## FUNZIONI: IL MODELLO A RUN-TIME

**Ogni volta che viene invocata una funzione:**

- si crea di una nuova **attivazione** (istanza) del servitore
- viene **allocata la memoria** per i parametri e per le variabili locali
- si effettua il **passaggio dei parametri**
- si **trasferisce il controllo** al servitore
- si **esegue il codice** della funzione



## Record di Attivazione

- Al momento dell'invocazione:

  viene creata dinamicamente una struttura dati che contiene i binding dei parametri e degli identificatori definiti localmente alla funzione detta **RECORD DI ATTIVAZIONE.**



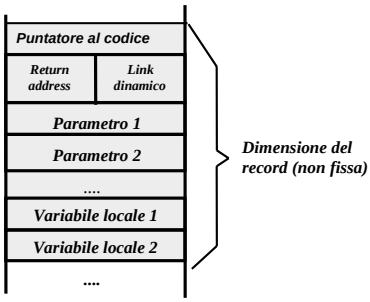
## Record di Attivazione

È il "***mondo della funzione***": contiene tutto ciò che serve per la chiamata alla quale è associato:

- i parametri formali
- le variabili locali
- l'indirizzo di ritorno (*Return address RA*) che indica il punto a cui tornare (nel codice del cliente) al termine della funzione, per permettere al cliente di proseguire una volta che la funzione termina.
- un collegamento al record di attivazione del cliente (*Link Dinamico DL*), per sapere dove finisce il record di attivazione corrente (utile per la gestione della memoria)
- l'*indirizzo del codice* della funzione (puntatore alla prima istruzione)



## Record di Attivazione






## Record di Attivazione

- Rappresenta il "*mondo della funzione*": *nasce e muore con essa*
  - è creato al momento della invocazione di una funzione
  - permane per tutto il tempo in cui la funzione è in esecuzione
  - è distrutto (*deallocato*) al termine dell'esecuzione della funzione stessa.
- Ad ogni chiamata di funzione viene *creato un nuovo record, specifico per quella chiamata di quella funzione*
- La dimensione del record di attivazione
  - varia da una funzione all'altra
  - *per una data funzione, è fissa e calcolabile a priori*



## Record di Attivazione

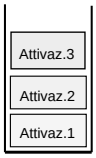
- *Funzioni che chiamano altre funzioni* danno luogo a una *sequenza* di record di attivazione
  - allocati secondo l'ordine delle chiamate
  - deallocati in ordine inverso
- La sequenza dei link dinamici costituisce la cosiddetta *catena dinamica*, che rappresenta *la storia delle attivazioni ("chi ha chiamato chi")*

## Stack

L'area di memoria in cui vengono allocati i record di attivazione viene gestita *come una* ***pila*** :

### STACK

È una struttura dati gestita a tempo di esecuzione con politica *LIFO* (***Last In, First Out*** - l'ultimo a entrare è il primo a uscire) nella quale ogni elemento è un record di attivazione.




La gestione dello stack avviene mediante due operazioni:

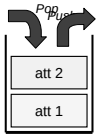
***push:*** aggiunta di un elemento (in cima alla pila)

***pop:*** prelievo di un elemento (dalla cima della pila)



## Stack

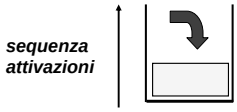
- L'ordine di collocazione dei record di attivazione nello stack indica la cronologia delle chiamate:



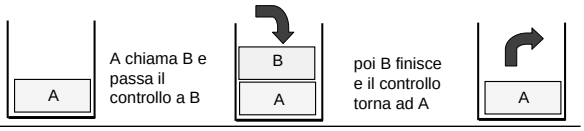



## Record di Attivazione

- Normalmente lo STACK dei record di attivazione si disegna nel modo seguente:




- Quindi, se la funzione A chiama la funzione B, lo stack evolve nel modo seguente






## Record di Attivazione

**Il valore di ritorno calcolato dalla funzione può essere *restituito al cliente* in due modi:**

- **inserendo un apposito "slot" nel record di attivazione**
  - il cliente deve copiarsi il risultato da qualche parte *prima* che il record venga distrutto
- **tramite un registro della CPU**
  - soluzione più semplice ed efficiente, privilegiata ovunque possibile.



## Esempio: chiamate annidate

**Programma:**

```
int R(int A) { return A+1; }
int Q(int x) { return R(x); }
int P(void) { int a=10; return Q(a); }
main() { int x = P(); }
```

**Sequenza chiamate:**

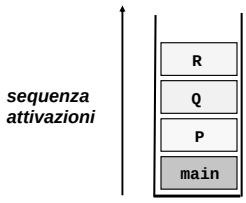
*S.O.* → `main` → `P()` → `Q()` → `R()`



## Esempio: chiamate annidate

**Sequenza chiamate:**

*S.O.* → `main` → `P()` → `Q()` → `R()`



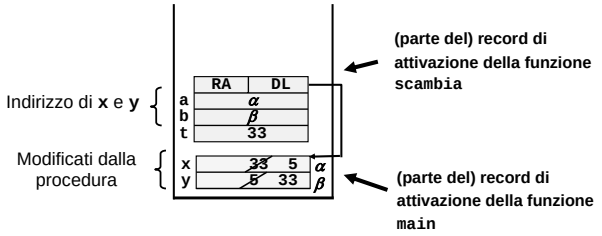
## Esempio: parametri di tipo puntatore

```
void scambia(int* a, int* b) {
 int t;
 t = *a;  *a = *b;  *b = t;
}

main(){
 int y = 5, x = 33;
 scambia(&x, &y);
}
```



## Esempio: parametri di tipo puntatore

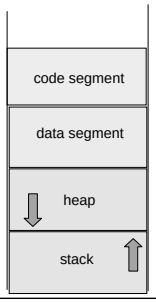
Caso del passaggio *per riferimento*:






## Spazio di indirizzamento

La memoria allocata a ogni programma in esecuzione è suddivisa in varie parti (segmenti), secondo lo schema seguente:




- code segment: contiene il codice eseguibile del programma
- data segment: contiene le variabili globali
- heap: contiene le variabili dinamiche
- stack: è l'area dove vengono allocati i record di attivazione

➔ ***Code*** segment e ***data*** segment sono di dimensione fissata staticamente (a tempo di compilazione).

➔ La dimensione dell'area associata a ***stack*** + ***heap*** è fissata staticamente: man mano che lo stack cresce, diminuisce l'area a disposizione dell'heap, e viceversa.



## Variabili static

- È possibile imporre che una variabile locale a una funzione abbia un tempo di vita pari al tempo di esecuzione dell'intero programma, utilizzando il qualificatore **`static`**:

```
void f()
{   static int cont=0;
...
 }
```

➔ **la variabile `static int cont`:**

- ✓ **è creata all'inizio del programma, inizializzata a 0, e deallocata alla fine dell'esecuzione;**
- ✓ **la sua visibilità è limitata al corpo della funzione f,**
- ✓ **il suo tempo di vita è pari al tempo di esecuzione dell'intero programma**
- ✓ **è allocata nell'area dati globale (*data segment*)**



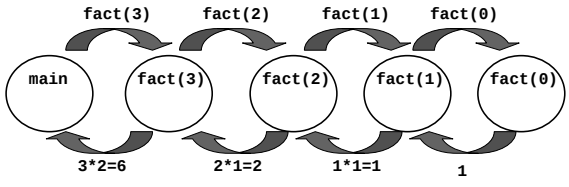
## Esempio

```
#include <stdio.h>
int f()
{ static int cont=0;
      cont++;
      return cont;
}
main()
{     printf("%d\n", f());
      printf("%d\n", f());
}
```

➔ **la variabile `static int cont`, e` allocata all'inizio del programma e deallocata alla fine dell'esecuzione; essa persiste tra una attivazione di f e la successiva: la prima printf stampa 1, la seconda printf stampa 2.**



## La ricorsione



## La ricorsione

- Una funzione matematica è definita ***ricorsivamente*** quando nella sua definizione compare un riferimento a se stessa
- La ricorsione consiste nella possibilità di *definire una funzione mediante se stessa.*
- È basata sul ***principio di induzione matematica***:
  - **se una proprietà P vale per $n=n_0$ ⟹ *CASO BASE***
  - **e si può provare che, *assumendola valida per n*, allora vale per n+1**

  allora P vale per ogni $n \geq n_0$



## La ricorsione

- **Operativamente, risolvere un problema con un approccio ricorsivo comporta**
  - **di identificare un "caso base" (n=n0) in cui la soluzione sia nota**
  - **di riuscire a esprimere la soluzione al caso generico *n* in termini dello *stesso problema in uno o più casi più semplici*** (n-1, n-2, etc).



## La ricorsione: esempio

**Esempio: il fattoriale di un numero naturale**

**`fact(n) = n!`**

```
n!: N → N
  { n! vale 1          se n == 0
  { n! vale n*(n-1)!   se n > 0
```



## Ricorsione in C

In C è possibile definire funzioni *ricorsive*:

➔Il corpo di ogni funzione ricorsiva contiene almeno una chiamata alla funzione stessa.

**Esempio: definizione in C della funzione ricorsiva *fattoriale*.**

```
int fact(int n)
{ if (n==0) return 1;
  else return n*fact(n-1);
}
```



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente: `fact` è sia servitore che cliente (di se stessa):**

```
int fact(int n)
{    if (n==0) return 1;
     else return n*fact(n-1);
}
main()
{    int fz, z = 5;
     fz = fact(z-2);
  }
```



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
}
```

***Si valuta l'espressione che costituisce il parametro attuale (nell'environment del main) e si trasmette alla funzione fatt <u>una copia</u> del valore così ottenuto (3).***

## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

*La funzione fact lega il parametro n a 3. Essendo 3 positivo si passa al ramo else. Per calcolare il risultato della funzione e' necessario effettuare una nuova chiamata di funzione* (`fact(n-1)`).



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

*La funzione fact lega il parametro n a 3. Essendo 3 positivo si passa al ramo else. Per calcolare il risultato della funzione e' necessario effettuare una nuova chiamata di funzione* (`fact(n-1)`). *n-1 nell'environment di fact vale 2 quindi viene chiamata* `fact(2)`



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

*Il nuovo servitore lega il parametro n a 2. Essendo 2 positivo si passa al ramo else. Per calcolare il risultato della funzione e' necessario effettuare una nuova chiamata di funzione. n-1 nell'environment di fact vale 1 quindi viene chiamata* `fact(1)`



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

*Il nuovo servitore lega il parametro n a 1. Essendo 1 positivo si passa al ramo else. Per calcolare il risultato della funzione e' necessario effettuare una nuova chiamata di funzione. n-1 nell'environment di fact vale 0 quindi viene chiamata* `fact(0)`



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

*Il nuovo servitore lega il parametro n a 0. La condizione n <=0 e' vera e la funzione* `fact(0)` *torna come risultato 1 e termina.*



## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

*Il controllo torna al servitore precedente* `fact(1)` *che puo' valutare l'espressione n * 1 (valutando n nel suo environment dove vale 1) ottenendo come risultato 1 e terminando.*

## Ricorsione in C: esempio

- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

***Il controllo torna al servitore precedente `fact(2)` che puo' valutare l'espressione n * 1 (valutando n nel suo environment dove vale 2) ottenendo come risultato 2 e terminando.***



## Ricorsione in C: esempio

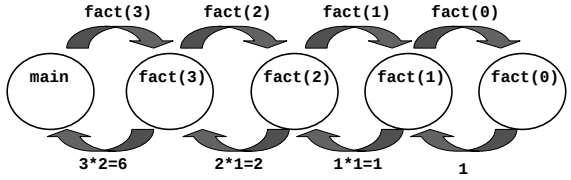
- **Servitore & Cliente:**

```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
}
main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

***Il controllo torna al servitore precedente `fact(3)` che puo' valutare l'espressione n * 2 (valutando n nel suo environment dove vale 3) ottenendo come risultato 6 e terminando.***
***IL CONTROLLO PASSA AL MAIN CHE ASSEGNA A fz IL VALORE 6***



## Ricorsione in C: esempio




| main | fact(3) | fact(2) | fact(1) | fact(0) |
|---|---|---|---|---|
| Cliente di fact(3) | Cliente di fact(2) Servitore del main | Cliente di fact(1) Servitore di fact(3) | Cliente di fact(0) Servitore di fact(2) | Servitore di fact(1) |



## Cosa succede nello stack ?

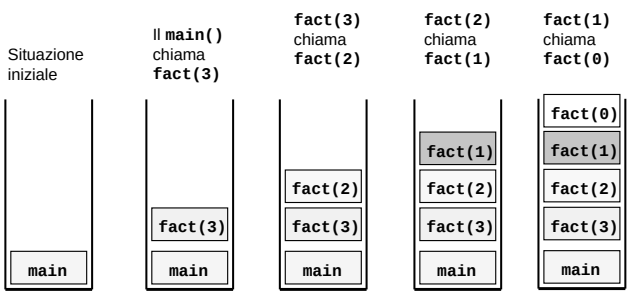
```
int fact(int n) {
   if (n==0) return 1;
   else return n*fact(n-1);
                }

main(){
   int fz, z = 5;
   fz = fact(z-2);
   }
```

NOTA: Anche il **`main()`**e' una funzione

**Seguiamo l'evoluzione dello stack durante l'esecuzione:**

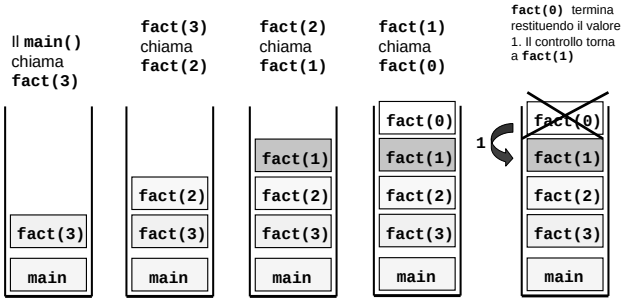


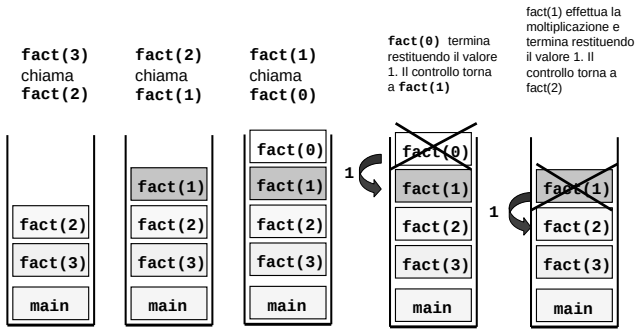
## Cosa succede nello stack ?



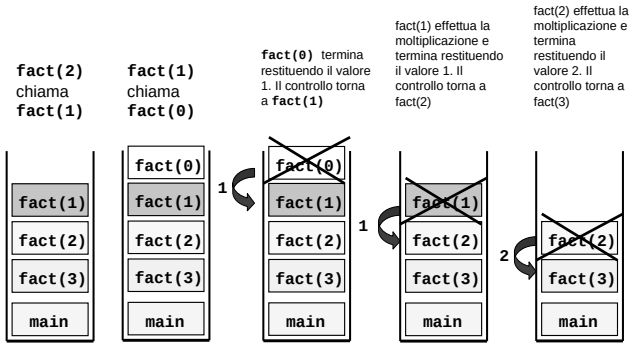



## Cosa succede nello stack ?

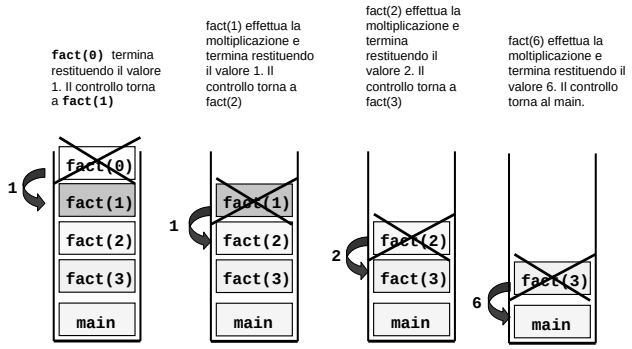











## Esempio: somma dei primi N naturali

**Problema:**
**calcolare la somma dei primi N naturali**

**Specifica:**

Considera la somma 1+2+3+...+(N-1)+N come composta di due termini:

- (1+2+3+...+(N-1)) ⇒ ***Il primo termine non è altro che lo stesso problema in un caso più semplice: calcolare la somma dei primi N-1 interi***
- N ⇒ ***Valore noto***

Esiste un caso banale ovvio: ***CASO BASE***

- la somma fino a 1 vale 1.



## Esempio: somma dei primi N naturali

**Problema:**
**calcolare la somma dei primi N naturali**

**Algoritmo ricorsivo:**

**Somma: N -> N**

| | | |
|---|---|---|
| Somma(n) | vale 1 | se n == 1 |
| Somma(n) | vale n+Somma(n-1) | se n > 0 |



## Esempio: somma dei primi N naturali

**Codifica:**

```
int sommaFinoA(int n)
{   if (n==1)
        return 1;
    else
        return sommaFinoA(n-1)+n;
}
```

## Esempio: somma dei primi N naturali

```
#include<stdio.h>
int sommaFinoA(int n);

main()
{ int dato;
   printf("\ndammi un intero positivo: ");
  scanf("%d", &dato);
   if (dato>0)
       printf("\nRisultato: %d", sommaFinoA(dato));
   else printf("ERRORE!");
}
int sommaFinoA(int n)
{  if (n==1)        return 1;
   else             return sommaFinoA(n-1)+n;
}
```

**Esercizio: seguire l'evoluzione dello stack nel caso in cui `dato=4`.**



## Esempio: il numero di Fibonacci

**Problema:**
**calcolare l'N-esimo numero di Fibonacci**

$$fib(n) = \begin{cases} 0, & \text{se } n=0 \\ 1, & \text{se } n=1 \\ fib(n-1) + fib(n-2), & \text{altrimenti} \end{cases}$$



## Esempio: il numero di Fibonacci

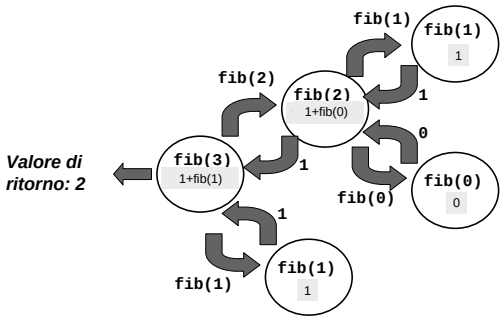
**Codifica:**

```
unsigned fibonacci(unsigned n) {
  if (n<2) return n;
  else return fibonacci(n-1)+fibonacci(n-2);
}
```

***Ricorsione non lineare: una invocazione del servitore causa due nuove chiamate al servitore medesimo.***



## Esempio: il numero di Fibonacci






## Osservazioni

- Negli esempi visti finora si inizia a sintetizzare il risultato solo dopo che si sono *aperte* tutte le chiamate, *"a ritroso"*, mentre le chiamate si *chiudono*.

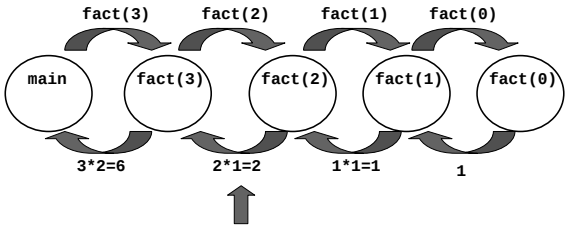
  *Le chiamate ricorsive decompongono via via il problema, ma non calcolano nulla*

- Il risultato viene sintetizzato *a partire dalla fine*, *perché prima occorre arrivare al caso base*
  - il caso base fornisce il valore di partenza
  - poi si sintetizzano, "a ritroso", i successivi risultati parziali.

**Processo di calcolo effettivamente ricorsivo**



## Esempio




PASSI:
1) **`fact(3)`** chiama **`fact(2)`** passandogli il controllo,
2) **`fact(2)`** calcola il fattoriale di 2 e termina restituendo 2
3) **`fact(3)`** riprende il controllo ed effettua la moltiplicazione 3*2
4) termina anche **`fact(3)`** e torna il controllo al main

## Calcolo iterativo del fattoriale

- Il fattoriale può essere anche calcolato mediante un'algoritmo iterativo:

```
int fact(int n){
     int i;
     int F=1; /*inizializzazione del fattoriale*/
     for (i=2;i <= n; i++)
       F=F*i;
     return F;
     }
```

***DIFFERENZA CON LA VERSIONE RICORSIVA: ad ogni passo viene accumulato un risultato intermedio***



## Calcolo iterativo del fattoriale

```
int fact(int n){
     int i;
     int F=1; /*inizializzazione del fattoriale*/
     for (i=2;i <= n; i++)
          F=F*i;
     return F;
     }
```

***La variabile F accumula risultati intermedi: se n = 3 inizialmente*** `F=1` ***poi al primo ciclo for*** `i=2` `F` ***assume il valore 2. Infine all'ultimo ciclo for*** `i=3` `F` ***assume il valore 6.***

- `Al primo passo F accumula il fattoriale di 1`
- `Al secondo passo F accumula il fattoriale di 2`
- `Al i-esimo passo F accumula il fattoriale di i`



## Processo computazionale iterativo

- Nell'esempio precedente (ciclo **`for`**) il risultato viene sintetizzato *"in avanti"*
- L'esecuzione di un algoritmo di calcolo che computi "in avanti", per accumulo, è un *processo computazionale iterativo.*
- La caratteristica fondamentale di un processo computazionale *iterativo* è che *a ogni passo è disponibile un risultato parziale*
  - dopo k passi, si ha a disposizione il risultato parziale relativo al caso k
  - questo *non è vero* nei processi computazionali *ricorsivi,* in cui nulla è disponibile finché non si è giunti fino al caso elementare.



## Processo computazionale iterativo

- Un processo computazionale iterativo si può realizzare anche tramite **funzioni ricorsive**
- Si basa sulla disponibilità di una variabile, detta *accumulatore*, destinata a esprimere *in ogni istante* la soluzione corrente
- Si imposta identificando quell'operazione di *modifica dell'accumulatore* che lo porta a esprimere, dal valore relativo al passo k, il valore relativo al passo k+1.



## Esempio: calcolo iterativo del fattoriale

**Definizione:**

$n! = 1 * 2 * 3 * \ldots * n$

**Detto:**

$v_k = 1 * 2 * 3 * \ldots * k$:

$$\begin{cases} 1! = v_1 = 1 & \\ (k+1)! = v_{k+1} = (k+1) * v_k & \textit{per } k \geq 1 \\ n! = v_n & \textit{per } k = n \end{cases}$$



## Esempio: calcolo iterativo del fattoriale

```
int fact(int n){
  return factIt(n,1,1);
}

int factIt(int n, int F, int i){
  if (i <= n)
   {F = (i+1)*F;
    i = i+1;
    return factIt(n,F,i);
   }
  return F;
}
```

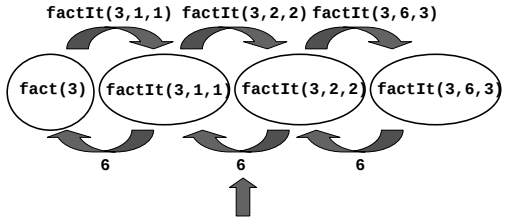
Inizializzazione dell'accumulatore: corrisponde al fattoriale di 1

Contatore del passo

***Ad ogni chiamata ricorsiva viene accumulato un risultato intermedio in F***

Accumulatore del risultato parziale

## Esempio: calcolo iterativo del fattoriale




Al passo i-esimo viene calcolato il fattoriale di i. Quando i = n l'attivazione della funzione corrispondente calcola il fattoriale di n.
**NOTA**: ciascuna funzione che effettua una chiamata ricorsiva si sospende, aspetta la terminazione del servitore e poi termina, cioè **NON EFFETTUA ALTRE OPERAZIONI DOPO.** *[diversamente, nel caso del fattoriale ricorsivo vero e proprio, dopo la fine del servitore veniva effettuata una moltiplicazione]*



## Esempio: calcolo iterativo del fattoriale

Confrontiamo la realizzazione mediante la funzione **`factIt`** con una funzione iterativa (senza ricorsione) :

```
int factIt(int n, int F, int i)
{  if (i < n)
   {    F = (i+1)*F;
        i = i+1;
        return factIt(n,F,i);
   }
  return F;
}
```

```
int fact(int n)
{  int i;
   int F=1, i=2;
   while(i <= n)
   {    F=F*i;
        i++;
   }
   return F;
}
```



## Fattoriale: Iterazione e Ricorsione

- **il ciclo diventa un `if` con, in fondo, la chiamata ricorsiva (che realizza l'iterazione successiva)**

| | |
|---|---|
| `while (condizione) {`<br>`  <corpo del ciclo>`<br>`}` | `if (condizione) {`<br>`  <corpo del ciclo>`<br>`  <chiamata ricorsiva>`<br>`}` |



## Fattoriale: Iterazione e Ricorsione

- La soluzione ricorsiva individuata per il fattoriale è *sintatticamente ricorsiva* ma dà luogo a un *processo computazionale ITERATIVO*

Ricorsione *apparente,* detta ***RICORSIONE TAIL***

- Il risultato viene sintetizzato *in avanti*
  - ogni passo *decompone e calcola*
  - *e porta in avanti il nuovo risultato parziale* quando le chiamate si chiudono non si fa altro che riportare indietro, fino al cliente, il risultato ottenuto**.**



## Ricorsione tail

- Una ricorsione che realizza un processo computazionale *ITERATIVO* ***è una ricorsione apparente***
- la chiamata ricorsiva è *sempre* ***l'ultima istruzione***
  - ***i calcoli sono fatti prima***
  - ***la chiamata serve solo, dopo averli fatti, per proseguire la computazione***
- **questa forma di ricorsione si chiama *RICORSIONE TAIL* ("ricorsione in coda")**



## Esempio

Scrivere una versione ricorsiva dell'algoritmo di ordinamento di un vettore:

**Soluzione**:

```
#include <stdio.h>
#define n 5
void leggi(int*, int);
void stampa(int*, int);
void ordina (int*, int);
void scambia (int*, int*);

main()
{int i, a[n];

 leggi(a, n);
 ordina(a, n);
 stampa(a, n);
}
```

### Definizione tail-ricorsiva della fuzione `ordina`:

```
void ordina(int *V, int N)
{int j, max, tmp;
  if (N==1)  return;
  else
  {   for( max=N-1,j=0; j<N; j++)
            if (V[j]>V[max])    max=j;
        if (max<N-1)
            scambia( &V[N-1], &V[max] );
  }
  ordina(V, N-1); /* chiamata tail-ricorsiva*/
}
```



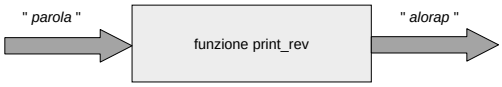
```
void leggi(int a[], int dim)
{int i;

 printf ("Scrivi %d interi\n", dim);
 for (i = 0; i < dim; i++)
      scanf ("%d", &a[i]);
 }

void stampa(int a[], int dim)
{int i;

 printf ("Vettore:\n");
 for (i = 0; i < dim; i++)
      printf ("%d\t", a[i]);
 }
```



## Esercizio

**Scrivere una funzione ricorsiva `print_rev` che, data una sequenza di caratteri (terminata dal carattere '.')stampi i caratteri della sequenza in ordine inverso. La funzione non deve utilizzare stringhe.**

**Ad esempio:**






## Esercizio

**Osservazione**: l'estrazione (*pop*) dei record di attivazione dallo stack avviene sempre in ordine inverso rispetto all'ordine di inserimento (*push*).

➔ associamo ogni carattere letto a una nuova chiamata ricorsiva della funzione

**Soluzione:**

```
void print_rev(char car);
{ char c;
  if (car != '.')
  {   scanf("%c", &c);
      print_rev(c);
      printf("%c", car);
  }
  else return;
}
```

ogni record di attivazione nello stack memorizza un singolo carattere letto (*push*); in fase di *pop*, i caratteri vengono stampati nella sequenza inversa



## Soluzione

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
void print_rev(char car);
main()
{  char k;
   printf("\nIntrodurre una sequenzaterminata da .:\t");
   scanf("%c", &k);
   print_rev(k);
}
void print_rev(char car)
{  char c;
   if (car != '.')
   {   scanf("%c", &c);
       print_rev(c);
       printf("%c", car);
   }
   else return;
}
```

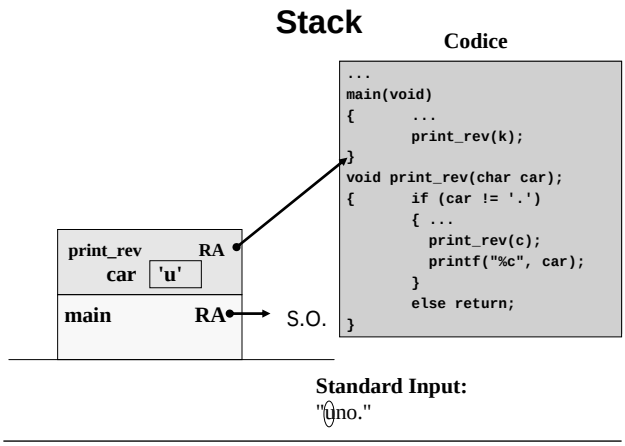


## Stack

**Codice**

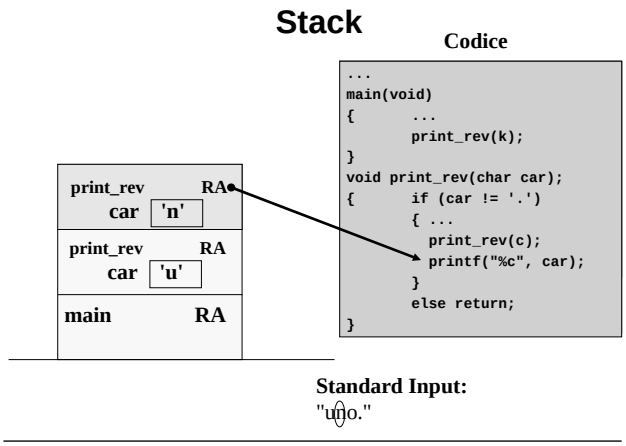
```
...
main(void)
{       ...
        print_rev(k);
}
void print_rev(char car);
{       if (car != '.')
        { ...
          print_rev(c);
          printf("%c", car);
        }
        else return;
}
```


**Standard Input:**
"uno."



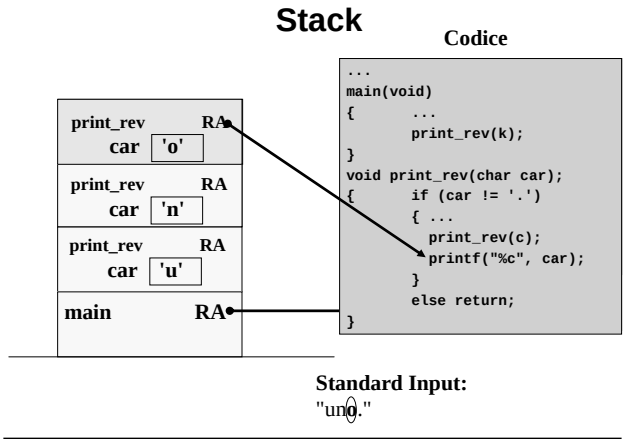

**Standard Input:**
"uno."





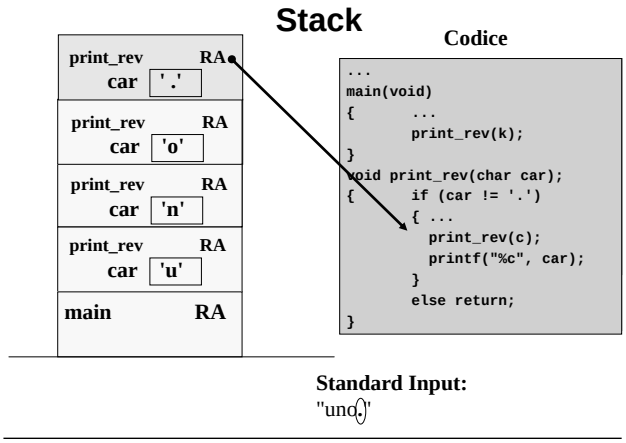

**Standard Input:**
"uno."





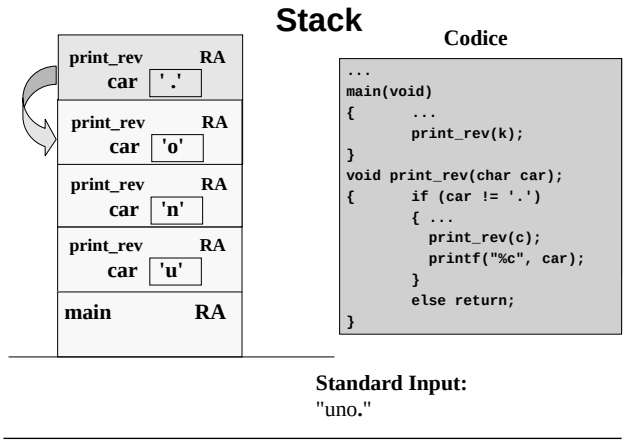

**Standard Input:**
"uno."





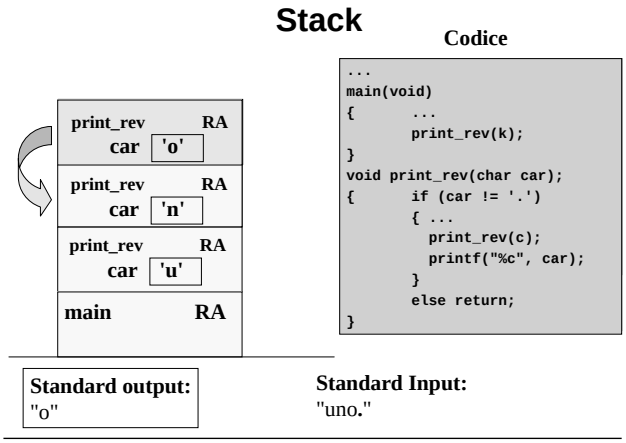

**Standard Input:**
"uno."






**Standard Input:**
"uno."

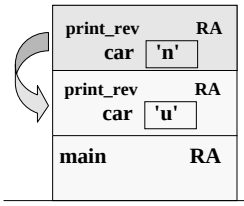





**Standard output:**
"o"

**Standard Input:**
"uno."

## Stack




**Codice**

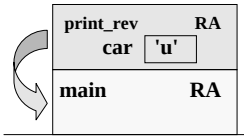
```
...
main(void)
{       ...
        print_rev(k);
}
void print_rev(char car);
{       if (car != '.')
        { ...
          print_rev(c);
          printf("%c", car);
        }
        else return;
}
```

**Standard output:**
"on"

**Standard Input:**
"uno."



## Stack




**Codice**

```
...
main(void)
{       ...
        print_rev(k);
}
void print_rev(char car);
{       if (car != '.')
        { ...
          print_rev(c);
          printf("%c", car);
        }
        else return;
}
```

**Standard output:**
"onu"

**Standard Input:**
"uno."



## Stack


**Codice**

```
...
main(void)
{       ...
        print_rev(k);
}
void print_rev(char car);
{       if (car != '.')
        { ...
          print_rev(c);
          printf("%c", car);
        }
        else return;
}
```

**Standard output:**
"onu"

**Standard Input:**
"uno."