Tipi di dato strutturato

Adrian	Ailincai	2900	21.0
Marco	Albergamo	31000	27.0
Leonardo	Amico	8000	21.0
Massimiliano	Arpino	1500	19.2
Valerio	Zerillo	45000	34.5

Il Record

Esempio:

Si vuole rappresentare adeguatamente l'astrazione "contribuente", caratterizzata dai seguenti attributi:

- **Nome,**
- **Cognome,**
- **Reddito,**
- **Aliquota**

Con gli strumenti visti finora, per ogni contribuente è necessario introdurre 4 variabili:

```
char   Nome[20], Cognome[20];
int    Reddito;
float  Aliquota;
```

È una soluzione scomoda e non “astratta”: le quattro variabili sono indipendenti tra di loro.

➔ È necessario un costrutto che consenta l’aggregazione dei 4 attributi nell'astrazione “contribuente”: il record.

Tipi strutturati: il Record

Un record è un insieme finito di elementi, in generale non omogeneo:

- il numero degli elementi è rigidamente fissato a priori.
- gli elementi possono essere di tipo diverso.
- il tipo di ciascun elemento componente (campo) è prefissato.

Ad esempio:

NOME	COGNOME	REDDITO	ALIQUOTA

Formalmente:

Il record è un tipo strutturato il cui dominio si ottiene mediante prodotto cartesiano:

dati n insiemi, A_{c1}, A_{c2}, ..., A_{cn}, il prodotto cartesiano tra essi:

$$A_{c1} \times A_{c2} \times ... \times A_{cn}$$

consente di definire un tipo di dato strutturato (il record) i cui elementi sono n-ple ordinate:

$$(a_{c1}, a_{c2}, ..., a_{cn})$$

dove $a_{ci} \in A_{ci}$.

Ad esempio:

Il **numero complesso** può essere definito attraverso il prodotto cartesiano $R \times R$.

Il Record in C: `struct`

Collezioni con un numero finito di campi (anche disomogenei) sono realizzabili in C mediante il costruttore di tipo strutturato **`struct`**.

Definizione di variabile di tipo struct:

```
struct {
  <lista def. campi>
  }  <id-variabile>;
```

```
struct {
       char  Nome[20],
             Cognome[20];
       int   Reddito;
       float Aliquota;
       } c1;
```

dove:

- **`<lista def. campi>`** è l'insieme delle definizioni dei campi componenti, costruita usando le stesse regole sintattiche della definizione di variabili:

```
<tipo1> <campo1>;
<tipo2> <campo2>;
...
<tipoN> <campoN>;
```

```
char  Nome[20],
      Cognome[20];
int   Reddito;
float Aliquota;
```

- **`<id-variabile>`** è l'identificatore della variabile di tipo record così definita.

Il tipo struct

Accesso ai campi:

Per accedere (e manipolare) i singoli campi di un record si usa la notazione ***postfissa*** :

<id-variabile>.<componente>

indica il valore del campo **<componente>** della variabile **<id-variabile>** .

➔ I singoli campi possono essere manipolati con gli operatori previsti per il tipo ad essi associato.

```
struct {
       char  Nome[20],
             Cognome[20];
       int   Reddito;
       float Aliquota;
       } c1;
```

c1.Nome

```
strcpy(c1.Nome,”Valentina”);
strcpy(c1.Cognome,”Florio”);
c1.Reddito = 7000+18000;
c1.Aliquota = 23.0;
```

Il tipo struct: assegnamento

```
struct {
       char  Nome[20],
             Cognome[20];
       int   Reddito;
       float Aliquota;
       } c1, c2;
```

```
strcpy(c1.Nome,”Valentina”);
strcpy(c1.Cognome,”Florio”);
c1.Reddito = 7000+18000;
c1.Aliquota = 23.0;

c2=c1;
```

Operatori:

L’unico operatore previsto per dati di tipo struct è l’operatore di ***assegnamento*** (=):

➔è possibile l’assegnamento diretto tra record di tipo equivalente.

Inizializzazione di record:

È possibile inizializzare i record in fase di definizione.

Ad esempio:

```
struct {   char   Nome[20],
                  Cognome[20];
           int   Reddito;
           float Aliquota;
 } c1 ={"Valentina", "Florio", 7000+18000, 23.0 };
```

typedef struct

Il costruttore struct può essere utilizzato per dichiarare **tipi non primitivi** basati sul record:

Dichiarazione di tipo strutturato record:

```
typedef struct {
<lista dichiarazioni campi>
} <id-tipo>;
```

dove:

- **<lista definizioni campi>** è l'insieme delle definizioni dei campi componenti;
- **<id-tipo>** è l'identificatore del nuovo tipo.

Ad esempio:

```
typedef struct {
        char  Nome[20],
              Cognome[20];
        int   Reddito;
        float Aliquota;
      } contribuente;
contribuente c1,c2,c3;
strcpy(c1.Nome, "Valentina");
...
```

< lista dichiarazione campi >

< id-tipo >

typedef struct

Nota: non è consentito definire due tipi diversi con lo stesso nome.

Però è possibile che un campo del record abbia lo stesso nome di una variabile. Come **Reddito**, nell'esempio:

```
typedef struct {  char Nome[20];
                  char Cognome[20];
                  int Reddito;
                  float Aliquota;
                } contribuente;
contribuente c1, c2, c3;

unsigned int Reddito = 7000;

c1.Reddito = Reddito + 18000;
```

variabile.campo (variabile strutturata)

variabile (intero senza segno)

Il tipo struct in sintesi

Riassumendo, la sintassi da adottare è:

```
[typedef] struct {
            <tipo-1> <nome_campo-1>;
            <tipo-2> <nome_campo-2>;
                   ...
            <tipo-N> <nome-campo-N>;
          }  <nome>;
```

Vincoli:

- **<nome-campo-i>** è un identificatore stabilito che individua il campo i-esimo;
- **<tipo-i>** è un qualsiasi tipo, semplice o strutturato.
- **<nome>** è l'identificatore della struttura (o del tipo, se si usa **typedef**)

Uso:

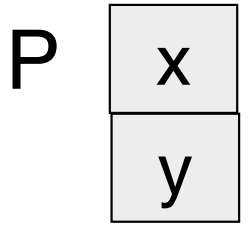
- la struttura è una collezione di un numero fissato di elementi di vario tipo (<**tipo-campo-i>);**
- il singolo campo **<nome-campo-i>** di un record **R** è individuato mediante la notazione: **R.<nome-campo-i>;**
- se due strutture di dati di tipo **struct** hanno lo stesso tipo, allora è possibile l'assegnamento diretto.

Esercizio sui record

Realizzare un programma che, lette da input le coordinate di un punto P del piano, sia in grado di applicare a P alcune trasformazioni geometriche (traslazione, e proiezioni sui due assi).

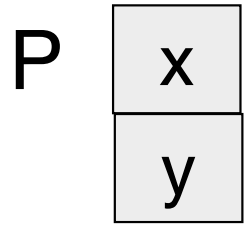
➔ Rappresentiamo il punto del piano cartesiano mediante una **`struct`** di due campi (float), ciascuno associato a una particolare coordinata:

```
typedef struct{

            } punto;

punto P; /* P è una variabile di tipo punto */
```



Esercizio sui record

```
#include <stdio.h>

main()
{  typedef struct{float x,y;} punto;
   punto P;
   unsigned int op;
   float  Dx, Dy;
/* lettura delle coordinate da input in P: */
   printf("ascissa? ");

   printf("ordinata? ");


/* lettura dell'operazione richiesta assumendo le
   convenzioni:
   0: termina
   1: proietta sull'asse x
   2: proietta sull'asse y
   3: trasla di Dx, Dy */
```



Esercizio sui record

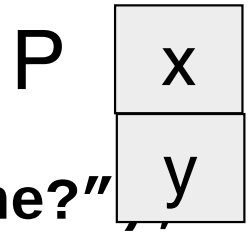
```
switch (op)
  {   case 1:
      case 2:
      case 3:     printf("%s","Traslazione?”);
                  scanf("%f%f",&Dx,&Dy);
      default: printf("errore!");
  }
printf( "Nuove coordinate:
         %f\t%f\n",                    );
}
```

proietta sull’asse x

proietta sull’asse y

calcola nuove coordinate

coordinate



Vettori e record

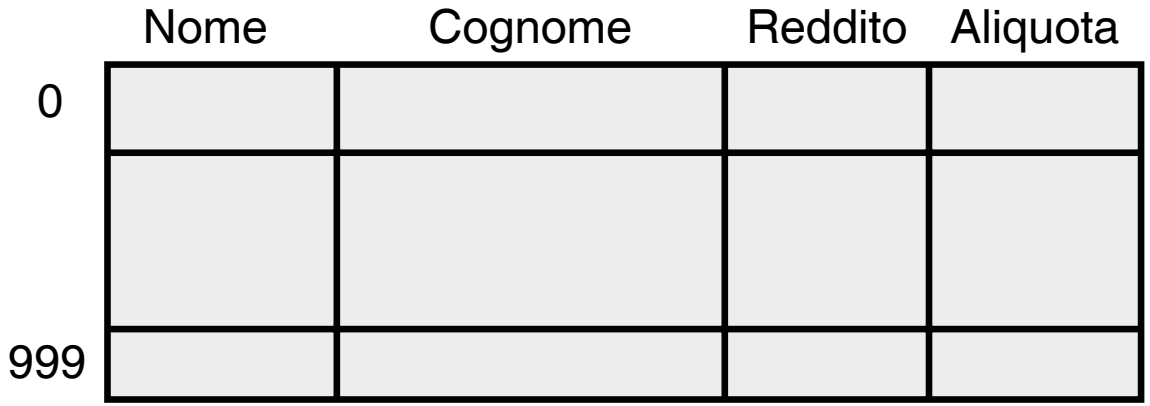
Non ci sono vincoli riguardo al tipo degli elementi di un vettore: si possono realizzare anche vettori di record (strutture tabellari).

Ad esempio:

```
typedef struct {        char    Nome[20];
                        char    Cognome[20];
                        int     Reddito;
                        float   Aliquota;
                        } Contribuente;
contribuente archivio[1000];
```

➔ **`archivio`** è un vettore di 1000 elementi, ciascuno dei quali è di tipo **`contribuente`**

➔ abbiamo realizzato un **vettore di record**, o ***struttura tabellare***.

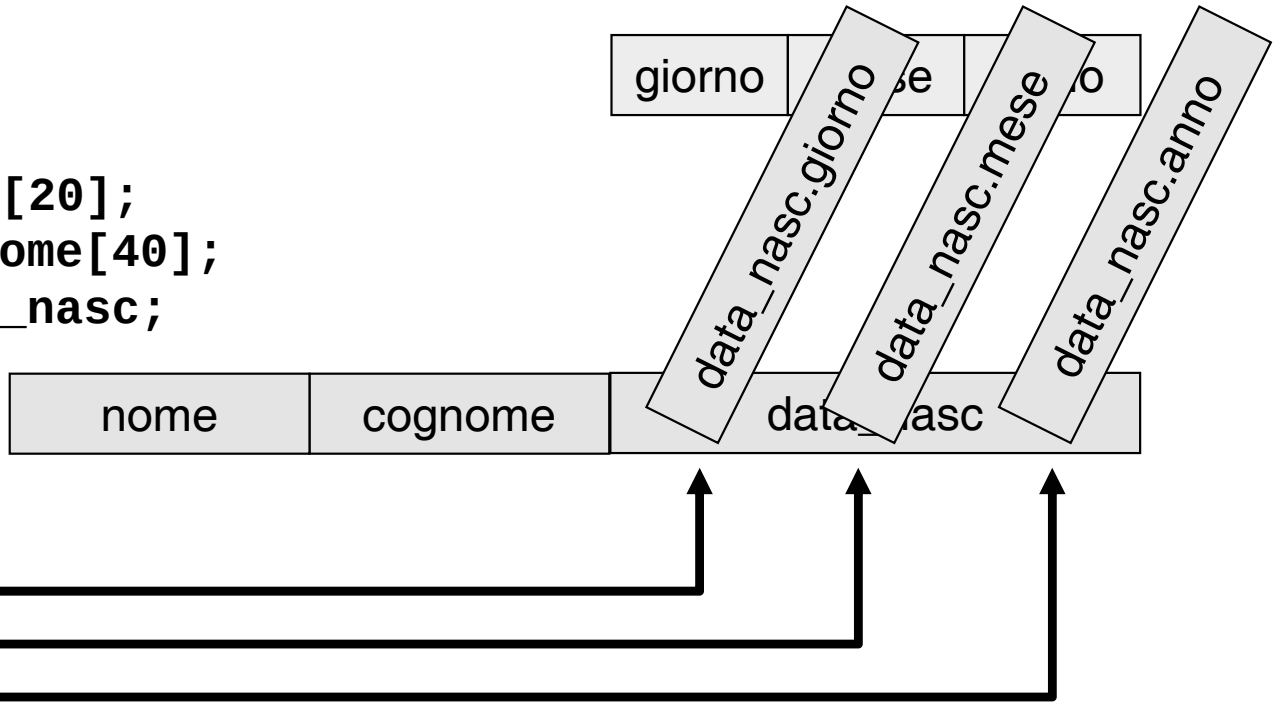


Vettori e Record

Allo stesso modo, si possono fare **record di vettori** e **record di record**.

Ad esempio:

```
typedef struct{ int giorno;
                int mese;
                int anno;
} data

typedef struct{ char nome[20];
                char cognome[40];
                data data_nasc;
} persona;

persona P;
…
P.data_nasc.giorno=25;
P.data_nasc.mese=3;
P.data_nasc.anno=1992;
…
```



Esercizio

Scrivere un programma che acquisisca i dati relativi agli studenti di una classe:

- nome
- cognome
- voti: rappresenta i voti dello studente in 3 materie (italiano, matematica, inglese);

Il programma deve successivamente **calcolare** e **stampare**, per ogni studente, la **media dei voti ottenuti nelle 3 materie**.

Introduciamo un tipo di dato per rappresentare il generico studente:

```
typedef struct {

            } studente;
```

La classe è rappresentata da un vettore di studenti:

```
studente classe[20];
```

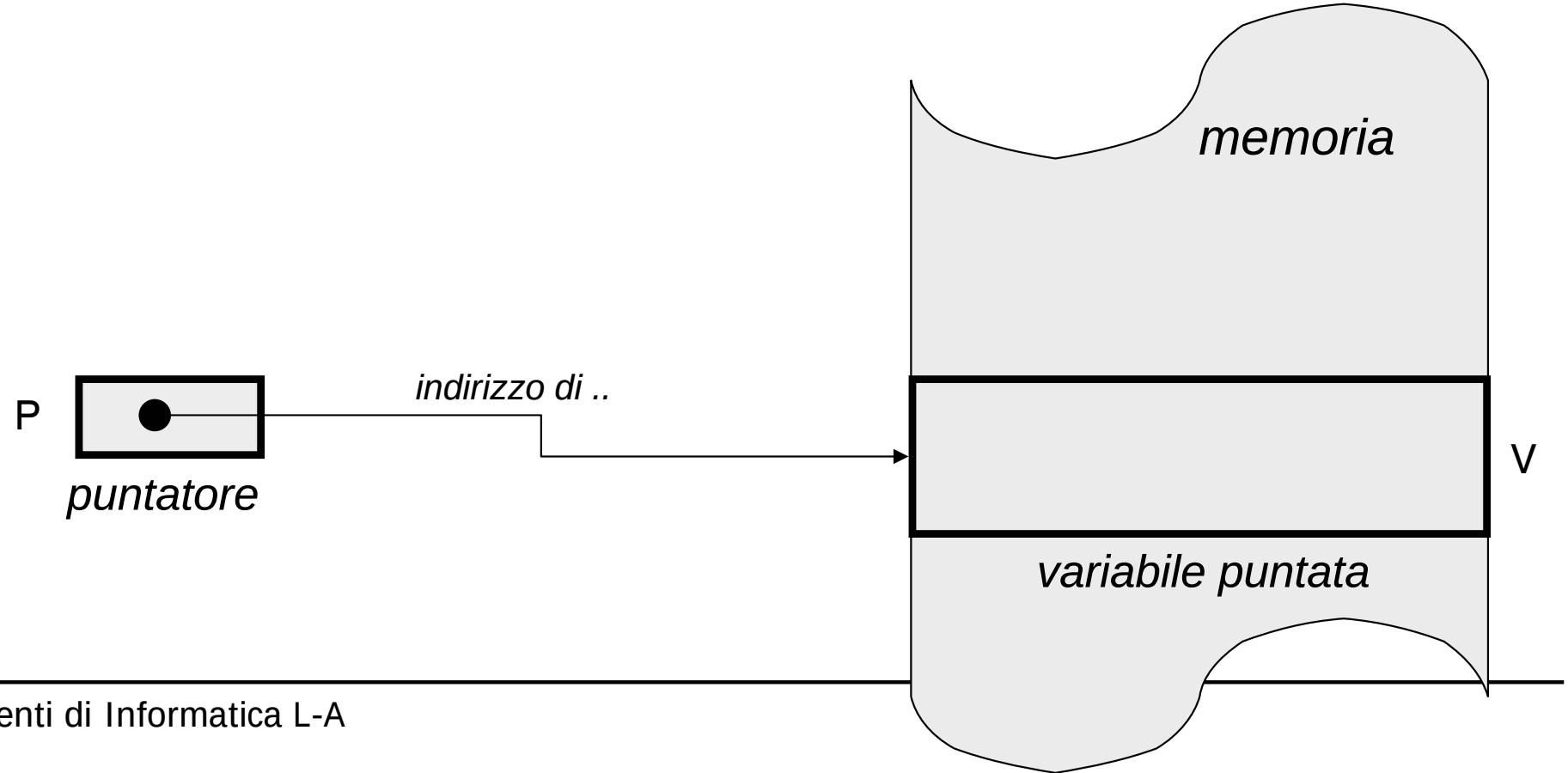
```
#include <stdio.h>
#define ita 0
#define mat 1
#define ing 2
#define N 20
typedef struct{



      } studente;

main()
{     studente classe[N];
      float m;
      int i; int j;
      /* lettura dati */
      for(i=0;i<N; i++)
      {     fflush(stdin);
            gets( nome i-mo studente );
            gets( cognome i-mo studente );
            for(j=ita; j<=ing; j++)
                  scanf( voto j-ma materia i-mo studente );
      }
```

```
        /* continua.. stampa delle medie */
        for( i=0; i<N; i++ ) // N studenti
        {  for( m=0,j=ita; j<=ing; j++ ) // ita=0; ing=2
                                         // m accumulatore
           printf( "media di %s %s: %f\n",
                                                        );
        }
}
```

aggiorna il totale dei voti…

media di <nome> <cognome>: <media>

Puntatori



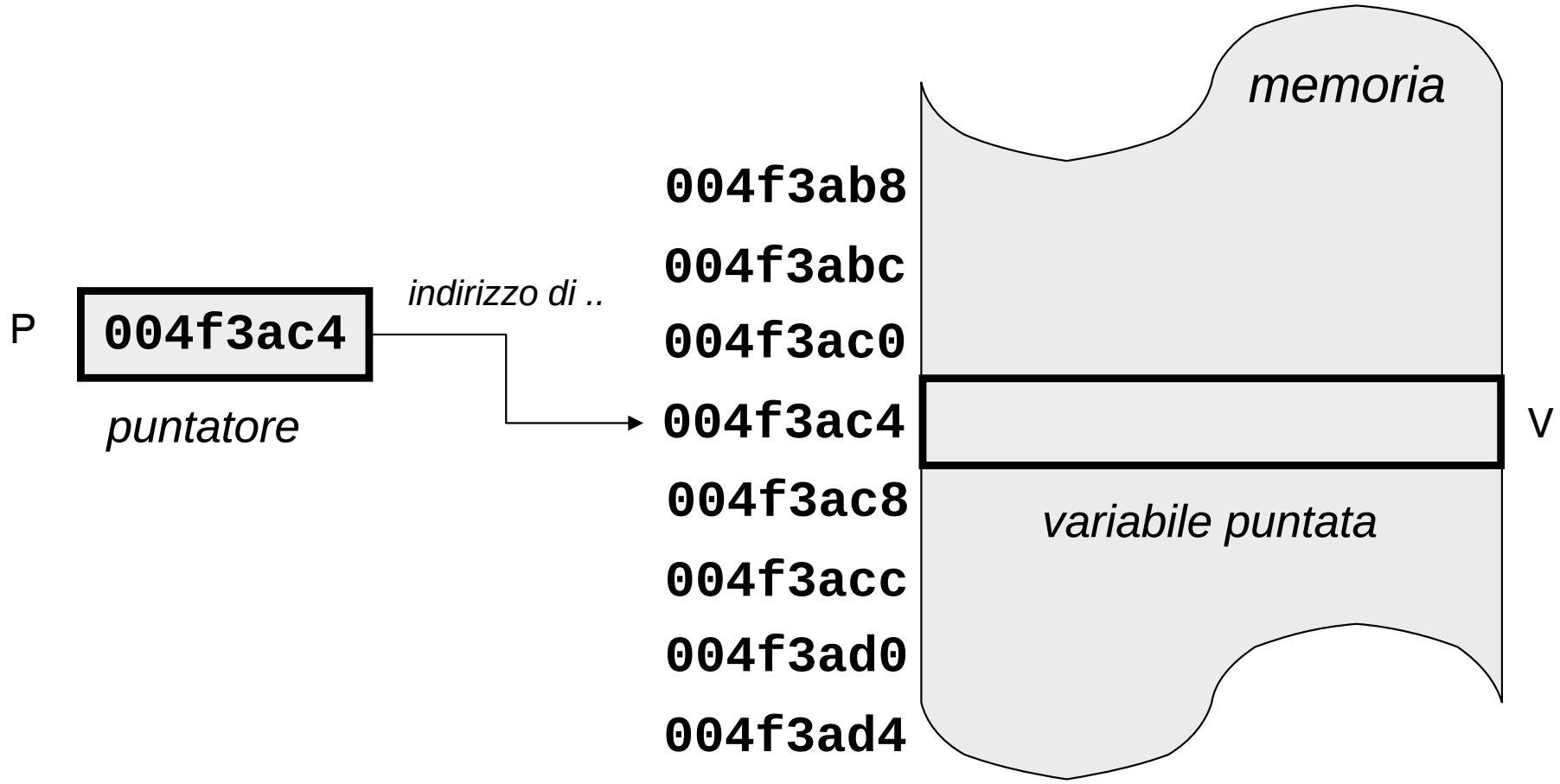
Il puntatore

È 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: il valore di una variabile P di tipo puntatore può essere **l'indirizzo** di un'altra variabile (variabile ***puntata***).

Esempio


memoria
004f3ab8
004f3abc
004f3ac0
004f3ac4
004f3ac8
004f3acc
004f3ad0
004f3ad4
P
004f3ac4
puntatore
indirizzo di ..
V
variabile puntata

Il puntatore in C

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

Definizione di una variabile puntatore:

```
<TipoElementoPuntato> *<NomePuntatore>;
```

dove:

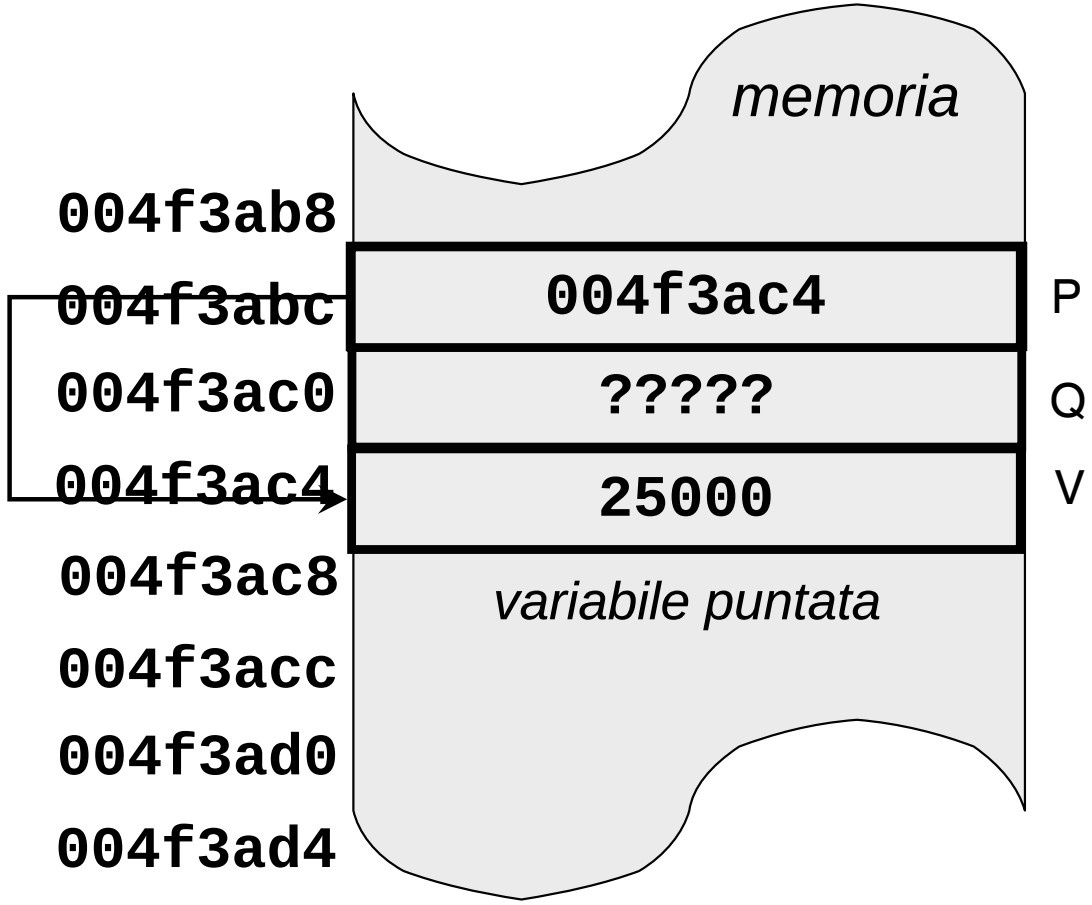
- **<TipoElementoPuntato>** e` il tipo della variabile puntata
- **<NomePuntatore>** e` il nome della variabile di tipo puntatore
- il simbolo ***** e` il costruttore del tipo puntatore.

Ad esempio:

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

Esempio

```
int *P,*Q,
    V=25000;
P=&V;
```



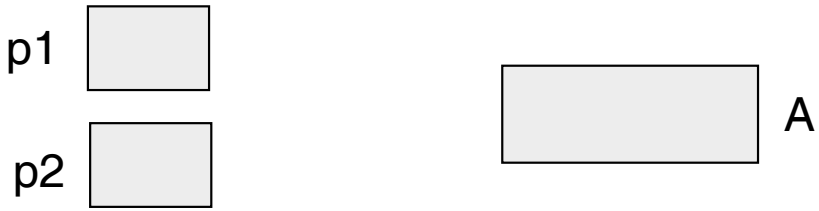
Il puntatore in C

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*** (vedi vettori e puntatori).
- ***Operatori relazionali***:>,<,==, !=
- **Operatore indirizzo &**: si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale è allocata la variabile.

Ad 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" */
```



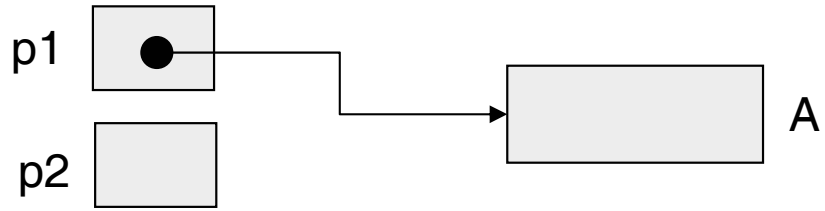
Il puntatore in C

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*** (vedi vettori e puntatori).
- ***Operatori relazionali***:>,<,==, !=
- ***Operatore indirizzo* (&)**: si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale è allocata la variabile.

Ad esempio:

```
int *p1, *p2;
int A;
p1 = &A;
*p1 = 127;
p2 = p1;
p1 = NULL;
```



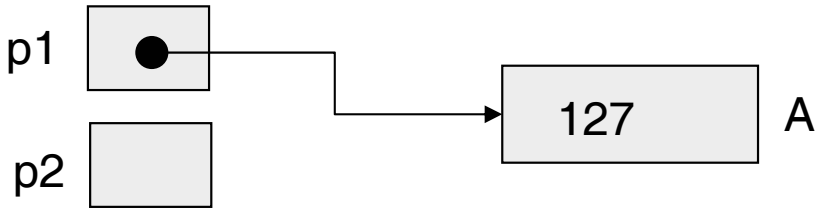
Il puntatore in C

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*** (vedi vettori e puntatori).
- ***Operatori relazionali***:>,<,==, !=
- ***Operatore indirizzo* (&)**: si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale è allocata la variabile.

Ad esempio:

```
int *p1, *p2;
int A;
p1 = &A;
*p1 = 127;
p2 = p1;
p1 = NULL;
```



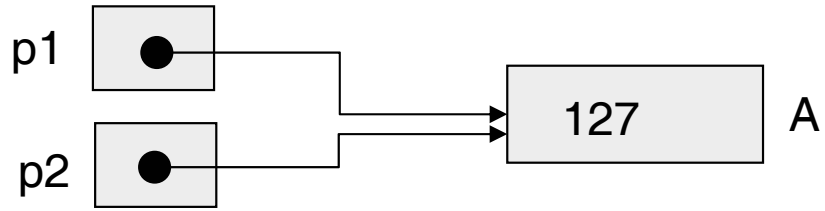
Il puntatore in C

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*** (vedi vettori e puntatori).
- ***Operatori relazionali***:>,<,==, !=
- ***Operatore indirizzo* (&)**: si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale è allocata la variabile.

Ad esempio:

```
int *p1, *p2;
int A;
p1 = &A;
*p1 = 127;
p2 = p1;
p1 = NULL;
```



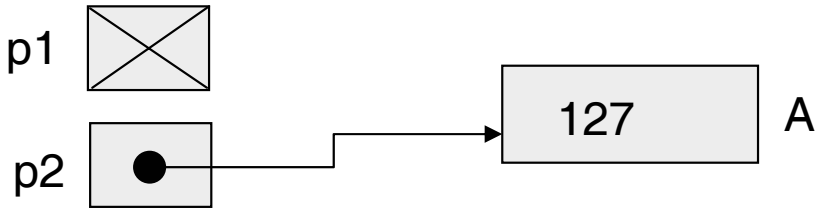
Il puntatore in C

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*** (vedi vettori e puntatori).
- ***Operatori relazionali***:>,<,==, !=
- ***Operatore indirizzo* (&)**: si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale è allocata la variabile.

Ad esempio:

```
int *p1, *p2;
int A;
p1 = &A;
*p1 = 127;
p2 = p1;
p1 = NULL;
```



Il puntatore in C: * e &

Operatore Indirizzo &:

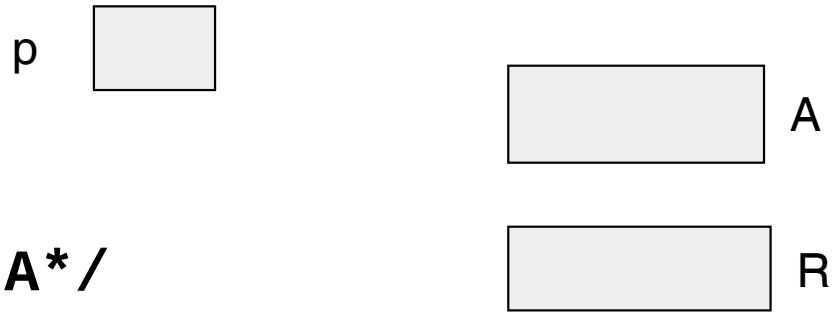
- & si applica solo ad oggetti che esistono in memoria (quindi, gia` definiti).
- & non e` applicabile ad espressioni.

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:

Ad esempio:

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

p=&A; /* *p è un alias di A*/
R=2;
*p=3.14*R; /* A è modificato */
```



Il puntatore in C: * e &

Operatore Indirizzo &:

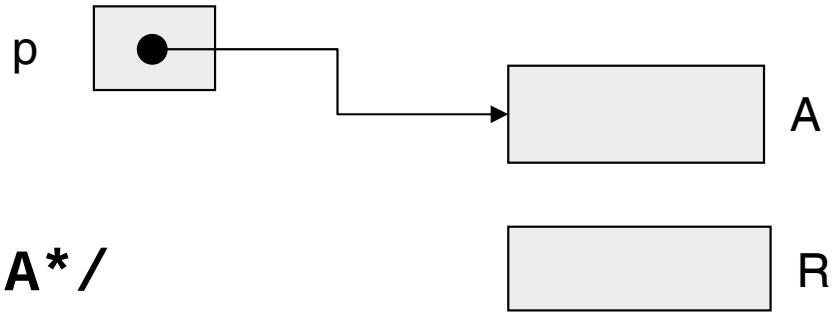
- & si applica solo ad oggetti che esistono in memoria (quindi, gia` definiti).
- & non e` applicabile ad espressioni.

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:

Ad esempio:

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

p=&A; /* *p è un alias di A*/
R=2;
*p=3.14*R; /* A è modificato */
```



Il puntatore in C: * e &

Operatore Indirizzo &:

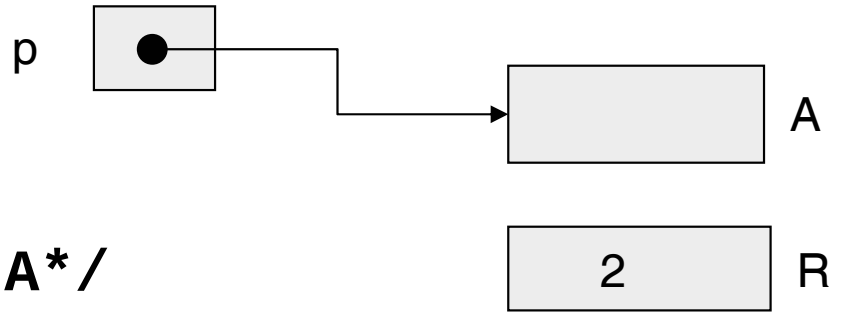
- & si applica solo ad oggetti che esistono in memoria (quindi, gia` definiti).
- & non e` applicabile ad espressioni.

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:

Ad esempio:

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

p=&A; /* *p è un alias di A*/
R=2;
*p=3.14*R; /* A è modificato */
```



Il puntatore in C: * e &

Operatore Indirizzo &:

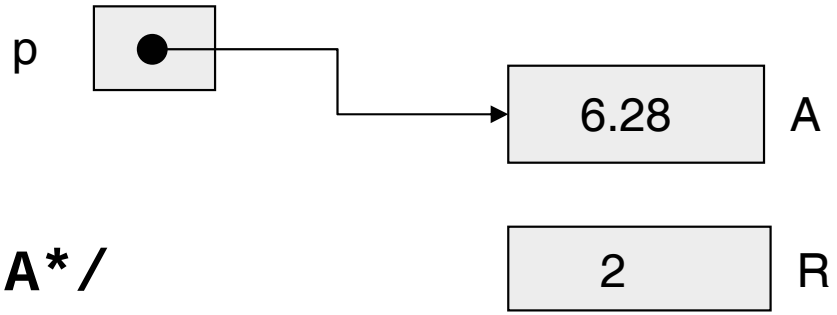
- & si applica solo ad oggetti che esistono in memoria (quindi, gia` definiti).
- & non e` applicabile ad espressioni.

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:

Ad esempio:

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

p=&A; /* *p è un alias di A*/
R=2;
*p=3.14*R; /* A è modificato */
```



Puntatore come costruttore di tipo

Il costruttore di tipo "*****" può essere anche usato per dichiarare tipi non primitivi basati sul puntatore.

Dichiarazione di un tipo puntatore:

```
typedef <TipoElementoPuntato> *<NomeTipo>;
```

- <**TipoElementoPuntato**> è il tipo della variabile puntata
- <**NomePuntatore**> è il nome del tipo dichiarato.

Ad esempio:

```
typedef float *tpf;
tpf p;
float f;
p=&f;
*p=0.56;
```

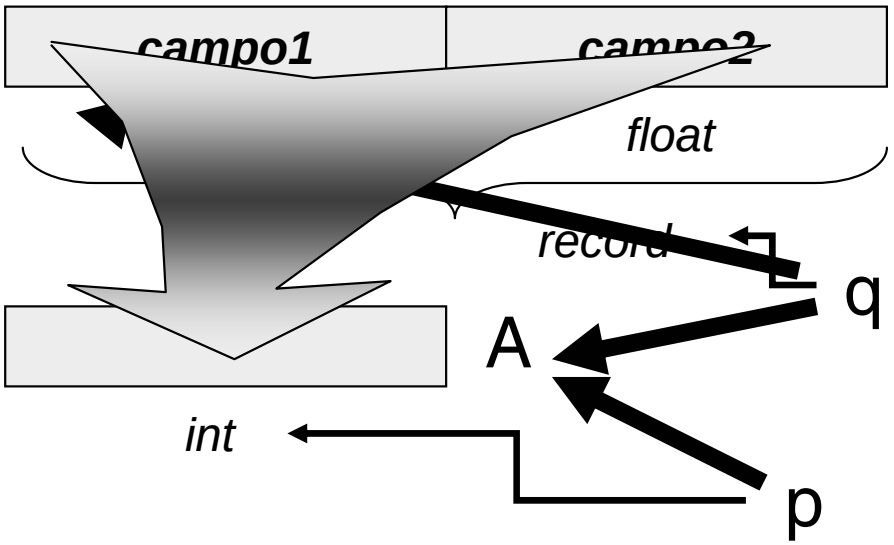
Puntatori: controlli di tipo

Nella definizione di un puntatore è **necessario** indicare il tipo della variabile puntata.

➔ il compilatore ***può*** effettuare controlli statici sull'uso dei puntatori.

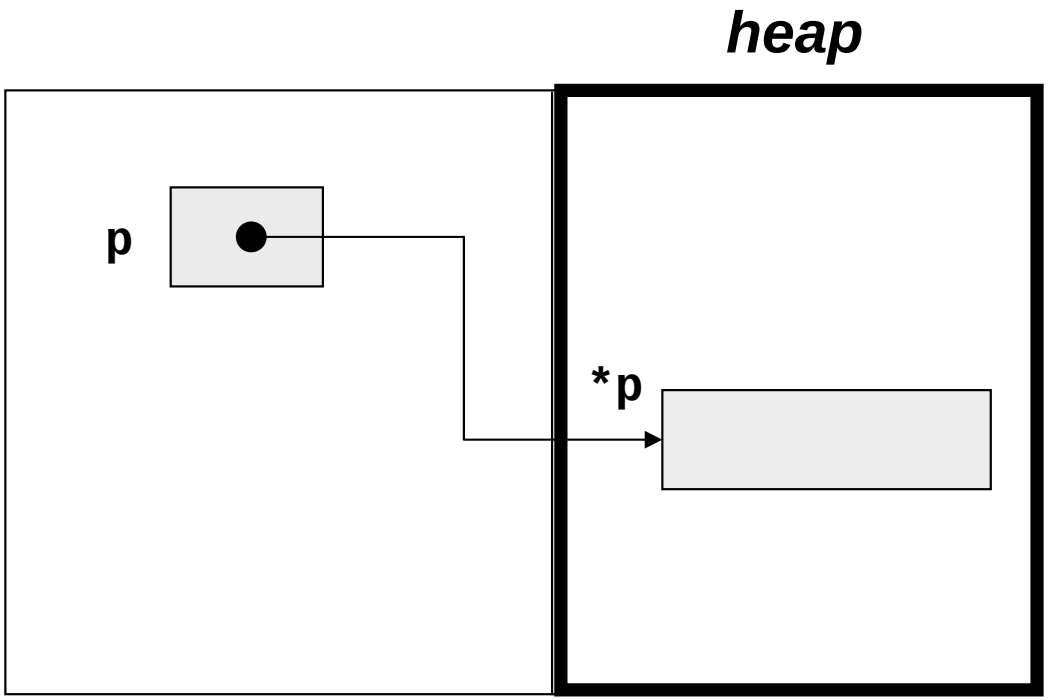
Esempio:

```
typedef struct{int campo1; float campo2;}record;
int A, *p;
record X, *q;

p = &A;
q = p;
      /* warning! */
q = &X;
*p = *q;
      /* errore!  */
```



➔ Viene segnalato dal compilatore (***warning***) il tentativo di utilizzo congiunto di puntatori a tipi differenti.

Variabili dinamiche



Variabili automatiche e dinamiche

In C è possibile classificare le variabili in base al loro tempo di vita.

Due categorie:

- variabili ***automatiche***
- variabili ***dinamiche***

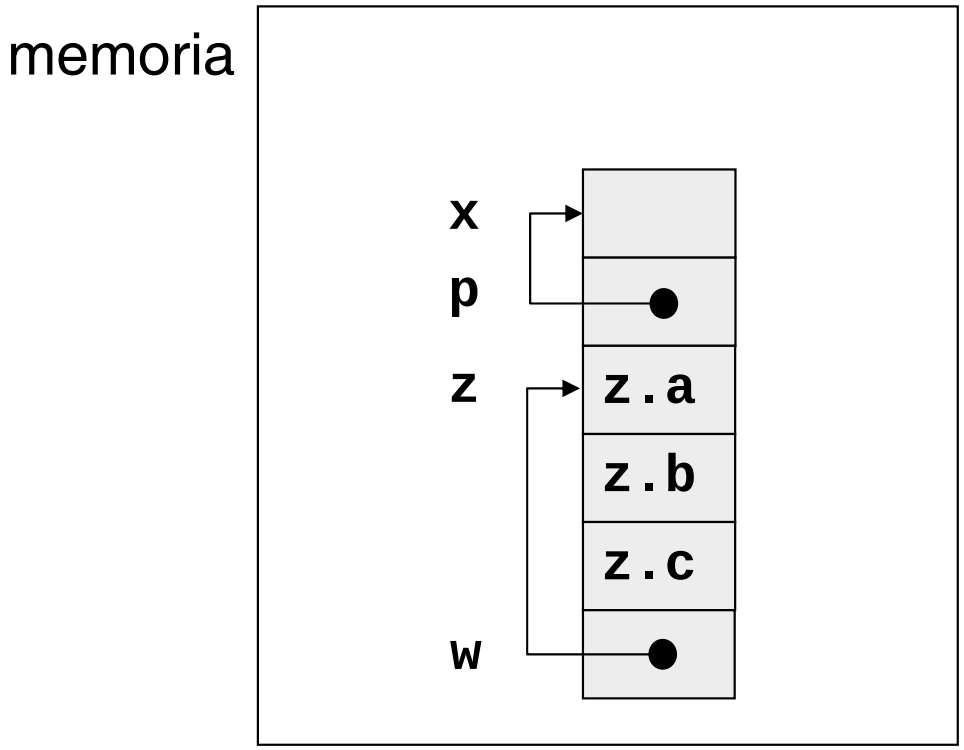
Variabili automatiche:

- L'allocazione e la deallocazione di variabili automatiche è effettuata ***automaticamente*** dal sistema (senza l'intervento del programmatore).
- Ogni variabile automatica ha un ***nome***, attraverso il quale la si può riferire.
- Il programmatore non ha la possibilità di influire sul tempo di vita di variabili automatiche.

➔ tutte le variabili viste finora rientrano nella categoria delle ***variabili automatiche***.

Variabili automatiche

```
int *p, x;
struct {int a, b, c;} z, *w;
```



Variabili dinamiche

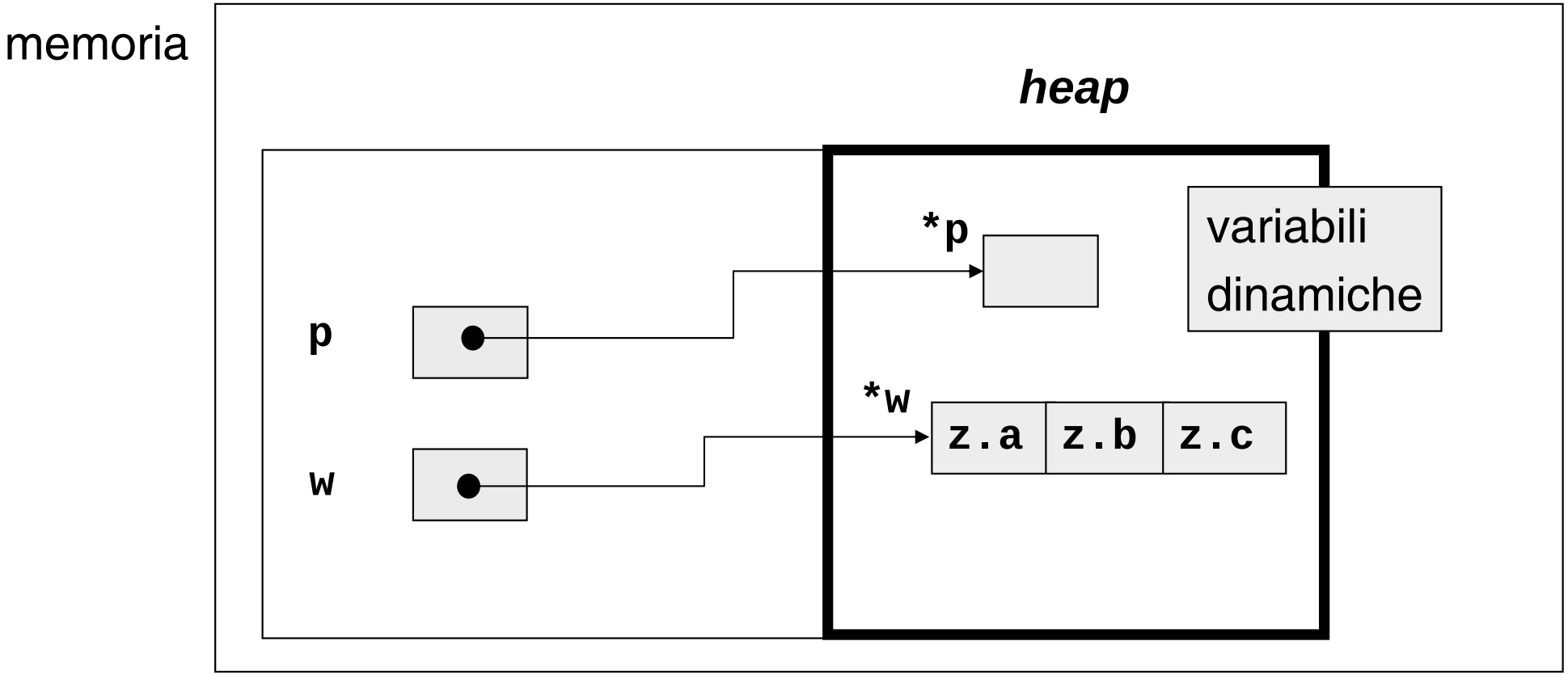
Variabili dinamiche:

- Le variabili dinamiche devono essere allocate e deallocate ***esplicitamente*** dal programmatore.
- L'area di memoria in cui vengono allocate le variabili dinamiche si chiama ***heap***.
- Le variabili dinamiche non hanno un ***identificatore***, ma possono essere riferite soltanto attraverso il loro indirizzo (mediante i ***puntatori***).
- Il tempo di vita delle variabili dinamiche e` l'intervallo di tempo che intercorre tra l'allocazione e la deallocazione (che sono impartite esplicitamente dal programmatore).

Variabili dinamiche

```
int *p;
struct {int a, b, c;} *w;
```

variabili automatiche



Variabili Dinamiche in C

Il C prevede funzioni standard di allocazione e deallocazione per variabili dinamiche:

- **Allocazione: `malloc`**
- **Deallocazione: `free`**

`malloc` e **`free`** sono definite a livello di **sistema operativo**, mediante la libreria standard **`<stdlib.h>`** (da includere nei programmi che le usano).

Variabili Dinamiche

Allocazione di variabili dinamiche:

La memoria dinamica viene allocata con la funzione standard **`malloc`**. La **sintassi** da usare e`:

```
punt = (tipodato *)malloc(sizeof(tipodato));
```

dove:

- **`tipodato`** e` il tipo della variabile puntata
- **`punt`** e` una variabile di tipo **`tipodato *`**
- **`sizeof()`** e` una funzione standard che calcola il numero di byte che occupa il dato specificato come argomento
- e` necessario convertire esplicitamente il tipo del valore ritornato (*casting*):

  `(tipodato *) malloc(..)`

Significato:

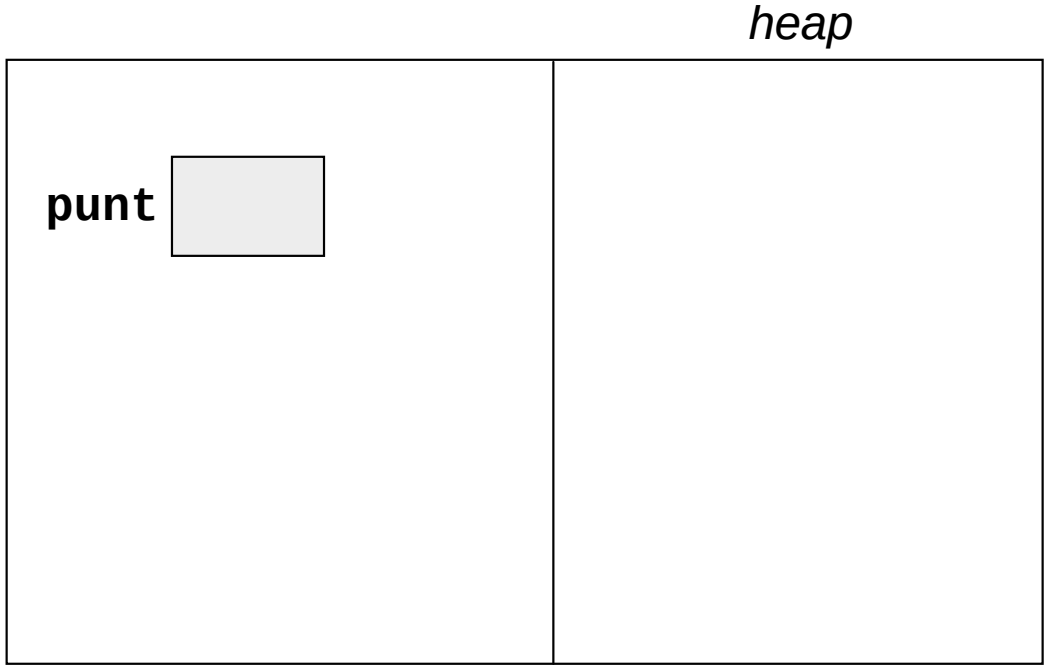
La **`malloc`**

- provoca la creazione di una variabile dinamica nell'***heap*** e
- restituisce l'***indirizzo*** della variabile creata.

Variabili Dinamiche

Esempio:

```
#include <stdlib.h>
typedef int *tp;
tp punt;
 ...
punt=(tp )malloc(sizeof(int));


*punt=12;
```

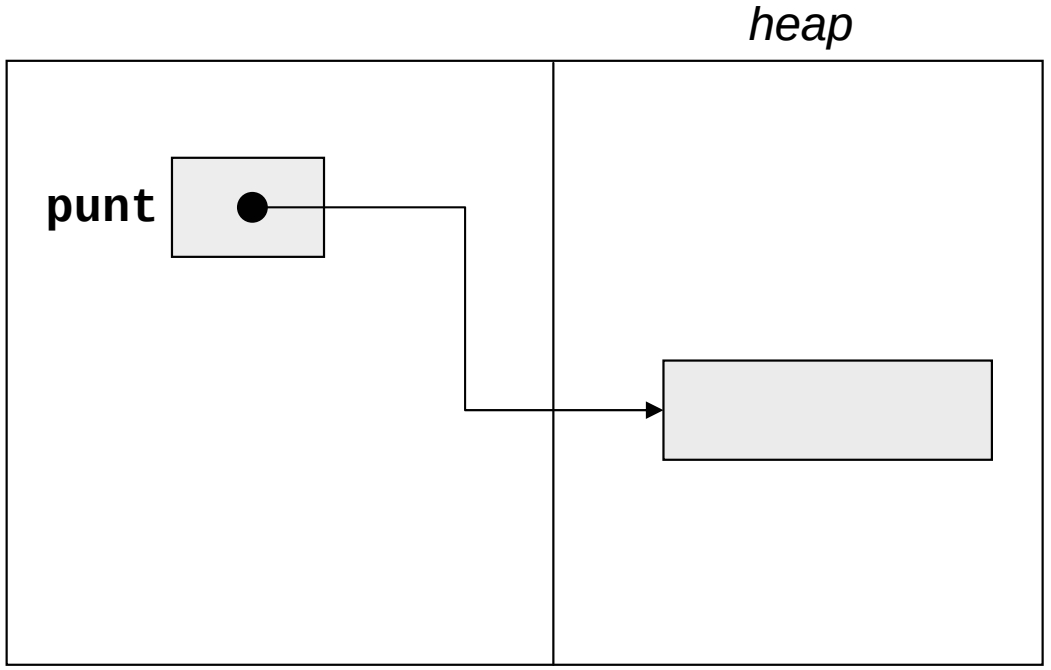


Variabili Dinamiche

Esempio:

```
#include <stdlib.h>
typedef int *tp;
tp punt;
 ...
punt=(tp )malloc(sizeof(int));
```

```
*punt=12;
```

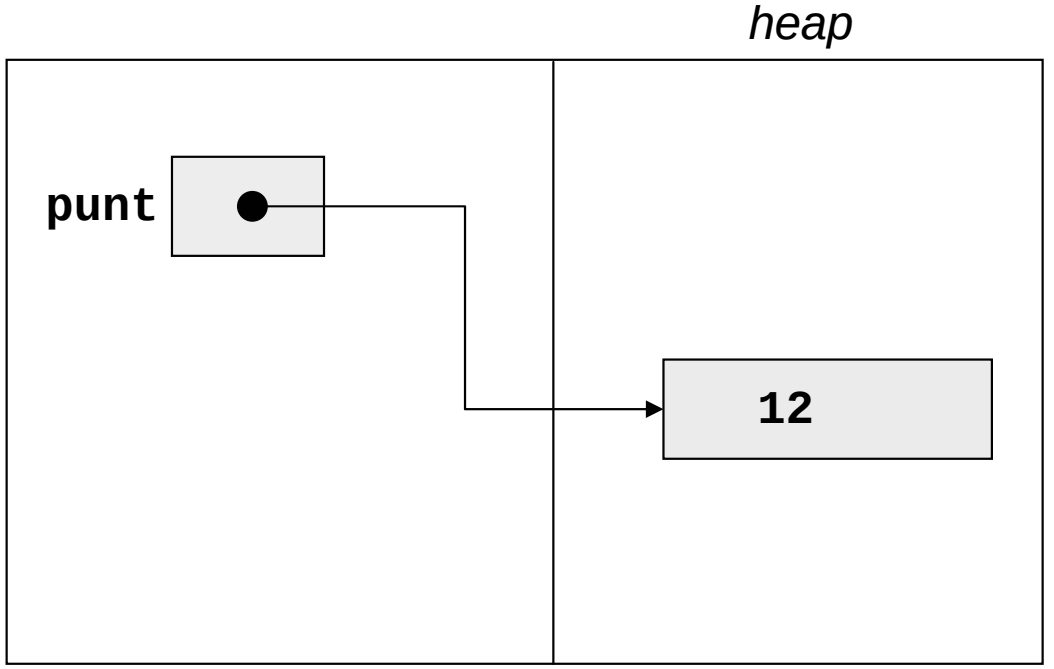


Variabili Dinamiche

Esempio:

```
#include <stdlib.h>
typedef int *tp;
tp punt;
 ...
punt=(tp )malloc(sizeof(int));
```

```
*punt=12;
```



Variabili dinamiche

Deallocazione:

Si rilascia la memoria allocata dinamicamente con:

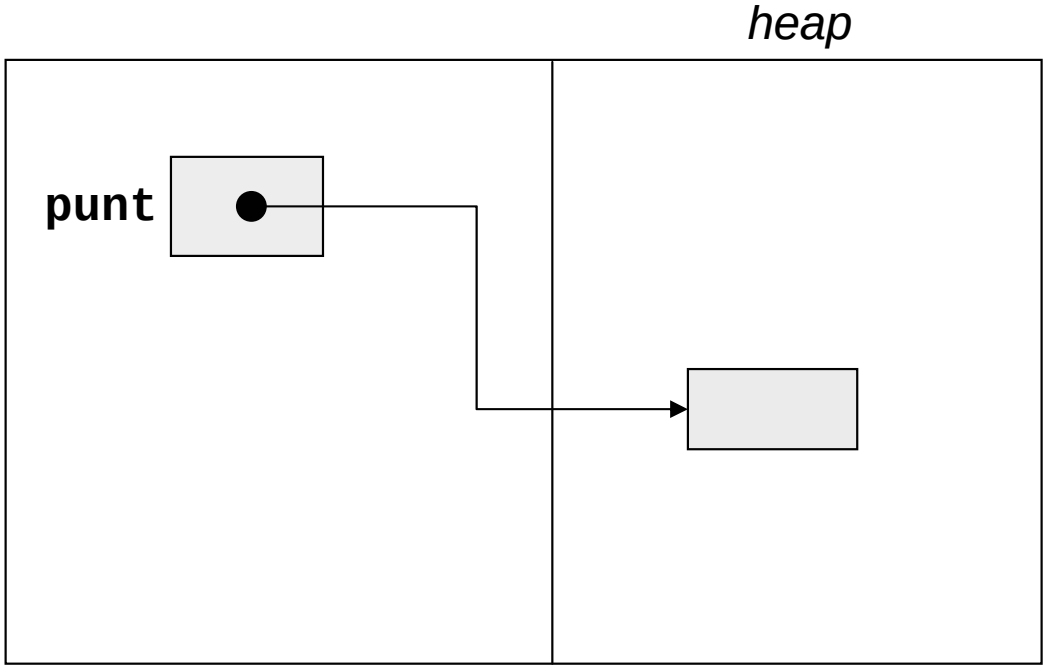
`free(punt);`

dove **`punt`** e` l'indirizzo della variabile da deallocare.

➔ Dopo questa operazione, la cella di memoria occupata da **`*punt`** viene liberata: **`*punt`** *non esiste* piu`.

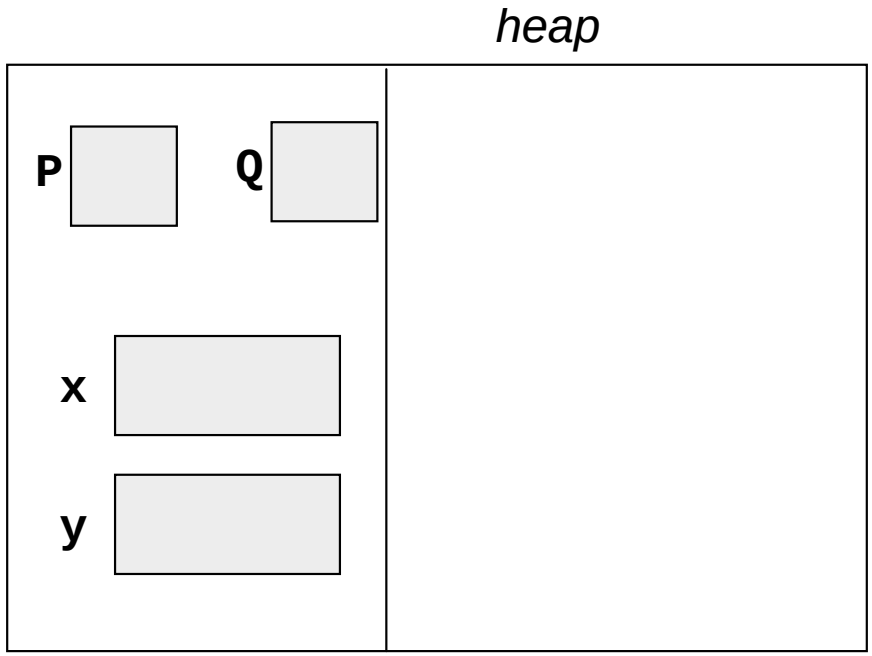
Esempio:

```
#include <stdlib.h>
typedef int *tp;
tp punt;
 ...
punt=(tp )malloc(sizeof(int));
*punt=12;
...<uso di punt>...
free(punt);
```



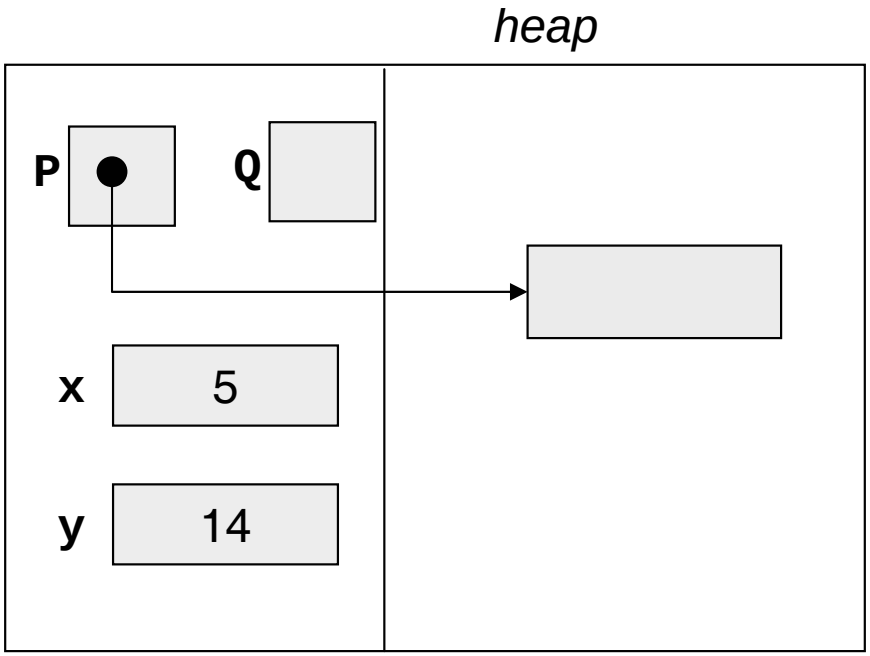
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



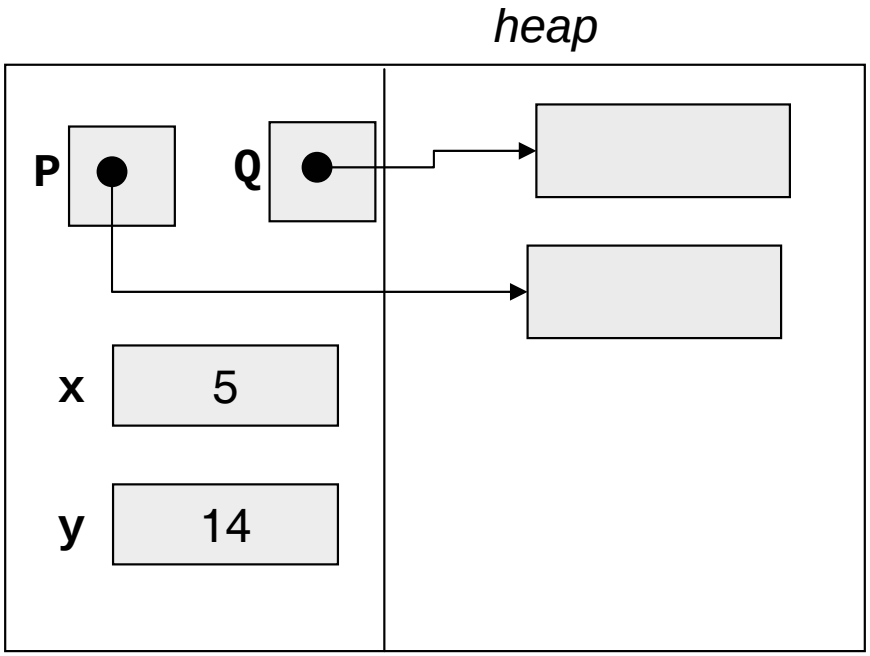
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



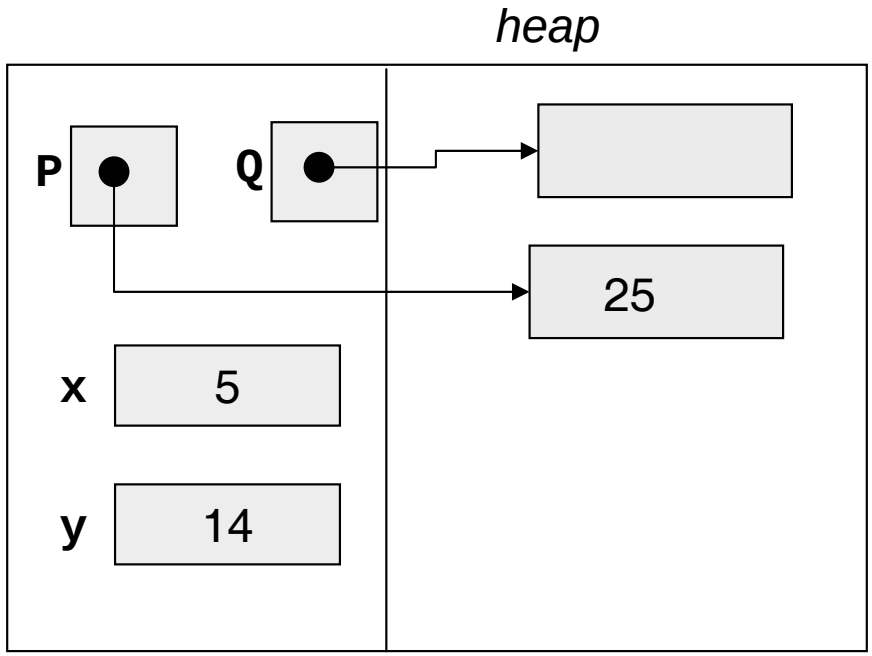
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



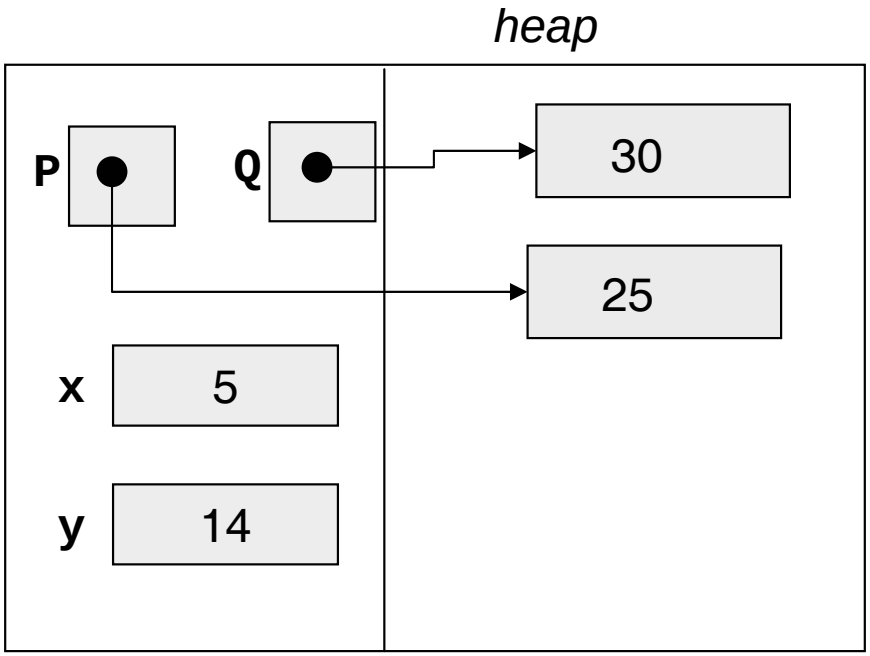
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



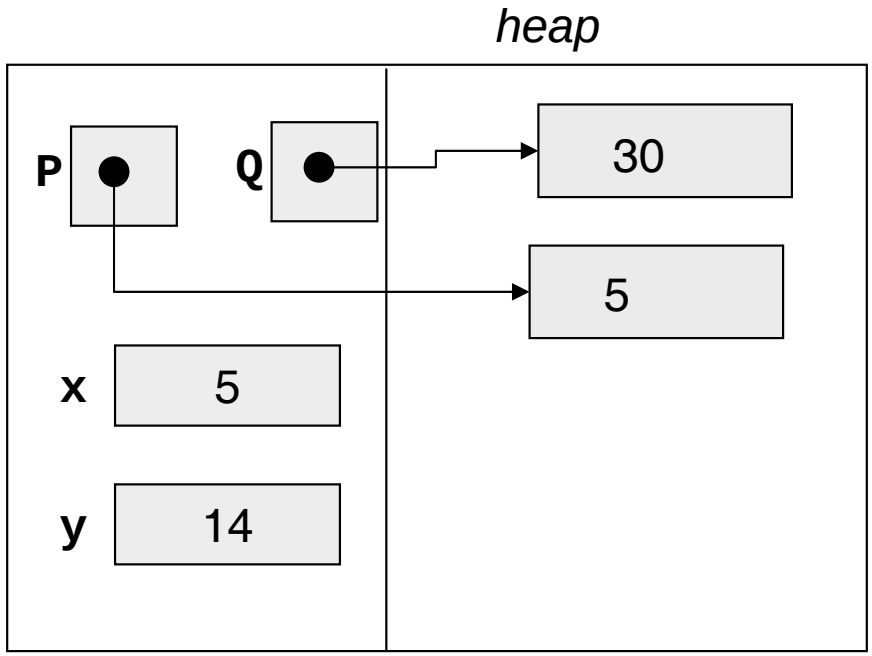
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



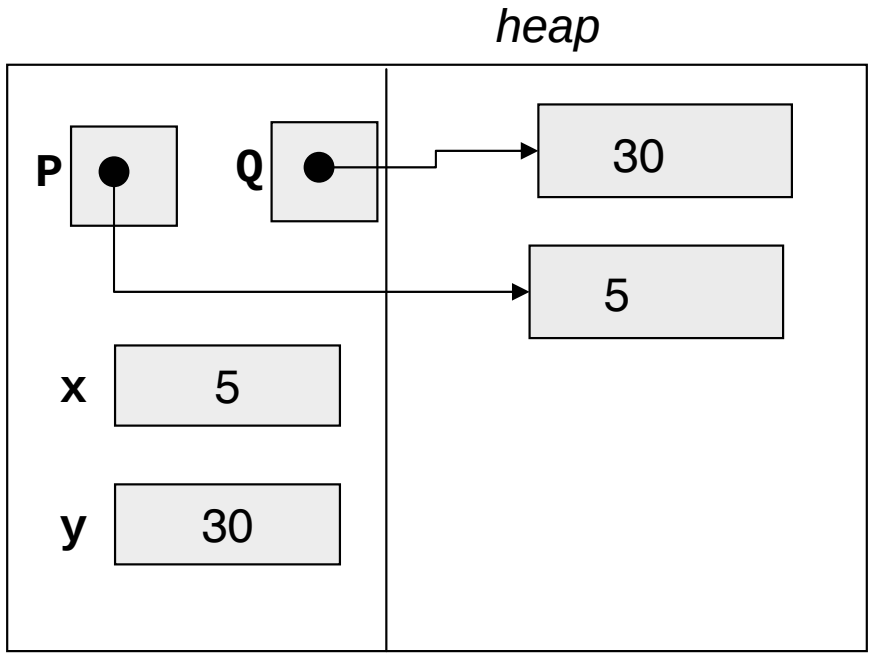
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



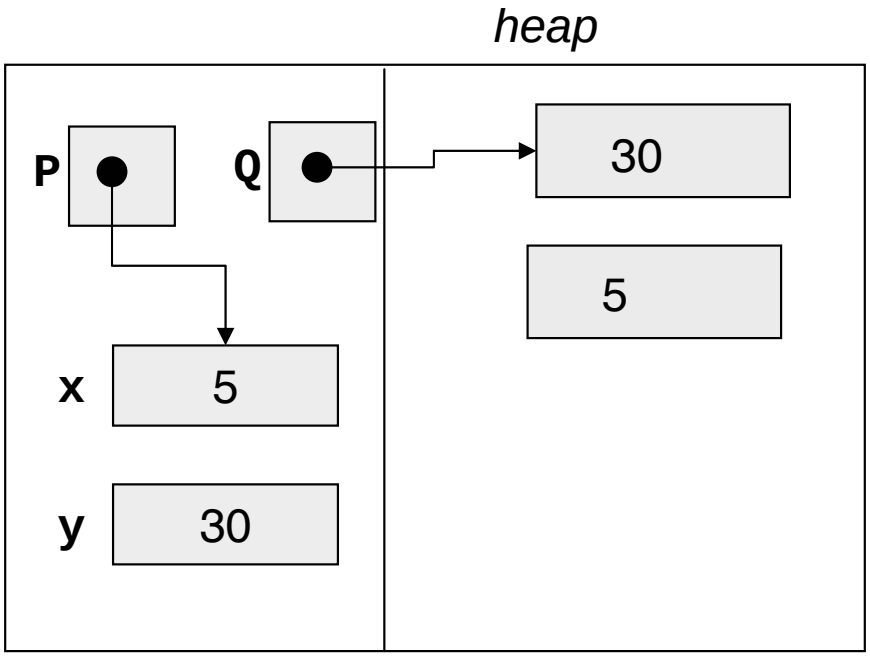
Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



Puntatori e variabili dinamiche: esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{ int *P, *Q, x, y;
   x=5;
   y=14;
   P=(int *)malloc(sizeof(int));
   Q=(int *)malloc(sizeof(int));
   *P = 25;
   *Q = 30;
   *P = x;
   y = *Q;
   P = &x;
}
```



➔ l'ultimo assegnamento ha come effetto collaterale la **perdita dell'indirizzo** di una variabile dinamica (quella precedentemente referenziata da P) che rimane allocata ma **non é più utilizzabile**!

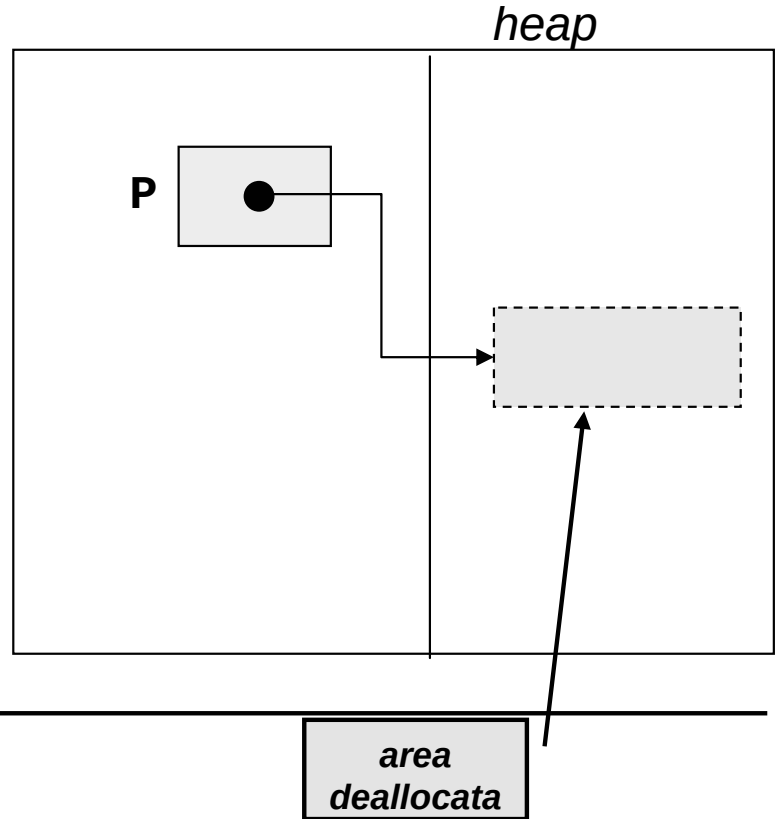
Problemi legati all'uso dei Puntatori

1. **Aree inutilizzabili:**
   Possibilità di perdere l'indirizzo di aree di memoria allocate al programma che quindi non sono più accessibili. (v. esempio precedente).

2. **Riferimenti pendenti (dangling references):**
   Possibilità di fare riferimento ad aree di memoria non più allocate.

Ad esempio:

```
int *P;
P = (int *) malloc(sizeof(int));
...
free(P);
*P = 100;  /*  Da non fare!  */
```



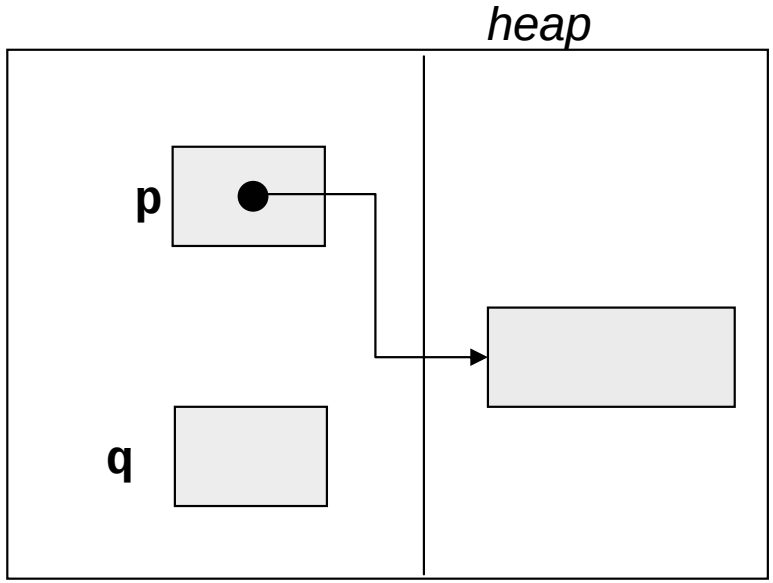
Problemi legati all'uso dei Puntatori

3. Aliasing:

Possibilita` di riferire la stessa variabile con puntatori diversi.

Ad esempio:

```
int *p, *q;
p=(int *)malloc(sizeof(int));
*p=3;
q=p; /*p e q puntano alla stessa
       variabile */
*q = 10; /*anche *p e` cambiato! */
```



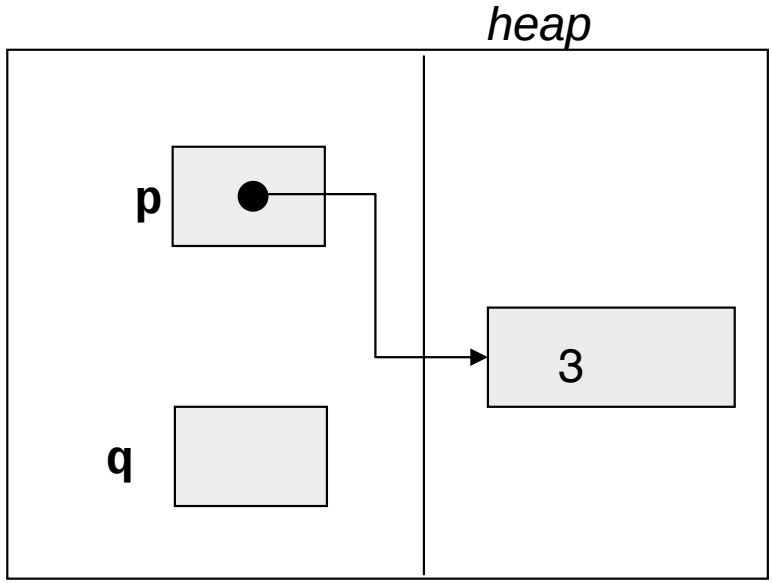
Problemi legati all'uso dei Puntatori

3. Aliasing:

Possibilita` di riferire la stessa variabile con puntatori diversi.

Ad esempio:

```
int *p, *q;
p=(int *)malloc(sizeof(int));
*p=3;
q=p; /*p e q puntano alla stessa
       variabile */
*q = 10; /*anche *p e` cambiato! */
```



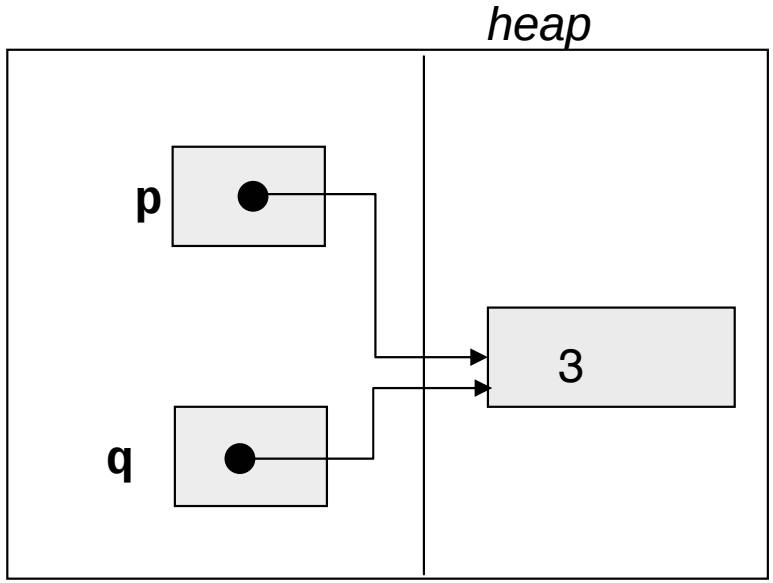
Problemi legati all'uso dei Puntatori

3. Aliasing:

Possibilita` di riferire la stessa variabile con puntatori diversi.

Ad esempio:

```
int *p, *q;
p=(int *)malloc(sizeof(int));
*p=3;
q=p; /*p e q puntano alla stessa
       variabile */
*q = 10; /*anche *p e` cambiato! */
```



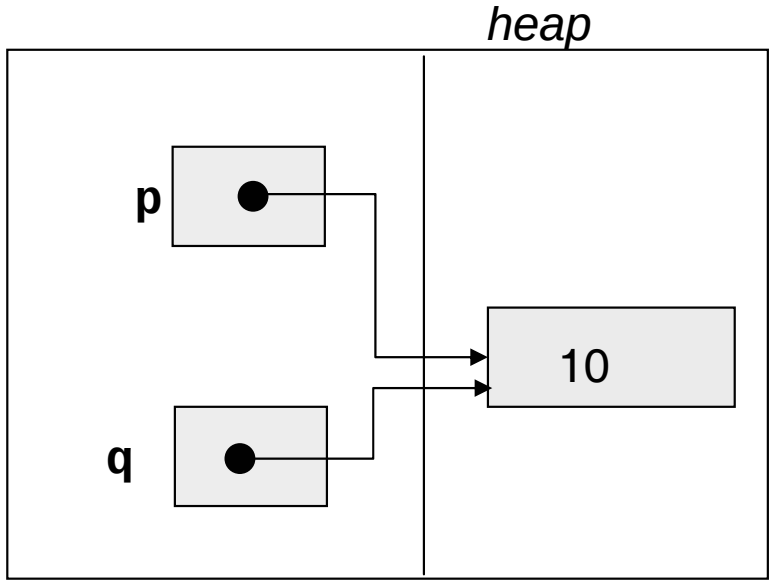
Problemi legati all'uso dei Puntatori

3. Aliasing:

Possibilita` di riferire la stessa variabile con puntatori diversi.

Ad esempio:

```
int *p, *q;
p=(int *)malloc(sizeof(int));
*p=3;
q=p; /*p e q puntano alla stessa
       variabile */
*q = 10; /*anche *p e` cambiato! */
```



Puntatori a puntatori

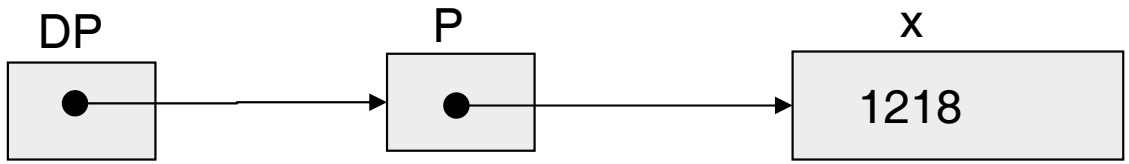
Un puntatore può *puntare* a variabili di tipo qualunque (semplici o strutturate):

➔ può *puntare* anche a un puntatore:

```
[typedef] TipoDato      **TipoPunt;
```

Ad esempio:

```
int x, *P, **DP;
P = &x;
Dp = &P;
**DP=1218;
```



➔ DP è un **doppio puntatore** (o *handle*): *dereferenziando* 2 volte DP, si accede alla variabile puntata dalla "catena" di riferimenti.

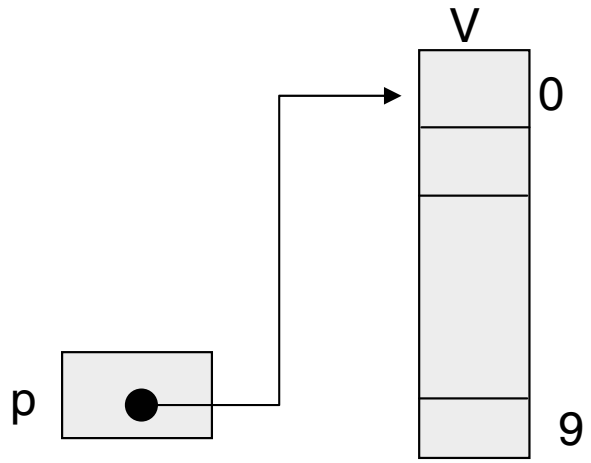
Vettori & Puntatori

Nel linguaggio C, i vettori sono rappresentati mediante puntatori:

➔ il **nome** di una variabile di tipo vettore denota **l'indirizzo del primo elemento** del vettore.

Ad esempio:

```
float V[10]; /*V è una costante di tipo puntatore:
               V equivale a &V[0];
               V e` un puntatore (costante!) a float
               */
float *p;
p=V;   /* p punta a V[0] */
*p=0.15; /* equivale a V[0]=0.15 */
```



Vettori & Puntatori

Nel linguaggio C, i vettori sono rappresentati mediante puntatori:

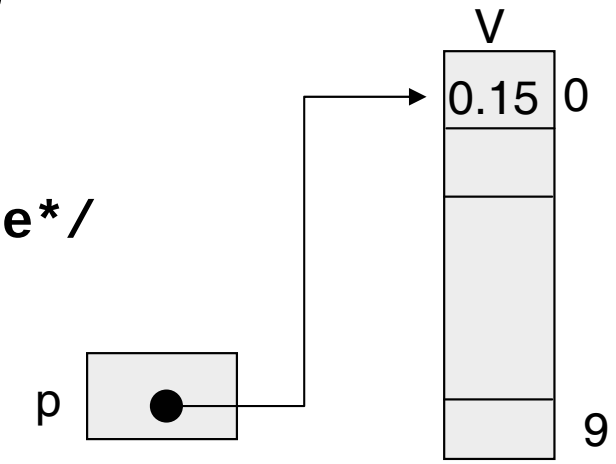
il **nome** di una variabile di tipo vettore denota **l'indirizzo del primo elemento** del vettore.

Ad esempio:

```
float V[10]; /*V è una costante di tipo puntatore:
               V equivale a &V[0];
               V e` un puntatore (costante!) a float
               */
float *p;
p=V;   /* p punta a V[0] */
*p=0.15; /* equivale a V[0]=0.15 */
```

≠

```
V = p; /*ERRORE! V è un puntatore costante*/
```



Operatori *aritmetici* su puntatori a vettori

Nel linguaggio C, gli elementi di un vettore vengono allocati in memoria in **parole consecutive** (cioe`, in celle fisicamente adiacenti), la cui dimensione dipende dal tipo dell'elemento.

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

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

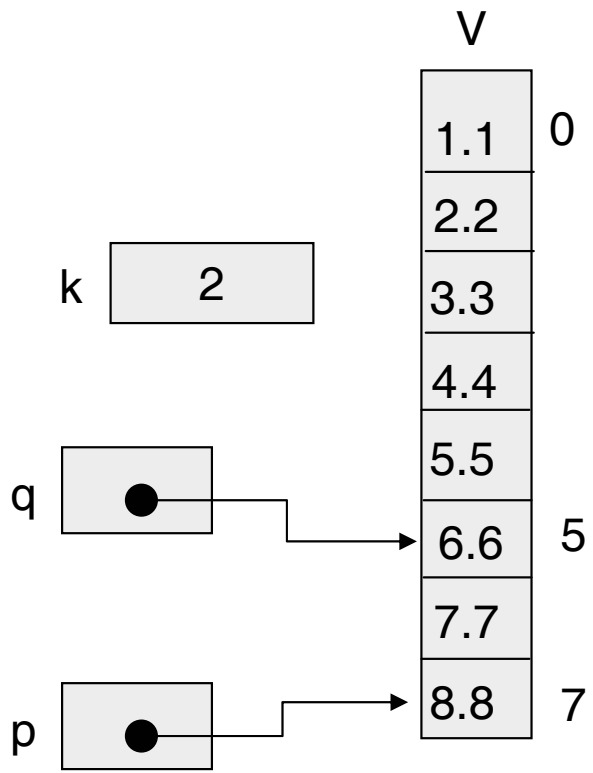
Se V e W sono puntatori ad elementi di vettori ed i è un intero:

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

Operatori *aritmetici* su puntatori a vettori

Esempio:

```
#include <stdio.h>

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;
   printf("%f,\t%f,\t%d\n",*p, *q, k);
}
```



➔ **Stampa:**

Vettori e Puntatori

Durante l'esecuzione di ogni programma C, ogni riferimento ad un elemento di un vettore è 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:

```
#include <stdio.h>

main ()
{  char a[ ] = "0123456789"; /* a è un vettore di 10 char */
   int i = 5;
   printf("%c%c%c%c%c\n",a[i],a[5],i[a],5[a],(i-1)[a]); /* !!! */
}
```

➔ **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).

Complementi sui puntatori

Vettori di puntatori:

Il costruttore [ ] ha precedenza rispetto al costruttore *. Quindi:

`char *a[10];` equivale a **`char *(a[10]);`**

➔ a è un vettore di 10 puntatori a carattere.

NB: Per un puntatore ad un vettore di caratteri è necessario forzare la precedenza (con le parentesi): **`char (* a) [10];`**

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:

```
typedef struct{ int Campo_1,Campo_2; } TipoDato;
TipoDato       S, *P;
P = &S;
(*P).Campo1=75; /* assegnamento della costante 75 al Campo1 della
                   struct puntata da P* (e` necessario usare le
                   parentesi) */
```

Operatore ->:

L'operatore -> consente di accedere ad un campo di una struttura referenziata da un puntatore in modo più sintetico:

```
P->Campo1=75;
```

Esercizio

Si vuole realizzare un programma che, data da input una sequenza di **N** parole (ognuna, al massimo, di 20 caratteri), stampi in ordine **inverso** le parole date, ognuna "**ribaltata**" (cioè, stampando i caratteri in ordine inverso: dall'ultimo al primo). Si supponga che N non sia noto a priori, ma venga fornito da input. Utilizzare una struttura dinamica.

Progetto dei dati.

Memorizziamo le parole in un vettore di N. stringhe che verra` allocato dinamicamente.

```
typedef char parola[21];
 /* tipo associato alla singola parola */
parola *p;
 /*   puntatore per l'accesso
      al vettore delle parole */
```

Soluzione

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
typedef char parola[21];

main()
{  parola w, *p;
   int i, j, N;

   printf("Quante parole? ");
   scanf("%d", &N);
   fflush(stdin);
   /* allocazione del vettore */
    =          malloc                    ;
   /* lettura della sequenza */
   for(i=0; i<N; i++)
       gets(     );
```

Esercizio

```
/* ..Continua: stampa */
   for(i=N-1; i>=0; i--)
   {   j=20;
        while
              ,
       }
       for(
           ,
       printf("\n");
   }
/* deallocazione del vettore*/
  
}
```

posizionati sull'ultimo carattere della parola

stampa in ordine inverso