POLITECNICO DI MILANO
Applicazione SchedaIncarico

Scheda Riassuntiva

Anno Accademico	2005/06
Facoltà	Facolta' di Ingegneria Industriale
Tipo Insegnamento	MONODISCIPLINARE
Codice Identificativo	060065
Denominazione Insegnamento	INFORMATICA C
Docente	MARTUCCI RENATO
CFU	5.0

Corsi di Studio cui l'insegnamento è offerto

Nome Corso di Laurea	Corso Unione	Indirizzo	DA	A
Ing.IV(1 liv.) - BV (100) INGEGNERIA AEROSPAZIALE	-	*	N	ZZZZ

- M5
  - – Funzioni Elementari
    - Passaggio dei Parametri
    - Recursione
  - – Ambienti e Visibilità

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

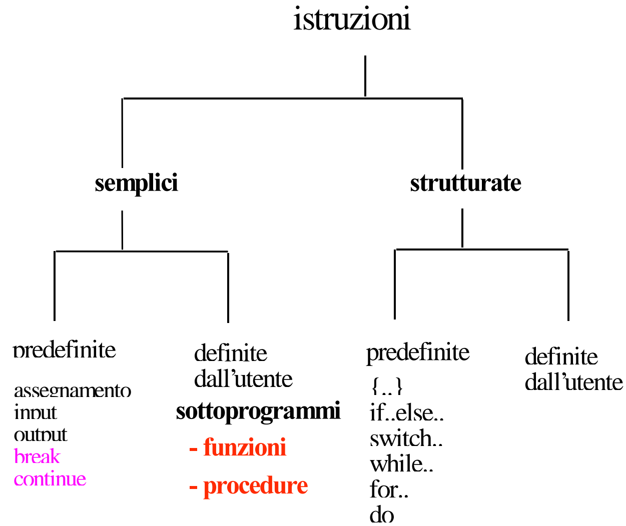
Struttura di un Programma C

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;
            } ;
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 (cioe‘, l’insieme di istruzioni che verra‘ eseguito ogni volta che il sotto-programma verra‘ *chiamato*);
- si stabiliscono le **modalita` di comunicazione** tra l’unita‘ di programma che usa il sottoprogramma ed il sottoprogramma stesso (definizione dei **parametri formali**).

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

- Per chiamare un sottoprogramma (cioe‘, 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

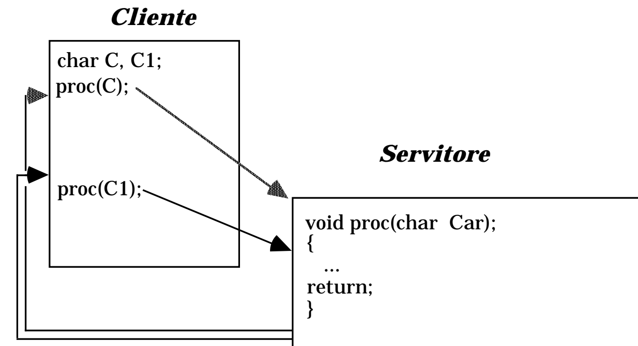
Quando si verifica una chiamata a sottoprogramma, si possono individuare due entita‘:

- l’unita‘ di programma **chiamante**;
- l’unita‘ di programma **chiamata** (il sotto-programma).

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

L'unita` chiamante funge da **cliente** dell'unita` 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 sotto-programma. 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 possibilita‘ di invocarlo piu‘ volte, sia nell’ambito dello stesso programma, che nell’ambito di programmi diversi (evitando di dover replicare ogni volta lo stesso codice).
- migliore **leggibilita`**: si ha in fatti una maggiore capacita‘ di astrazione
- sviluppo **top-down**: si delega a funzioni/procedure da sviluppare in una fase successiva la soluzione di sottoproblemi.
- testo del programma piu‘ **breve**: minore probabilita‘ di errori, dimensione del codice eseguibile piu‘ 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
}
```

Function Definitions: The Header

The HEADER includes:

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

- **data type returned by the function** (return-type)
- **function name** (function-name)
- **0 or more parameters within parenthesis, with a type declaration for each parameter** (parameter declarations)

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\", 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 sommamax(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", sommamax(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)**, perche‘ 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 contentue 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

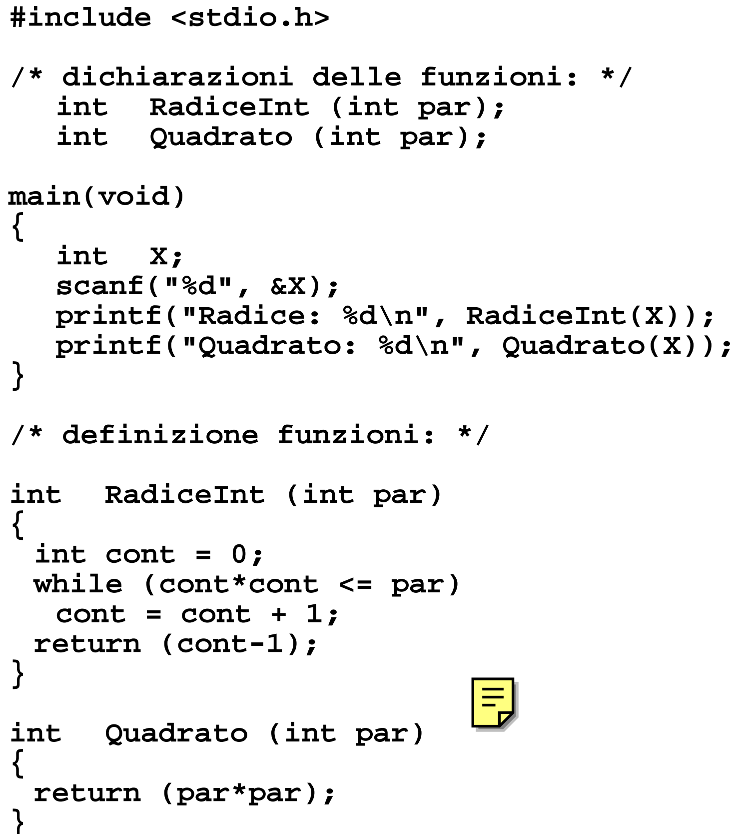
Spesso si strutturano i programmi in modo tale che la definizione del main compaia prima delle definizioni delle altre funzioni (per favorire la **leggibilita**‘).

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);
}
```

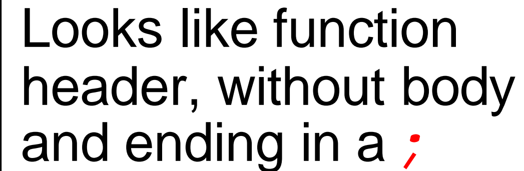
Definition Rules

- 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

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;
}
```



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

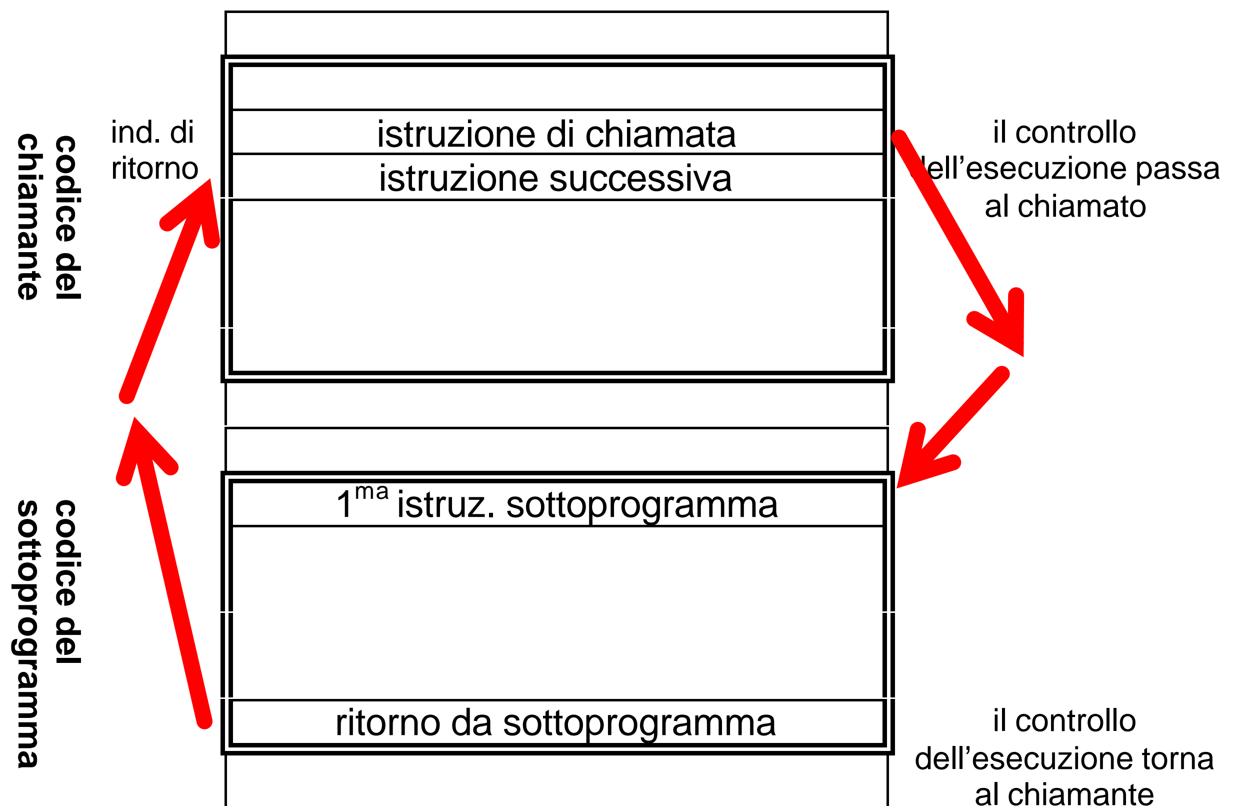
Che cosa vuol dire chiamata di un sottoprogramma

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 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

```
int pa;
…
P(pa);
…
```

Unita‘ P:

```
void P(int  pf)
{
…
}
```

Legame per valore

Se il legame dei parametri avviene per valore:

1. Prima della chiamata:

Area dati di C

pa α

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 α

Area dati di P: pf α

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:

Area dati di C		Area dati di P	
pa	α	pf	α’

- 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**.

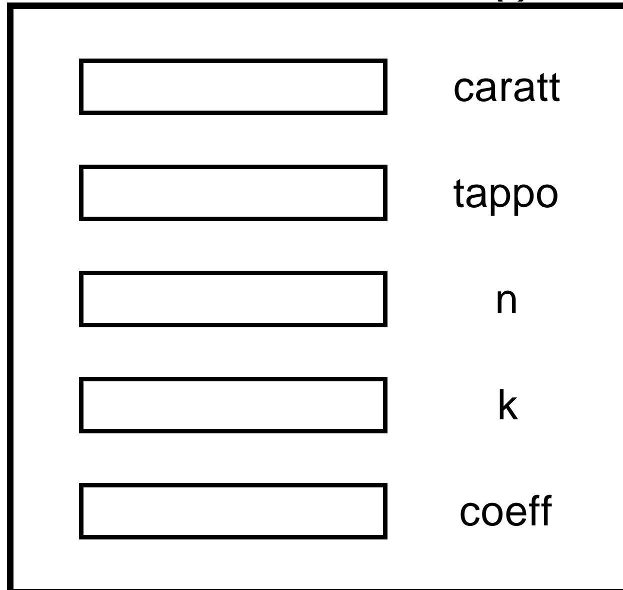
Il legame per valore e` l'unica tecnica di legame disponibile in C.

Ad esempio:

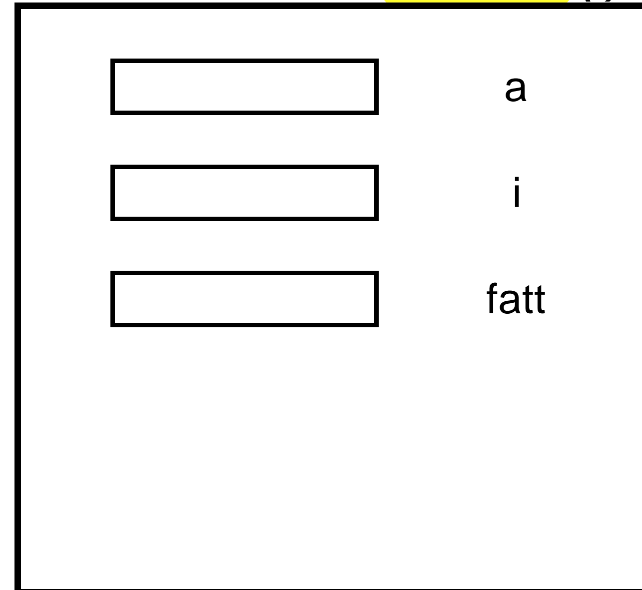
```
#include <stdio.h>

void P(int xx);

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)***

valore	variabile	
4	a	passaggio del valore alla chiamata
4	i	al termine del ciclo for
24	fatt	al termine del ciclo for

al ritorno dalla prima chiamata

coeff=24 / fattoriale(3)*fattoriale(1)

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

valore	variabile	
3	a	passaggio del valore alla chiamata
3	i	al termine del ciclo for
6	fatt	al termine del ciclo for

al ritorno dalla seconda chiamata

coeff=24 / 6 *fattoriale(1)

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

valore	variabile	
1	a	passaggio del valore alla chiamata
1	i	al termine del ciclo for
1	fatt	al termine del ciclo for

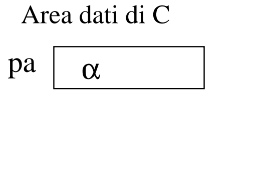
al ritorno dalla terza chiamata

coeff=24 / 6 * 1

Legame per indirizzo

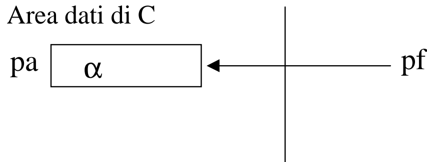
Se il legame dei parametri avviene per indirizzo:

1. Prima della chiamata:



2. Al momento della chiamata:

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

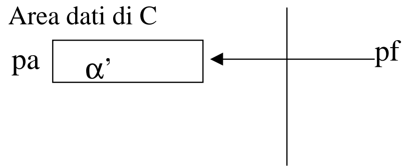


➽ pf e' un ***alias*** di pa.

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 α' 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.

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 gia' 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 gia'
memorizzati nell'array) e la matricola da inserire in ordine. Restituisce come
valore la posizione in cui inserire la nuova matricola.
Algoritmo: l'array e' 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);
 }
```

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

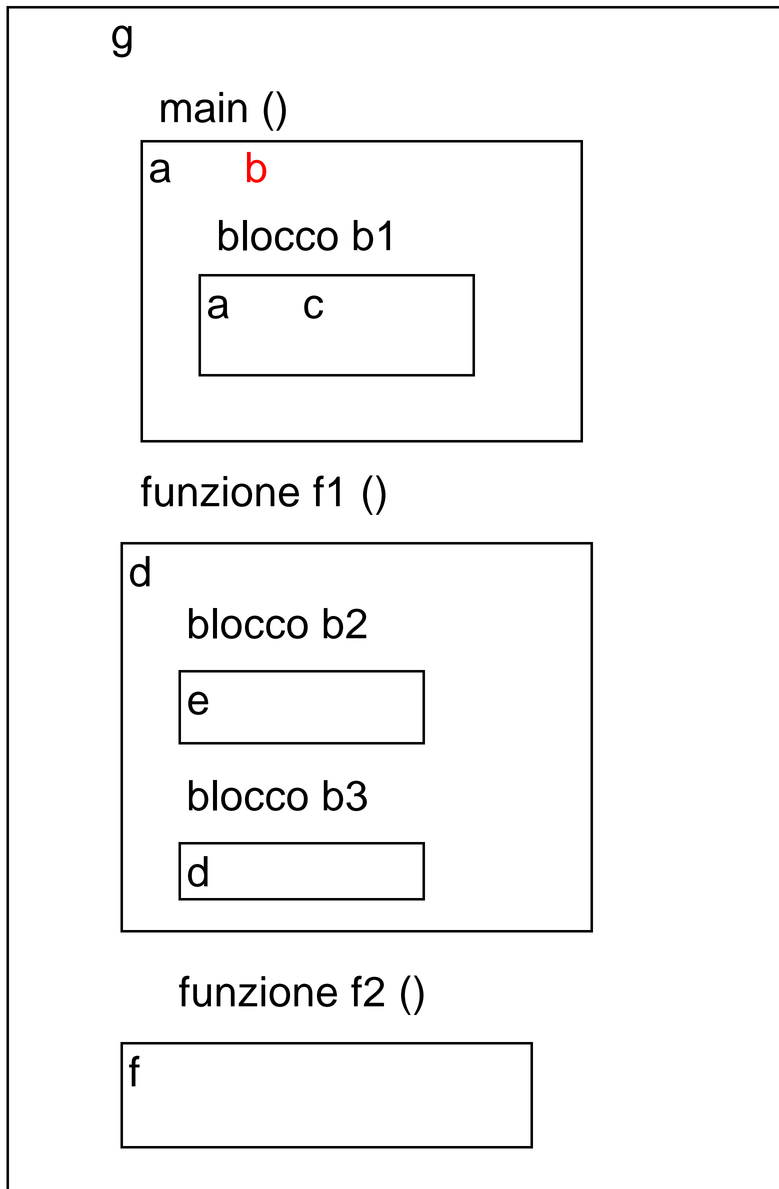
IDENTIFICATORE DI FUNZIONE:

- 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

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... to here

'exist' only within 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)

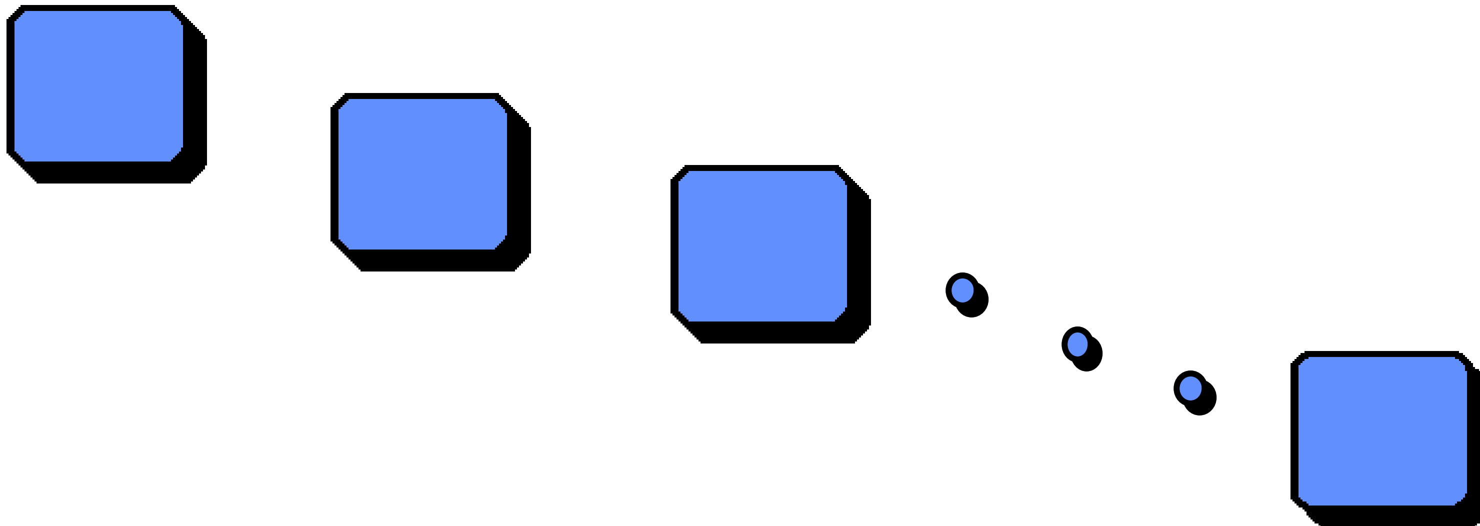
E' necessaria una opportuna gestione della memoria di lavoro allocata a contenere l'ambiente di esecuzione di un sottoprogramma: gestione a pila (stack) degli ambienti di esecuzione.

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?

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

with 1! defined to be 1

and 0! defined to be 1

base case: when n = 1

recursion step: n * (factorial of n -1)

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

```
// 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);
```

```
int  F(int a, int b)
{  int Loc1, Loc2;
/* bla bla bla  */
Loc1 = F(Loc1,Loc2);
/* bla bla bla  */   };
```

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		

X = F(Y,Z);

nel caso di recursione

Loc1 = F(Loc1,Loc2);

Loc1 = F(Loc1,Loc2);

next stack

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		

Allocazione stack

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);
}
```