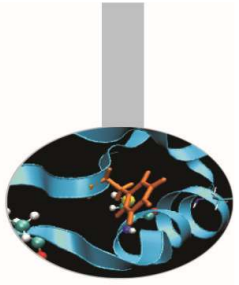
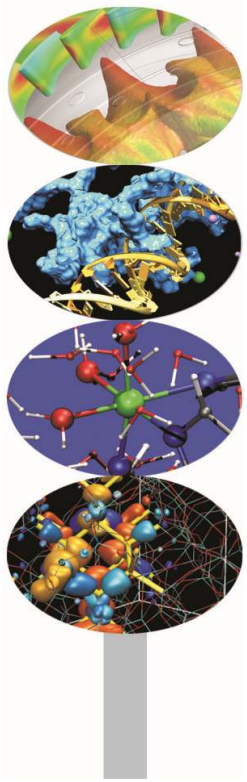
CINECA SCAI
SuperComputing Applications and Innovation

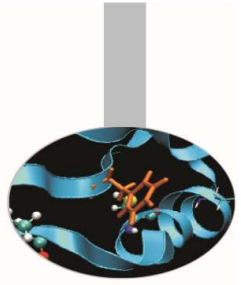


Funzioni II Parte



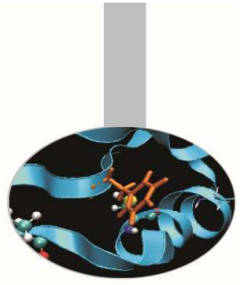
CINECA

Indice



- L'uso della memoria
- L'allocazione dinamica della memoria in C
- Le funzioni malloc, calloc, realloc e free
- L'allocazione dinamica in C++
- Gli operatori new e delete
- I tipi restituiti
- La restituzione di reference
- Il passaggio di array a funzioni
- Allocazione dinamica di memoria per matrici
- Funzioni inline
- Funzioni ricorsive

Uso della memoria

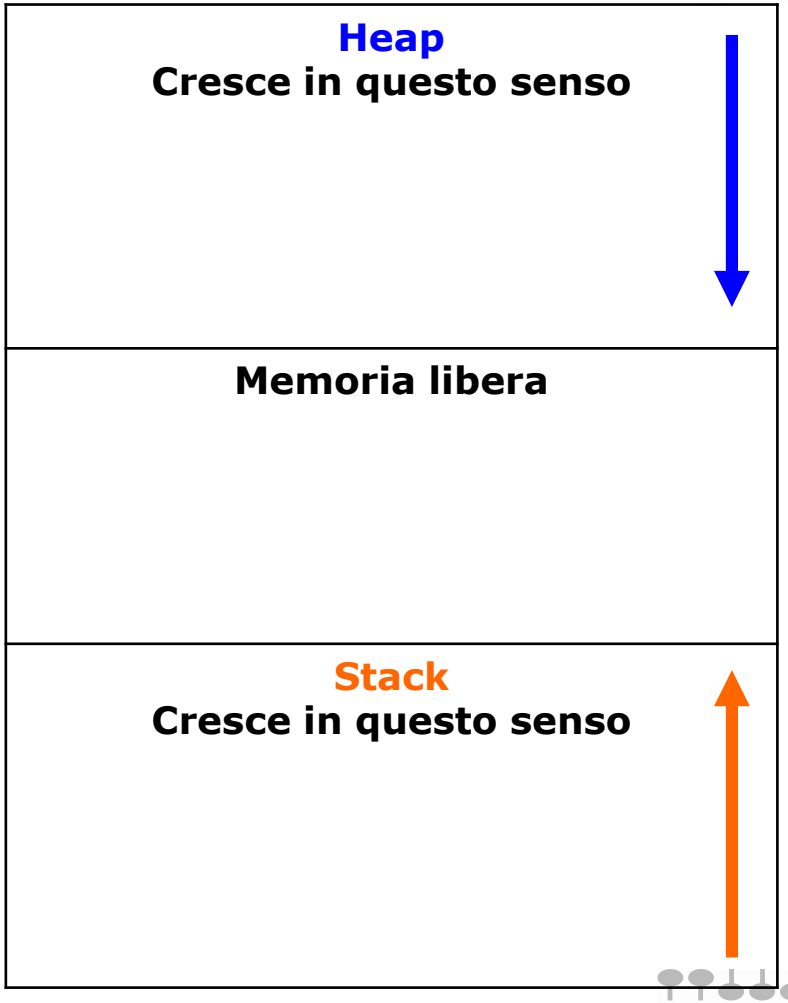


- **Global** tutte le variabili dichiarate come globali o statiche in un programma C/C++ ricadono in questa zona.

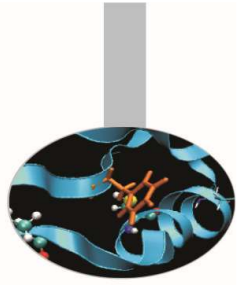
- **Heap** la memoria allocata tramite le funzioni che verranno discusse nel seguito di questo modulo fa uso di una zona particolare detta Heap.

- **Stack** tutte le variabili locali, i parametri attuali passati alle funzioni, gli indirizzi ritornati dalle funzioni, sfruttano una zona della memoria che viene detta stack.

In molti sistemi lo stack e l'heap sono allocati da lati opposti della memoria libera e il loro verso di crescita è pertanto opposto

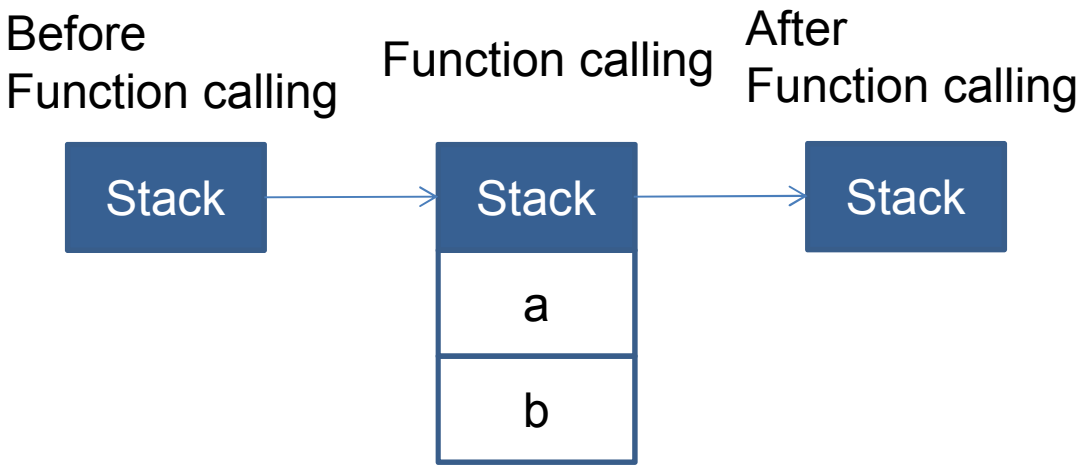


Uso della memoria



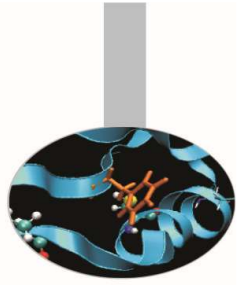
Le varibili *local* hanno un ciclo di vita legato alle porzioni di codice in cui sono definite.

```
void x()
{
        int a;
        int b;
        return ;
}

int main()
{
        x();
        return
}
```



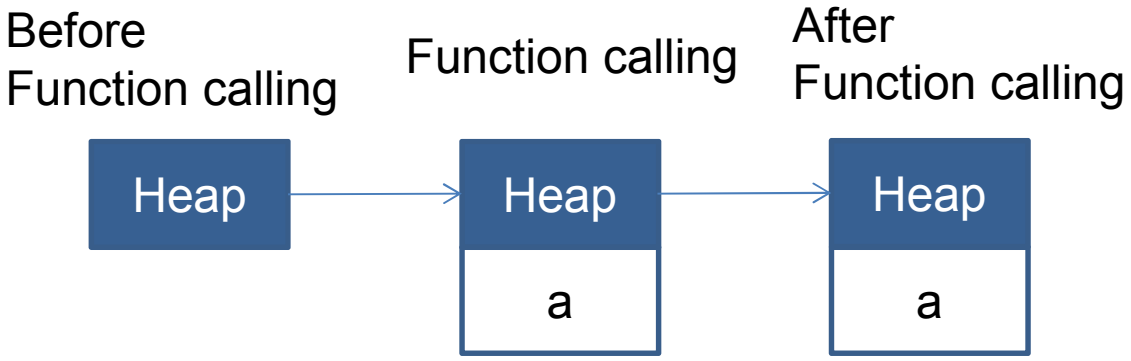
La memoria viene allocata e deallocata in maniera automatica sullo stack, favorendone il riutilizzo. Le variabili hanno un lifetime limitato alla chiamata della funzione

Uso della memoria



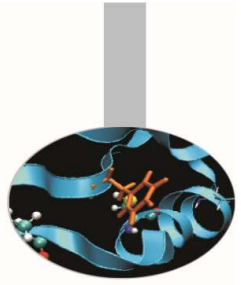
La memoria di heap è un'alternativa all'utilizzo dello stack.
L'heap viene utilizzato nell'allocazione dinamica della memoria. Il programmatore alloca esplicitamente le variabili e le dealloca esplicitamente.

```
void x(int *a)
{
a= (int*)malloc(sizeof(int);
return ;
}

int main()
{
        int *a =NULL;
        x(a);
       if(a)free(a);
        return
}
```



La memoria viene allocata e deallocata dal programmatore sull'heap, favorendone il riutilizzo. Le variabili vengono distrutte esplicitamente

Allocazione dinamica della memoria in C

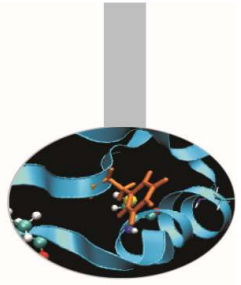


•L'allocazione dinamica permette, in generale, la gestione della memoria heap.

•Il C fornisce quattro funzioni preposte a questo scopo: malloc, calloc e realloc per l'allocazione; free per la deallocazione. Tutte quante sono contenute all'interno della libreria stdlib.h.

NOTA: L'uso della memoria dinamica richiede estrema accortezza da parte del programmatore al fine di ottimizzare l'utilizzo delle risorse di memoria senza commettere errori che possono rivelarsi anche gravi.

malloc



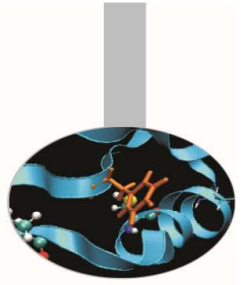
```
void *malloc(size_t number_of_bytes);
```

Ritorna un puntatore a void che contiene l'indirizzo della locazione di memoria a partire dalla quale vengono allocati `number_of_bytes` bytes.

L'unico argomento passato è di tipo `size_t` che è un sinonimo di unsigned long, definito all'interno dell'header file stddef.h .

Se non è disponibile la quantità di memoria richiesta, viene restituito il puntatore nullo.

malloc



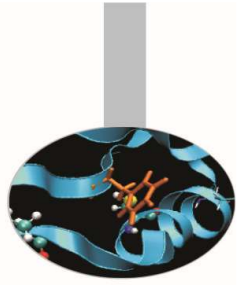
Il puntatore a void restituito deve essere convertito, tramite casting, al tipo di dati che verrà ospitato in quell'area di memoria.

E' buona norma utilizzare un espressione come `costante*sizeof(<nome_tipo>)` per passare come argomento a *malloc* l'ammontare corretto della memoria di cui si necessita.

Esempio:

```
char* ch_ptr;
// blocco di 50 char:
ch_ptr = (char*) malloc(50*sizeof(char));
```

calloc e realloc



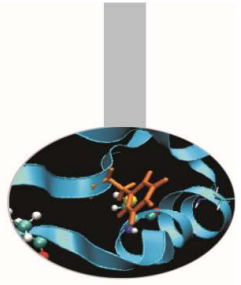
```
void *calloc(size_t num, size_t size);
```

Ritorna un puntatore ad uno spazio di memoria allocato per un array di num elementi ciascuno di dimensione size . La memoria allocata viene riempita di zeri.

Esempio:

```
int* int_ptr;
// blocco di 20 int:
int_ptr = (int*) calloc(20,sizeof(int));
```

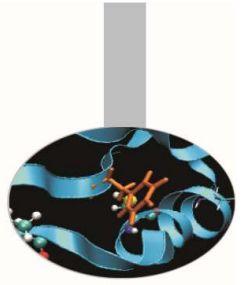
calloc e realloc



```
void *realloc(void *ptr, size_t size);
```

Modifica la dimensione di un blocco di memoria allocato in precedenza e puntato da ptr. La nuova dimensione del blocco è pari a size e può essere più grande o più piccola di quella iniziale. Viene restituito un puntatore al nuovo spazio di memoria.

calloc e realloc

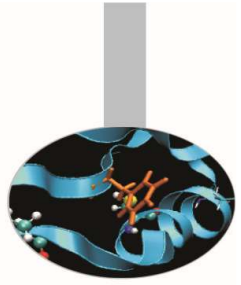


Esempio:

```
void *ptr;
ptr=int_ptr;
ptr=realloc(ptr,10*size(int)); // blocco di 10 int
```

Come per la malloc, nel caso in cui non sia possibile allocare memoria, le funzioni calloc e realloc restituiscono il puntatore nullo.

free



```
void *free(void* ptr);
```

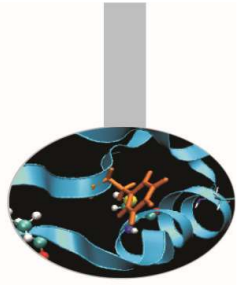
Libera una porzione di memoria allocata dinamicamente, a partire dalla locazione specificata da ptr.

Esempio:

```
char *strPtr;
strPtr = (char*) malloc(100);
free(strPtr);
```

Necessaria per evitare *memory leaks* nel codice

Esempio



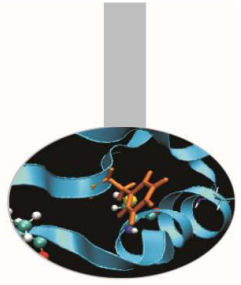
esempio: uso di malloc e free

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

int main(){
      int* pi;
      pi=(int*) malloc(sizeof(int));
      if (!pi) {
         printf("Not enough memory \n");
         return 1;
      }
      *pi=90;
      printf("Integer: %d \n",*pi);
      free(pi);
      return 0; }
```

output:

```
Integer: 90
```

Esempio: uso di calloc e free

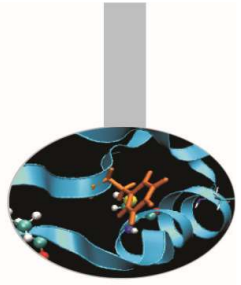


```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
int main(int argc, char* argv[]){
   double* pd;
   int i;
   int k=atoi(argv[1]); // conversione da char a int

   pd=(double*) calloc(k,sizeof(double));
   if(!pd){
        printf("Not enough memory \n");
        return 1; }
   for(i=0;i<k;i++)
        pd[i]=90.0+i;
   for(i=0;i<k;i++)
        printf("%f \n",pd[i]);
   free(pd);
   return 0;
}
```

- output:

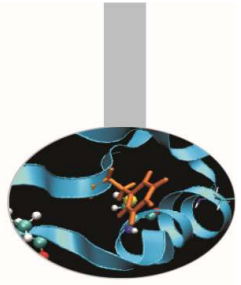
```
>> ./a.out 5
90.000000
91.000000
92.000000
93.000000
94.000000
```

Le funzioni: i tipi restituiti



- Una funzione può restituire qualsiasi tipo predefinito, costruito dall'utente o costruito sui tipi predefiniti.
- In particolare possiamo definire funzioni che restituiscono *puntatori* o *reference* ad un tipo predefinito. Ciò può essere utile quando deve essere ritornata al codice chiamante un ampio numero di dati: la restituzione *per valore* di dati ne implica infatti, come il passaggio, la creazione di una *copia* in memoria. Restituendo un *reference* o un *puntatore*, invece, viene ritornato solo un *indirizzo*.

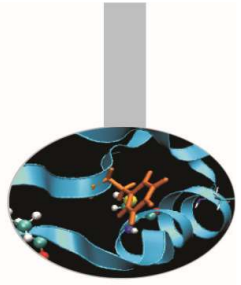
Le funzioni: i tipi restituiti



•Quando vengono restituiti reference o puntatori, questi **non** devono fare riferimento a variabili locali, i cui valori vengono distrutti all'uscita della funzione. Per ovviare a questo problema possiamo dichiarare ***static***, all'interno della funzione, le variabili da ritornare.

• Come visto anche negli esempi precedenti, è facile incontrare in C/C++ funzioni che non restituiscono nulla e sono dichiarate come:

```
void  nome_funzione(lista argomenti);
```

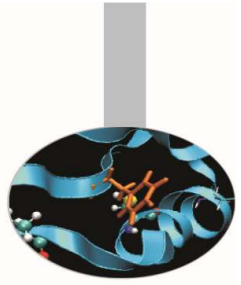


Esempio

esempio1: semplice programma che esegue la somma di due numeri e la ritorna per reference o per puntatore

```
#include <iostream>
using namespace std;
int * sommaPointer(int,int);
int & sommaRef(int,int);

int main() {
   int number = 100;
   cout << number << endl;
   cout << *sommaPointer(number,number) << endl;
   cout << sommaRef (number,number) << endl; }

int * sommaPointer(int number,int number2) {
   static int localSum = number + number2;
   return & localSum; }

int & sommaRef(int number,int number2) {
   static int localSum = number + number2;
   return localSum ; }
```

Esempio



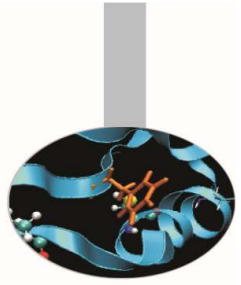
esempio2: semplice programma che calcola l'addizione di due interi facendo uso della funzione "somma" che restituisce al main un puntatore a int.

```
#include<stdlib.h>
#include<iostream>
using namespace std;
int* somma(int, int);

int main(){
  int var_a = 2, var_b = 4, *i_ptr;
  cout << "The sum is: ";
  i_ptr = somma(var_a,var_b);
  cout << *i_ptr << endl;
  return 0;  }

int* somma(int a1, int a2){
   int *sum; // puntatore a intero
   sum = (int*)malloc(sizeof(int));
   *sum = a1+a2;
   return sum;  }
```

- **output:**

```
The sum is: 6
```

Esempio

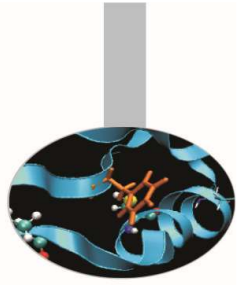


esempio3: la funzione “somma” modificata restituisce un reference a int.

```
#include<iostream.h>
int& somma(int, int);
int main(){
  int var_a = 2, var_b = 4, sm;
  cout << "The sum is: ";
  sm = somma(var_a,var_b);
  cout << sm << endl;
  return 0;
}
int& somma(int a1, int a2){
  // restituisce un reference a intero
  static int sum; // sum è dichiarata static
  sum = a1 + a2;
  return sum;
}
```

- **output:**

```
The sum is: 6
```

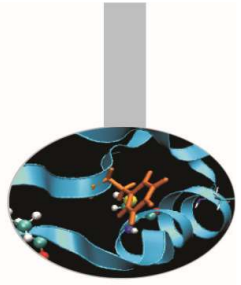


Restituzione di reference

- Quando una funzione restituisce un reference, essa stessa può essere utilizzata come *left value* in un'istruzione di *assegnamento*. Il valore assegnato alla funzione, infatti, sarà automaticamente assegnato anche alla variabile (o a qualsiasi altra entità) referenziata dalla funzione stessa.
- **esempio:** assegnamento di una costante ad una funzione che restituisce un reference

```
#include<iostream>
int value=20;           // variabile globale
int& fun_val();         // prototipo della funzione
int main() {
  cout << "The starting value is: " << value << endl;
  cout << "Calling fun_val" << endl;
  cout << "The value is: " << fun_val() << endl;
  fun_val()=32;         // assegnamento di una costante alla
                        // funzione fun_val()
  cout << "After assigning a new value to fun_val:" << endl;
  cout << "funval() = " << fun_val() << endl;
  cout << "value = " << value << endl;
  return 0; }
```

Restituzione di reference



```
// definizione di fun_val
int& fun_val() { return value; }
```

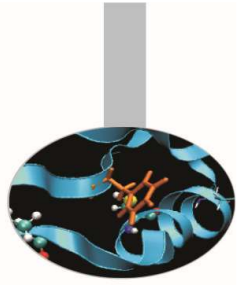
Output:

```
The starting value is: 20
Calling fun_val
The value is: 20
After assigning a new value to fun_val:
funval() = 32
value = 32
```

•L'istruzione **fun_val()=32** cambia il valore di value da 20 a 32. Questo è dovuto al fatto che fun_val() restituisce un reference a value che dunque diventa, seppur implicitamente, il left value dell'istruzione di assegnamento ovverosia fun_val() si comporta come *alias* di value.

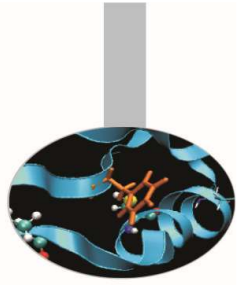
Nota: il programma funziona correttamente perché value è stata definita come **variabile globale**.

Il passaggio di array a funzioni



Sfruttando la corrispondenza tra array e puntatori, il C/C++ permette di passare array a funzioni *solo* per riferimento (modalità: passaggio per puntatore). Una funzione in C/C++ è, dunque, *sempre* in grado di agire sulle locazioni di memoria occupate dagli elementi dell'array. L'argomento richiesto dalla chiamata di una funzione è semplicemente il nome dell'array stesso che, come sappiamo, corrisponde all'indirizzo del suo elemento di posizione zero.

Il passaggio di array a funzioni



Il prototipo di una funzione cui viene passato un array può apparire come:

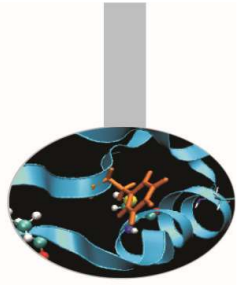
```
tipo_restituito nome_funzione(tipo_array[ ],
                int dim_array);
```

oppure:

```
tipo_restituito nome_funzione(tipo_array *,
                int dim_array);
```

ove la dimensione dell'array è un parametro opzionale.

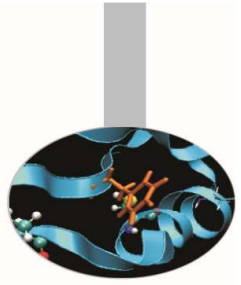
Esempio



Esempio: quadrato degli elementi di un array

```
#include<iostream.h>
Using namespace std
void arr_sqr(int[ ], int);  // prototipi delle funzioni
void print(int*, int);      // che passano gli array

int main(){
  const int dim=5;
  int arr_int[dim]={1,2,3,4,5};
  cout << "The array components are: " << endl;
  print(arr_int, dim);
  arr_sqr(arr_int, dim);
  cout << "The squares of the array components are: " <<
              endl;
  print(arr_int, dim);
  return 0; }
```

Esempio

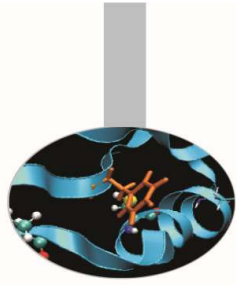


```
// calcolo dei quadrati delle componenti di un array
void arr_sqr(int* array, int num) {
       for(int i=0; i<num; i++)
       *(array+i)=array[i] * array[i];
                              // dereferenziazione e prodotto
}
// stampa delle componenti di un array
void print(int array[ ], int num) {
  for(int i=0; i<num; i++)
  cout << array[i] << " ";
  cout << endl;
}
```

•output:

```
The array components are:
1 2 3 4 5
The squares of the array components are:
1 4 9 16 25
```

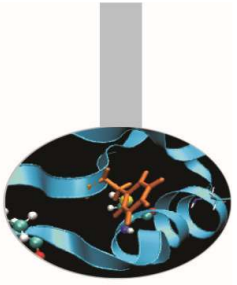
Array Multidimensionali



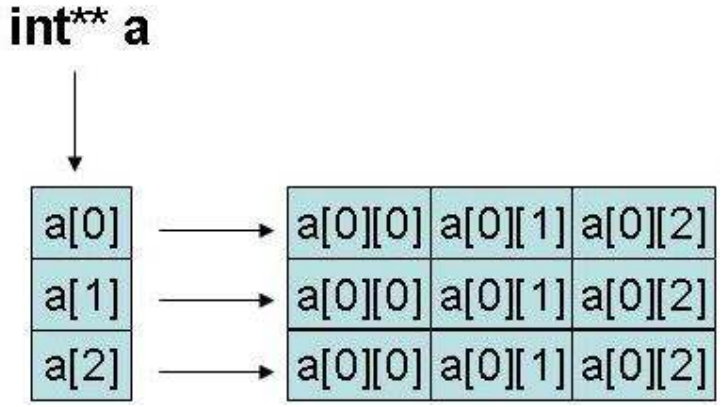
Esempio: caso di array bidimensionali

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

int main(int argc, char* argv[]){
   int i, nr=3, nc=4, **array;
   printf("Allocazione della matrice\n");
   array = (int**) malloc(nr * sizeof(int *));
   if(array==NULL) {
      printf("Impossibile allocare  memoria\n");
      exit(1);  }
   printf("Allocazione array di %d puntatori\n",nr);
   for(i=0;i<nr;i++) {
      array[i]= (int*)malloc(nc * sizeof(int));
      if(array[i]==NULL){
         printf("Impossibile allocare memoria\n");
         exit(1); }  // segue . . .
```

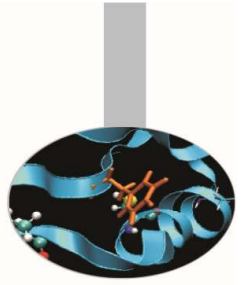
Esempio



```
    else {
       printf("Allocazione puntatore %d di %d elementi\n",
                  i,nc); }
    for(i=0;i<nr;i++) {
       free(array[i]);
       printf("Deallocazione puntatore %d di %d ell.\n",
                  i,nc); }
    free(array);
    printf("Deallocazione completa\n");
    return 0;
}
```



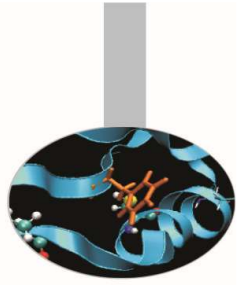
Esempio



OUTPUT:

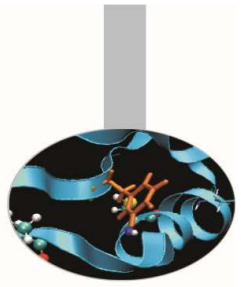
```
Allocazione della matrice
Allocazione array di 3 puntatori
Allocazione puntatore 0 di 4 elementi
Allocazione puntatore 1 di 4 elementi
Allocazione puntatore 2 di 4 elementi
Deallocazione puntatore  0 di 4 elementi
Deallocazione puntatore  1 di 4 elementi
Deallocazione puntatore  2 di 4 elementi
Deallocazione completa
```

Le funzioni ricorsive



Una funzione si dice *ricorsiva* quando richiama se stessa. Questo comportamento è permesso dal C/C++ senza dover specificare nessun qualificatore particolare (a differenza del Fortran, per es.).

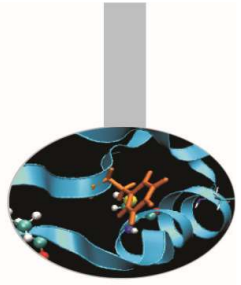
Le funzioni ricorsive



Tipico esempio di funzione ricorsiva è fornito dal calcolo del fattoriale di un intero:

```
#include<iostream>
using namespace std;
unsigned long factorial(unsigned long);
int main(){
      long num;
      cout << "Insert an integer" << endl;
      cin  >> num;
      cout << "The factorial of  " << num <<  " is "
           << factorial(num) << endl;
      return 0;
}
```

Le funzioni ricorsive

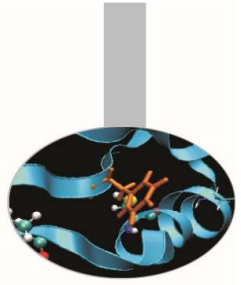


```
unsigned long factorial(unsigned long number){
    if( number <=1 )
       return 1;
    else
       return number * factorial(number-1);
}
```

Dando come input il numero 10 otteniamo in uscita:

```
>> The factorial of 10 is 3628800
```

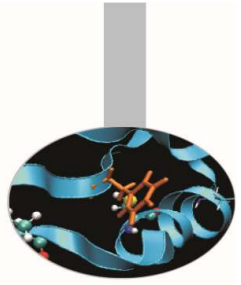
Argomenti di Default



Gli argomenti di default non sono supportati in C

In C++ è possibile assegnare, ad uno o più argomenti di una funzione, valori di default che vengono utilizzati in automatico quando sono assenti nella chiamata della funzione.
I valori di default devono essere specificati una sola volta, ovvero quando la funzione viene dichiarata all'interno del file. Nel prototipo i parametri che accettano valori di default devono seguire quelli che non li accettano.

Esempio

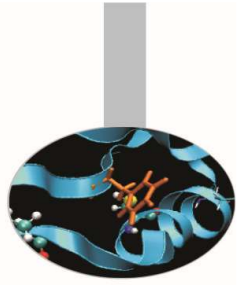


esempio: calcolo dell'area del trapezio.

l valore di default dell'altezza e delle due basi è posto uguale ad uno.

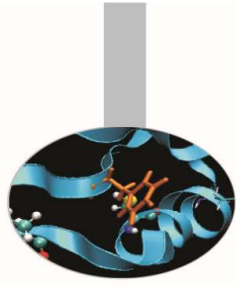
```
#include<iostream>
using namespace std;
// prototipo della funzione a_trap:
// contiene argomenti di default
double a_trap(double b_maj=1, double b_min=1, double height=1);

int main(){
        // nessun argomento
        cout << a_trap() << endl;
        // 1 solo argomento
        cout << a_trap(2.5) << endl;
        // solo 2 argomenti
        cout << a_trap(4, 1.5) << endl;
        // tutti gli argomenti
        cout << a_trap(6, 2, 3.2) << endl;
        return 0;
}
```

Esempio



```
// definizione della funzione a_trap
double a_trap (double b_maj, double b_min, double height)
 {
        double area;
        area=(b_maj+b_min)*height/2;
        cout << "Major base: " << b_maj << endl;
        cout << "Minor base: " << b_min << endl;
        cout << "Height: " << height << endl;
        cout << "The area is: ";
        return area;
}
```

Puntatori a funzione e callback



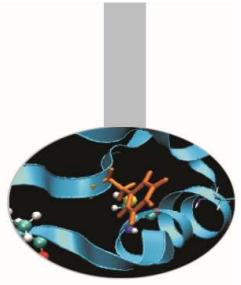
In C è possibile utilizzare puntatori a funzioni, ovvero variabili a cui possono essere assegnati gli indirizzi in cui risiedono le funzioni, e tramite questi puntatori a funzione, le funzioni puntate possono essere chiamate all'esecuzione.

Un puntatore a funzione punta sempre a una funzione con una specifica signature.

Lo stesso puntatore può indirizzare funzioni diverse ma con gli stessi (tipi di) parametri e stesso tipo di valore di ritorno

Un uso tipico dei puntatori a funzioni è passarli come argomenti ad altre funzioni

Puntatori a funzione e callback



Prototipo della funzione

```
int myFunc(int val);
```

Dichiarazione di un puntatore a funzione che resituisce un intero e prende un intero

```
int (*myFuncPointer)(int);
```

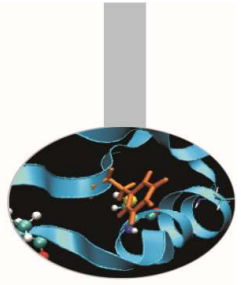
Dichiarazione di un tipo POINTERFUNC di puntatori a funzione che restituiscono un intero e prendono un intero

```
typedef  int(*POINTERFUNC)(int);
```

Dichiarazione di una variabile i tipo POINTERFUNC:

```
POINTERFUNC myPtr;
myPtr=myFunc;
int result=(*myPtr)(3); //Chiamata della funzione tramite il pointer
```

Puntatori a funzione e callback

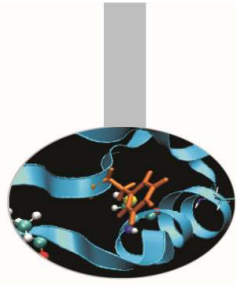


NOTA

L'istruzione typedef introduce sinonimi per tipi costruibili in C.
Spesso viene usata per semplificare dichiarazioni complesse e/o per rendere più intuitivo l'uso di un tipo in una particolare accezione.

```
typedef int* myPtrInt;
typedef float myFloat;

float a;
myFloat b=a;
int  i=3;
myPtrInt p=&i;
```

Puntatori a funzione e callback



Una funzione di callback è una funzione chiamata tramite un puntatore a funzione.

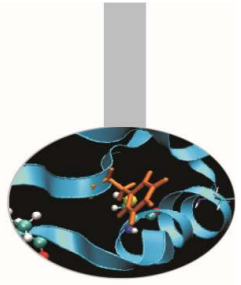
• Supponiamo che a una funzione venga passato come argomento il puntatore (indirizzo) di un'altra funzione.

• Quando la prima funzione usa il puntatore a funzione per chiamare la seconda funzione, viene effettuata una callback.

• Molto utili per rendere il codice più generale, disaccoppiando la funzione chiamante dalla funzione chiamata.

• Può essere utile nella definizione di librerie di funzioni.

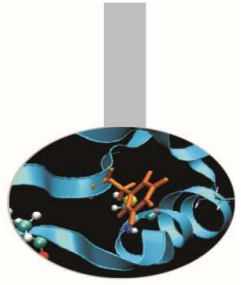
Esempio



Mergesort accetta un puntatore a una funzione per la comparazione di due elementi come ulteriore argomento

```
void mergesort(int *a, int *b, int l, int r,
                                char (*comp)(int, int))
{
   int i,j,k,m;
   if(r > l) {
      m = (r+l)/2;
      mergesort(a,b,l,m,comp);
      mergesort(a,b,m+1,r,comp);
      for(i = m+1; i > l; i--)
          b[i-1] = a[i-1];
      for(j = m; j < r; j++)
           b[r+m-j] = a[j+1];
      for(k = l; k <= r; k++)
           a[k] = (*comp)(b[i],b[j]) ? b[i++] : b[j--];
       }
}
```

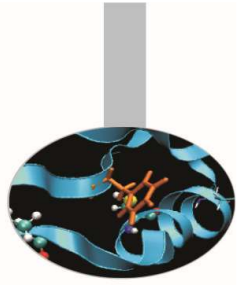
Esempio



Usiamo il mergesort con le seguenti funzioni di comparazione

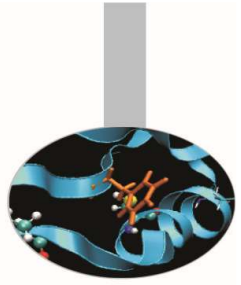
```
char smaller(int a, int b) { return a < b; }
char greater(int a, int b) { return a > b; }
```

Esempio



```
typdef  (char* PTR)(int,int);
int main(void)
{
    int i,e,
    a[] = { 14, 16, 12, 11, 5, 21, 17, 14, 12 };
    float b[9];
    PTR myPrt[]= { smaller, greater};
    printf("Array da ordinare:");
    for(i = 0; i < 9; i++)
        printf("%d ",a[i]);
    putchar('\n');
    do {
        printf("Scegli:\n");
        printf("0: ordina in modo crescente\n");
        printf("1: ordina in modo decrescente\n");
        fflush(stdin); /* funz. (stdio.h) per svuotare l'input */
        if(!(e =(scanf("%d",&i) && i >= 0 & i <= 1)))
                printf("\n Immetti o 0 o 1.\n");
    }
    while(!e);
```

Esempio



```
    mergesort(a,b,0,8,choice[i]);
    for(i = 0; i < 9; i++)
        printf("%d ",a[i]);
    putchar('\n');
}
```

Possiamo estendere il codice con nuove funzioni di ordinamento e utilizzare la funzione di merge sort con queste nuove definizioni.