

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


- Lucidi del Corso di Informatica C Aerospaziali
- AA 2002-03
- 5° Modulo
- Funzioni Elementari
- -->passaggio dei parametri
- -->recursione

Fondamenti di Informatica C - AA 2002-03 - Microsoft Internet Explorer

File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Indietro Avanti Cerca Preferiti Multimedia

Indirizzo h Vai

 **Politecnico di Milano**  
**Informatica C**

Facoltà di Ingegneria - Milano Bovisa  
Corso di Laurea Ingegneria Aerospaziale [E-O]  
Anno Accademico 2002-03 - secondo semestre

Proff. [R. Martucci](#) - L. Mazzei - M. Mussini

Ultimo aggiornamento domenica 23 febbraio 2003

<a href="#">Orario delle lezioni ed aule</a>	◆ sarà allocata una seconda aula di laboratorio e si provvederà alla divisione in 4 squadre (due per aula)
<a href="#">Programma del Corso</a>	◆ la articolazione nelle unità didattiche sarà contenuta nel piano delle lezioni definitivo
<a href="#">Piano delle Lezioni</a>	◆ Attenzione al calendario di lezioni, esercitazioni e laboratorio (giorni di calendario e N. di ore) - nel caso di ore perse per qualunque motivo, i recuperi verranno comunicati sul sito

Internet

---

## Struttura di un Programma C

Un programma C ha in linea di principio la seguente forma:

- **Direttive per il preprocessore**
- **Definizione di tipi**
- **Prototipi di funzioni**, con dichiarazione dei tipi delle funzioni e dei parametri)
- **Dichiarazione delle Variabili Globali**
- **Dichiarazione Funzioni**, dove ogni dichiarazione di una funzione ha la forma:  
Tipo NomeFunzione(Parametri)  
{  
    Dichiarazione Variabili Locali  
    Istruzioni C  
}

```
#include <stdio.h>

typedef struct point {
    int x; int y;
} i;

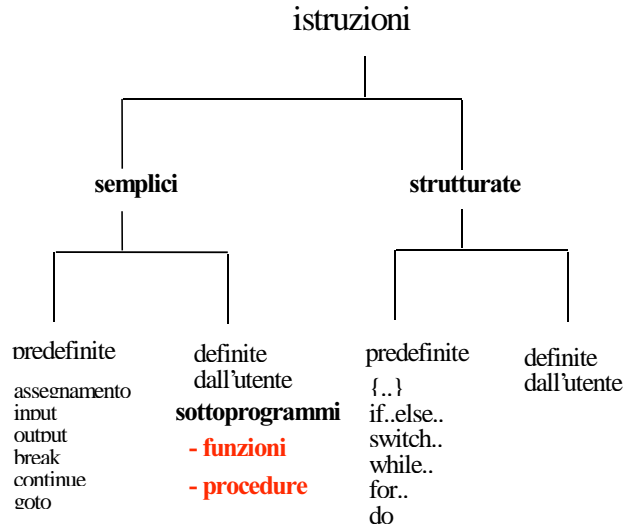
int f1(void);
void f2(int , double );

int sum;

void main( )
{
    int j;
    double g=0.0;
    for(j=0;j<2;j++)
        f2(j,g);
}

void f2(int i, double g)
{
    sum = sum + g*i;
}
```

## Sottoprogrammi: Funzioni e Procedure



I linguaggi di alto livello permettono di definire istruzioni non primitive per risolvere parti specifiche di un problema: i **sottoprogrammi** (funzioni e procedure).

## Funzioni e Procedure

Ad esempio: Ordinamento di un insieme

```
#include <stdio.h>
#define dim 10

main()
{int V[dim], i,j, max, tmp, quanti;

/* lettura dei dati */
for (i=0; i<dim; i++)
{ printf("valore n. %d: ",i);
scanf("%d", &V[i]);
}

/*ordinamento */
for(i=0; i<dim; i++)
{ quanti=dim-i;
max=quanti-1;
for( j=0; j<quanti; j++)
if (V[j]>V[max])
max=j;

if (max<quanti-1)
{ tmp=V[quanti-1];
V[quanti-1]=V[max];
V[max]=tmp;
}
}

/*stampa */
for(i=0; i<dim; i++)
printf("Valore di V[%d]=%d\n", i, V[i]);
}
```

- Potrebbe essere conveniente scrivere lo stesso algoritmo in modo piu' **astratto**:

```
#include <stdio.h>
#define dim 10

main()
{
int V[dim];

/* lettura dei dati */
leggi(V, dim);

/*ordinamento */
ordina(V, dim);

/*stampa */
stampa(V,dim);
}
```

- + `leggi()`, `ordina()`, `stampa()` sono **sottoprogrammi**: il main "chiama" leggi, ordina e stampa.

#### Vantaggi:

sintesi  
leggibilita'  
possibilita' di riutilizzo del codice

## Sottoprogrammi: *funzioni e procedure*

- Rappresentano nuove istruzioni che agiscono sui dati utilizzati dal programma, "nascondendo" la sequenza delle operazioni effettivamente eseguite dalla macchina.
- Vengono realizzate mediante la definizione di unita' di programma (**sottoprogrammi**) distinte dal programma principale (*main*).

➤ **D'ora in poi:** il programma e' una **collezione di unita' di programma** (tra le quali compare l'unita' *main*)

Tutti i linguaggi di alto livello offrono la possibilita' di utilizzare funzioni e/o procedure.

#### Cio' e' reso possibile da:

- costrutti per la **definizione** di sottoprogrammi
- meccanismi per l'**utilizzo** di sottoprogrammi (meccanismi di **chiamata**)

## Funzioni e Procedure

### Definizione:

Nella fase di **definizione** di un sottoprogramma (funzione o procedura) si stabilisce:

- un **identificatore** del sottoprogramma
- si esplicita il **corpo** del sottoprogramma (cioè, l'insieme di istruzioni che verrà eseguito ogni volta che il sotto-programma verrà *chiamato*);
- si stabiliscono le **modalità di comunicazione** tra l'unità di programma che usa il sottoprogramma ed il sottoprogramma stesso (definizione dei **parametri formali**).

### Utilizzo di funzioni/procedure (*chiamata*):

- Per chiamare un sottoprogramma (cioè, per richiedere l'esecuzione del suo corpo), si utilizza l'identificatore assegnato al sottoprogramma in fase di definizione (*chiamata* o invocazione del sottoprogramma).

## Meccanismo di Chiamata

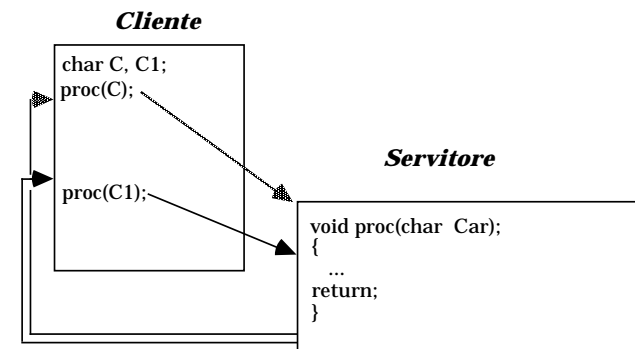
Quando si verifica una chiamata a sottoprogramma, si possono individuare due entità:

- l'unità di programma **chiamante**;
- l'unità di programma **chiamata** (il sotto-programma).

Quando avviene la chiamata, l'esecuzione dell'unità di programma "chiamante" (quella, cioè, che contiene l'invocazione) viene **sospesa**, ed il controllo passa al sottoprogramma chiamato (che eseguirà le istruzioni contenute nel corpo).

L'unità chiamante funge da **cliente** dell'unità chiamata (che svolge il ruolo di **servitore**).

### Modello Cliente-Servitore



## Parametri

I *parametri* costituiscono il mezzo di comunicazione tra unita' chiamante ed unita' chiamata.

Supportano lo scambio di informazioni tra chiamante e sottoprogramma.

**parametri formali:** sono quelli specificati nella definizione del sottoprogramma. Sono in numero prefissato e ad ognuno di essi viene associato un tipo. Le istruzioni del corpo del sottoprogramma utilizzano i parametri formali.

**parametri attuali:** sono i valori effettivamente forniti dall'unita' chiamante al sottoprogramma all'atto della chiamata.

## Parametri

- Parametri *attuali* (specificati nella chiamata) e *formali* (specificati nella definizione) devono corrispondersi in *numero, posizione e tipo*.
- All'atto della chiamata avviene il *legame dei parametri*, cioe' ai parametri formali vengono associati i parametri attuali.

### Come avviene l'associazione tra parametri attuali e parametri formali ?

Esistono, in generale, varie forme di legame. Ad esempio:

- legame per **valore**;
- legame per **indirizzo**;

Il significato delle due tecniche di legame dei parametri verra' spiegato piu' avanti.



## Funzioni e Procedure

### Vantaggi:

- **riutilizzo di codice:** sintetizzando in un sottoprogramma un sotto-algoritmo, si ha la possibilità di invocarlo più volte, sia nell'ambito dello stesso programma, che nell'ambito di programmi diversi (evitando di dover replicare ogni volta lo stesso codice).
- migliore **leggibilità**: si ha in fatti una maggiore capacità di astrazione
- sviluppo **top-down**: si delega a funzioni/procedure da sviluppare in una fase successiva la soluzione di sottoproblemi.
- testo del programma più **breve**: minore probabilità di errori, dimensione del codice eseguibile più piccola.

## Procedure e Funzioni

In generale, i sottoprogrammi si suddividono in **procedure** e **funzioni**:

### Procedura:

E' un'astrazione della nozione di **istruzione**. E' un'istruzione non primitiva attivabile in un qualunque punto del programma in cui puo` comparire un'istruzione.

### Funzione:

E' un'astrazione del concetto di **operatore**. Si puo` attivare durante la valutazione di una qualunque espressione e **restituisce un valore**.

### Ad esempio:

```
main()
{ int Ris, N=7;
  stampa(N); /*procedura*/
  Ris=fattoriale(N)-10; /*funzione*/
};
```

➤➤ Formalmente, in C i sottoprogrammi sono soltanto **funzioni**; le procedure possono essere realizzate come funzioni che non restituiscono alcun valore (**void**).

## Funzioni in C

Procedure e funzioni si definiscono seguendo regole sintattiche simili.

### Definizione di funzione:

```
<def-funzione> ::= <intestazione>
                { <parte-dichiarazioni> <parte-istruzioni> }
```

Quindi, per definire una funzione, e' necessario specificare una *intestazione* e un *blocco* {...}:

### Struttura dell'intestazione:

```
<intestazione> ::= <tipo-ris> <nome> ([<lista-par-formali>])
```

dove:

- **<tipo-ris>**: e' un indentificatore che indica il tipo di risultato restituito (*codominio*). Il tipo restituito puo' essere predefinito o definito dall'utente. Una funzione non puo' restituire valori di tipo:
  - **vettore**
  - **funzione**
- **<nome>**: e' l'identificatore della funzione
- **<lista-par-formali>** e' la lista dei parametri formali (*dominio*). Per ciascun parametro formale viene specificato il tipo ed un identificatore che e' un nome simbolico per rappresentare il parametro all'interno della funzione (nel *blocco*). I parametri sono separati mediante virgola.

## Definizione di Funzioni in C

### Blocco :

- Il blocco contiene il **corpo** della funzione e, come al solito, e' strutturato in una <parte dichiarazioni> e una <parte istruzioni>:
  - la <parte dichiarazioni> contiene le dichiarazioni e definizioni *locali* alla funzione;
  - la <parte istruzioni> contiene la sequenza di istruzioni associata al corpo (rappresenta l'algoritmo eseguito dalla funzione)
- I dati riferiti nel blocco possono essere **costanti**, **variabili**, oppure **parametri formali**: all'interno del blocco, i parametri formali vengono trattati come **variabili**.

### Istruzione return:

Per restituire il risultato, la funzione utilizza (all'interno della parte istruzioni) l'istruzione **return**:

```
return [<espressione>]
```

### Effetto:

restituisce il controllo al chiamante e assegna all'identificatore della funzione il valore dell'<espressione>.



# Definitions

Function definition general form:

```
return-type function-name( parameter declarations )
```

```
{  
  declarations  
  C statements  
}
```

**a function is defined  
by stating the HEADER  
and the BODY**



# Function Definitions: The Header

The HEADER includes:

**return-type function-name( parameter declarations )**

↑  
data type  
returned by  
the function

↑  
function name

↑  
0 or more parameters within  
parenthesis, with a type declaration  
for each parameter

# Function Definitions: The Body

```
return-type function-name( parameter declarations )
```

```
{  
  declarations  
  C statements  
}
```

} BODY

The **BODY** is simply **C statements**  
(including declaration statements)  
bounded by braces

### Esempio:

```
int maggioredi100 (int a) /*intest. */
{ /*parte dichiarazioni: */
  const int C=100;

  /* parte istruzioni: */
  if (a>C) return 1;
  else return 0;
}
```

### Esempio:

```
#define N 100

typedef   char vettore[N];

int minimo (vettore vet)
{
  int i, v, min; /* def. locali a minimo */
  for (min=vet[0], i=1; i<N; i++)
  {   v=vet[i];
      if (v<min) min=v;
  }
  return min;
}
```

➔ i, v, min sono *variabili locali*:

- **tempo di vita**: esistono solo durante l'esecuzione della funzione minimo
- **visibilita`**: sono visibili (cioe' utilizzabili) soltanto all'interno della funzione minimo.

### Esempio:

```
int read_int () /* intest. */
{
  int a
  scanf("%d", &a);
  return a;
}
```

Possono esserci *piu` istruzioni return*:

```
int max (int a, int b) /*intest.*/
{
  if (a>b)   return a;
  else      return b;
}
```

o *nessuna*:

```
int print_int (int a) /* intestazione */
{
  printf("%d", a);
}
```

➔➔ In questo caso, il sottoprogramma termina in corrispondenza del simbolo } (ed il valore restituito e' **indefinito**).

### Esempio:

```
/* funzione elevamento a potenza */  
  
long power (int base, int n)  
{  
    int i;  
    long p=1;  
  
    for (i=1;i<=n;++i)  
        p *= base; /* p = p*base */  
    return p; /* ritorna il risultato */  
}
```

## Funzioni in C

### Chiamata di funzioni:

In generale, la chiamata di una funzione compare all'interno di una espressione secondo la sintassi:

**...nomefunzione(<lista parametri attuali>)...**

### Ad esempio:

```
main()  
{  
    int z, x=2;  
    ...  
    z=power(x,2)+power(x,3);  
    x=max(power(z,2), 30);  
    printf("%d\n", x);  
}
```

## Realizzazione delle Procedure in C

Una funzione puo' anche avere nessun valore (void) come risultato:

**void** insieme vuoto di valori (dominio vuoto)  
**void fun(...)** funzione che non restituisce alcun valore

➔ In questo modo si realizza in C il concetto di procedura

Esempio:

```
void print_int(int a)
{
    printf("%d", a);
}
```

➔➔ Poiche' una procedura non restituisce alcun valore, non e' necessario prevedere l'istruzione di **return** all'interno del corpo; se si utilizza, **non si deve specificare alcun argomento:**

```
return;
```

Uso:

La procedura e' l'astrazione del concetto di istruzione:

```
main()
{ int X;
  scanf("%d", &X);
  print_int(X);
}
```

---

Es. funzione che somma due valori di tipo int e restituisce un int:

```
int somma(int a, int b)
{
    int sum;
    sum = a+b;
    return(sum);
}
```

La chiamata della funzione viene fatta così:

```
void main(void)
{
    int A=23; int B=-31; int risultato;
    risultato = somma(A,B);
    printf("somma= %d\n", risultato);
}
```

-----

Es. funzione che non restituisce alcun valore:

```
void somma(int a, int b)
{
    int sum;
    sum = a+b;
    printf("somma= %d\n", sum);
    /* non serve la return */
}
```

La chiamata della funzione viene fatta così:

```
void main(void)
{
    int A=23; int B=-31;
    somma(A,B);
}
```

## Esempio:

```
#include <stdio.h>

int max (int a, int b) /*def. max*/
{
    if (a>b) return a;
    else return b;
}

void print_int (int a) /* def. */
{
    printf("%d\\n", a);
    return;
}

void dummy() /*def. dummy */
{
    printf("Ciao!\\n");
}

main()
{
    int A, B;
    printf("Dammi A e B: ");
    scanf("%d %d", &A, &B);
    print_int(max(A,B));
    dummy();
}
```



- ➔ Se all'interno di un blocco viene utilizzata una funzione f, la definizione di f deve comparire prima del blocco che la utilizza.

#### Esempio:

```
#include <stdio.h>

int max (int a, int b)
{
    if (a>b) return a;
    else return b;
}

int sommax(int a1, a2, a3, a4)
{ return max(a1,a2)+max(a3,a4);}

main()
{
    int A, B, C,D;
    scanf ("%d%d%d%d", &A,&B,&C,&D);
    printf ("%d\n", sommax(A,B,C,D));
}
```

## Dichiarazione di funzione

#### Regola Generale:

Prima di utilizzare una funzione e' necessario che sia gia' stata **definita oppure dichiarata**.

#### Funzioni C:

- **definizione**: descrive le proprieta' della funzione (tipo, nome, lista parametri formali) e la sua realizzazione (lista delle istruzioni contenute nel blocco).
- **dichiarazione (prototipo)**: descrive le proprieta' della funzione senza definirne la realizzazione (**blocco**) ◊ serve per "anticipare" le caratteristiche di una funzione definita successivamente.

#### Dichiarazione di una funzione:

La **dichiarazione** di una funzione si esprime mediante l'intestazione della funzione, seguita da ";":

```
<tipo-ris> <nome> ((<lista-par-formali>));
```

#### Ad esempio:

Dichiarazione della funzione max:

```
int max(int a, int b);
```

# Function Prototypes

```
return-type function-name( parameter declarations );
```

- generally look like the function header
- end with a semi-colon (;)
- come before 1st use (call) of function
- tell compiler (and programmer!) what to expect

```
double sqrt(double num);  
void set_date(int, int, int);
```

### Esempio:

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int A, B;
    printf("Dammi A e B: ");
    scanf("%d %d", &A, &B);
    printf("%d\n", max(A,B));
}

int max (int a, int b) {
    if (a>b) return a;
    else return b;
}
```

- In questo caso il compilatore segnala un **errore** in corrispondenza della chiamata **max(A,B)**, perché viene usato un identificatore che viene definito successivamente (dopo il main())

### Soluzione:

```
#include <stdio.h>

int max(int a, int b);

main()
{
    int A, B;
    printf("Dammi A e B: ");
    scanf("%d %d", &A, &B);
    printf("%d\n", max(A,B));
}

int max (int a, int b) /*intestaz. */
{
    if (a>b) return a;
    else return b;
}
```

### E le dichiarazioni di printf, scanf etc. ?

- sono contenute nel file stdio.h:

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

provoca l'inserimento del contenuto del file specificato.

## Dichiarazione di Funzioni

Una funzione puo' essere *dichiarata* in punti diversi, ma e' *definita una sola volta*.

E' possibile inserire i prototipi delle funzioni utilizzate:

- nella parte dichiarazioni globali di un programma,
- nella parte dichiarazioni del **main**,
- nella parte dichiarazioni delle funzioni.

Ad esempio:

```
main()
{
    long power (int base, int n);
    int X, exp;

    scanf("%d%d", &X, &exp);
    printf("%ld", power(X,exp));
}
...
```

## Struttura dei Programmi C

Spesso si strutturano i programmi in modo tale che la definizione del main compaia prima delle definizioni delle altre funzioni (per favorire la **leggibilita'**).

Protocollo da utilizzare:

```
<lista dichiarazioni di funzioni>
<main>
<definizioni delle funzioni dichiarate>
```

### Ad esempio:

Calcolo della radice intera di un numero intero letto a terminale.

```
#include <stdio.h>

/* dichiarazioni delle funzioni: */
int RadiceInt (int par);
int Quadrato (int par);

main(void)
{
    int X;
    scanf("%d", &X);
    printf("Radice: %d\n", RadiceInt(X));
    printf("Quadrato: %d\n", Quadrato(X));
}

/* definizione funzioni: */

int RadiceInt (int par)
{
    int cont = 0;
    while (cont*cont <= par)
        cont = cont + 1;
    return (cont-1);
}

int Quadrato (int par)
{
    return (par*par);
}
```

### Definition Rules

- functions return max of one data type, if any
  - void, if none. **Default if not supplied is `int`, not `void`**
  - MUST have a **return statement** to return a value
  - **return** statement optional if void return data type
  - format: **`return expression;`**
  - CONTROL returns to calling routine at return statement or at ending brace of function
- functions may call other functions
  - basis for all C programs
  - recursion: a function may call itself
- parameters
  - are local variables
  - list includes data type declarations; void, if none

# Functions in C

---

## Sample C Code

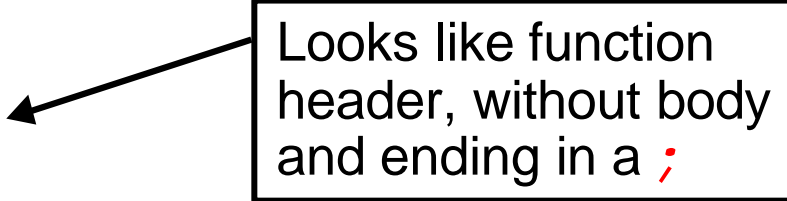
### function prototype

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int a, b, c;
    int maximum( int, int, int);

    printf("Enter three integers: ");
    scanf("%d%d%d", a, b, c);
    printf("Max value is %d\n", maximum(a, b, c));
}

int maximum( int y, int x, int z)
{
    if( x > y && y > z)
        return x;
    if( y > z) return y ; else return z;
}
```

Looks like function header, without body and ending in a ;



function header



## Functions in C

---

# Sample C Code

## decl vs no decl

```
main()
```

```
{
```

```
    double x, y;
```

```
    x = 4.0;
```

```
    y = sqrt(x);
```

```
    printf("f\n", y);
```

```
}
```

No declaration

prints **wrong answer** of  
16640.000000, because the double  
returned is presumed to be an int!

```
main()
```

```
{
```

```
    double x, y;
```

```
    double sqrt(double);
```

```
    x = 4.0;
```

```
    y = sqrt(x);
```

```
    printf("%f\n", y);
```

```
}
```

with declaration

prints correct answer of  
2.000000



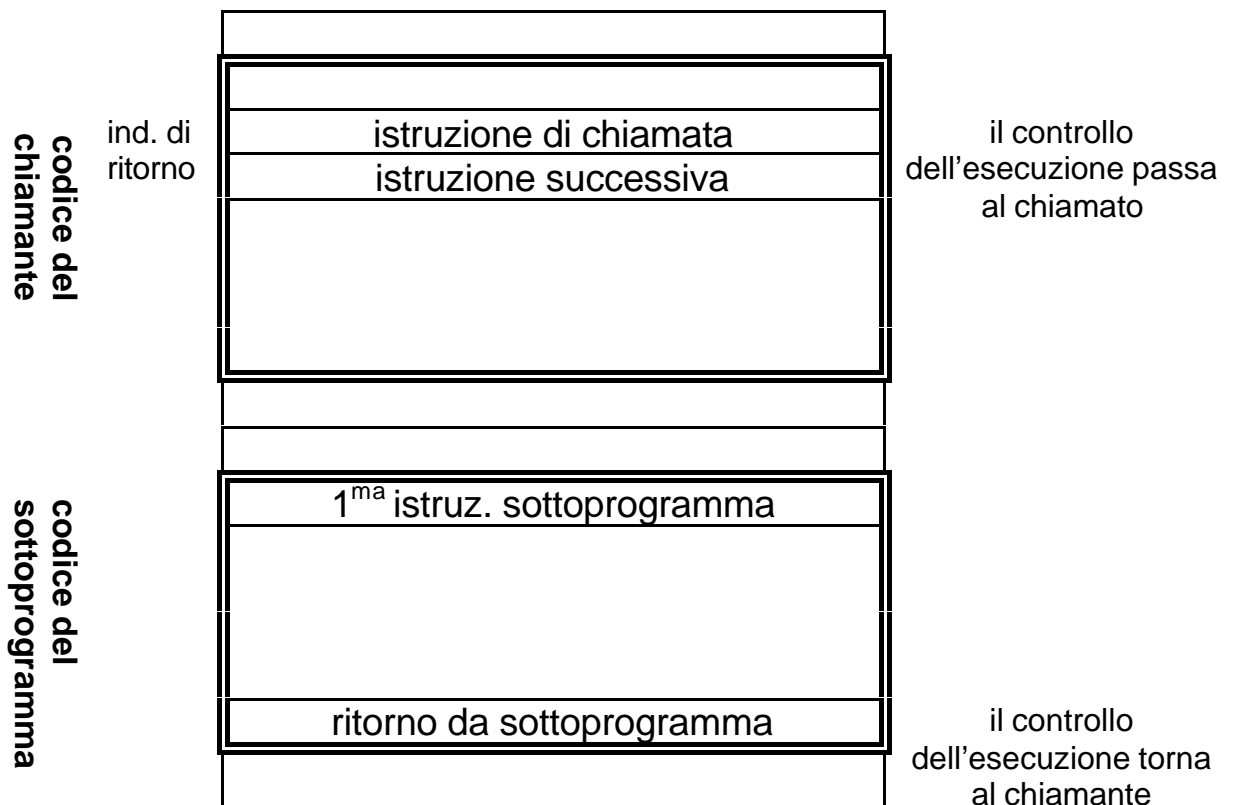
## CHE COSA VUOL DIRE CHIAMATA DI UN SOTTOPROGRAMMA

La chiamata di un sottoprogramma implica:

- all'atto della chiamata, la cessione del controllo dell'esecuzione dal chiamante al chiamato
- l'esecuzione del codice del chiamato
- al termine dell'esecuzione il ritorno del controllo al chiamante, all'istruzione o operazione successiva a quella di chiamata

E' necessario il «salvataggio» dell'indirizzo di ritorno del chiamante

Rappresentazione in memoria



# Calling Functions

- invoked by stating function name and argument list, or null list, in ()
- arguments can be any expression, including function calls, separated by commas
- value returned by function can be assigned to a variable or used directly

```
initialize();
```

```
oldest = max(age_a, age_b)
```

**Variable    Function    Arguments**

# Using Functions

**Alone:**            **Beep(4);**

**Passing return value:**

**Younger=Min(HusbandAge,WifeAge);**

**In an expression:**

**if ( IsValid(cust\_num) ) . . .**

**total\_fee = determine\_base\_fee(consultant)  
          + calc\_variable\_fee(consultant, hrs);**

# Calling Functions

- arguments(s) must have **same data type** as parameters (from definition); generally must have same number
- argument number, type, and return type are checked against prototype
- all arguments evaluated before function is called, but **order is NOT guaranteed**

```
total_fee (determine_base_fee(consultant),  
           calc_variable_fee(consultant, hrs));
```

if `calc_variable_fee` must be executed after `determine_base_fee`, then this will not work!

### 'Value' vs 'Reference'

- argument values are passed 'call by value'

**HusbandAge = 40;**

**WifeAge = 30;**

**Younger=Min(HusbandAge,WifeAge);**

a copy of the respective values, 40 and 30,  
are passed to the function Min()

Min() cannot change the values of the  
variables HusbandAge and WifeAge

- *'call by reference' is simulated*  
*the address of the variable is passed, not its value*

## FUNZIONI IN C

Astrazioni di valore:

- ricevono valori in ingresso (dal chiamante)
- elaborano
- producono un risultato il cui valore è associato all'identificatore di funzione e restituito al chiamante (**effetto** del sottoprogramma)

```

tipo nome_funz(lista parametri formali)
{
    parte dichiarativa locale
    parte esecutiva

    return <espressione>;
.....
}
    
```

Istruzione C: **return <espressione>;**

dove <espressione> deve essere dello stesso tipo di nome\_funz.

L'esecuzione dell'istruzione return implica:

- la valutazione di <espressione>
- l'assegnamento del valore di <espressione> al nome della funzione
- il ritorno al programma chiamante (l'esecuzione della funzione termina)

In una funzione:

- deve esserci almeno una istruzione **return**, altrimenti l'esecuzione termina quando s'incontra il simbolo }, senza restituire alcun valore significativo
- possono esserci più istruzioni return (dipende dal flusso di controllo)

## Esempio: Calcolo del coefficiente binomiale

```
#include <stdio.h>
main ()
{
    char caratt,tappo;
    int n,k,coeff;
    int fattoriale(int);           prototipo

    do
    {
        printf("Calcolo del coefficiente binomiale n su k\n");
        printf("inserisci il valore di n (>=0)\n");
        scanf("%d", &n);
        printf("inserisci il valore di k (>=0 e <=n)\n");
        scanf("%d", &k);           ATT! non si fanno i test sull'input!!!

        coeff=fattoriale(n)/(fattoriale(k)*fattoriale(n-k));

        printf ("Il valore del coefficiente e' %d \n",coeff);
        printf ("Vuoi continuare? S/N  ");
        scanf("%c",&caratt);
        scanf("%c", &tappo);
    }
    while (caratt=='S');
}
```

```
/* calcolo del fattoriale: versione iterativa */
int fattoriale (int a)
{
    int i, fatt;

    fatt=1;
    if(a!=0)
    for(i=1;i<=a;i=i+1)
        fatt=fatt*i;
    return fatt;
}
```



## PROCEDURE IN C

Astrazioni di operazioni:

- forniscono un servizio al chiamante
- possono modificare lo stato di esecuzione (ambiente) del chiamante (**effetto** del sottoprogramma)

```
void nome_proc (lista parametri formali)
{
    parte dichiarativa locale
    parte esecutiva
} /* qui termina l'esecuzione */
```

## PROCEDURE E AMBIENTE GLOBALE

- **ambiente globale: visibile sia al chiamante che al chiamato**
- l'esecuzione della procedura modifica tale ambiente
- i parametri formali rappresentano dati specifici relativi al servizio offerto dalla procedura

Esempio

- **array di struct**
- Ordina ()
- Inserisci (....)
- Elimina (....)

Esempio

- **matrici e vettori**
- Somma
- Prodotto

I problemi delle variabili globali

## Tecniche di legame dei parametri

Come viene realizzata l'associazione tra parametri attuali e parametri formali?

In generale, esistono vari meccanismi di legame dei parametri.

### Meccanismi piu' comuni:

- Legame per **valore** (C, Pascal);
- Legame per **indirizzo**, o per riferimento (Pascal, Fortran).



## Tecniche di Legame dei parametri

Per spiegare le varie tecniche di legame faremo riferimento alla seguente situazione:

Consideriamo una procedura **P** con un parametro formale **pf**.  
Supponiamo che **P** venga chiamata da una unita' di programma **C**, mediante la chiamata:  
**P(pa)**  
dove **pa** e' una variabile visibile in **C**.

Quindi, utilizzando la sintassi C:

Unita' C	Unita' P:
<pre>int pa; ... P(pa); ...</pre>	<pre>void P(int pf) { ... }</pre>

## Legame per valore

Se il legame dei parametri avviene per valore:

### 1. Prima della chiamata:

Area dati di C

pa

### 2. Al momento della chiamata:

- viene allocata una cella di memoria associata a **pf** nell'area dati accessibile a **P**
- viene valutato **pa**, ed il suo valore viene **copiato** in **pf**

Area dati di C

pa

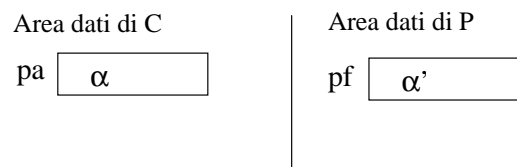
Area dati di P

pf

### Esecuzione di P:

Il parametro formale **pf** viene trattato come una **variabile locale** al sottoprogramma P: puo' essere modificato mediante assegnamento, etc.. In generale, al termine della chiamata, pf potra' assumere un valore diverso da quello iniziale.

### Alla fine dell'esecuzione di P:



- Al termine della chiamata, il valore di pa rimane **inalterato**.

## Legame per valore

### Quindi:

Se il legame dei parametri avviene per valore, immediatamente dopo l'esecuzione della chiamata, il parametro attuale (pa) mantiene il valore che aveva immediatamente prima della chiamata

- Parametri passati per valore servono soltanto a comunicare **valori in ingresso** al sotto-programma.
- Se il passaggio avviene per valore, pa non e' necessariamente una variabile, ma puo' essere, in generale, una **espressione**.

**Il legame per valore e' l'unica tecnica di legame disponibile in C.**

### Ad esempio:

```
#include <stdio.h>

void P(int pf);

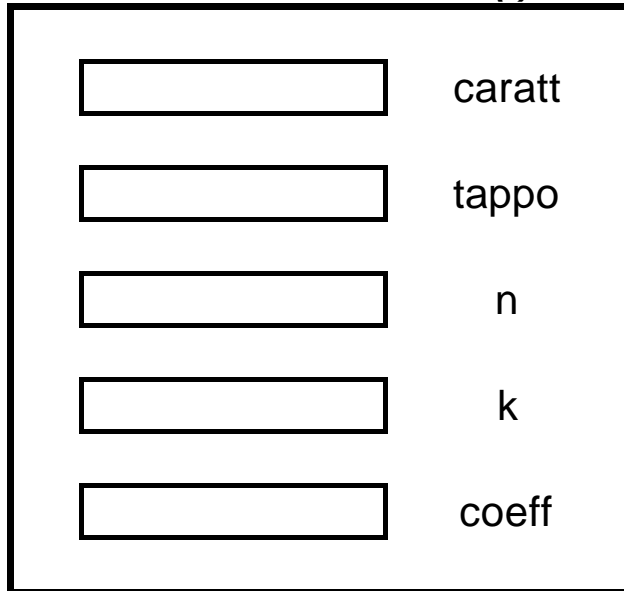
main()
{ int pa=10;

  P(pa);
  printf("valore finale di pa: %d\n",
        pa); /* pa vale 10 */
}

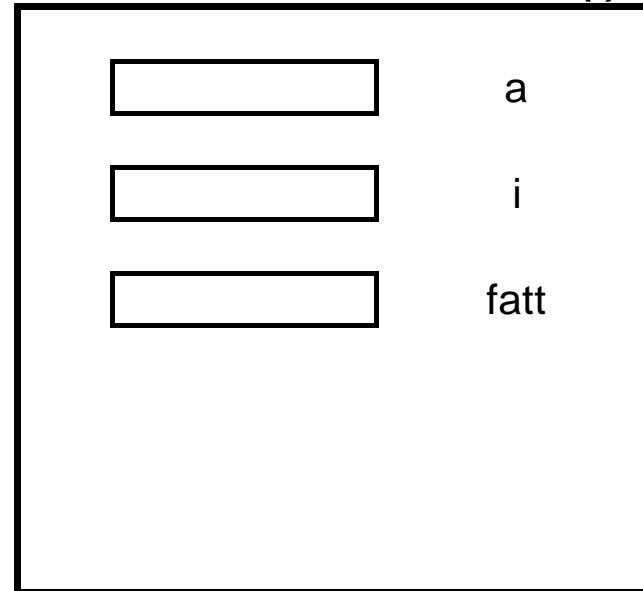
void P(int pf)
{
  pf=100;
  printf("valore finale di pf: %d\n",
        pf);
  return;
}
```

**ESECUZIONE E AMBIENTI LOCALI**

ambiente locale di *main* ( )



ambiente locale di *fattoriale* ( )

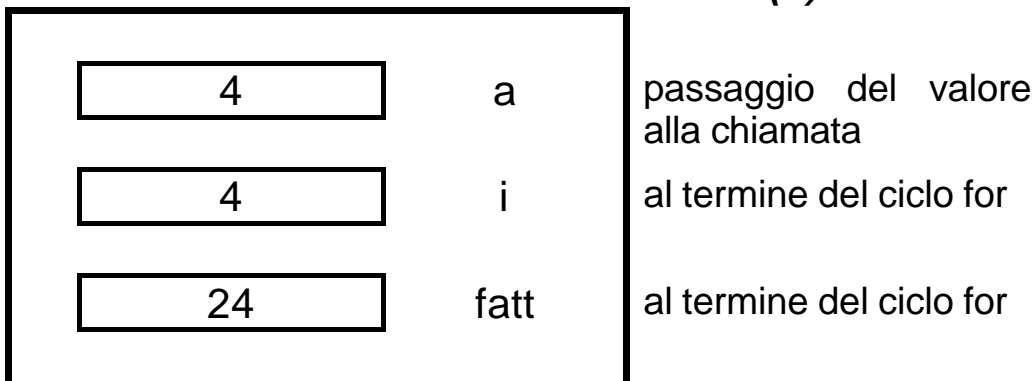


param formale

n=4      k=3      coeff=fattoriale(4)/fattoriale(3)\*fattoriale(1)

## ESECUZIONE E AMBIENTI LOCALI

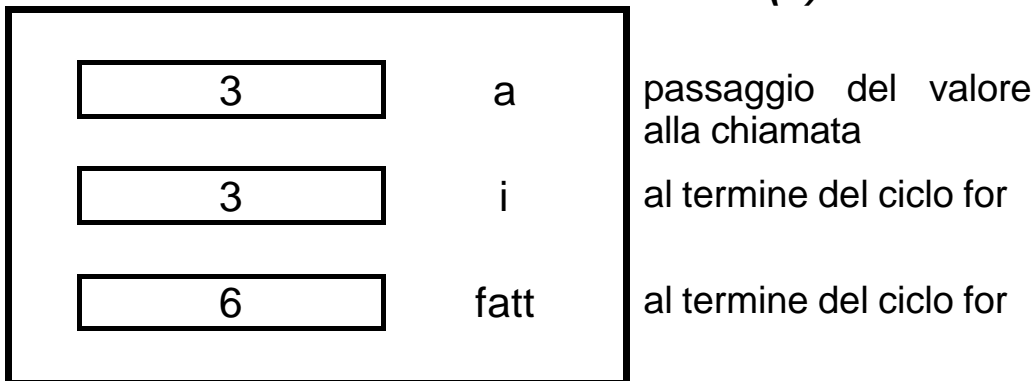
ambiente locale: chiamata di **fattoriale (4)**



al ritorno dalla prima chiamata

$$\text{coeff}=24 / \text{fattoriale}(3)*\text{fattoriale}(1)$$

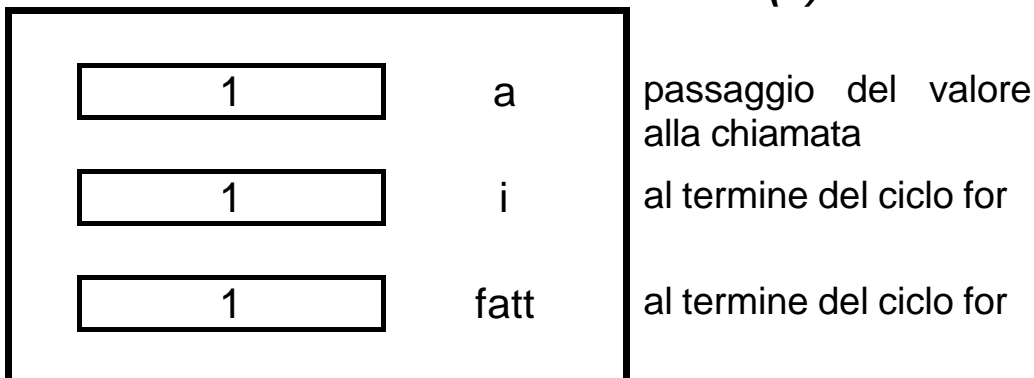
ambiente locale: chiamata di **fattoriale (3)**



al ritorno dalla seconda chiamata

$$\text{coeff}=24 / 6 * \text{fattoriale}(1)$$

ambiente locale: chiamata di **fattoriale (1)**



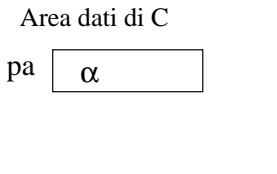
al ritorno dalla terza chiamata

$$\text{coeff}=24 / 6 * 1$$

## Legame per indirizzo

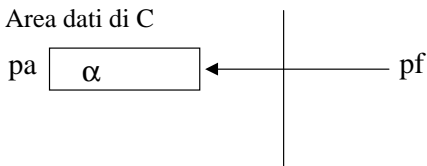
Se il legame dei parametri avviene per indirizzo:

### 1. Prima della chiamata:



### 2. Al momento della chiamata:

- viene associato all'identificatore `pf` la stessa cella di memoria riferita da `pa`:



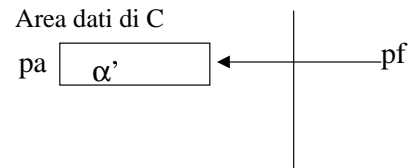
➔ `pf` è un *alias* di `pa`.



### Esecuzione di P:

Il parametro formale **pf** viene trattato come una **variabile locale** al sottoprogramma P: puo' essere modificato mediante assegnamento, etc.. In generale, al termine della chiamata, pf (e quindi pa) potra' assumere un valore  $\alpha'$  diverso da quello iniziale.

### Alla fine dell'esecuzione di P:



- Al termine della chiamata, il valore di pa risulta **modificato**.

## Legame per indirizzo

### Quindi:

Se il legame dei parametri avviene per indirizzo, immediatamente dopo l'esecuzione della chiamata, il parametro attuale (pa) puo' avere un valore diverso da quello che aveva immediatamente prima della chiamata

- Parametri passati per indirizzo servono per comunicare valori **sia in ingresso che in uscita** dal sottoprogramma.
- Se il passaggio avviene per indirizzo, pa deve necessariamente essere una variabile (cioe', un oggetto dotato di un indirizzo).

**In C, il legame per indirizzo non e' disponibile.**

## Esempio:

Utilizziamo la sintassi C per esemplificare il passaggio per indirizzo (Il programma che segue e' solo a scopo esemplificativo (in C, non c'e' il passaggio per indirizzo!).

Funzione che scambia due variabili X, Y (di tipo integer) se  $X > Y$  e restituisce il valore minore tra i due.

```
#include <stdio.h>
void scambia (int A, int B);
main()
{ int    X=5,Y=0 ;
  scanf("%d %d", &X, &Y);
  scambia(X,Y);
  printf("\n%d \t %d %", X,Y);
}

void scambia (int A, int B)
/* se fosse per indirizzo ! Progr ERRATO*
{
  int T;
  if (A>B)
    { T=A;
      A=B;
      B=T;
      return; }
  else return;
}
```

## Esempio:

```
#include <stdio.h>
void Fun ( ? int X);
int N;
main()
{
    N=3;

    Fun (N);
    printf("%d", N);    {3}
}

void Fun ( ? int X)
{
    X=X+1;
    printf("%d", N);    {1}
    printf("%d", X);    {2}
}
```

Se il legame e' *per valore* viene stampato:

```
{1}    3
{2}    4
{3}    3
```

Se il legame e' *per indirizzo* :

```
{1}    4
{2}    4
{3}    4
```

## PROCEDURE E AMBIENTE GLOBALE: ESEMPIO

```

#include <stdio.h>
#define N 10
#define TRUE 1
#define FALSE 0

typedef struct {
    int matricola;
    int votiesa[29];
} STUDENTE;

STUDENTE iscritti[N]; /* variabile globale*/

void Inserisci_in_elenco_ordinato(int,int);
int Cerca_posizione (int, int);
void Sposta (int, int);

main ()
{
    int nuova_mat, n_iscr;
    char proseguire,continua,tappo;

```

```

proseguire=TRUE;
n_iscr =0;

while(proseguire)
{
printf("inserire matricola (4 cifre)\n");
scanf ("%d",&nuova_mat);    si considera almeno una nuova matr

Inserisci_in_elenco_ordinato(n_iscr,nuova_mat);
n_iscr ++;

printf("Vuoi inserire un nuovo iscritto S/N?\n");
scanf ("%c",&continua);
scanf ("%c",&tappo);
if (continua!='S')
    proseguire=FALSE;
}

printf("Si sono iscritti %d studenti", n_iscr);
}

```

/\* Procedura: riceve come parametri il numero attuale di iscritti (elementi già memorizzati nell'array) e la matricola da inserire in ordine.

Algoritmo: cerca nell'array la posizione in cui inserire il nuovo elemento, se necessario sposta gli elementi successivi di una posizione nell'array e inserisce la nuova matricola \*/

```
void Inserisci_in_elenco_ordinato (int n_stud, int mat)
{
    int posizione;

    posizione = Cerca_posizione (n_stud, mat);

    if (posizione == n_stud)

        iscritti[posizione].matricola = mat;

    else
    {
        Sposta (posizione, n_stud);
        iscritti[posizione].matricola = mat;
    }
}
```

```
/* Procedura: riceve come parametri il valore iniziale e finale  
dell'indice degli elementi da spostare */
```

```
void Sposta (int pos, int n_stud)
```

```
{ int j;
```

```
    for (j=n_stud-1; j >=pos; j--)
```

```
        iscritti[j+1].matricola = iscritti[j].matricola;
```

```
}
```

/\* Funzione: riceve come parametri il numero attuale di iscritti (elementi già memorizzati nell'array) e la matricola da inserire in ordine. Restituisce come valore la posizione in cui inserire la nuova matricola.

Algoritmo: l'array è ordinato e quindi viene usato l'algoritmo di ricerca binaria che dimezza, ad ogni passo, la dimensione del sotto-array in cui effettuare la ricerca.\*/

```
int Cerca_posizione (int n_stud, int mat)
{
    int inizio, fine, mediano;

    inizio=0;
    fine=n_stud -1;
    mediano=(inizio + fine)/2;

    while (inizio <= fine)
    {
        if (mat < iscritti[mediano].matricola)
            fine = mediano -1;
        else
            inizio = mediano + 1;

        mediano = (inizio + fine)/2;
    } /* fine while di ricerca */
    return (mediano+1);
}
```



## **PASSAGGIO DEI PARAMETRI PER VALORE E PER INDIRIZZO: EFFETTI DI UN SOTTOPROGRAMMA**

Passaggio per **valore**:

- all'atto della chiamata il valore del parametro attuale è copiato nelle celle di memoria del corrispondente parametro formale
- sottoprogramma in esecuzione: lavora nel suo ambiente e quindi sui parametri formali. I parametri attuali non si modificano

Passaggio per **indirizzo**:

- all'atto della chiamata, l'indirizzo dei parametri attuali è associato ai parametri formali
- sottoprogramma in esecuzione: lavora nel suo ambiente sui parametri formali. Ogni modifica sul parametro formale è a tutti gli effetti una modifica del corrispondente parametro attuale (referenziano lo stesso indirizzo di memoria). Gli effetti di un sottoprogramma si manifestano nel chiamante con modifiche al suo ambiente locale di esecuzione.

Nel linguaggio C **non esiste un costrutto sintattico** per distinguere tra passaggio dei parametri per valore e passaggio dei parametri per indirizzo.

Il passaggio è **sempre per valore** e per ottenere il passaggio per indirizzo è necessario utilizzare **parametri formali di tipo puntatore**.

L'uso di un parametro formale di tipo indirizzo (puntatore) consente di accedere, e quindi anche di modificare, a variabili appartenenti all'ambiente locale del chiamante. Al termine del sottoprogramma, il chiamante riprende l'esecuzione e il proprio ambiente locale mantiene gli effetti dell'esecuzione del sottoprogramma.

## **AMBIENTI, VISIBILITÀ DELLE VARIABILI**

### **AMBIENTE GLOBALE DEL PROGRAMMA**

- insieme di identificatori (tipi, costanti, variabili) definiti nella parte dichiarativa globale
- **regole di visibilità**: visibili a tutte le funzioni del programma

### **AMBIENTE LOCALE DI UNA FUNZIONE**

- insieme di identificatori (tipi, costanti, variabili) definiti nella parte dichiarativa locale e degli identificatori definiti nella testata (parametri formali)
- **regole di visibilità**: visibili alla funzione e ai blocchi in essa contenuti

### **AMBIENTE DI BLOCCO**

- insieme di identificatori (tipi, costanti, variabili) definiti nella parte dichiarativa locale di blocco
- **regole di visibilità**: visibili al blocco e ai blocchi contenuti

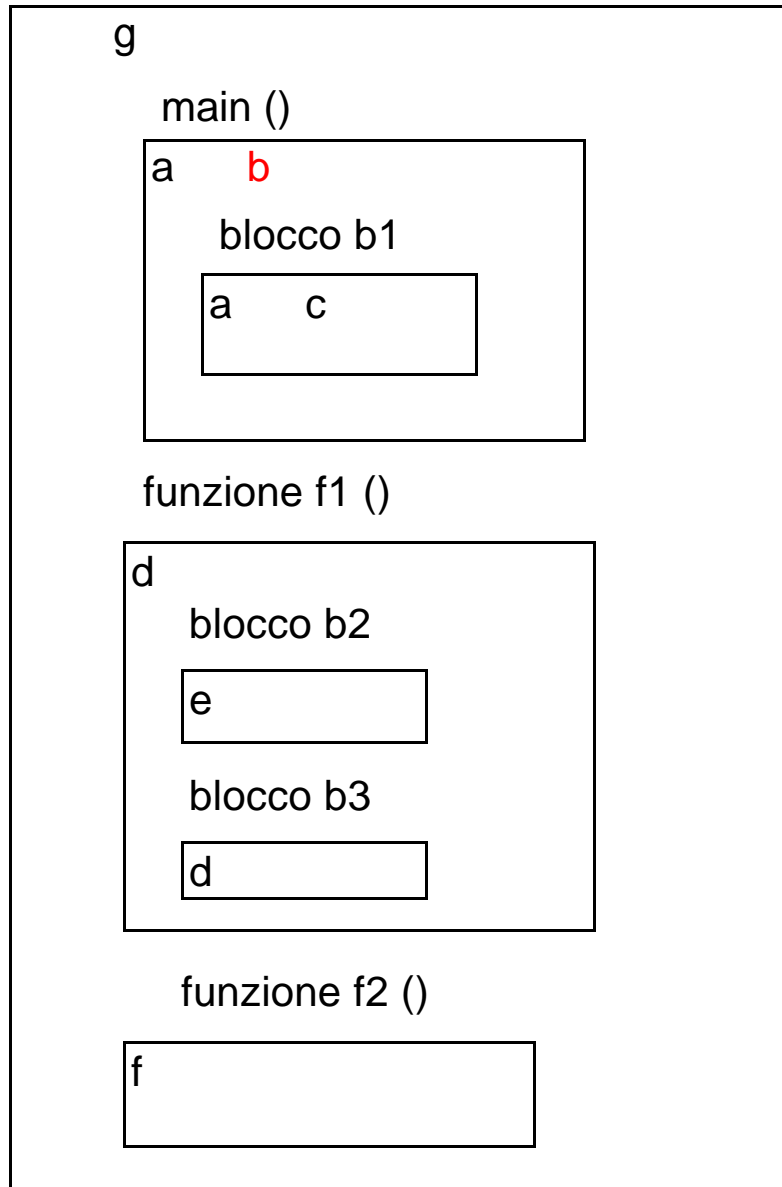
### **IDENTIFICATORE DI FUNZIONE:**

- visibile a tutte le funzioni e a se stessa

### **OMONIMIA DI IDENTIFICATORI IN AMBIENTI DIVERSI**

- è visibile quello dell'ambiente più «vicino»

**ESEMPIO DI AMBIENTI E REGOLE DI VISIBILITÀ**



```

main ()
  g
  a, b
  f1, f2

blocco b1
  g
  b (di main)
  a, c
  f1, f2

funzione f1()
  g
  d
  f1, f2

blocco b2
  g
  d (di f1)
  e
  f1, f2
    
```

```

blocco b3
  g
  d (di b3)
  f1, f2
    
```

```

funzione f2()
  g
  f
  f1, f2
    
```

# Functions in C

---

## Sample C Code

nested blocks

This is legal, but  
can be confusing!

```
main()
{
  int x = 1, y = 2;
  printf("x = %d, y = %d\n", x, y);
  {
    int x = 3, y = 4;
    printf("x = %d, y = %d\n", x, y);
  }
  printf("x = %d, y = %d\n", x, y);
}
```

exists from  
here...

'exist' only  
within here

to here

This 'x' and 'y' ...  
are not the same variables ...

as this 'x' and 'y' !

but these are!

Output is:

x = 1, y = 2

x = 3, y = 4

x = 1, y = 2

## AMBIENTE DI ESECUZIONE DI UNA FUNZIONE

Sequenza di chiamate

```
main    →  f1    →f2
main    ←  f1    ←
```

- L'**ambiente di esecuzione** di una funzione viene creato al momento della chiamata e «rilasciato» solo quando la funzione termina.
- In una **sequenza di chiamate** l'ultimo chiamato è il primo a terminare.

### RICORSIONE:

la soluzione ad un problema si dice ricorsiva (l'algoritmo è ricorsivo) se fa uso di se stessa.

La soluzione ad un problema (l'algoritmo) può ammettere o non ammettere formulazione ricorsiva.

### IN PROGRAMMAZIONE:

dato un sottoprogramma P, la chiamata di P quando P è in esecuzione (P chiama se stesso) è ricorsione.

Per distinguere le varie chiamate si parla di **attivazione** del sottoprogramma

```
main → P' →   P'' → P'''
main ← P' ←   P'' ←
```

La chiamata di P può anche essere indiretta.

```
main → P' →   Q → P''
main ← P' ←   Q ←
```

## **AMBIENTE DI ESECUZIONE E RICORSIONE**

Un linguaggio di programmazione (e quindi l'ambiente di programmazione) può supportare o meno la ricorsione. **Il C ammette la ricorsione.**

Perché la ricorsione sia possibile:

- l'ambiente di esecuzione deve essere associato all'attivazione di P (nasce un ambiente per ogni attivazione e tale ambiente viene rilasciato al termine dell'attivazione considerata)

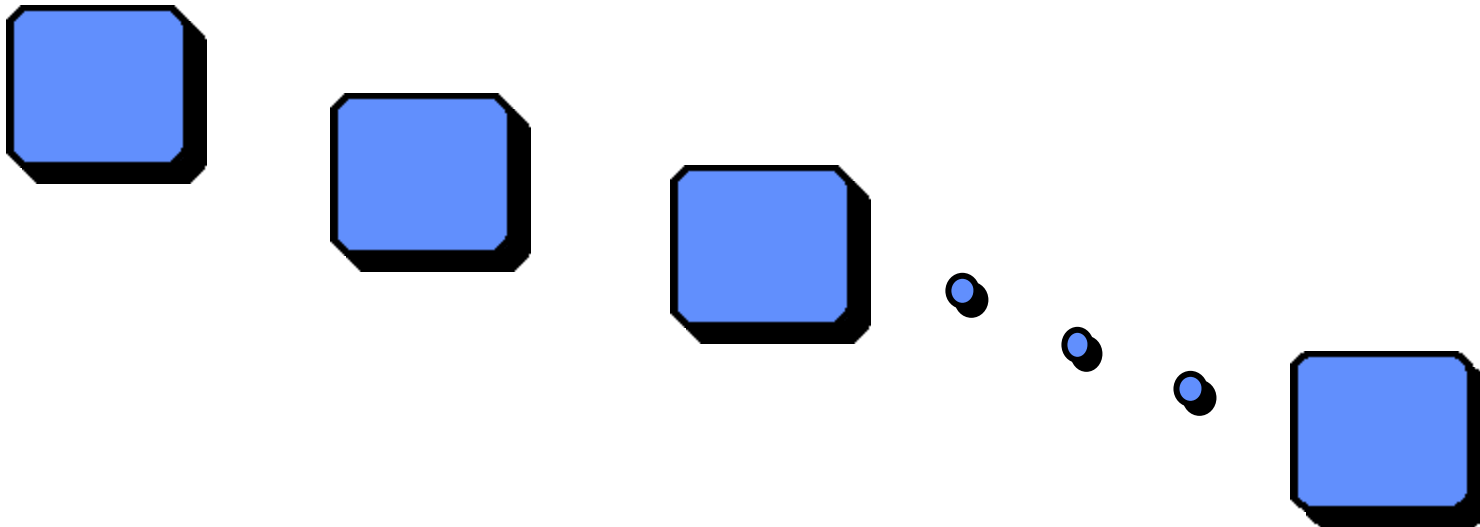
E' necessaria una opportuna gestione della memoria di lavoro allocata a contenere l'ambiente di esecuzione di un sottoprogramma: gestione a pila (stack) degli ambienti di esecuzione.

**RECORD DI ATTIVAZIONE:** è costituito da un'area di memoria adeguata a contenere

- l'ambiente locale della funzione (dichiarazioni locali e parametri formali)
- l'indirizzo di ritorno al chiamante
- informazioni per gestire la memoria a stack

# Recursion

- A Recursive function is one that calls itself
- Sometimes recursion is most natural solution
- Higher overhead with multiple function calls
- Need to be able to recognize recursion



# Recursion

**Problem:** compute a factorial ( of positive integers )

**Analysis:** What is a factorial?

$$n! = n * (n-1) * (n-2) * \dots * 1$$

with 1! defined to be 1

and 0! defined to be 1

**base case:** when  $n = 1$

**recursion step:**  $n * (\text{factorial of } n - 1)$



## Functions in C

---

# Sample C Code

recursive

```
#include <stdio.h>
long factorial(long);

main()
{
    int j;

    for ( j = 0; j <= 10; j++)
        printf("%2d! = %ld\n", j, factorial(j));
}

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

Base case

recursion step

# Recursione

- Funzione recursiva: chiama sé stessa.

- Appropriate for iterative processes where each step mimics another, e.g., tree searches

- E.g., factorial calculation:  $n! = n(n - 1)!$

```
// why a long?  
unsigned long factorial (unsigned int number) {  
    if (number > 1)  
        return (number * factorial (number - 1));  
    return 1ul;    // for 0 or 1  
}
```

- Matches the problem (i.e., the mathematics) nicely

# Recursive vs. Iterative Functions

---

```
I
// iterative version
unsigned long factorial_iter (unsigned int number) {
    for (unsigned long product = 1ul; number > 1; number --)
        product *= number;
    return product;
}
```

- Recursive vs. iterative
  - \* smaller
  - \* less complex
  - \* but, slower—due to additional function invocations

Unless otherwise required, do what is most natural.

## RECORD DI ATTIVAZIONE: FUNZIONAMENTO

- ad ogni attivazione viene allocato un record di attivazione
- al termine dell'attivazione il record viene rilasciato (l'area di memoria è riutilizzabile)
- la dimensione del record di attivazione di una funzione è nota e fissa e viene determinata in fase di compilazione
- non è noto il numero di chiamate (di attivazioni) della funzione: tale numero dipende dall'esecuzione del programma
- i record vengono allocati in memoria «a pila» (stack): «uno sopra l'altro» e il primo record dello stack è relativo all'ultima funzione attivata e non ancora terminata. Lo stack «cresce» dal basso verso l'alto
- il primo record di attivazione è allocato per la funzione main().

## INFORMAZIONI PER GESTIRE LA MEMORIA A STACK

**stack pointer:** è l'indirizzo della cima della pila in ogni record di attivazione è memorizzato il valore dello stack pointer relativo a quell'attivazione specifica

## RAM E STACK OVERFLOW

Una parte della RAM è dedicata a contenere l'area di stack, che ha globalmente delle dimensioni prefissate. Si parla di **stack overflow** quando questa capacità viene superata («troppi» annidamenti di chiamate).

```
int X,Y,Z;
int F (int, int);
```

Indir	nome
1000	23 X
1002	48 Y
1004	12 Z
1006	
1008	
1010	
1012	
1014	
1016	
1018	
1020	
1022	
1024	
1026	
1028	
1030	
1032	
1034	
1036	
1038	
1040	
1042	
1044	
1046	
1048	
1050	

X = F(Y,Z);

nel caso di recursione

Loc1 = F(Loc1,Loc2);

Loc1 = F(Loc1,Loc2);

next stack →

next heap →

Indir	nome
1000	X
1002	Y
1004	Z
1006	@X -result - 1000
1008	1°par=48
1010	2°par=12
1012	Loc1
1014	Loc2
1016	@Loc1 -result - 1012
1018	1°par=value of Loc1
1020	2°par=value of Loc2
1022	Loc1bis
1024	Loc2bis
1026	@Loc1bis -result - 1022
1028	1°par=value of Loc1bis
1030	2°par=value of Loc2bis
1032	Loc1ter
1034	Loc2ter
1036	
1038	
1040	
1042	
1044	
1046	
1048	
1050	

Allocazione stack



Allocazione Heap

**ESEMPIO: CONVERSIONE BINARIA RICORSIVA**

```

#include <stdio.h>
#define TRUE 1
#define FALSE 0
void main ()
{
    int valore;
    char proseguire,continua,tappo;

    void Converti_bin(int);

    proseguire=TRUE;

    while (proseguire)
    {
        printf("inserire il valore intero positivo da convertire \n");
        scanf("%d",&valore);

        Converti_bin(valore);

        printf("\nVuoi convertire un altro valore? (S/N) \n");
        scanf("%c",&continua);
        scanf("%c",&tappo);
        if (continua!='S')
            proseguire=FALSE;
    }
} /* fine main */

```

```
void Converti_bin (int num)
{ int resto;

  resto=num%2;

  if (num >=2)
    Converti_bin (num/2);

  printf("%d", resto);
}
```