Fondamenti di Informatica
Ingegneria Clinica
Lezione 26/11/2009

Raffaele Nicolussi
FUB - Fondazione Ugo Bordoni
Via B. Castiglione 59 - 00142 Roma

I puntatori

Variabili e parametri

- **Parametri formali**
  - **Lista di argomenti nella definizione della funzione**
  - **Scope: Visibili solo nella funzione**
  - **Ciclo di vita: attivazione della funzione**
- **Parametri attuali**
  - **Variabili usate per la chiamata della funzione**
  - **Scope: Visibili nel blocco di definizione**
  - **Ciclo di vita: attivazione del blocco di definizione**
- **Variabili locali**
  - **Variabili definite in una funzione o in un blocco**
  - **Scope: Visibili nel blocco di definizione i in quelli contenuti a meno di mascheramenti**
  - **Ciclo di vita: attivazione del blocco di definizione**

Le variabili definite in una funzione non sono visibili nelle altre altre funzioni del programma

le funzioni sono blocchi paralleli e non nidificati

Variabili globali

- **Le variabili che si dichiarano fuori dal main e dalle funzioni del programma sono dette variabili globali**
  - **sono utilizzabili da tutte le funzioni definite dopo la loro dichiarazione**
- **Le variabili dichiarate all'interno dei blocchi di funzione sono utilizzabili all'interno del blocco stesso**
  - **sono dette variabili locali**
- **Attenzione: globali sono anche i nomi delle funzioni**

- **Le variabili globali sono visibili in tutto il programma**
  - **A meno di mascheramenti (ossia ridefinizione in un altro blocco)**
  - **I nomi di funzione non possono essere utilizzati più volte**

```c
#include <stdio.h>

int a=33;

double duevolte(double);

int main (void) {

int b =77;

printf("a = %d\n", a);
printf("b = %d\n", b);

printf("doppio = %lf\n",
        duevolte(5.0));
return 0;
}

double duevolte(double c){
  return (2.0 * c* a);
}
/*    a= 33
      b= 77
      doppio= 330.00   */
```

Variabili e memoria

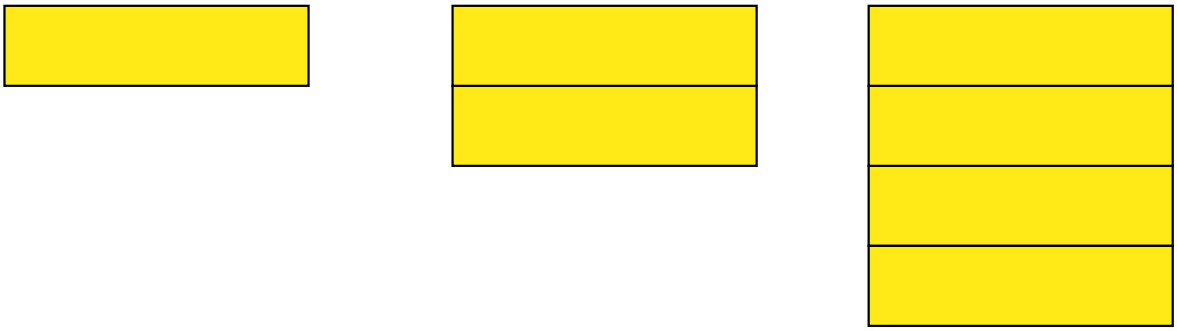
- **Ogni volta che si crea (dichiara) una nuova variabile, si crea nella memoria un'area in cui il valore della variabile viene immagazzinato.**
  - **Una variabile fa riferimento per mezzo di un identificatore dichiarato dall'utente ad un'area di memoria allocata (riservata) per essa**
  - **A basso livello una variabile è una zona di memoria**

a **nome simbolico**

I_a **indirizzo**

Variabili e memoria

- La grandezza (in celle) della zona dipende da tipo di variabile
  - Una variabile viene memorizzata in un certo numero di celle (byte) consecutive a partire da una particolare locazione o indirizzo della memoria della macchina.
  - Es.
    - Le variabili di tipo char occupano un solo byte
    - Le variabili di tipo int occupano 4 byte



Variabili e memoria

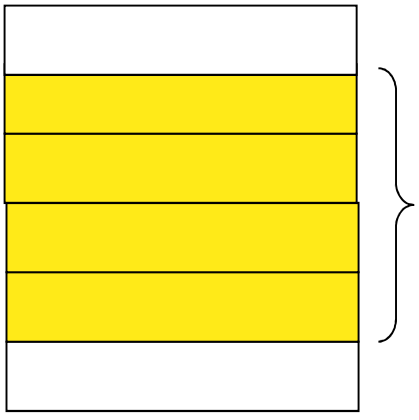
- **Una variabile è caratterizzata da:**
  - **Un identificatore: il suo "nome"**
  - **Un valore: quanto vale**
  - **Un tipo: dominio, operatori, funzioni**
  - **Un indirizzo: rifimento area di memoria in cui è memorizzata**
    - **indirizzo di partenza se occupa più celle**
    - **Il numero di celle è legato al suo tipo**

Indirizzo

- **Per sapere l'indirizzo di una variabile si usa l'operatore unario &**
  - **Se a è una variabile, allora &a è il suo indirizzo (la prima posizione occupata in memoria dalla variabile)**
  - **&a torna l'indirizzo di a**
    - **valore numerico ma non di tipo numerico**
    - **ha bisogno di un tipo a parte**

- **& è detto operatore di indirizzo**

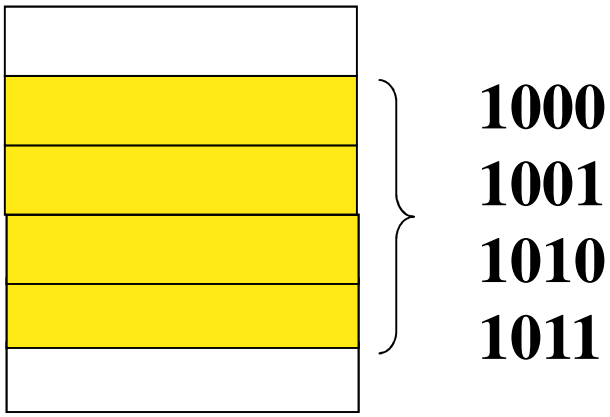
&a --> 1000



Dimensione: Numero di byte occupati

- **Il numero di byte occupati da una variabile è dato dall'applicazione di sizeof.**
  - **sizeof(a) è il numero di byte occupati dalla variabile a**

&a --> 1000
sizeof(a) --> 4



- **sizeof può ricevere come argomenti**
  - **il nome di una variabile**
  - **un tipo**

Indicatori di conversione per la visualizzazione del puntatore

%x %X: intero esadecimale senza segno

%p : valore del puntatore in un formato definito

```
/* stampa indirizzo, occupazione di memoria e
   valore di alcune variabili */
int main (void) {
   int a=12;
   char b='a';
   float c= 0.1243;
   printf ("Indirizzo di a e' %x, occupa %d
            bytes, il  suo valore e' %d\n",
            &a, sizeof(a), a);
   printf ("Indirizzo di b e' %x, occupa %d
            bytes, il suo valore e' %c\n",
            &b, sizeof(b), b);
   printf ("Indirizzo di c e' %x, occupa %d
            bytes, il suo valore e' %f\n",
            &c, sizeof(c), c);
   return 0;
}
```

punt1.c

Output

- **Indirizzo di a è 81cd670, occupa 4 bytes, il suo valore è 12**

- **Indirizzo di b è 81cd668, occupa 1 bytes, il suo valore è *a***

- **Indirizzo di c è 81cd66c, occupa 4 bytes, il suo valore è 0.124300**

punt1.c

- **Notare la differenza tra valore e indirizzo di una variabile**
  - **L'indirizzo è dato sottoforma numerica (ma non di tipo numerico) ed è assegnato dal compilatore**
  - **Il valore è assegnato dal programma**
  - **Tutte le variabili dello stesso tipo occupano lo stesso numero di byte**
    - **Hanno la medesima rappresentazione interna**

```
/* memoria occupata da variabili di un
   certo tipo */

int main (void) {
   printf ("Il tipo int occupa %d
                bytes\n", sizeof(int));
   printf ("Il tipo char occupa %d
                bytes\n", sizeof(char));
   printf ("Il tipo float occupa %d
                bytes\n", sizeof(float));
   printf ("Il tipo double occupa %d
                bytes\n", sizeof(double));

   return 0;
}
```

size.c

Tipo Puntatore: per rappresentare un indirizzo

- L'indirizzo di una variabile di tipo T è di tipo puntatore

  <tipo> *

  che viene detto puntatore a <tipo>

  <tipo> *ptr;

- dove <tipo> è il tipo di valore puntato da ptr

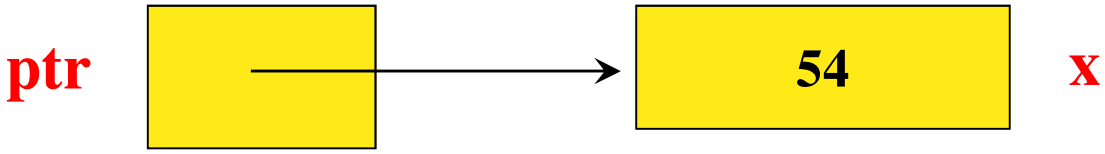
```
int *ptr;
int a;
ptr=&a;
```

I puntatori

```
int *ptr;
int x;
ptr=&x;
x=54;
```

ptr "puntatore a tipo int" x (identificatore)

Indirizzo della cella che contiene il valore di x	valore di x (di tipo int)



- La variabile ptr PUNTA (fa riferimento) alla variabile il cui identificatore è x
  - Ogni identificatore è associato ad una cella di memoria
  - La cella ha un indirizzo, che è la posizione in memoria di quella variabile

I puntatori

- Se a è un intero (int), il suo indirizzo è di tipo

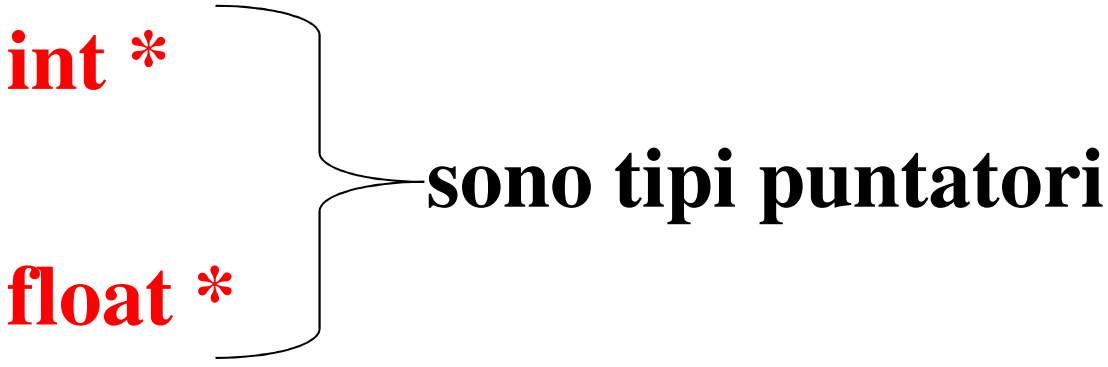
  int *

  ossia di tipo puntatore a int

- Se b è un reale (float), il suo indirizzo è di tipo

  float *

  ossia di tipo puntatore a float



I puntatori

- **int e float indicano il tipo della variabile di cui il puntatore contiene l'indirizzo**
- **Per ogni tipo di dato esiste il corrispondente tipo puntatore (che è un tipo anch'esso)**
- **Il tipo puntatore è un tipo come gli altri.**
- **Quindi è possibile dichiarare una variabile di tipo puntatore a un certo tipo**

Operatore di indirizzo

variabile	indirizzo	cella
j	2489ef	*1234*

- **Al contenuto della cella si può accedere tramite**
  - **il nome della variabile (*indirizzo simbolico*) (j)**
  - **l'indirizzo della cella (*indirizzo fisico*) (2489ef), ossia &j**

- **Il contenuto del puntatore è l'indirizzo della cella**
- **Si noti che non si può assegnare un indirizzo usando l'operatore di indirizzo**

  &x = 1000; NO! ILLEGALE!

Dichiarazione di puntatori

- **Le variabili puntatore possono essere dichiarate nei programmi e utilizzate per assumere indirizzi come valori.**
- **Sintassi della dichiarazione di un puntatore**

```
<tipo>  *<nome>;
```

```
long *ptr;
int *pi;
char *pc;
```

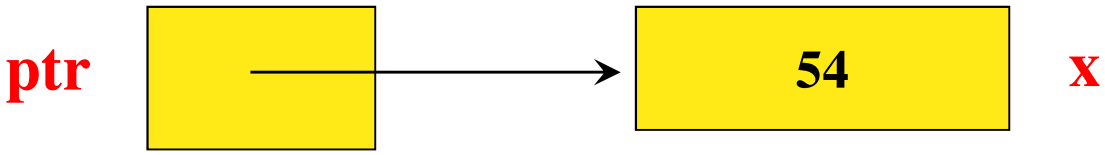
Operatore di indirezione *

* (asterisco)

(o op. di deferimento o risoluzione del deferimento)

Si applica ad un puntatore

- Ritorna il valore della cella il cui indirizzo è contenuto in una variabile puntatore
- Se ptr è una variabile di tipo puntatore
  - *ptr restituisce il valore della locazione a cui punta ptr



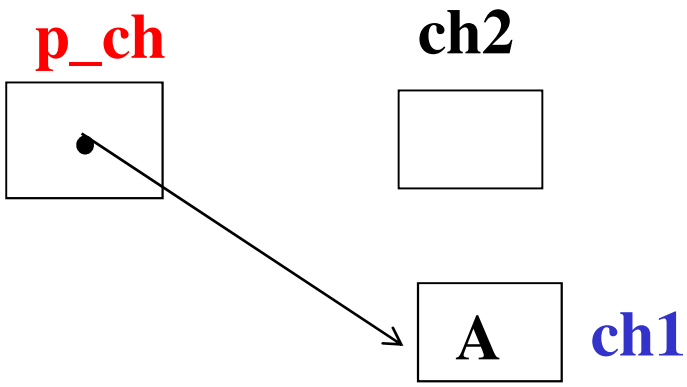
&x=ptr= indirizzo di x

*ptr=x=54

Operatore di indirezione (*)

- **Può quindi essere usato in due modi distinti**
  - **Per definire un puntatore a un tipo**
  - **Per estrarre il valore puntato dal puntatore**
- **Se p è una variabile di tipo puntatore a intero, allora *p può essere visto come una variabile di tipo intero (perché è il valore puntato da p)**
  - ***Si può stampare il valore di *p***
  - ***Si può usare *p all'interno di un'espressione, es.(12 + *p -2)***
  - ***Si possono memorizzare valori in questa variabile (*p=34)***

```
#include <stdio.h>
int main( void )
{
     char *p_ch;
     char ch1 = 'A';
     char ch2;
     p_ch = &ch1;
     printf( "Il valore memorizzato in p_ch e'
                    %p\n", p_ch );
     printf( "Il valore di indirezione di p_ch e'
                    %c\n", *p_ch );
     ch2 = *p_ch;
     printf( "Il valore di ch2 e' %c\n", ch2 );
     return 0;
}
```




```
Il valore memorizzato in p_ch e' 0x0976fde9
Il valore di indirezione di p_ch e' A
Il valore di ch2 e' A
```

- **E’ un modo contorno e artificioso di assegnare ‘A’ a ch1 e ch2.**

char ch1 = 'A’;

- **ch1 inizializzata con ‘A’**

p_ch = &ch1;

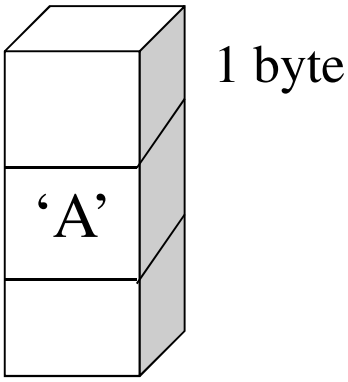
- **viene assegnato a p_ch l’indirizzo di ch1**

ch2 = *p_ch;

- **Il valore di ch1, ottenuto applicando l’operatore di indirezione al suo puntatore, viene assegnato a ch2**

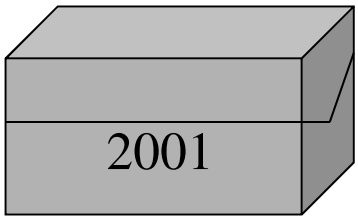
Variabile	Indirizzo	Contenuto

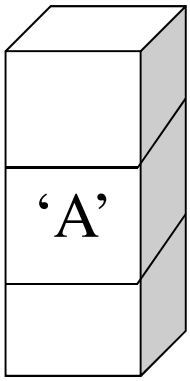
```
char *p_ch;
char ch1='A', ch2;
```



p_ch	1000	
	1004	
	2000	
ch1	2001	'A'
ch2	2002	

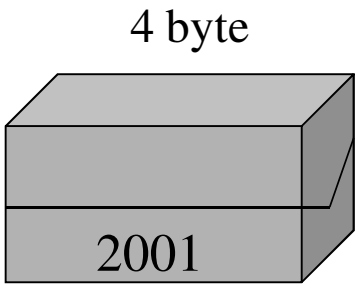
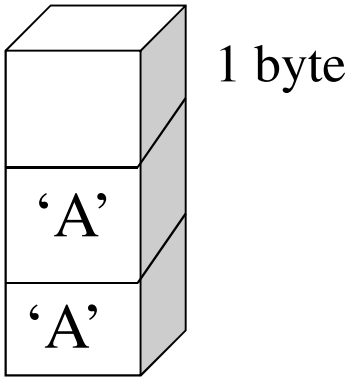
```
p_ch = &ch1;
```





p_ch	1000	
	1004	
	2000	
ch1	2001	'A'
ch2	2002	

ch1 e ch2 occupano 1 byte
p_ch occupa 4 byte

Variabile	Indirizzo	Contenuto
ch2 = *p_ch;	1000	
p_ch	1004	
	2000	
ch1	2001	
ch2	2002	

- Dato un puntatore **ptr**, ***ptr rappresenta il valore della variabile il cui indirizzo è ptr.**
- **Il valore "diretto" di ptr è una locazione di memoria**
- **Il valore "indiretto" di ptr, *ptr, è il valore della locazione di memoria il cui indirizzo è ptr.**
- In un certo senso *** è l'operatore inverso di &**

```
#include <stdio.h>
int main( void )
{
    int i=7,  *p;
    p=&i;
    printf( ”Valore di i: %d\n
                Indirizzo di i: %p\n”,
                 *p,  p);
     return 0;
}
```

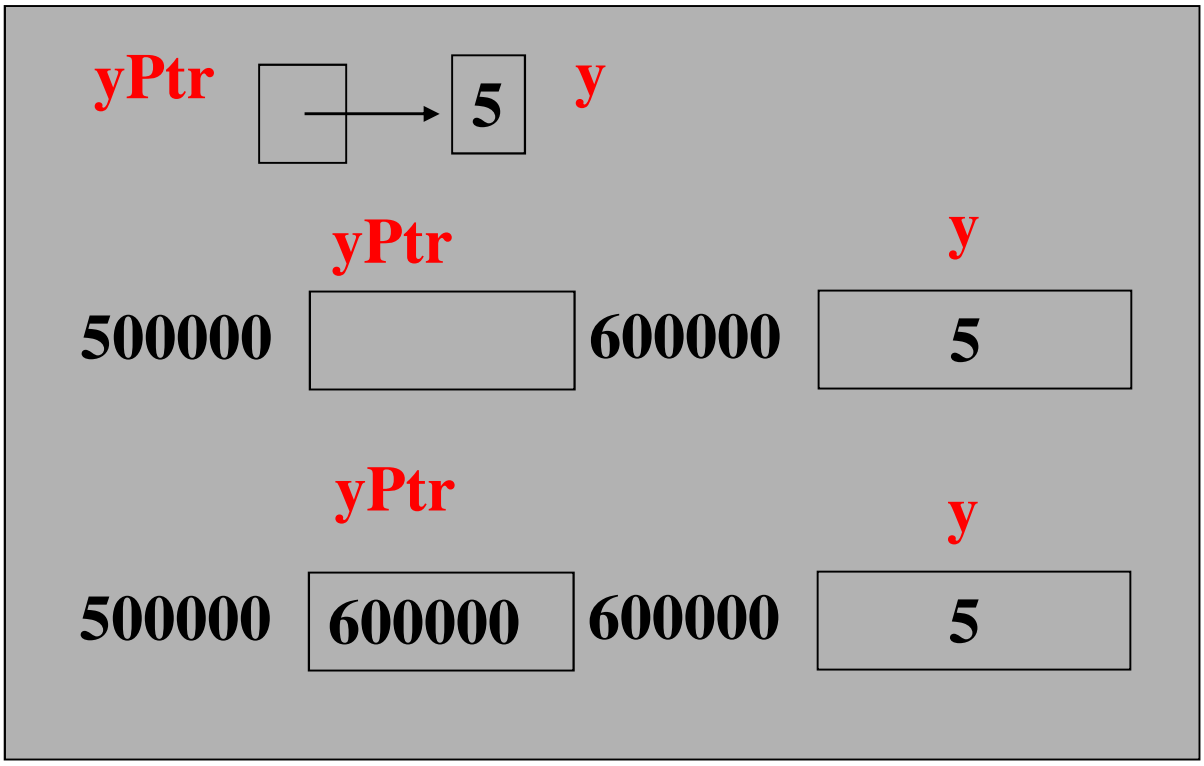
```
Valore di i:       7
Indirizzo di i:   0x093b1498
```

punt3.c

```
int y = 5;
int *yPtr;
yPtr = &y;
```

– assegna al puntatore yPtr l'indirizzo di y

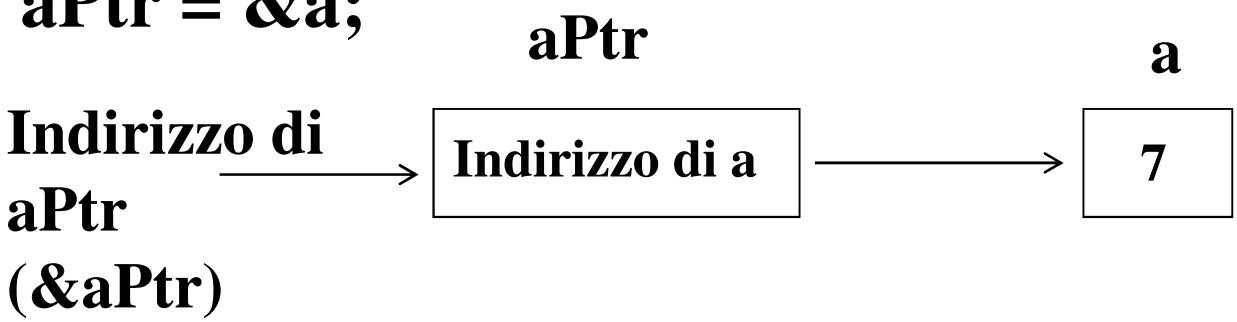
– Sia yPtr che y hanno un indirizzo
– L'indirizzo di y è proprio yPtr



```
int main (void)
{   int a;
    int *aPtr;
    a = 7;
    aPtr = &a;
    printf("Indirizzo di a:  %p \nValore di aPtr:
                    %p \n\n", &a, aPtr);
    printf("Valore di a: %d \nValore di *aPtr:
                    %d \n\n",  a, *aPtr);
    printf("Prova che * e & sono
                    complementari\n");
    printf("&*aPtr = %p \n*&aPtr = %p\n",
                                    &*aPtr,*&aPtr);
  return 0;
}
```

```
Indirizzo di a:   0x0956a3d8
Valore di aPtr: 0x0956a3d8
Valore di a: 7
Valore di *aPtr: 7
Prova che * e & sono complementari
&*aPtr = 0x0956a3d8
*&aPtr = 0x0956a3d8
```

```
int a;
int *aPtr;
a = 7;
aPtr = &a;
```



***aPtr**: valore di indirezione, ossia 7

&*aPtr: indirizzo del valore di indirezione, ossia quello che è scritto in aPtr

&aPtr: indirizzo di aPtr

***&aPtr**: valore di indirezione di &aPtr, ossia quello che è scritto dentro aPtr

```
Indirizzo di a:   0x0956a3d8
Valore di aPtr: 0x0956a3d8
Valore di a: 7
Valore di *aPtr: 7
Prova che * e & sono complementari
&*aPtr = 0x0956a3d8
*&aPtr = 0x0956a3d8
```

Puntatore nullo

- Puntatore che **non punta ad alcun oggetto valido**
- Gli è stato assegnato o il valore **0** o il valore **NULL**
- NULL è una costante simbolica in genere definita in <stdio.h>

  char *p;

  p = 0; oppure **p = NULL;**
- **Il puntatore nullo è l'unico puntatore che viene valutato FALSO (0)**
  - **In tutti gli altri casi, un puntatore viene sempre valutato vero**
- **Il controllo su puntatore nullo può essere usato nella terminazione di un ciclo**

```
char *p;
 ..........
while (p)
{ ......
   /* ripete il ciclo fino a quando p
   diventa un puntatore nullo
   */
  ..........
}
```

Puntatore nullo

- **Il valore 0 è l'unico valore intero che può essere assegnato direttamente ad una variabile di tipo puntatore**
- I puntatori possono essere inizializzati come una qualsiasi variabile (con valori che corrispondono al suo tipo).
  - **il valore di inizializzazione deve essere uno tra i seguenti:**
    - **un indirizzo**
    - **0**
    - **NULL**

```
int *p;
p = 0;
p = NULL;
p = &i;
p = (int *) 1776;
```

```
int j;
int *ptr_to_j = &j;          /ok/

int *ptr_to_j = &j;
int j;                       /errata/
```

- Non è possibile fare riferimento ad una variabile prima che sia dichiarata

```
&3                           /errata/
&(k+99)                      /errata/
```

- no ad una costante
- no ad espressioni

- **E’ possibile usare void per definire un tipo da puntare**:

  void *v;

  – **può essere pensato come puntatore a un tipo generico**

  – **può rappresentare qualsiasi tipo di puntatore**

- **Un puntatore può essere assegnato ad un altro puntatore (se dello stesso tipo o di tipo void)**
  - **int *p, *q; …..**
  - **p=q;**
  - **se non sono dello stesso tipo, si usa l’oper. cast per la conversione**
    - ✓**int *pInt;**
    - ✓**float *pFloat;**
    - ✓**pInt = (int *)pFloat;**

a = 7;

pInt = &a;

Indirizzo di a: 0x0956a3e4

Valore di pInt (indirizzo di a): 0x0956a3e4

Valore di a: 7

Indirizzo di pInt: 0x0956a3dc

f = 6.78;

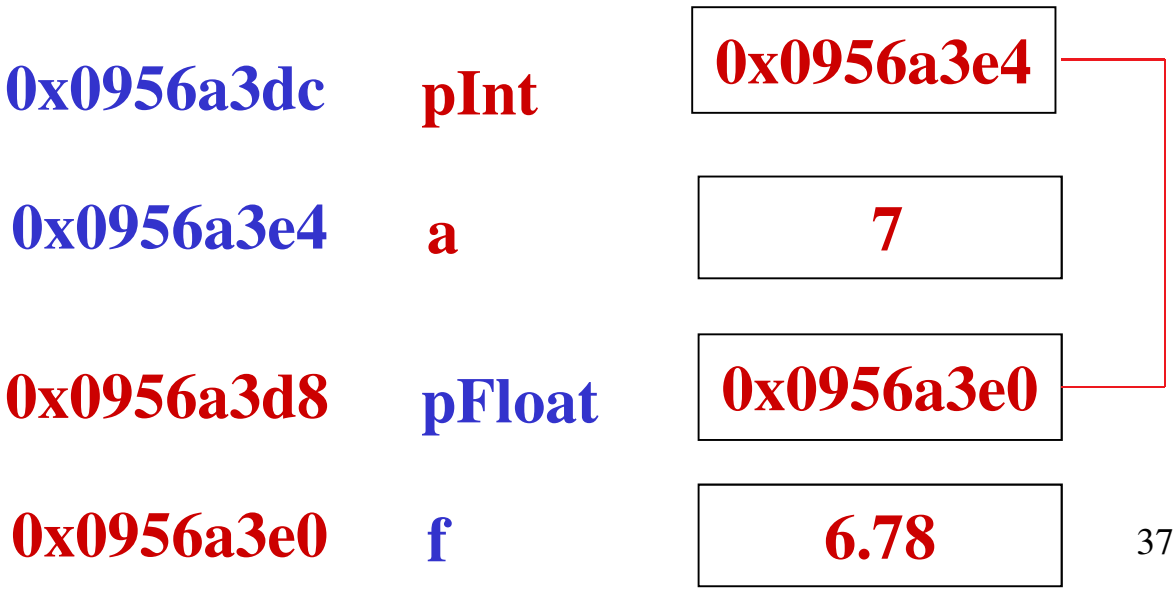
pFloat = &f;

Indirizzo di f: 0x0956a3e0

Valore di pFloat (indirizzo di f):
0x0956a3e0

Valore di f: 6.780000

Indirizzo di pFloat: 0x0956a3d8



Aritmetica dei puntatori e dimensione degli elementi

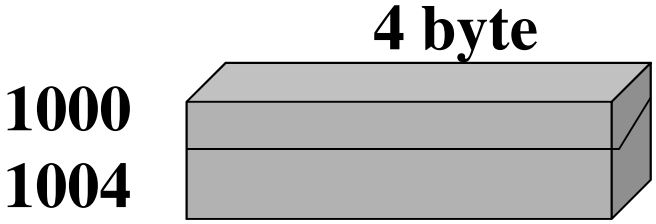
- **Si possono svolgere operazioni di addizione (+, +=, ++) e sottrazione (-, -=, --) sui puntatori**
- **L'assegnamento è valido solo tra puntatori dello stesso tipo**
- **Se p è un puntatore p + 3**
  - **indica il terzo oggetto che segue quello puntato da p**
  - **il risultato è il valore di un indirizzo**
- **Attenzione: bisogna tenere conto delle dimensioni dell'oggetto memorizzato**
- **Non semplice somma ma**

  p + 3*n

  dove n è il numero di byte usati per memorizzare l'oggetto puntato.

p + 3*4 = p +12

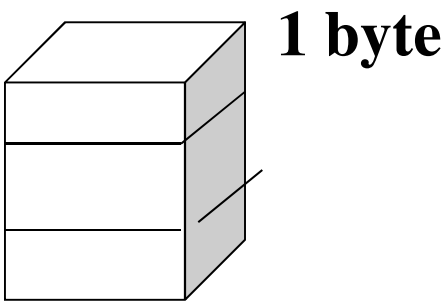
p = 1000 ---> 1012



- **Se p fosse dichiarato di tipo char, allora**

p = 1000

p= p+3---> 1003



- **Non si possono sommare puntatori tra di loro**
- **Se i puntatori si riferiscono allo stesso tipo di oggetto, è possibile sottrarre il valore di un puntatore da un altro**
  - **se il primo puntatore è relativo ad un indirizzo minore del secondo, allora il risultato sarà negativo**
    - **risultato è un valore intero che rappresenta il numero di celle tra i due puntatori**
- **È possibile sottrarre un intero da un puntatore**
  - **risultato è il valore di un puntatore**

- **Es.**

```
long *p1, *p2;
int j;
char *p3;
```

`p2=p1 + 4;`	corretta
`j = p2-p1;`	corretta (j=4);
`j = p1-p2;`	corretta (j=-4)
`p1=p2-2;`	corretta, i tipi dei punt. Sono compatibili
`p3 = p1-1;`	errata, i tipi sono diversi
`j = p1 - p3;`	errata, i tipi sono diversi