- 6° Modulo 1^parte
  - Puntatori
    - Costruttori di tipi complessi
    - Uso della memoria dinamica

http://www.elet.polimi.it/upload/martucci/index.html

Il puntatore

E` un tipo scalare, che consente di rappresentare gli **indirizzi** delle variabili allocate in memoria.
Il dominio di una variabile di tipo puntatore è un insieme di indirizzi:

☞ Il valore di una variabile di tipo puntatore puo` essere l'indirizzo di un'altra variabile (variabile *puntata*).

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:

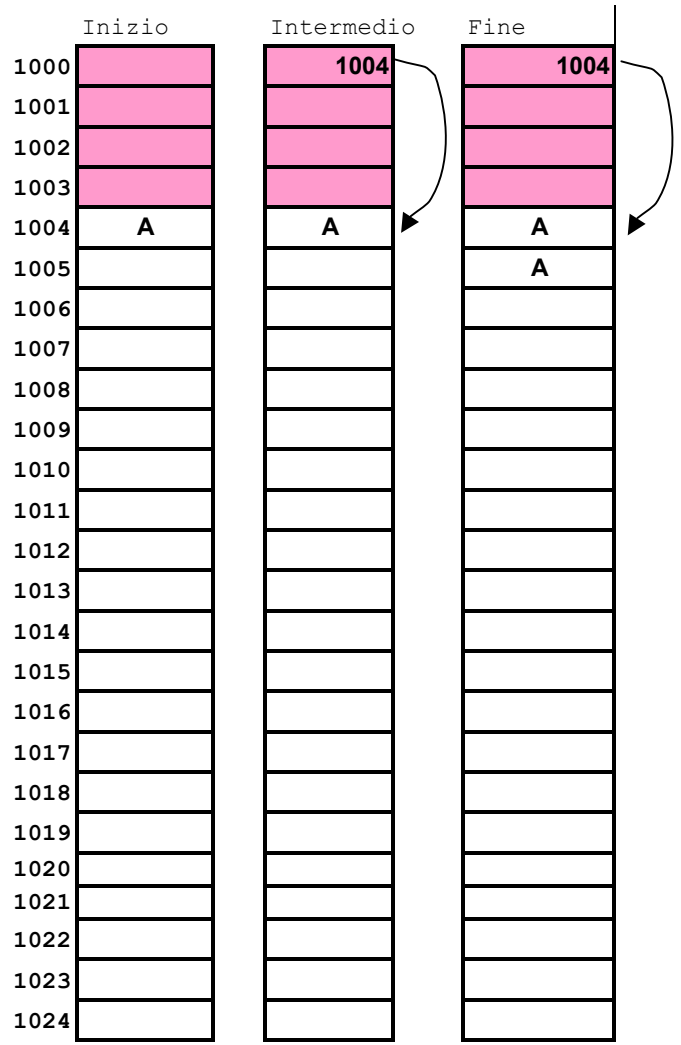
```
int *P; /*   P è un puntatore a intero */
```

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main( void )
{
  int j=1;

  printf( "The value of j is: %d\n", j );

  printf( "The address of j is: %p\n", &j );

  exit( 0 );
}

------------------Risultati--------------
The value of j is: 1
The address of j is: 10345
```

```
#include <stdio.h>

int main( void )
{
  int j=1;
  int *pj;

  pj = &j; /* Assign the address of j to pj */

  printf( "The value of j is: %d\n", j );

  printf( "The address of j is: %p\n", pj );

  exit( 0 );
}

------------Risultati---------
The value of j is: 1
The address of j is: 10345
```

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main( void )
{
  char *p_ch;

  char ch1 = 'A', ch2;      /* INIZIO  */

  printf( "The address of p_ch is %p\n", &p_ch );

  p_ch = &ch1;              /* INTERMEDIO  */

  printf( "The value stored at p_ch is %p\n", p_ch );

  printf( "The dereferenced value of p_ch is %c\n", *p_ch );

  ch2 = *p_ch;              /* FINE  */

  exit( 0 );
}
```

```
---------Risultati--------
The address of p_ch is    1000
The value stored at p_ch is 1004
The dereferenced value of p_ch is A
```



Il puntatore

Operatori:

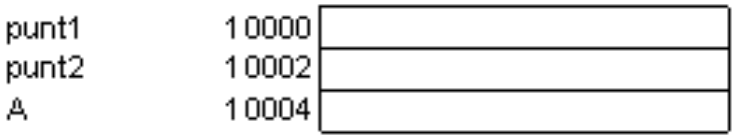
- Assegnamento: e` possibile l'assegnamento tra puntatori (dello stesso tipo). E' disponibile la costante NULL, per indicare l'indirizzo nullo.
- operatore di ***dereferencing*** *: è un operatore unario. Si applica a un puntatore e restituisce il valore contenuto nella cella puntata => serve per accedere alla variabile puntata.
- Operatore **`Indirizzo &`** si applica ad una variabile e restituisce l'indirizzo della cella di memoria nella quale e` allocata la variabile.
- operatori ***aritmetici*** (vedi *vettori & puntatori*).
- Operatori relazionali:>,<,==, !=

Ad esempio:

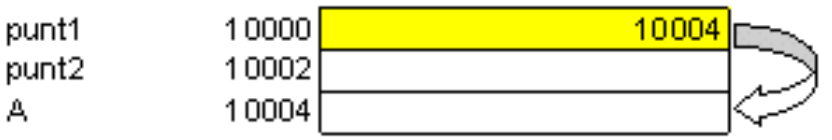
```
int *punt1, *punt2;
int A;
punt1=&A;
*punt1=127;
punt2=punt1;
punt1=NULL;
```

Un Esempio

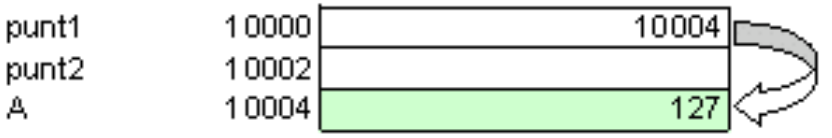
```
int *punt1, *punt2;
int A;
```



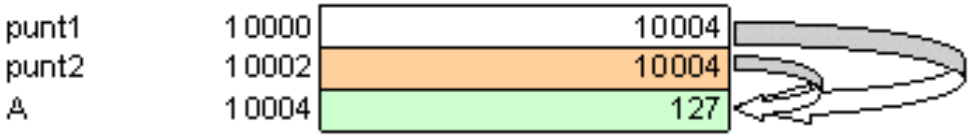

```
punt1=&A;
```



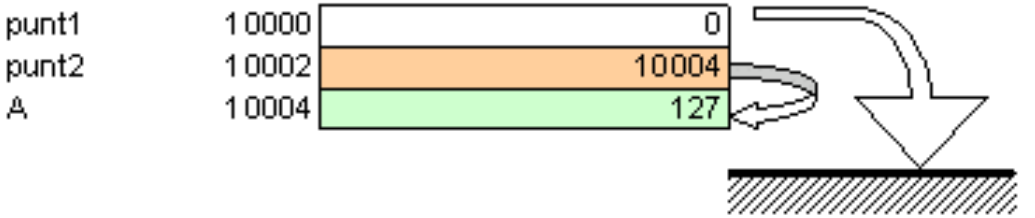

```
*punt1=127;
```




```
punt2=punt1;
```




```
punt1=NULL;
```



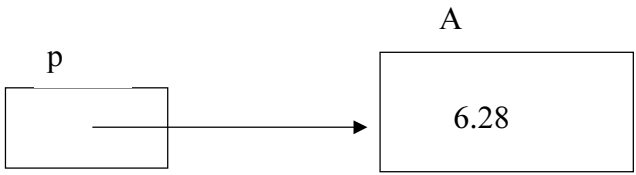
Operatore Indirizzo &:

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

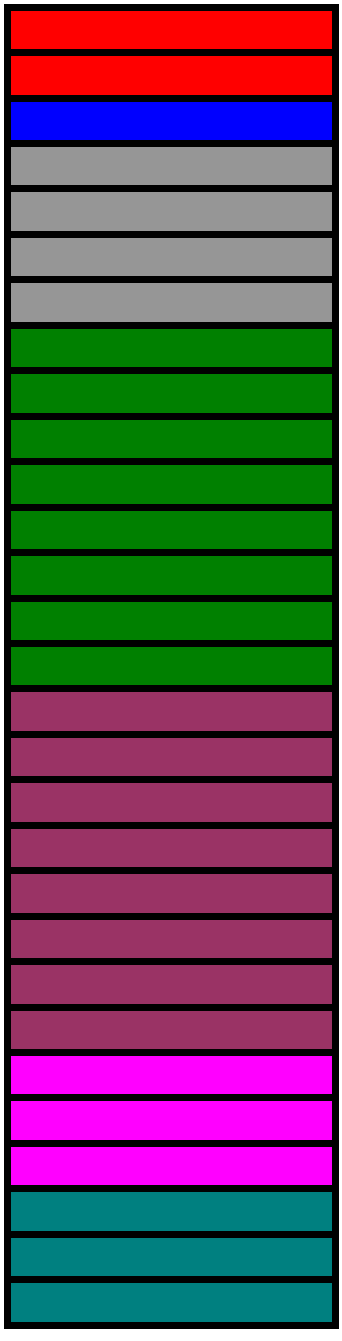
Operatore Dereferencing *:

- consente di accedere ad una variabile specificando il suo indirizzo
- l'indirizzo rappresenta un modo alternativo (alias) al nome per accedere e manipolare la variabile:

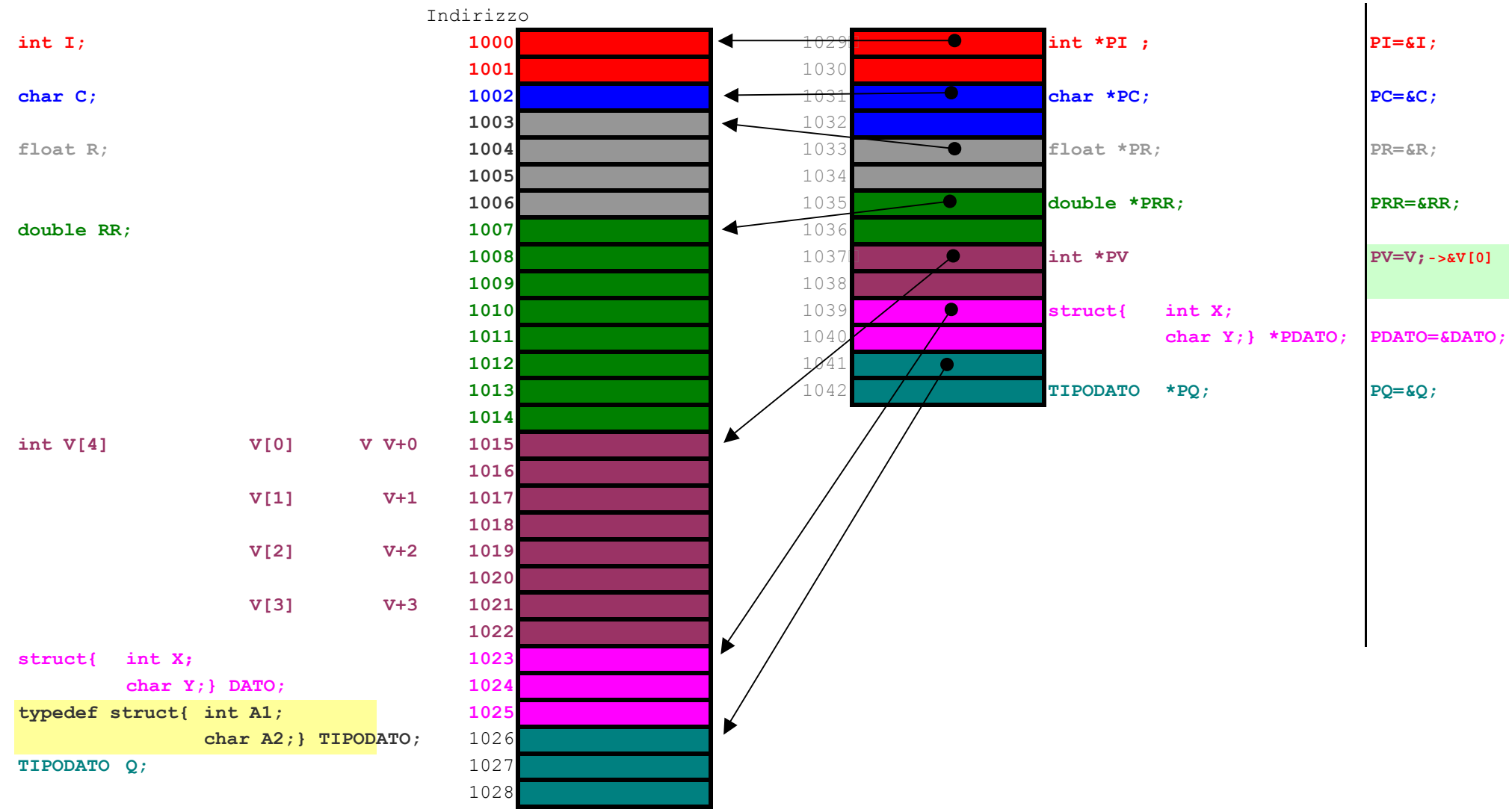
```
float *p;
float R, A;

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



```
                                                    Indirizzo
int I;                                               1000
                                                     1001
char C;                                              1002
                                                     1003
float R;                                             1004
                                                     1005
                                                     1006
double RR;                                           1007
                                                     1008
                                                     1009
                                                     1010
                                                     1011
                                                     1012
                                                     1013
                                                     1014
int V[4]              V[0]       V V+0               1015
                                                     1016
                      V[1]         V+1               1017
                                                     1018
                      V[2]         V+2               1019
                                                     1020
                      V[3]         V+3               1021
                                                     1022
struct{   int X;                                     1023
          char Y;} DATO;                             1024
typedef struct{  int A1;                             1025
                 char A2;} TIPODATO;                 1026
TIPODATO  Q;                                         1027
                                                     1028
```



```
struct{   int X,
          char Y;} DATO;
typedef struct{ int A1;
                char A2;} TIPODATO;
TIPODATO  Q;
```


Indirizzo
int I;
char C;
float R;
double RR;
int V[4]
V[0]
V V+0
V[1]
V+1
V[2]
V+2
V[3]
V+3
struct{ int X;
char Y;} DATO;
typedef struct{ int A1;
char A2;} TIPODATO;
TIPODATO Q;
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
int *PI ;
char *PC;
float *PR;
double *PRR;
int *PV
struct{ int X;
char Y;} *PDATO;
TIPODATO *PQ;
PI=&I;
PC=&C;
PR=&R;
PRR=&RR;
PV=V;->&V[0]
PDATO=&DATO;
PQ=&Q;

Puntatori

Nella definizione di un puntatore e` necessario indicare il tipo della variabile puntata.

➔ il compilatore puo` effettuare controlli statici sull'uso dei puntatori.

Esempio:

typedef struct{…}record;

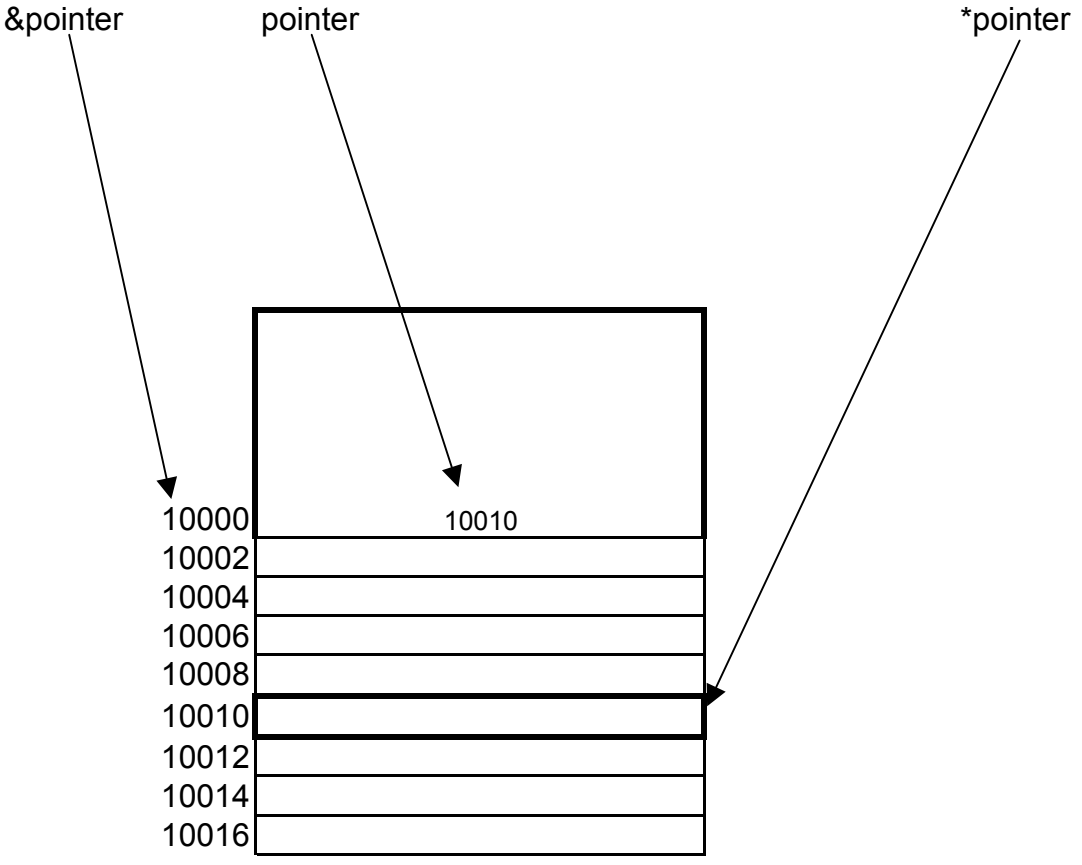
```
int *p, A;
record *q, X;

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.

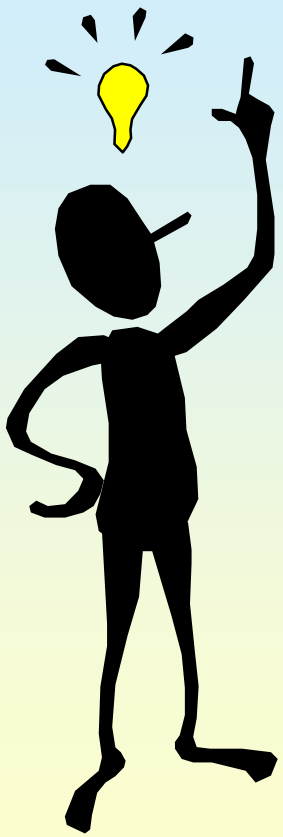
Con i puntatori possiamo considerare tre possibili valori:

pointer	contenuto o valore della variabile pointer (indirizzo della locazione di memoria a cui punta)
&pointer	indirizzo fisico della locazione di memoria del puntatore
*pointer	contenuto della locazione di memoria a cui punta

```
int * pointer;
```


&pointer
pointer
*pointer
10000
10010
10002
10004
10006
10008
10010
10012
10014
10016

Considerazioni sui Puntatori



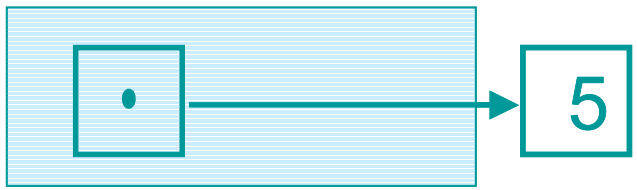
int *iptr;

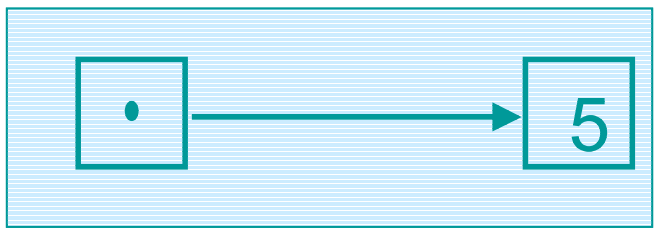
iptr di tipo int *

*iptr di tipo int

int * iptr;

int * iptr;

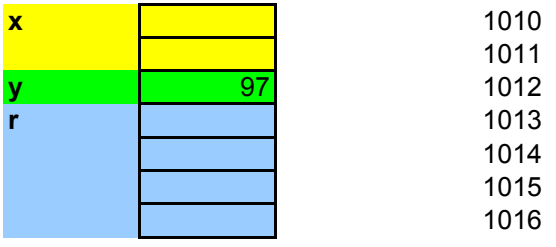




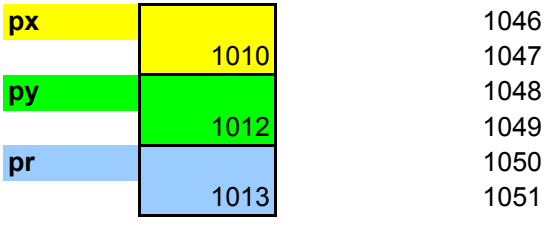
Esempio di Sostituzione

Esempio:

```
int x;
char y='a'; /*codice(a)=97*/
double r;

x=y;   /* char -> int: x=97*/
x=y+x; /*x=194*/
r=y+1.33; /* char -> int -> double*/
```




```
int x;
char y='a';
double r;
        int * px = &x;
        char * py = &y;
        double * pr = &r;


        *px  =  *py;
        *px  =  *py + *px;;
        *pr  =  *py + 1.33;
```



EFFETTI COLLATERALI CON L'USO DI VARIABILI PUNTATORE: modifica non voluta di valori di variabili puntate

```
int *P;
int     x, y;

P=&y;
x=3;
*P=x;
/* y vale 3*/
```

```
int *P, *Q;
int     x, y;

P=&x;
Q=&y;
*P=3;   /*x vale 3*/
*Q=5;   /*y vale 5 */

P=Q;    /*P punta a y*/
*Q =7;  /* anche *P vale 7 */
```

Precedence

- Use parentheses when in doubt or to improve readability:

Level	Operator
16L	-> . [] ()
15R	sizeof ++ -- ~ ! + - (cast)
	*** indiretto &indirizzo**
13L	* / %
12L	+ -
11L	<< >>
10L	< <= > >=
9L	== !=
8L	& and bitwise
7L	^ xor bitwise
6L	| or bitwise
5L	&& AND logico
4L	|| OR logico
2R	= *= /= %= += -= <<= >>= &= |= ^=
1L	, virgola

Puntatori a strutture:

E' possibile utilizzare i puntatori per accedere a variabili di tipo struct.

Ad esempio:

```
typedef struct{ int Campo_1,Campo_2
              } TipoDato;

TipoDato  S, *P;

P = &S;
```

Il punto della notazione postfissa ha **precedenza** sull'operatore di dereferencing *; per accedere alle componenti della struttura referenziata da P è necessario utilizzare le parentesi tonde:

```
(*P).Campo_1=75;
```

Operatore ->:

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

```
P->Campo_1=75;
```

```
typedef struct {
            char        cognome[30];
            char        nome[30];
            data        data_di_nascita;
            char        codice_fiscale;
            } dati_anagrafici;

dati_anagrafici         *P, S;  P=&S;
```

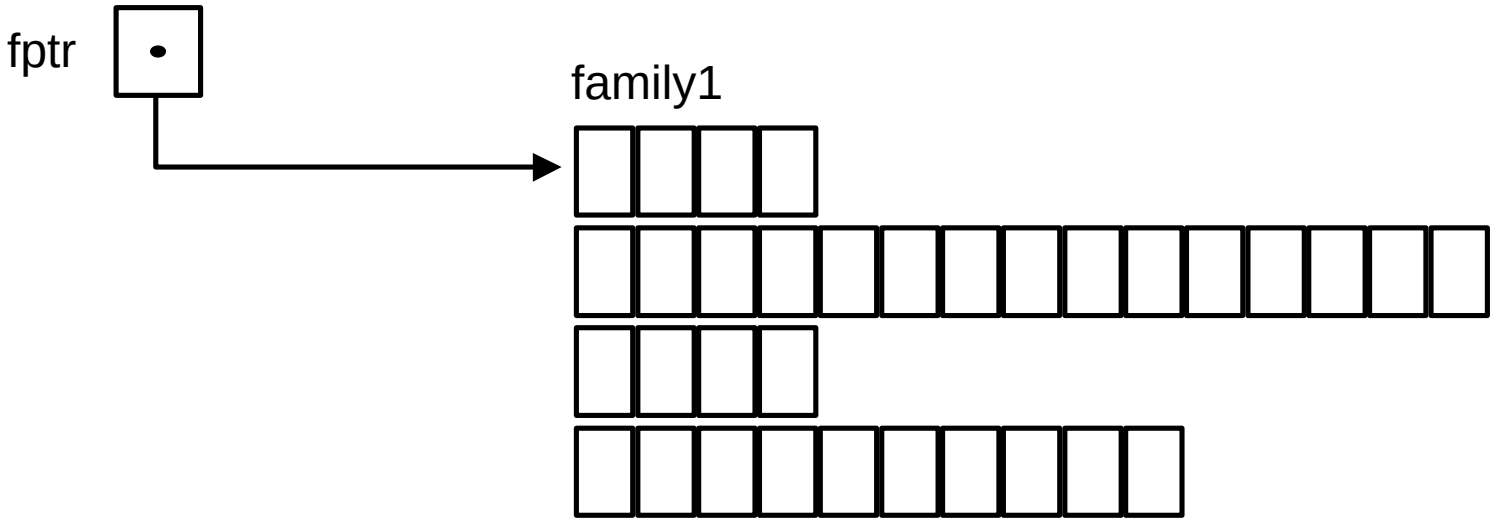
Accesso ai campi della struttura: le notazioni sono equivalenti

```
(*P).data_di_nascita.giorno
(*P).cognome[0]

P -> data_di_nascita.giorno
P -> cognome[0]    /*  senza usare il nome S */
```

Precedenze

Pointer to a Struct

Given:
```
struct family_rec {
        int id_num;
        char name[15];
        int num_members;
        double income;
} family1, *fptr;

fptr = &family1;
```

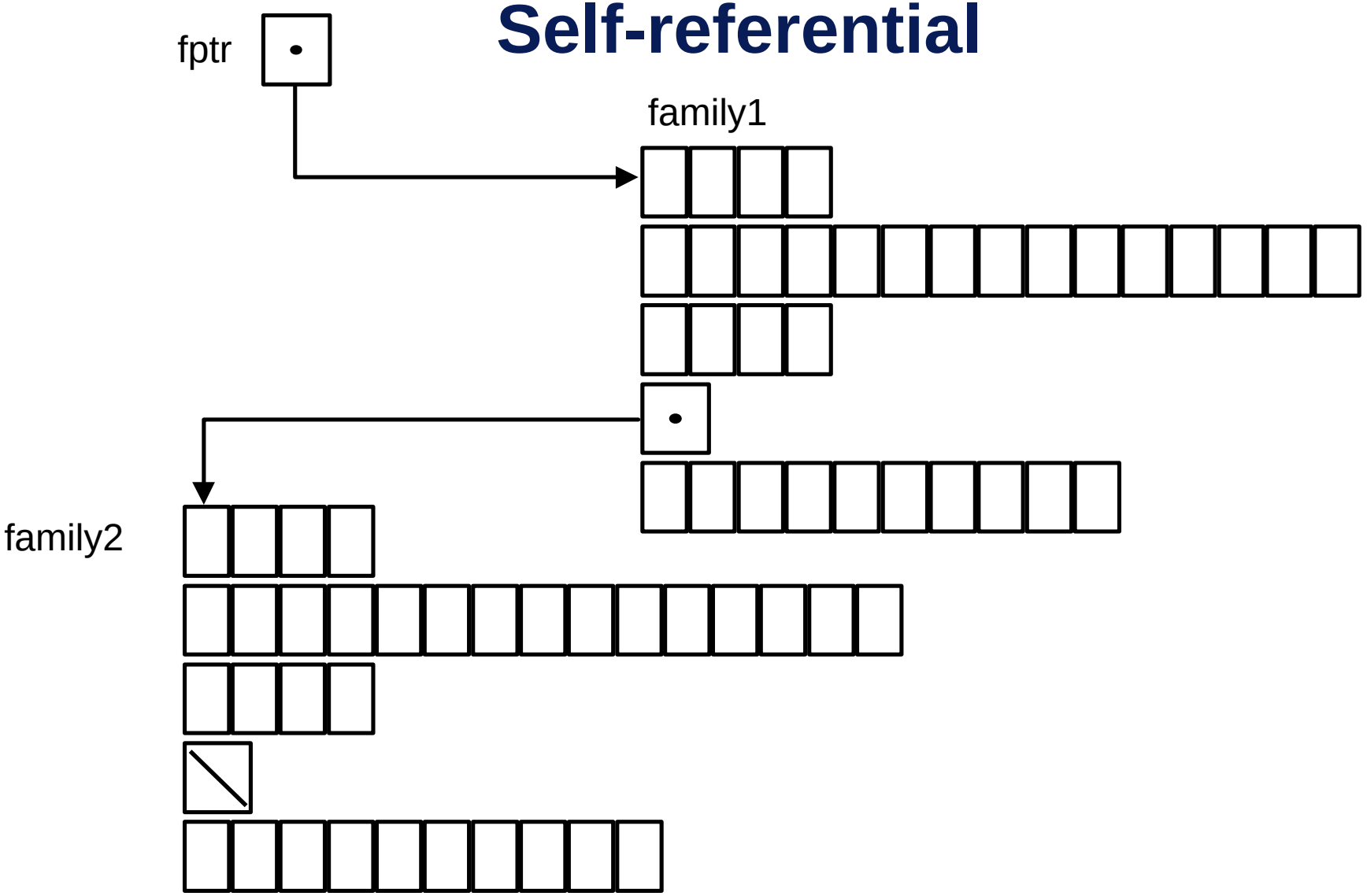


Self-referential Structs

Given **struct family_rec** {
int id_num;
char name[15];
int num_members;
⇨ **struct family_rec *** next;
double income;
} family1, family2, *fptr;

fptr = &family1;
family1.next = &family2;
family2.next = NULL;

Self-referential

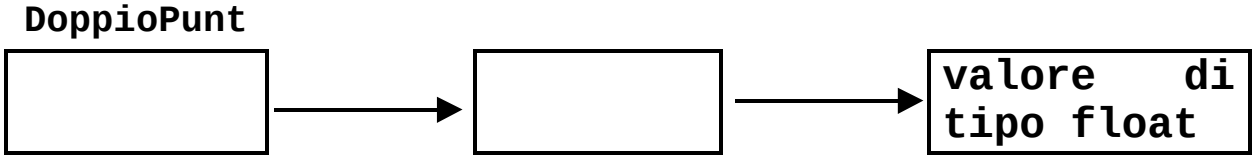


DOPPIO PUNTATORE

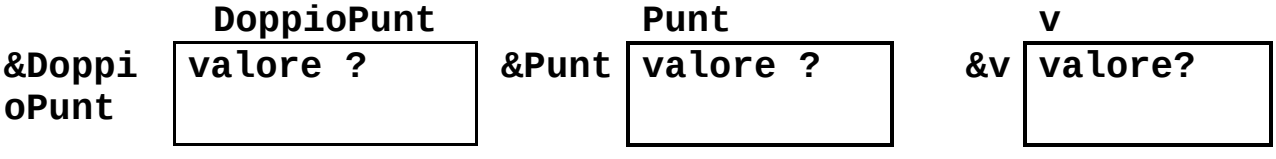
```
float      **DoppioPunt;
float      *Punt;
float      v;
```

Significato:
P è una variabile puntatore che contiene l'indirizzo di un'area di memoria che, a sua volta, contiene l'indirizzo di un tipo float.
(**P** punta a un puntatore a float)

Rappresentazione

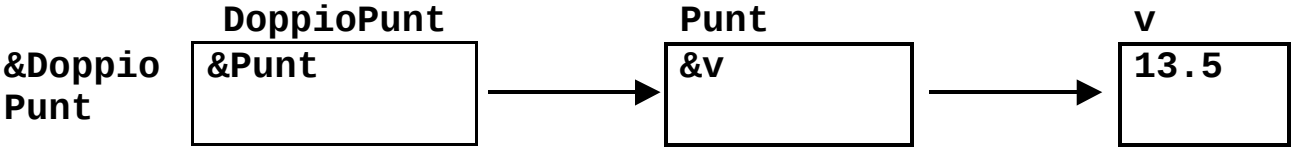


Dopo la dichiarazione:




```
DoppioPunt = &Punt;
*DoppioPunt=&v;
**DoppioPunt = 13.5;
```

Dopo gli assegnamenti



Levels of Indirection

- **“pointer to int” holds address of int**

  int number = 5, new_number;

  int *nptr = &number;

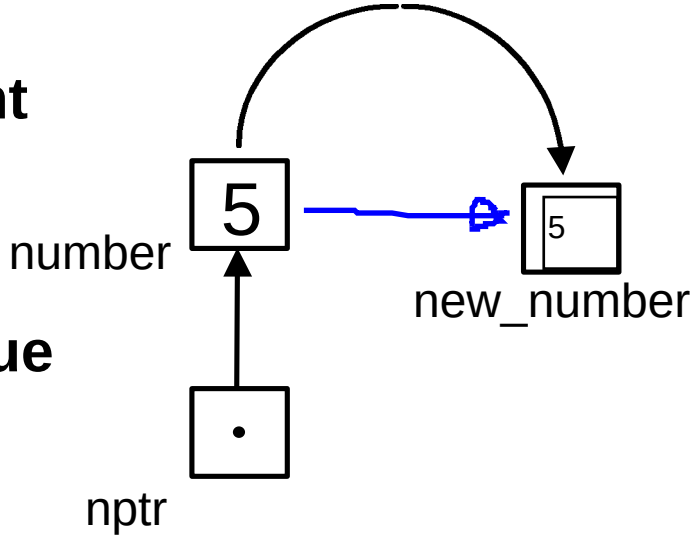
- **dereference pointer to “reach” value indirectly**

  new_number = *nptr;

- **dereferencing a pointer to access the value is called indirection**

- **each dereference operator (*) that is applied gives 1 level of indirection**

  *nptr uses only one level; all we need to get to the data value



Levels of Indirection

- **can have multiple levels of indirection**

  int number = 5, new_number;

  int *nptr = &number;

  int **n2ptr = &nptr;

- **dereference same number of times as in declaration to reach value**

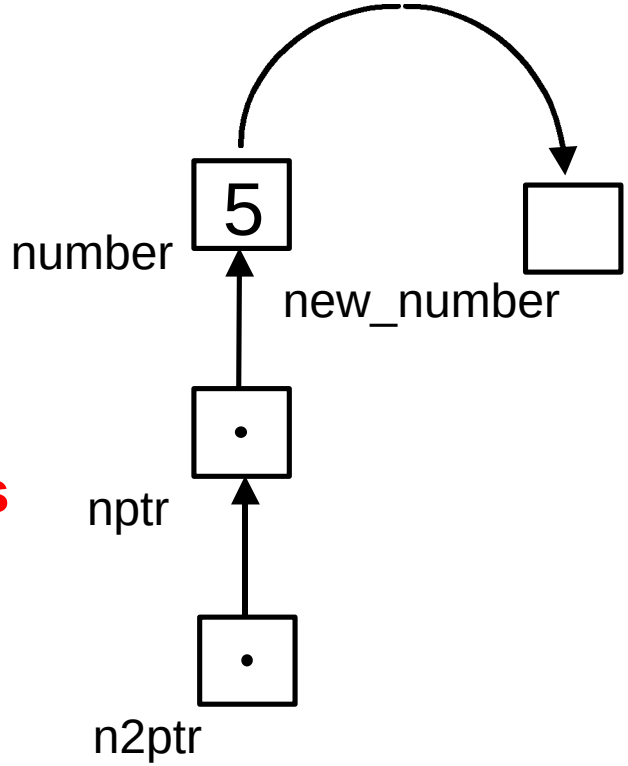
  new_number = **n2ptr;

- **each * is read as “pointer to”**

  number data type is int

  nptr data type is “pointer to” int

  n2ptr data type is “pointer to pointer to” int



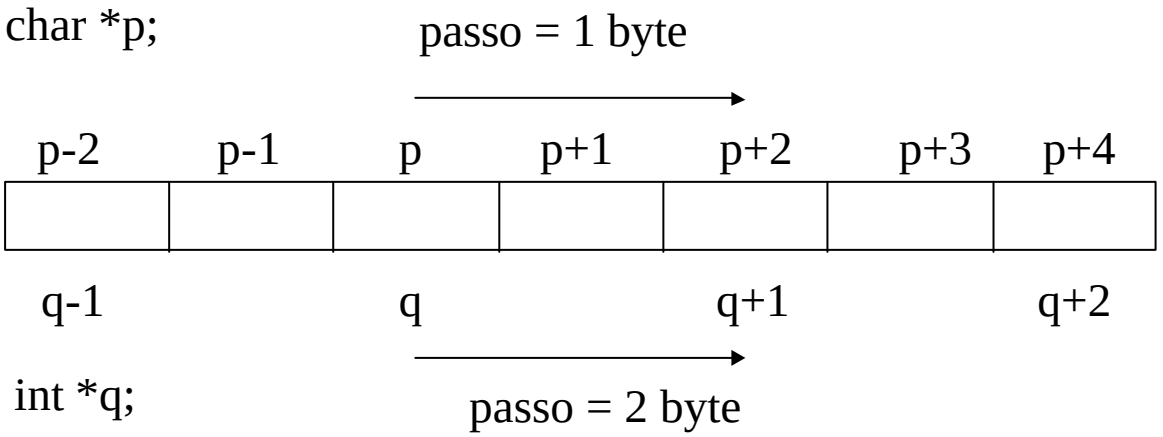
Aritmetica degli indirizzi

Si possono fare operazioni aritmetiche intere con i puntatori, ottenendo come risultato di far avanzare o riportare indietro il puntatore nella memoria, cioè di farlo puntare ad una locazione di memoria diversa.
Ovvero con i puntatori è possibile utilizzare due operatori aritmetici + e - , ed ovviamente anche ++ e --.

Il risultato numerico di un'operazione aritmetica su un puntatore è diverso a seconda del tipo di puntatore, o meglio a seconda delle dimensioni del tipo di dato a cui il puntatore punta. Questo perchè **il compilatore interpreta diversamente la stessa istruzione p++ a seconda del tipo di dato**, in modo da ottenere il comportamento seguente:

- **Sommare un'unità ad un puntatore significa spostare in avanti in memoria il puntatore di un numero di byte corrispondenti alle dimensioni del dato puntato dal puntatore.**

Ovvero se p è un puntatore di tipo puntatore a char, char *p; poichè il char ha dimensione 1, l'istruzione p++ aumenta effettivamente di un'unita il valore del puntatore p, che punterà al successivo byte.
Invece se p è un puntatore di tipo puntatore a int , int *p; poichè lo int ha dimensione 2 byte, l'istruzione p++ aumenterà effettivamente di 2 il valore del puntatore p, che punterà allo int successivo a quello attuale.



Pointer Arithmetic

- **A pointer is a variable, so we can manipulate it**
- **but, number of operations is limited**

  increment, decrement

  ```
  ++ptr;   --ptr;   ptr++;   ptr--;
  ```

  add, subtract integer amount

  ```
  ptr += 5;   ptr -= 2;
  ```

  subtract one pointer from another

  ```
  offset = ptr2 - ptr1;      /*   è un intero!!!!   */
  ```

  compare pointers

  ```
  if( ptr1 != ptr2 )
  if( ptr1 > ptr2 )
  ```

Vettori & Puntatori

Vettori:

- in C, i vettori vengono allocati in memoria in **parole consecutive** (cioe` parole fisicamente adiacenti), la cui ***dimensione*** dipende dal tipo degli elementi del vettore.

- Il ***nome*** di una variabile di tipo vettore viene considerato dal C come *l'**indirizzo*** del primo elemento del vettore.

Ad esempio:

```
int V[10];
```

☞ V è una **costante**:
- V equivale a **&**V[0]
- come tipo è un puntatore ad intero:

```
int *p, V[10];
p=V;    /* p punta a V[0] */
V = p;  /*NO! V è un puntatore costante*/
```

Vettori & Puntatori

Il C consente di eseguire operazioni di somma e sottrazione sui puntatori (a vettori).

Operatori aritmetici 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 indicato da i;
- (V-W):restituisce l'intero che rappresenta il numero di elementi compresi tra V e W.

Ad esempio:

```
float V[100], *p, *q;
int k;
p=V+7;  /* p punta a V[7] */
q=V+2;  /* q punta a V[2] */
k=p-q;  /* k vale 5 */
...
```

VARIABILI PUNTATORE E ARRAY: ARITMETICA DEGLI INDIRIZZI

```
int i;
int vett[10];
int *P;
```

vett:

- è l'indirizzo del primo byte dell'array di interi (indirizzo primo byte di un intero)
- ha associato il tipo degli elementi
- ha un valore costante

vett si comporta come un puntatore «fisso»

vett[i]	equivale a	***(vett+i)**
***(P+i)**	equivale a	**P[i]**
P=vett	equivale a	**P=&vett[0]**
P=vett+i	equivale a	**P=&vett[i]**

(P+i) - (P+j) valore intero pari al numero di elementi (interi) tra i e j

Use with Arrays

- **Closely related**
- **Array name is address constant; like a “pointer constant”**
- **Array syntax vs. pointer syntax**

  char publisher[20];

  publisher[12] equivalent to *(publisher + 12)
- **Can also index with pointer**

  char *cptr = publisher /* costante di tipo pointer senza & */;

  publisher[12] same as cptr[12]

Vettori e Puntatori

- In C, ogni riferimento ad un elemento di un vettore è espanso come un *puntatore dereferenziato*:

V[0]	equivale a	*(V)
V[1]	equivale a	*(V + 1)
V[i]	equivale a	*(V+i)
V[expr]	equivale a	*(V + expr)

Ad esempio:

```
main ()
{
char a[] = "0123456789";/*a e' un
                         vettore di
                          caratteri */
int i = 5;

printf("%c%c%c%c\n",a[i],a[5],i[a],5[a]);
}
```

Stampa:

5 5 5 5

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

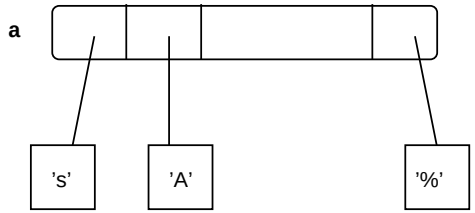
Vettori & Puntatori

☞ **[ ]** ha precedenza rispetto a *

Quindi:

char *a[10]; => equivale a **char** *(a[10]);

a è un **vettore di puntatori** a carattere.



☞ Per un puntatore ad un vettore di caratteri è necessario forzare la precedenza (con le parentesi)

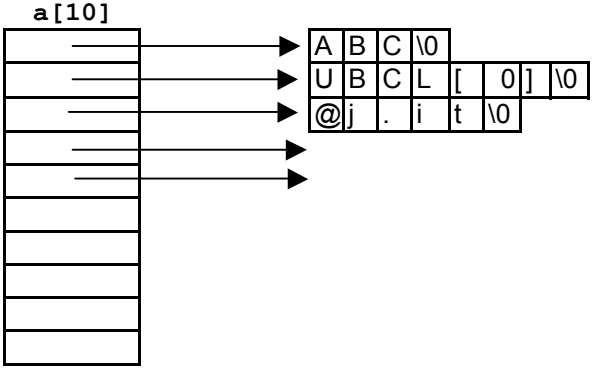
char (* a) [10];

Precisazione

Le parentesi tonde variano le precedenze
siccome **[]** hanno la precedenza rispetto a *****

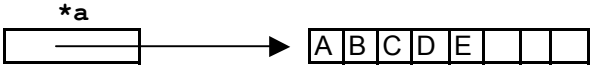
char * a [10]; equivale a **char * (a[10]);**

è un array a[10] di puntatori a caratteri char *



Per ottenere un altro effetto invece

char (* a) [10] ***a** è un puntatore ad un vettore di caratteri



Arrays of Pointers

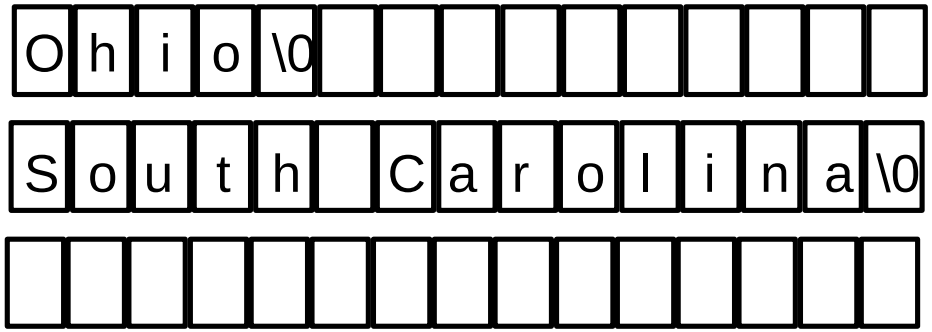
“Smooth” arrays

use same amount of storage for each string

wastes space for smaller strings

char states[50][15] = {“Ohio”,”South Carolina”, ...};

states[0] would reference Ohio, 15 elements used



Arrays of Pointers

“Ragged” arrays

use only amount of storage needed for each string, plus storage needed for pointers

use array of pointers

do not “waste” space for smaller strings

char *states2[50] = {“Ohio”,”South Carolina”, ...};

states2[0] would reference Ohio, 5 elements used,