 = p1;
```




```
p1 = NULL;        // NULL è la costante che vale 0 e  denota il puntatore "nullo"
```



I puntatori in C++

Operatore Indirizzo &: si applica solo ad oggetti che esistono in memoria (quindi, già definiti).
& non è applicabile ad espressioni.

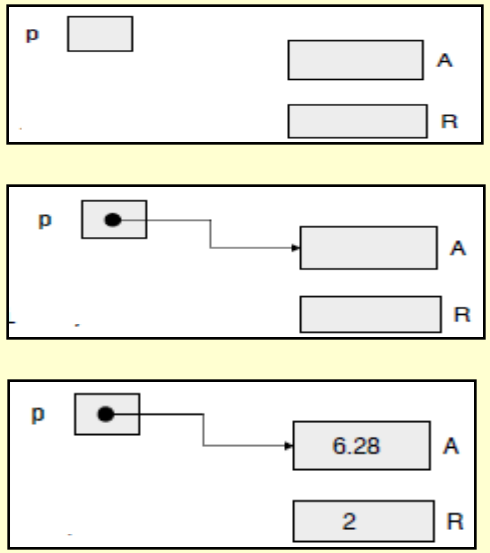
Operatore Dereferencing *: consente di accedere ad una variabile specificandone l'indirizzo
L'indirizzo rappresenta un modo alternativo al nome (***alias)*** *per* accedere e manipolare la variabile

Esempio:

```
float *p;
float R, A;

p=&A;          //  *p è un alias di A

R=2;
*p=3.14*R;     //  A è modificato
```



I puntatori in C++

Riassumendo

- &A vuol dire: **l'indirizzo** della variabile A;
- *B vuol dire: il **valore** contenuto all'indirizzo puntato B;
- * e & si possono vedere come operatori inversi

  &*A è come scrivere A

  *&A==A
  &*A==A

I puntatori in C++

Esercizio

1. Commentare tutte le istruzioni

2. Completare le istruzioni **cout** scrivendo cosa viene visualizzato.

3. Confrontare i valori visualizzati nelle istruzioni dalla n. 21 alla n. 23.

4. Se le istruzioni n.11 e n.12 fossero state:

   *p++;

   *q – –;

   Quali valori sarebbero stati visualizzati nelle istruzioni **cout**?
   (Fare le opportune considerazioni sui diversi risultati ottenuti rispetto a prima della modifica)

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int main()
5  {int *p, *q, *t, a, b;
6  a=50;
7  b=10;
8  p=&a;
9  q=&b;
10
11 (*p)++;
12 (*q)--;
13
14 cout<<"   "<<a<<endl;
15 cout<<"   "<<b<<endl;
16
17 cout<<"   "<<*p<<endl;
18 cout<<"   "<<*q<<endl;
19
20 cout<<"   "<<p<<endl;
21 cout<<"   "<<q<<endl;
22 cout<<"   "<<&p<<endl;
23 cout<<"   "<<&q<<endl;
24
25 cout<<"   "<<*p+1<<endl;
26 system("pause");
27 }
```

Puntatori a puntatori

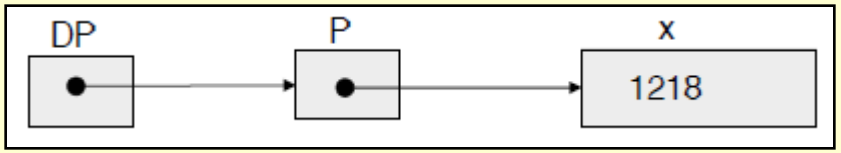
Un **puntatore può *puntare* a variabili di tipo qualunque** *(semplici* o *strutturate*)

→ **può *puntare anche a un puntatore***

<TipoElementoPuntato> **< NomePuntatore>;

Esempio:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
   int x, *P, **DP;
   P = &x;
   DP = &P;
   **DP=1218;
   cout<<"x= "<<x<<"   **DP= "<< **DP<< "  *P= "<<*P<<endl;
   cout<<"DP= "<<DP<<"  *DP= "<< *DP<< "  P= "<<P<<endl;
   system ("pause");
}
```



Puntatori: passaggio parametri per riferimento

I puntatori permettono di realizzare il **passaggio dei parametri alle funzioni per riferimento** (o per indirizzo).

```
void scambia (int *a, int *b)
{
   int x;
   x=*a;
   *a=*b;
   *b=x;
}

int  main()
{
   int s,t;
   s=7;
   t=8;
   scambia( &s, &t);
   cout <<“s vale: ”<<s<< “      t vale: ” << t<<endl;
   System (“pause”);
}
```

Puntatori: passaggio parametri per riferimento

Esercizi

1. Realizzare una funzione che riceva tre parametri per riferimento e un quarto per valore e modifica i primi tre moltiplicandoli per il quarto. Il programma pricipale dopo aver richiamato la funzione deve visualizzare i tre valori modificati e i loro indirizzi di memoria.
2. Realizzare una funzione che riceva come parametro passato per riferimento un carattere dell'alfabeto inglese e se è minuscolo lo trasformi nel successivo maiuscolo in caso contrario nel precedente minuscolo (il succesivo di 'z' sia 'A' e il precedente di 'A' sia 'z'). Il programma pricipale dopo aver richiamato la funzione deve visualizzare il carattere modificato e l'indirizzo di memoria in cui si trova.

Puntatori

Esercizi

Nei seguenti esercizi tutte le istruzioni devono essere scritte utilizzando solo i puntatori a tutte le variabili dichiarate.

3. Acquisire 10 valori interi (ciascuno inferiore a 8) e comunicare il loro prodotto (senza usare un vettore). Tutte le istruzioni devono essere scritte utilizzando solo i puntatori alle variabili dichiarate.
4. Dati N valori da tastiera comunicare la somma e la media.

Puntatori e vettori

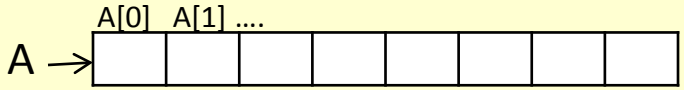
Vettori e puntatori sono strettamente correlati:

```
int x[10];     // x è ora un puntatore ad intero!
               // x  corrisponde all'indirizzo del
               // primo elemento del vettore
```

x e &x[0] sono la stessa cosa
x[0] e *x sono la stessa cosa
x[1] e *(x+1) sono la stessa cosa

Più in generale: x[n] e *(x+n) sono la stessa cosa…

Quindi, quando dichiariamo un vettore: int A[8];



il compilatore:

- Riserva una zona della memoria per 8 componenti intere;
- Considera **A come un puntatore ad intero** e gli assegna l'**indirizzo del primo elemento** (&A[0]).
  (Questo ci fa comprendere meglio perché il ***passaggio di un vettore nelle funzioni*** *avvenga* ***per indirizzo***).

Aritmetica dei puntatori

Le operazioni concesse sono: ***++, – –, +, –***

L'operazione di **addizione** nell'aritmetica dei puntatori **incrementa il puntatore** *in base al suo tipo base.*

Incrementare di 1 un puntatore significa far saltare il puntatore alla prossima locazione corrispondente ad un elemento di memoria il cui tipo coincide con quello base.

– gli operatori unari di **incremento** ++ e **decremento** – – unitari
  • in forma prefissa: ++p, --p;
  • in forma postfissa: p++, p--;

– l'operatore di **somma o differenza** tra un puntatore ed un intero
  • p. es.: **p+i** punta all'elemento che segue di **i** posizioni quello puntato da p;

Esempio:

Tipo *p;

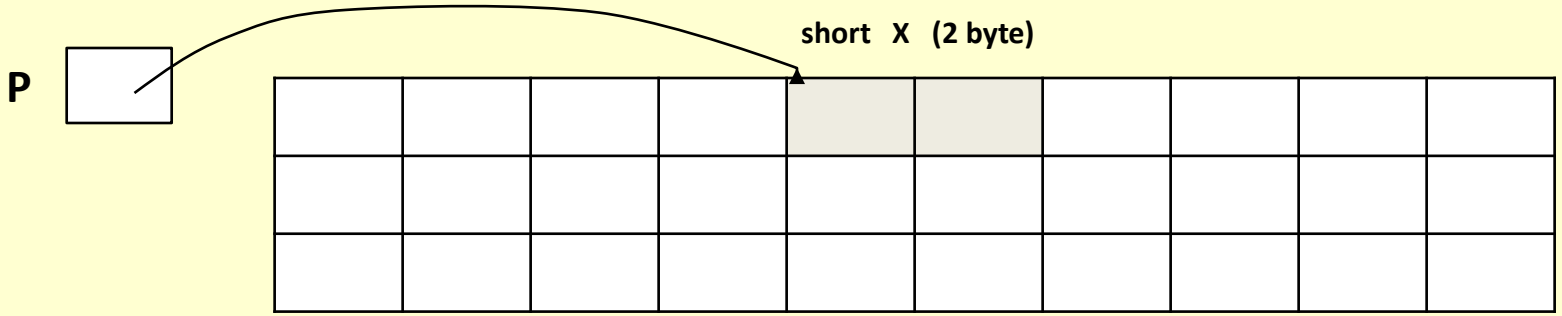
p=p+1;	***p=p+sizeof(Tipo)***
operazione logica	**operazione algebrica**

Aritmetica dei puntatori

In generale:

Tipo *p;

p = p + k;	***p = p + sizeof(Tipo) * k***
operazione logica	**operazione algebrica**



Esempio:

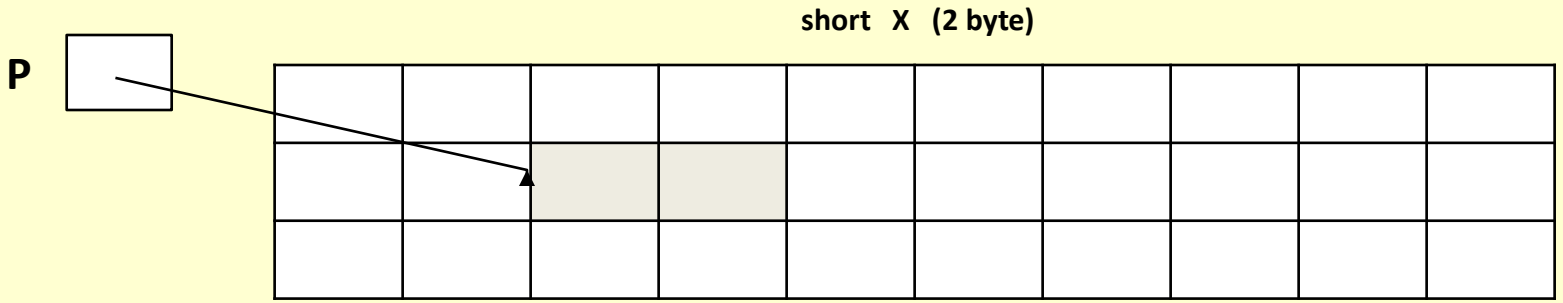
```
short  *P, X;
P=&X;
```

Aritmetica dei puntatori

In generale:

Tipo *p;

p = p + k;	***p = p + sizeof(Tipo) * k***
operazione logica	**operazione algebrica**



Esempio:

```
short  *P, X;
P=&X;
P = P + 4;
```

*P = P + 2*4*

Questa tecnica è particolarmente utile per i puntatori ad array.

Aritmetica dei puntatori e vettori

Le operazioni concesse sono: ***+, –, ++, – –***

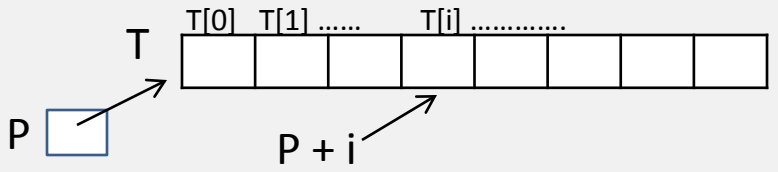
L'operazione di **addizione** nell'aritmetica dei puntatori **incrementa il puntatore** *in base al suo tipo base.*

Incrementare di 1 un puntatore ad un vettore significa far saltare il puntatore all'elemento successivo del vettore che si troverà a distanza di tanti byte dal precedente elemento del vettore, quanti ne occupa il *tipo* dichiarato.

Se **P** è l'indirizzo di una variabile di tipo vettore T,

ossia P è &T[0], P+1 è &T[1] ➔ allora per definizione **P + i** è &T[i]

```
float  T[10];
float  *P;
P= T;  // oppure  P=&T[0];
```



La differenza tra P e T è la seguente: P è una **variabile** di tipo puntatore
T è una **costante** di tipo puntatore

Aritmetica dei puntatori e vettori

Conoscendo l'indirizzo del primo elemento e la dimensione dell'elemento, è possibile calcolare l'indirizzo di qualunque elemento del vettore:

Operatori aritmetici *(somma e sottrazione)* su puntatori a vettori

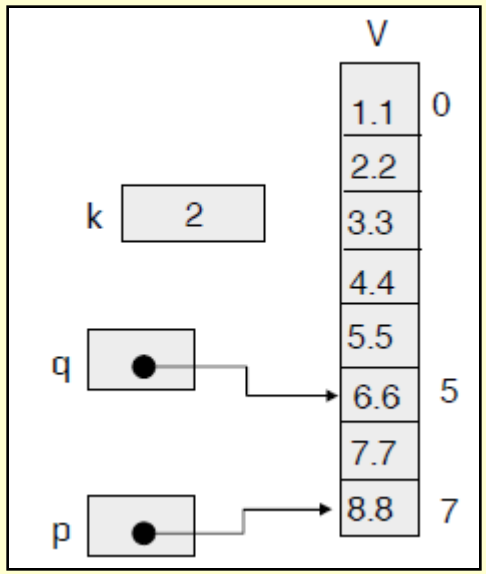
Se **P** e **Q** sono puntatori ad elementi di vettori ed i è un intero:

- **(P + i)** restituisce l'indirizzo dell'elemento spostato di **i posizioni** in ***avanti*** rispetto a quello puntato da P;
- **(P – i)** restituisce l'indirizzo dell'elemento spostato di **i posizioni** all'***indietro*** rispetto a quello puntato da P;
- **(P – Q)** restituisce l'intero che rappresenta il numero di elementi compresi tra P e Q.

Aritmetica dei puntatori e vettori

Esempio

```
int main()
{ float V[8]={1.1,2.2,3.3,4.4,5.5,6.6,7.7,8.8};
  int k;
  float *p, *q;
  p=V+7;
  q=p-2;
  k=p-q;
  cout <<"*p = "<< *p << "   *q = "<< *q << "   k = "<< k << endl;
  system ("pause");
}
```



Aritmetica dei puntatori e vettori

Durante l'esecuzione di ogni programma C++, ogni riferimento ad un elemento di un vettore viene tradotto in un puntatore dereferenziato.
Per esempio:

V[0]	**viene tradotto in**	***V**
V[1]	**viene tradotto in**	***(V + 1)**
V[i]	**viene tradotto in**	***(V + i)**
V[expr]	**viene tradotto in**	***(V + expr)**

Esempio:

```
int main()
{ char A[ ] = "0123456789";    // A è un vettore di 10 char
  int i = 5;
  cout<< A[i]<<"  "<< A[5] <<"  "<< i[A] <<"  "<< 5[A] <<"  "<< (i-1)[A]<< endl;      // ..... !!!
  system("pause");
}
```

Cosa stampa?

NB: Per il compilatore A[i] e i[A] sono lo stesso elemento, perché viene sempre eseguita la conversione: A[i] =>*(A+i) (senza eseguire alcun controllo né su A, né su i).

Puntatori e vettori

Esercizi

Nei seguenti esercizi tutte le istruzioni devono essere scritte utilizzando solo i puntatori a tutte le variabili dichiarate.

1. Scrivere un programma che dato un vettore A di 20 numeri reali, calcoli la somma di tutti gli elementi di A memorizzati in posizione dispari, la somma di tutti gli elementi di A memorizzati in posizione pari e la media delle due somme.
2. Scrivere un programma che ordina n numeri casuali con il metodo bubblesort, in modo che due elementi del vettore vengano scambiati con l'utilizzo dei puntatori.
3. Definire una matrice costituita da 3 righe e 5 colonne. Stampare l'indirizzo di ciascun elemento della matrice e dedurre come gli elementi di una matrice vengano organizzati dal compilatore nella memoria del calcolatore.

Puntatori a strutture

E' possibile utilizzare i **puntatori** per accedere a **variabili di tipo struct**, tenendo conto che il *punto della notazione postfissa* ha la precedenza sull'*operatore di dereferencing* *.

Esempio:

```
struct   studente
{ string  Cognome;
  int  Eta;
 } ;
……
studente  S, *P;
P = &S;
(*P).Cognome="Rossi";   //  Assegna la stringa "Rossi" al campo  Cognome della
                        //  struct puntata da P (è necessario usare le parentesi)
(*P).Eta=16;            // Assegna la costante  16 al campo  Eta  della
                        // struct puntata da P
```

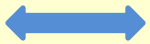
Puntatori a strutture

Operatore ->

L'operatore **->** consente di ***accedere ad un campo*** di una struttura referenziata da un puntatore in modo più sintetico, per esempio: **P->Eta=16;**

Esempio: con uso di (*P)

```
struct  studente
{ string  Cognome;
  int  Eta;
 } ;
……
studente  S, *P;
P = &S;
(*P).Cognome="Rossi";
(*P).Eta=16;
```



Esempio: con uso di P->

```
struct  studente
{ string  Cognome;
  int  Eta;
 } ;
……
studente  S, *P;
P = &S;
P->Cognome="Rossi";
P->Eta=16;
```

Puntatori a strutture

Esercizi

1. Definire la struttura **citta** con i seguenti campi: nome, provincia, n° abitanti anno prec., n° abitanti anno in corso, estensione in kmq. Instanziare una variabile di tipo **citta** e un puntatore ad essa. Utilizzando il puntatore: acquisire tutti i dati di una città, calcolare la densità di popolazione e l'incremento o il decremento percentuale della popolazione, stampare: tutti i dati compresi quelli calcolati, l'indirizzo della variabile istanziata e l'indirizzo di ciascun campo.

2. Scrivere un programma che consenta di inserire i nomi di 50 città italiane e i dati relativi alle precipitazioni nei 30 giorni di un mese (supporre che il mese sia di 30 giorni). I dati sono organizzati in una struttura dati (tabella).
   La funzione carica_citta riceve come parametro un puntatore ad una struttura di tipo record (singola città) e acquisisce i valori dei campi inseriti da tastiera usando il puntatore.
   La funzione tot_pioggia_citta riceve come parametro un puntatore ad una struttura di tipo record (singola città) e restituisce il totale dei mm di pioggia caduti nel mese in quella città .
   Il programma deve calcolare la media giornaliera delle precipitazioni per ogni singola città.