Funzioni e Sottoprogrammi

Informatica A AA 2023 / 2024

Giacomo Boracchi

20 Ottobre 2023

giacomo.boracchi@polimi.it

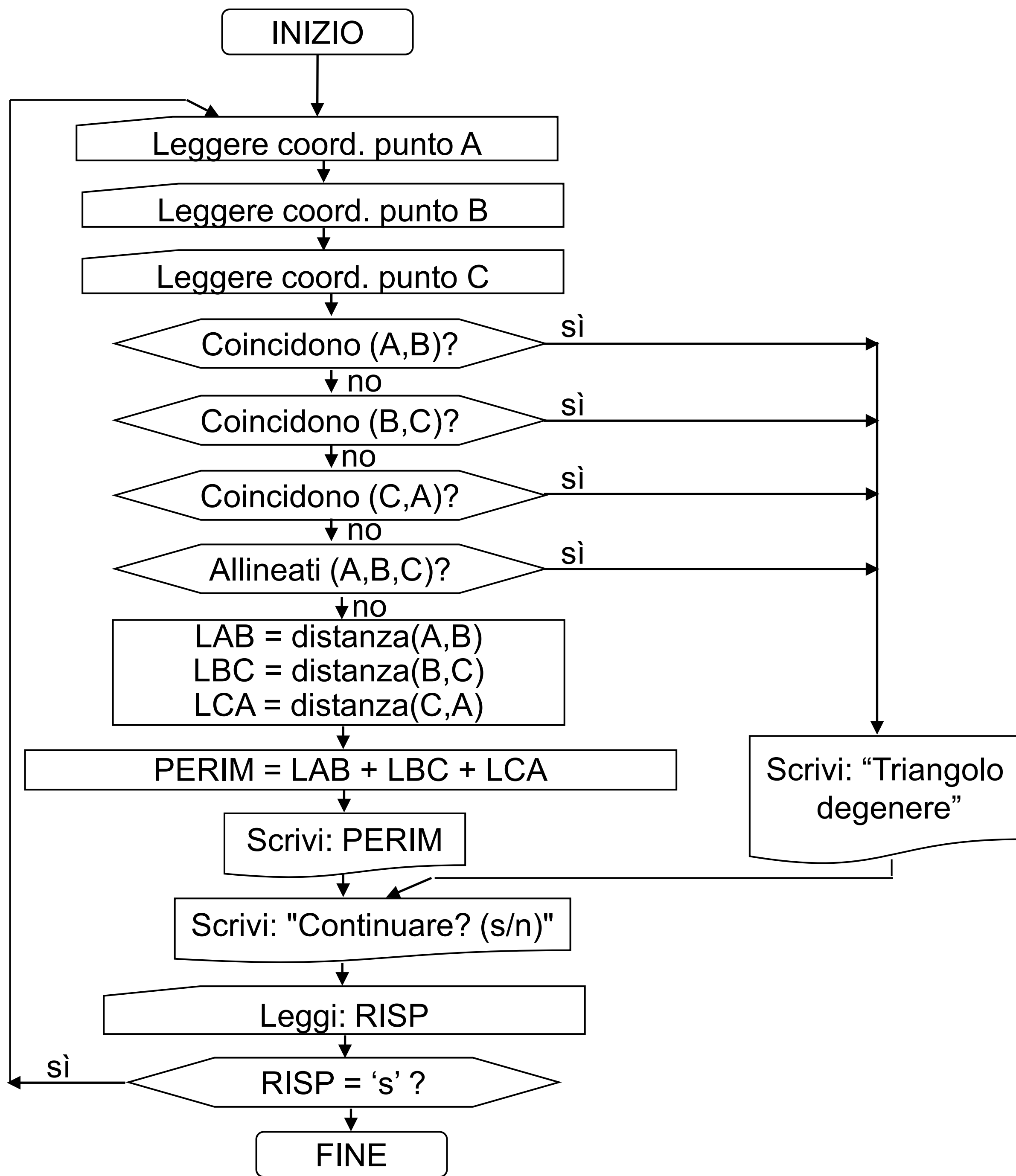
Slide credits Prof. Alessandro Campi

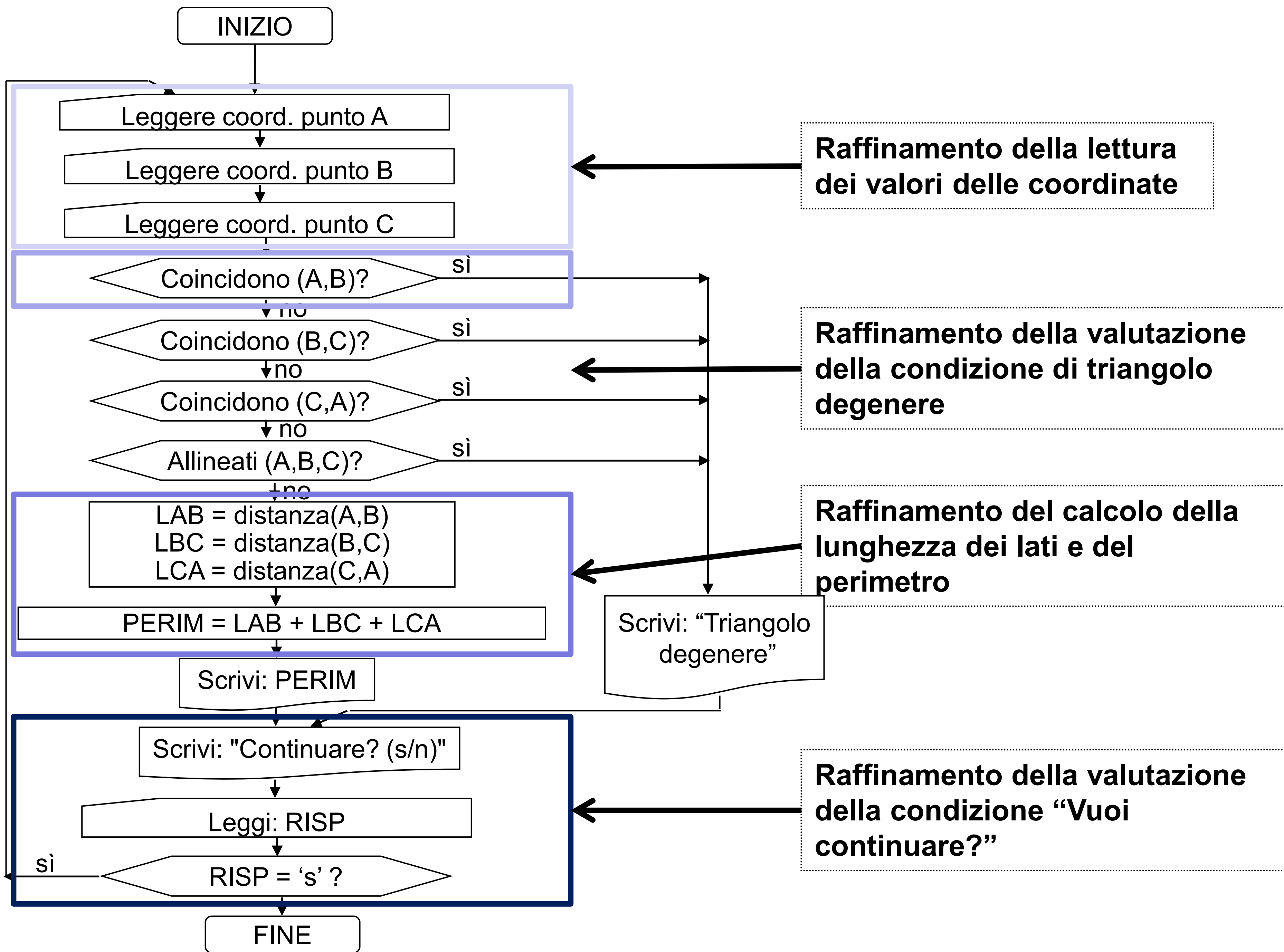
Funzioni

Perché le funzioni?

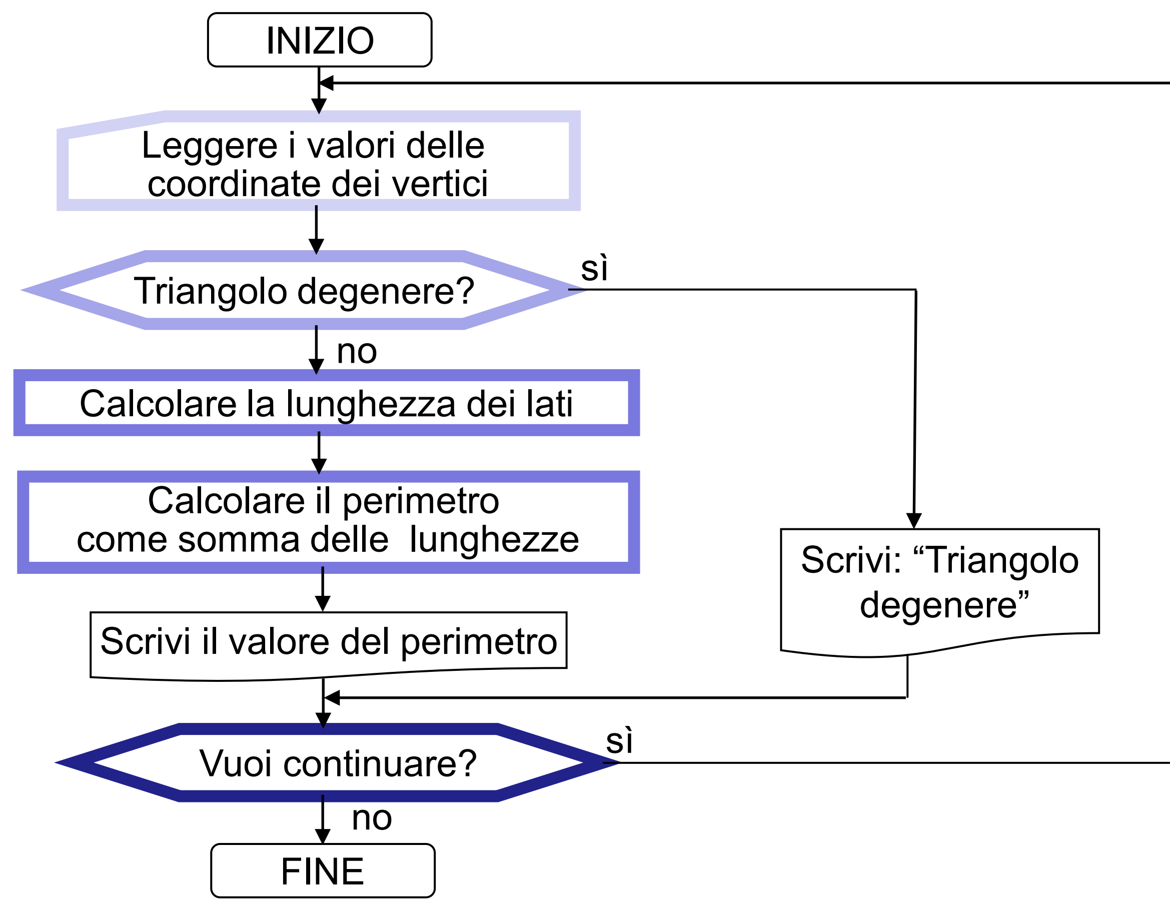
Problema

Date le coordinate di tre punti, riconoscere se sono i vertici di un triangolo non degenere, e nel caso calcolarne il perimetro


INIZIO
Leggere coord. punto A
Leggere coord. punto B
Leggere coord. punto C
Coincidono (A,B)?
sì
no
Coincidono (B,C)?
sì
no
Coincidono (C,A)?
sì
no
Allineati (A,B,C)?
sì
no
LAB = distanza(A,B)
LBC = distanza(B,C)
LCA = distanza(C,A)
PERIM = LAB + LBC + LCA
Scrivi: PERIM
Scrivi: “Triangolo degenere”
Scrivi: "Continuare? (s/n)"
Leggi: RISP
RISP = ‘s’ ?
sì
FINE


INIZIO
Leggere coord. punto A
Leggere coord. punto B
Leggere coord. punto C
Coincidono (A,B)?
sì
no
Coincidono (B,C)?
sì
no
Coincidono (C,A)?
sì
no
Allineati (A,B,C)?
sì
no
LAB = distanza(A,B)
LBC = distanza(B,C)
LCA = distanza(C,A)
PERIM = LAB + LBC + LCA
Scrivi: "Triangolo degenere"
Scrivi: PERIM
Scrivi: "Continuare? (s/n)"
Leggi: RISP
RISP = 's' ?
sì
FINE
Raffinamento della lettura dei valori delle coordinate
Raffinamento della valutazione della condizione di triangolo degenere
Raffinamento del calcolo della lunghezza dei lati e del perimetro
Raffinamento della valutazione della condizione "Vuoi continuare?"

Così è più facile da leggere e da interpretare



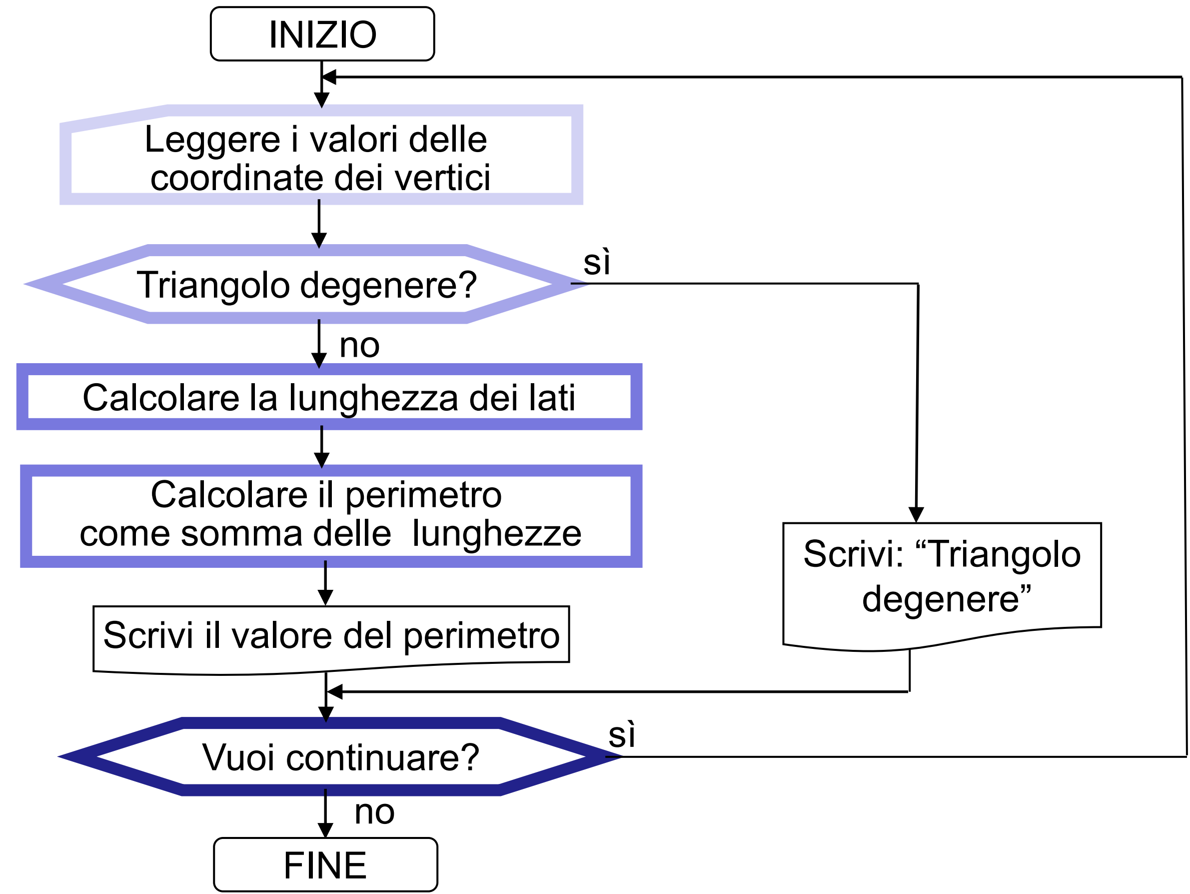
Sostituzione dei Blocchi

In un diagramma di flusso è possibile **sostituire dei blocchi che svolgono funzioni a basso livello con altri blocchi più ad «alto livello». E viceversa** ovviamente.

La sostituzione avviene **collegando le frecce del flusso** in ingresso ed in uscita.

I **blocchi ad alto livello** rendono l'algoritmo **più comprensibile**.

In C, i blocchi ad alto livello sono le funzioni.



Problema

Abbiamo visto **sequenze di istruzioni che risolvono particolari "sottoproblemi"**: controllo della primalità di un numero, confronto di stringhe, etc.

È possibile **riutilizzare** queste sequenze?

È possibile **consentire ad altri di riutilizzare** queste sequenze?

È possibile **dare a queste sequenze un nome** che ne indichi la funzionalità?

È possibile "svincolare"

- lo sviluppo delle soluzioni ai sottoproblemi
- Lo sviluppo di una soluzione "complessa"?

Se fosse possibile…

…fare queste cose, i vantaggi sarebbero molti:

Potendo **riutilizzare** facilmente le sequenze, **aumenterebbe la produttività** (potremmo scrivere più codice in meno tempo)

Potremmo consentire ad altri di aumentare la loro produttività

Potremmo rendere il codice **più leggibile**

Potremmo “**spezzare**” la risoluzione di un problema in **sottoproblemi**

Le funzioni

Il C offre, in risposta a queste esigenze, lo strumento delle **funzioni**

In C, una funzione è **una sequenza di comandi che**:

- **ha un nome**
- **può essere invocata** (cioè può esserne richiesta l'esecuzione)
- può **ricevere dei parametri** che ne influenzano l'esecuzione
- **produce un valore** risultato

Motivazioni

Modularità nello sviluppo del codice

- Affrontare il problema per ***raffinamenti successivi***

Riusabilità

- Scrivere una sola volta il codice e usarlo più volte
- Esempio: un algoritmo di ordinamento

Astrazione

- Esprimere in modo sintetico operazioni complesse
- Definire operazioni specifiche dei tipi di dato definiti dal programmatore
  - Esempio: calcolo "*totale + iva*" di un ordine
  - **punti, segmenti, poligoni, numeri complessi**

Sulla necessità dei sottoprogrammi

I sottoprogrammi consentono di **scomporre** *problemi complessi in moduli più semplici, sfruttabili poi, anche singolarmente, per la risoluzione di* **problemi diversi**.

Se strutturati nel modo corretto, **nascondono** *al resto del programma dettagli implementativi che non è necessario che esso conosca; in tal modo rendono* **più chiaro** *il programma nel suo complesso, e assai* **più facile** *la sua manutenzione [… o la sua scrittura corretta! NdA].*

B. W. Kernighan
D. M. Ritchie

Dennis Ritchie

From Wikipedia, the free encyclopedia

Dennis MacAlistair Ritchie (September 9, 1941 – October 12, 2011),[1][2][3][4] commonly known by his username **dmr**, was an American computer scientist who "helped shape the digital era."[1] He created the C programming language and, with long-time colleague, Ken Thompson, the UNIX operating system.[1] Ritchie and Thompson received the Turing Award from the ACM in 1983, the Hamming Medal from the IEEE in 1990 and the National Medal of Technology from President Clinton in 1999. Ritchie was the head of Lucent Technologies System Software Research Department when he retired in 2007.

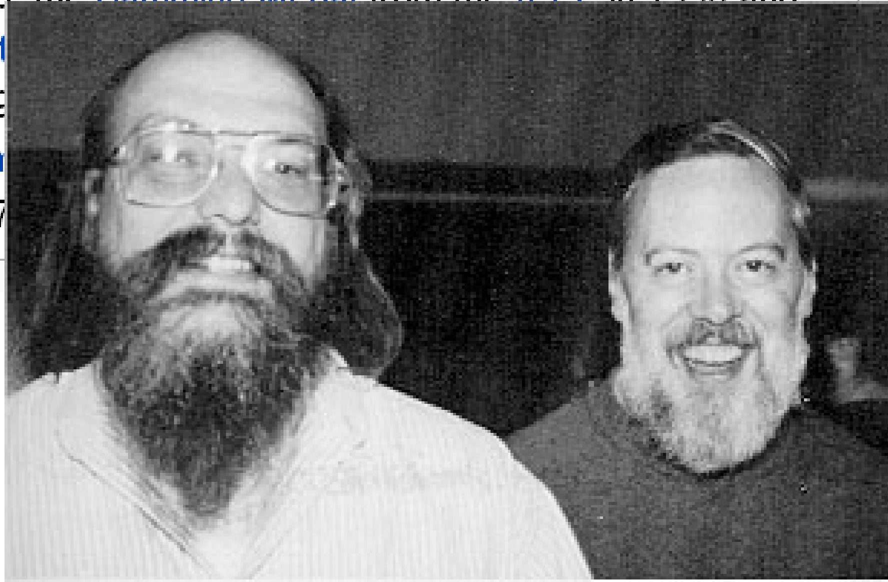
Dennis MacAlistair Ritchie

Dennis Ritchie, 1999

Dennis Ritchie

From Wikipedia, the free encyclopedia

Dennis MacAlistair Ritchie (September 9, 1941 – October 12, 2011),[1][2][3][4] commonly known by his username `dmr`, was an American computer scientist who "helped shape the digital era."[1] He created the C programming language and, with long-time colleague, Ken Thompson, the UNIX operating system.[1] Ritchie and Thompson received the Turing Award from the ACM in 1983, the Hamming Medal from the IEEE in 1990 and the Nat
in 1999
System
in 2007



B. W. Kernighan D. M. Ritchie

Dennis MacAlistair Ritchie

Dennis Ritchie, 1999

Dennis Ritchie

From Wikipedia, the free encyclopedia

Dennis MacAlistair Ritchie (September 9, 1941 – October 12, 2011),[1][2][3][4] commonly known by his

Dennis MacAlistair Ritchie

chie, 1999

Isaac Newton once said he stood on the shoulders of giants. Dennis Ritchie was a giant whose shoulders people like Steve Jobs stood on.

Esempio…

```
#include <stdio.h>
int main() {
    char scelta;
    int valore,risultato;
    while(1) {/* menu */
        printf("Premere A per inserire un num tra 0 e 10 e calcolarne il cubo\n");
        printf("Premere B per inserire un num tra 11 e 20 e calcolarne il quadrato\n");
        printf("Premere C per inserire un num tra 21 e 30 e calcolarne il doppio\n");
        printf("Premere Q per uscire\n\n");
        scanf(" %c",&scelta);
        switch(scelta) {
                case 'a':;
                case 'A':
                        printf("Inserisci valore\n");
                        scanf("%d",&valore);
                        risultato=valore*valore*valore;
                        printf("risultato=%d\n\n",risultato);
                        break;
```

```
            case 'b':;
            case 'B':
                        printf("Inserisci valore\n");
                        scanf("%d",&valore);
                        risultato=valore*valore;
                        printf("risultato=%d\n\n",risultato);
                        break;
            case 'c':;
            case 'C':
                        printf("Inserisci valore\n");
                        scanf("%d",&valore);
                        risultato=valore*2;
                        printf("risultato=%d\n\n",risultato);
                        break;
          case 'q':;
          case 'Q':
                      return 0;
      }
   }
}
```

Miglioriamo…

```
#include <stdio.h>
void menu();
int main() {
    char scelta;
    int valore,risultato;
        while(1) {
        menu();
        scanf("%c",&scelta);
…………………………………………….
…………………………………………….
}
void menu() {
    printf("Premere A per inserire un num tra 0 e 10 e calcolarne il cubo\n");
    printf("Premere B per inserire un num tra 11 e 20 e calcolarne il quadrato\n");
    printf("Premere C per inserire un num tra 21 e 30 e calcolarne il doppio\n");
    printf("Premere Q per uscire\n\n");
}
```

Ancora…

```
char menu();
int main() {
    char scelta;
    int valore,risultato;

    while(1) {
    scelta=menu();
........................
........................
}
```

```
char menu() {
    char ch;
    printf("Premere A per un num tra 0 e 10 e calcolarne il cubo\n");
    printf("Premere B per un num tra 11 e 20 e calcolarne il quadrato\n");
    printf("Premere C per un num tra 21 e 30 e calcolarne il doppio\n");
    printf("Premere Q per uscire\n\n");

    scanf(" %c",&ch);
    return ch;
}
```

Altro miglioramento…

```
char menu();
int leggi();
int main() {
    char scelta; int valore, risultato;
    while(1) {
    scelta = menu();
    switch(scelta){
    case 'a': case 'A':
                valore=leggi();
                risultato=valore*valore*valore;
                printf("risultato=%d\n\n",risultato);
                break;
……………………….
……………………….
  }
}
```

```
int leggi() {
    int v;
    printf("Inserisci valore\n");
    scanf("%d",&v);
    return v;
}
```

E i limiti?

```
int leggi(int min,int max) {
    int v;
    int ok=0;

    while(!ok) {
        printf("Inserisci valore\n");
        scanf("%d",&v);
        if(v>=min && v<=max)
                ok=1;
    }

    return v;
}
```

```
char menu();
int leggi(int min,int max);

int main() {
        char scelta;
        int valore,risultato;
        while(1) {
                scelta=menu();
                switch(scelta){
                        case 'a‘: case 'A':
                                valore=leggi(0,10);
                                risultato=valore*valore*valore;
                                printf("risultato=%d\n\n",risultato);
                                break;
                        case 'b‘:  case 'B':
                                valore=leggi(11,20);
                                risultato=valore*valore;
                                printf("risultato=%d\n\n",risultato);
                                break;
```

Come si usano le funzioni in C?

… un po’ di sintassi

Definizione di funzioni

```
<tipo restituito> <nome funzione>(<lista argomenti input>) {
          <variabili locali>
          <corpo della funzione>
}
```

All’interno delle funzioni, l’istruzione ***return*** consente di ***restituire*** **un solo valore**

Il valore restituito deve essere di *‹tipo restituito›*

‹lista degli argomenti› è una **sequenza di coppie**: tipo, nomeVariabile

Esempio: cosa fa?

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int i,n;
    int primo;

    for (i=1;i<=100;i++)
    {
        primo=1;
        for (n=2;n<=i/2 && primo==1;n++)
            if ((i%n)==0)
                primo=0;
        if (primo==1)
            printf("%d\n",i);
    }
}
```

Esempio

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int i,n;
    int primo;

    for (i=1;i<=100;i++)
    {
        primo=1;
        for (n=2;n<=i/2 && primo==1;n++)
            if ((i%n)==0)
                primo=0;
        if (primo==1)
            printf("%d\n",i);
    }
}
```

La porzione di codice evidenziata calcola se il valore della variabile **i** è un numero primo

Il valore su cui ‘lavora’ è il valore della variabile **i**

Il suo ‘risultato’ è il valore della variabile **primo**

Definizione della funzione verifica_primo

```
int verifica_primo(int numero){
    int primo=1, n;

    for (n=2;n<=numero/2 && primo==1;n++)
        if ((numero%n)==0)
            primo=0;

    return primo;
}
```

Valore restituito

Esempio

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int i,n;
    int primo;

    for (i=1;i<=100;i++){
        primo=verifica_primo(i);
        if (primo==1)
            printf("%d\n",i);
    }
}
```

Invocazione della funzione

Invocazione di una funzione: sintassi

Una funzione può essere vista come un'*espressione*, che può essere *valutata* (es: possiamo immaginare l'invocazione **somma(a,b)** equivalente ad **a+b**)

Quando, nell'esecuzione del codice, è necessario **'valutare' un'espressione-funzione**, la funzione viene ***invocata***

La sintassi per la formulazione di una espressione-funzione è semplicemente:

```
<nome funzione>(<lista argomenti>),
```

dove **<lista argomenti>** è una **lista di espressioni** (variabili, costanti, invocazione di funzioni) di tipo corrispondente a quelle della definizione

Semantica dell'invocazione

Quando una funzione viene invocata:

1. Le **espressioni** che ne costituiscono gli argomenti vengono **valutate**, e il valore reso disponibile alla funzione
2. La **funzione viene eseguita**, fino a quando non viene incontrato un comando **`return`**
3. Il **"valore" dell'espressione-funzione è il valore dell'argomento** del **`return`** che ha causato la terminazione

Esempio

```
int verifica_primo(int numero);

int main(){
    int i;

    for (i=1;i<=100;i++){
        if (verifica_primo(i)==1)
            printf("%d\n",i);
    }
    return 0;
}
```

Esempio

```
int verifica_primo(int numero);

int main(){
    int i;

    for (i=1;i<=100;i++){
        if (verifica_primo(i)==1)
            printf("%d\n",i);
    }
    return 0;
}
```

Programma identico al precedente perché l'argomento dell'espressione non cambia

Esempio

La funzione **`controllaSePrimo`** può essere utilizzata anche in altri codici, come nell'esempio che segue

```c
#include <stdio.h>
#define L 10
int main()
{
    int i, n, j=0, flag, vet[L], pri[L];
    for(i = 0; i <L; i++){
        printf("\ninserire vet[%d]:", i);
        scanf("%d", &vet[i]);}

    for(i = 0; i < L; i++){
        flag=1;
        for(n=2;n<= vet[i]/2 && flag==1;n++)
            if((i%n)==0)
                flag=0;

        if(flag==1){
            pri[j] = vet[i];
            j++;
        }
    }
    printf("\n[");
    for(i = 0; i<j; i++)
        printf("%d, ",pri[i]);
    printf("]");

    return 0;
}
```

```
int controllaSePrimo(int num)
{
    int n, flag;

    flag=1;
    for(n=2; n<= num/2 && flag==1;n++)
        if((num%n)==0)
            flag=0;
    return flag;
}
```

```c
int main()
{
    int i, j=0, flag, vet[L], pri[L];

    for(i = 0; i <L; i++){
        printf("\ninserire vet[%d]:", i);
        scanf("%d", &vet[i]);}

    for(i = 0; i <L; i++){
        if(controllaSePrimo(vet[i])){
            pri[j] = vet[i];
            j++;
        }
    }

    printf("\n[");
    for(i = 0; i<j; i++)
        printf("%d, ",pri[i]);
    printf("]");

    return 0;
}
```

Maggior leggibilità

Quasi tutti i linguaggi di programmazione hanno una nozione di sottoprogramma

Esistono sottoprogrammi che restituiscono valori e **sottoprogrammi che non lo fanno**

Esempio:

```
double power (double val, int pow) {
      double ret_val = 1.0;
      int i;

      for (i = 0; i < pow; i++)
            ret_val = ret_val * val;

      return ret_val;
}
```

Valori restituiti

"Chiamata" al sottoprogramma precedente:

```
result = power (valore, esponente);
```

Il C suppone che tutti i sottoprogrammi restituiscano un valore. Se non si vuole che ciò accada, occorre segnalarlo

Un esempio di **sottoprogramma** che non restituisce valori:

```
void error_line (int line) {
    printf ("Errore alla linea %d\n", line);
}
```

Il sottoprogramma viene chiamato come segue:

```
error_line (line_number);
```

Funzioni e Procedure

In linguaggio informatico:

- I sottoprogrammi che restituiscono valori vengono chiamati **funzioni**
- I sottoprogrammi che non restituiscono valori vengono chiamati **procedure**

In C vengono chiamati tutti funzioni

Struttura di un programma con le funzioni

```
#include <stdio.h>

int power(int base, int n);

int main() {
      int i;
      for (i=0; i<10; i++)
           printf("%d %d %d\n", i, power(2,i), power(3,i));
      return 0;
}
int power(int base, int n) {    /*base elevata a n*/
      int i, p=1;
      for(i=1; i<=n; i++)
            p=p*base;
      return p;
}
```

Dichiarazione della funzione / prototipo

chiamate di funzione

definizione di funzione

Definizione di variabili locali alla funzione

Struttura di una funzione

```
int power(int base, int n) {
      int i, p=1;
      for(i=1; i<=n; i++)
            p=p*base;
      return p;
}
```

Function **header** (testata):

- **tipo del risultato** (codominio della funzione)
- **identificatore del sottoprogramma** (nome della funzione)
- elenco delle dichiarazioni **dei parametri formali** in ingresso
  - sono **gli argomenti (il dominio) della funzione**, e ricevono un valore nel momento in cui la funzione viene attivata

Parentesi graffe che racchiudono:

- **Parte dichiarativa** locale.
- **Corpo della funzione**

```
double power (double val, int pow) {
  double ret_val = 1.0;
  int i;
  for (i = 0; i < pow; i++)
      ret_val = ret_val * val;
  return (ret_val);
}
```

Invocazione di una funzione in C

Ricordiamo:

```
result = power(valore, esponente);
```

- Identificatore della funzione
- Lista dei **parametri attuali** tra parentesi
  - parametri attuali: **valori degli argomenti** ai quali viene applicata la funzione
  - ogni **parametro attuale viene valutato come un'espressione** e può contenere altre chiamate di funzione
- Sintatticamente la chiamata è un'espressione

Corrispondenza posizionale

- al primo corrisponde il primo, al secondo il secondo, e così via ...

Parametri formali e attuali

Nella **definizione** della funzione si **dà un nome ai parametri formali** che la funzione riceve in ingresso

- In quel momento non vi è associato alcun valore

```
float power (float v, int e) { ... corpo ... }
```

Al momento della sua **invocazione** (chiamata) si definisce **il valore di ogni parametro attuale** corrispondente ad un'*espressione*

- Ogni espressione viene valutata e ha un tipo e un valore

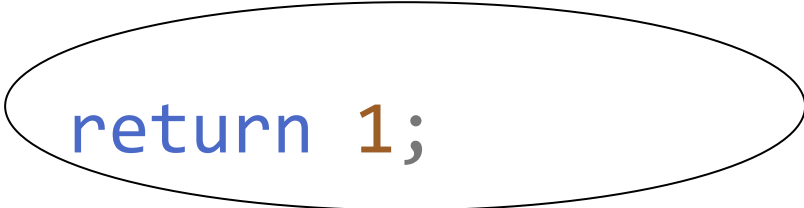
```
result = power ((strlen(s)-3)*val), 2);
result = power ((power(6,9)-3)*val), 2);
```

La corrispondenza tra parametri formali e attuali è posizionale

- Al primo corrisponde il primo, al secondo il secondo...
- I tipi devono corrispondere (eventualmente c'è cast implicito)

Definizione della funzione verifica_primo

```
int verifica_primo(int numero){
    int n;

    for (n=2;n<=numero/2 ;n++)
        if ((numero%n)==0)
                return 0;

    return 1;
}
```



Valore di ritorno

Return

```
return espressione;
```

- Il valore dell'invocazione diventa il valore che segue ***return***
- Termina l'esecuzione del sottoprogramma, il **controllo torna al programma chiamante**
- Visto dal programma chiamante, **il valore restituito è il valore dell'espressione** dell'invocazione

In un sottoprogramma possono esserci **nessuna o più istruzioni di *return***

- Ovviamente a ogni chiamata **se ne esegue al massimo una**

Le variabili dichiarate localmente "muoiono" all'uscita dal sottoprogramma

Void: funzioni senza return

Se l'istruzione *return* è assente, il sottoprogramma termina quando arriva alla } finale

Il **tipo speciale *void*** viene usato per indicare il caso di assenza di valori di uscita o di parametri.

Esempio:

```
void menu() {
    printf("Premere A per inserire un num tra 0 e 10 e calcolarne il cubo\n");
    printf("Premere B per inserire un num tra 11 e 20 e calcolarne il quadrato\n");
    printf("Premere C per inserire un num tra 21 e 30 e calcolarne il doppio\n");
    printf("Premere Q per uscire\n\n");
}
```

Funzioni e la memoria: le variabili nelle funzioni

Parametri Formali e Parametri Attuali

Definizioni:

- I **parametri formali** sono le variabili usate come **argomenti nella definizione** della funzione ed il **valore restituito con return**
- I **parametri attuali** sono le variabili (o i valori) usati come **argomenti** o per raccogliere il valore restituito **dalll'invocazione** della funzione

Tutti i parametri, in C, sono passati per ***COPIA***

Esempio di invocazione

```
somma = sommaDivisori(x);
```

Comporta un assegnamento del valore restituito da `sommaDivisori(x)` nella variabile `somma`

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un
intero (escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>


int sommaDivisori(int n);

int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);


    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, somma);
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Parametri Formali e Parametri Attuali

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un
intero (escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>


int sommaDivisori(int n);

int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);


    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, somma);
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

copiare il valore

param. formale input

param. attuali

Parametri Formali e Parametri Attuali

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un
intero (escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>


int sommaDivisori(int n);

int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);


    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, somma);
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Nel caso ci fossero più parametri

Parametri Formali e Parametri Attuali

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un
intero (escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>


int sommaDivisori(int n);

int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);


    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, somma);
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Parametro(i) attuali (i) (possono essere più di uno)

Parametro(i) formale(i) (possono essere più di uno)

Valore restituito dalla funzione

Assegnamento del valore restituito dalla funzione

Parametri Formali e Parametri Attuali

```
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un
intero (escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>


int sommaDivisori(int n);

int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);


    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, somma);
    return 0;
}
```

Passaggio **per copia:** all'invocazione, il valore di x viene copiato in n.
Il valore di s, al termine dell'esecuzione si sostituisce all'invocazione e viene assegnato a somma

```
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Parametri Formali e Parametri Attuali

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un intero (escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>

int sommaDivisori(int n);


int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);

    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, sommaDivisori(x));
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Il valore restituito potrebbe non venir raccolto da una variabile

Parametri Formali e Parametri Attuali

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un intero
(escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>

int sommaDivisori(int);
/* non è importante il nome della variabile inserito nel prototipo */
// int sommaDivisori(int x);
// int sommaDivisori(int n);
// int sommaDivisori(int y);

int main()
{
    int x, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &x);

    somma = sommaDivisori(x);

    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", x, sommaDivisori(x));
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Parametri Formali e Parametri Attuali

```c
// scrivere un programma calcola la somma dei divisori di un intero
(escluso l'intero stesso)
#include<stdio.h>

int sommaDivisori(int);
/* non è importante il nome della variabile inserito nel prototipo */
// int sommaDivisori(int x);
// int sommaDivisori(int n);
// int sommaDivisori(int y);

int main()
{
    int n, somma;
    printf("inserire x: ");
    scanf("%d", &n);

    somma = sommaDivisori(n);

    printf("\n la somma dei divisori di %d e' %d", n, sommaDivisori(n));
    return 0;
}
```

```c
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

Se nel main ci fosse n non ci sarebbero problemi, sarebbe distinta da n in sommaDivisori

Osservazioni:

- La variabile da restituire (s) va dichiarata
- Il parametro formale (n) NON va dichiarato, perché già viene definito. Dichiararlo nuovamente è un errore.
- All'interno del corpo di questa funzione ho visibilità solo delle variabili i,s (che sono state dichiarate) e n (parametro formale). Queste appartengono ad uno spazio di memoria separato (Record di Attivazione9 che viene distrutto terminata l'invocazione

```
int sommaDivisori(int n)
{
    int i, s = 0;
    // tra le variabili ho già n
    for(i = 1; i <= n/2; i++)
        if(n % i == 0)
            s = s + i;

    return s;
}
```

```
#include <stdio.h>

int power(int, int);

int main() {
        int i;
        for (i=0; i<10; i++)
            printf("%d %d %d\n", i, power(2,i), power(3,i));
        return 0;
}

int power( int base, int n ) {     /* base intera elevata a n
intero */
        int i, p=1;
        for(i=1; i<=n; i++ )
                p*=base;
        return p;
}
```

Omonimia di variabili: la variabile `i`

```
#include <stdio.h>

int power(int, int);

int main() {
      int i;
      for (i=0; i<10; i++)
         printf("%d %d %d\n", i, power(2,i), power(3,i));
      return 0;
}

int power( int base, int n ) {    /* base intera elevata a n
intero */
      int i, p=1;
      for(i=1; i<=n; i++ )
            p*=base;
      return p;
}
```

La variabile i locale alla funzione power non ha alcun rapporto con quella locale alla funzione main
L'omonimia era casuale, possiamo rinominare una delle due variabili per enfatizzarne la totale indipendenza

Omonimia di variabili: la variabile `i`

```
#include <stdio.h>

int power(int, int);

int main() {
	int i;
	for (i=0; i<10; i++)
	   printf("%d %d %d\n", i, power(2,i), power(3,i));
	return 0;
}

int power( int base, int n ) {     /* base intera elevata a n
intero */
	int contatore, p=1;
	for(contatore=1; contatore <=n; contatore++ )
		p*=base;
	return p;
}
```

La variabile i locale alla funzione power non ha alcun rapporto con quella locale alla funzione main
L'omonimia era casuale, possiamo rinominare una delle due variabili per enfatizzarne la totale indipendenza

Variabili Locali e Globali

Ogni **sottoprogramma può usare**

- **solo le variabili dichiarate al suo interno**
- **I parametri formali (che vengono già inizializzati all'invocazione)**

Le **variabili locali nascono e muoiono con la vita del sottoprogramma** (lifetime)

- Dal momento in cui avviene il trasferimento del controllo al momento in cui il controllo è restituito al modulo "chiamante"

Variabili non dichiarate all'interno di un sottoprogramma si possono usare solo **se passate come argomenti**

Gestione Della Memoria

Funzioni: modello di esecuzione

Immaginiamo che esista **una macchina dedicata** a eseguire il programma **main()**

Immaginiamo che sia **creata** una nuova macchina dedicata, all'atto della **chiamata** di ogni funzione

Le macchine dedicate hanno una loro **memoria**

- per le variabili locali,
- per i valori dei parametri che ricevono, e
- per il risultato che eventualmente restituiscono

Tale memoria è anche detta ***ambiente*** della funzione

Vediamo come UNA SOLA MACCHINA può simulare questo modello di esecuzione

Riassumendo

Per ogni chiamata

- si crea ***virtualmente*** una macchina dedicata

Al termine del sottoprogramma

- la macchina dedicata viene ***virtualmente*** distrutta

Vediamo come queste "creazioni / distruzioni" sono ottenute, in pratica, nell'implementazione del linguaggio (simulazione delle "macchine virtuali dedicate")

Chiamata a sottoprogramma

In seguito a una chiamata a sottoprogramma, il programma in corso viene sospeso e il controllo passa al sottoprogramma

Al livello della macchina C:

- Salvataggio del program counter (PC) e del **contesto** del programma chiamante
- Assegnazione al PC dell'indirizzo del sottoprogramma
- Esecuzione del sottoprogramma
- Ritorno al programma chiamante con ripristino del suo **contesto**

Record di attivazione

Ogni sottoprogramma (incluso il main) ha associato un **record di attivazione.** Contiene:

- tutti i dati relativi all'ambiente locale del sottoprogramma
- l'indirizzo di ritorno nel programma chiamante
- altri dati utili

Per ogni attivazione di sottoprogramma si crea un nuovo record di attivazione

Perché è necessario?

In generale, una funzione può essere chiamata un numero imprecisato di volte

Ogni chiamata a procedura richiede allocazione di spazio di memoria per le sue variabili locali

- Il compilatore potrebbe "preparare" un ambiente per l'esecuzione di ogni funzione? In generale no...

Vi sono procedure che richiamano se stesse (vedremo: ricorsione)

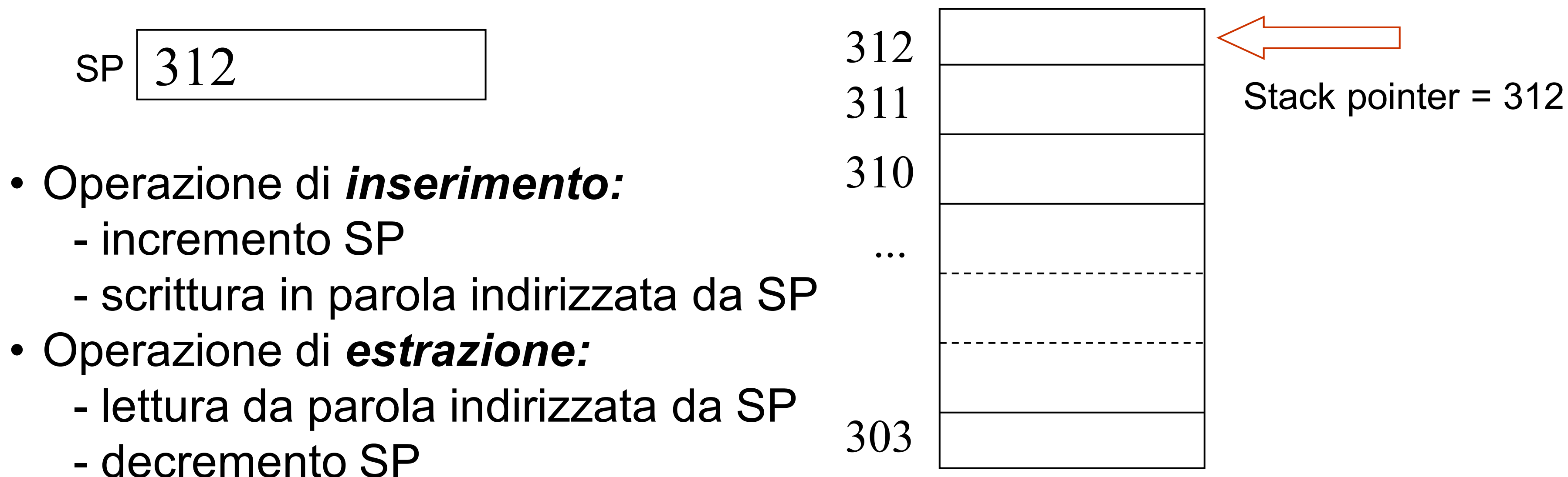
- **Possono esistere più "istanze" di una funzione, "addormentate" in attesa della terminazione di una "gemella" per riprendere l'esecuzione**

In questo ultimo caso il compilatore non può sapere quanto spazio allocare per le variabili del programma (negli ambienti che corrispondono alle varie invocazioni)

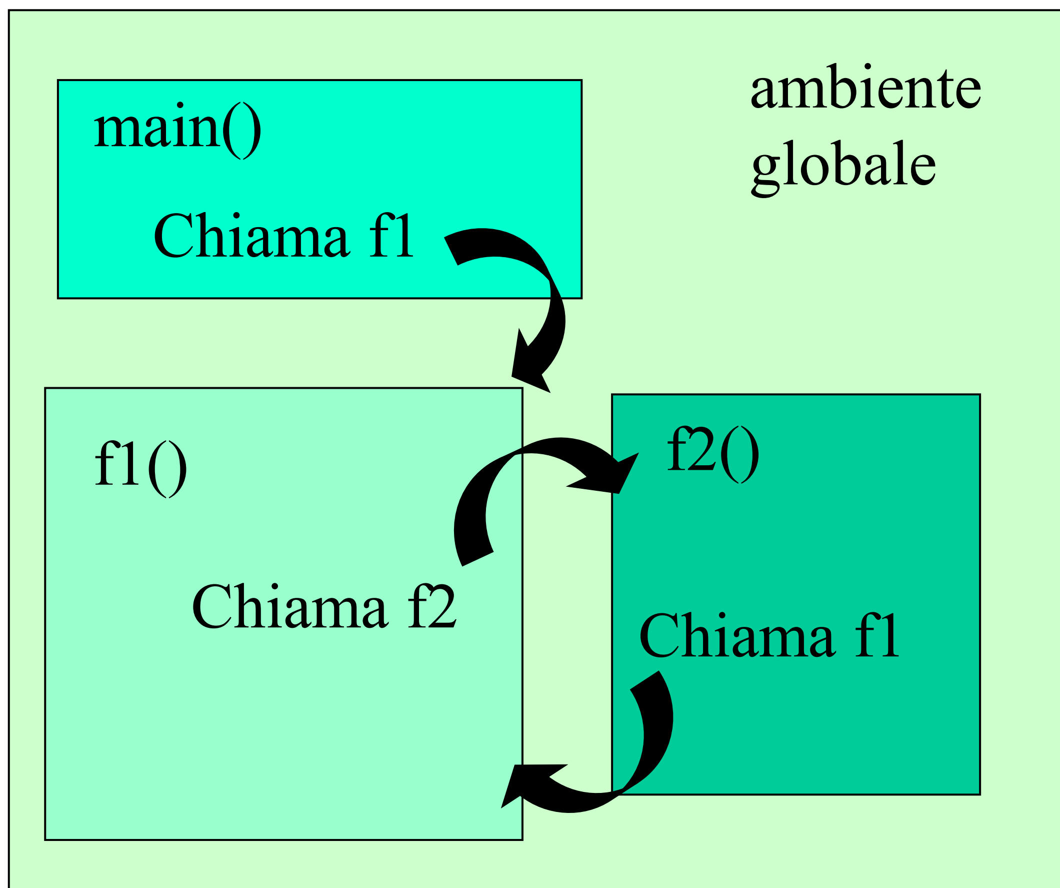
La pila (stack) di sistema

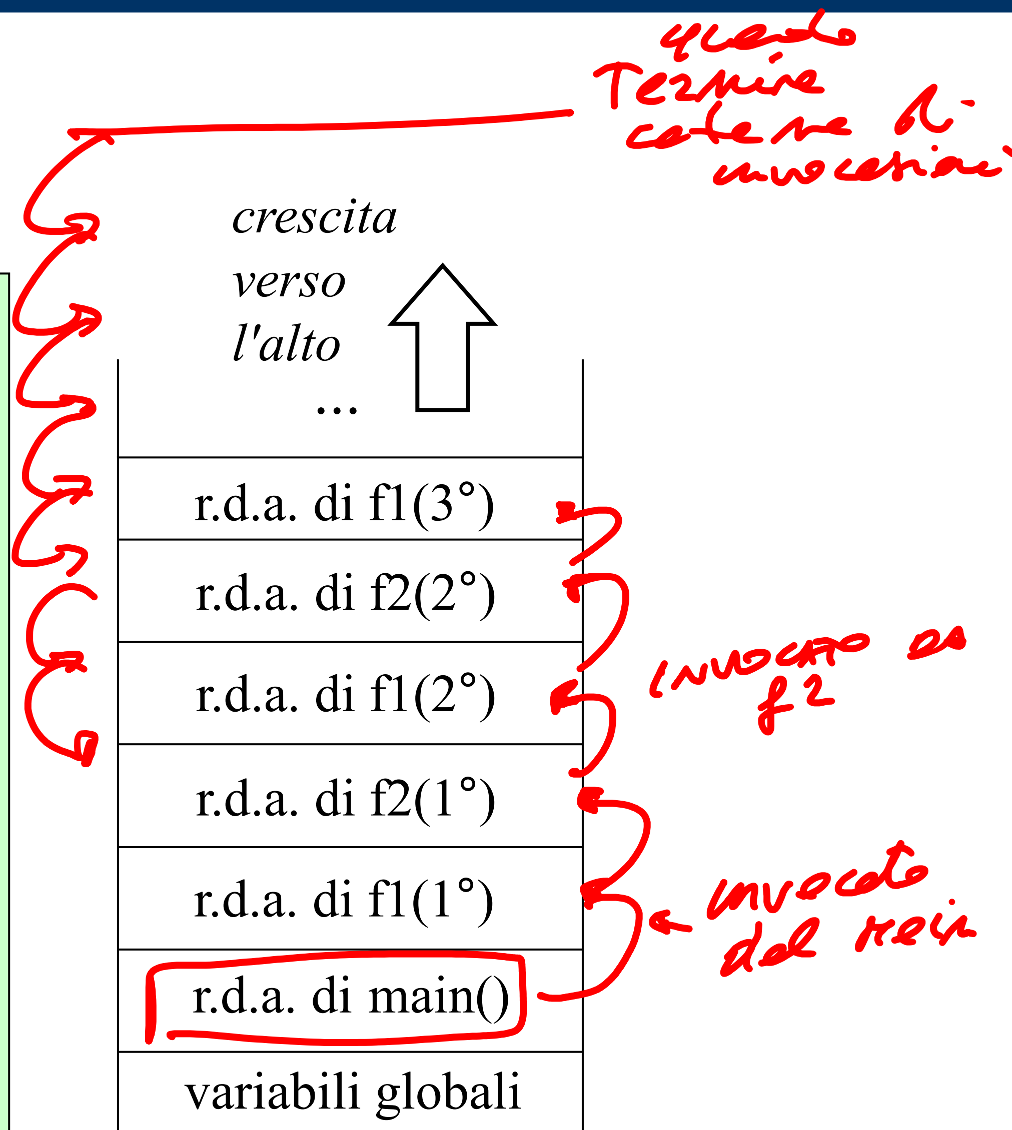
Una porzione della memoria di lavoro, chiamata **stack** (***pila***)**:** modalità **LIFO** (Last in First Out) permette al sistema operativo di gestire i processi e di eseguire le chiamate a sottoprogramma

Lo Stack Pointer (puntat. alla pila) è un registro che contiene **l'indirizzo della parola di memoria da leggere nello stack**



Esempio



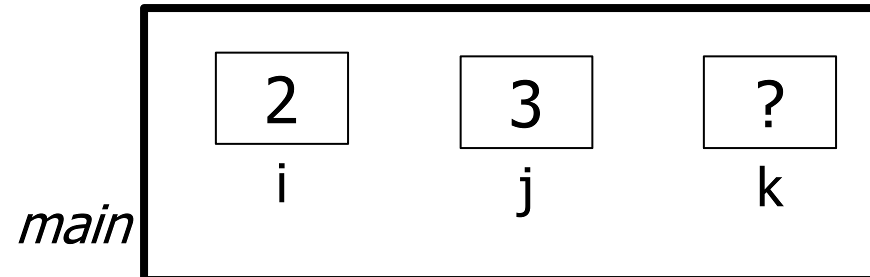


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

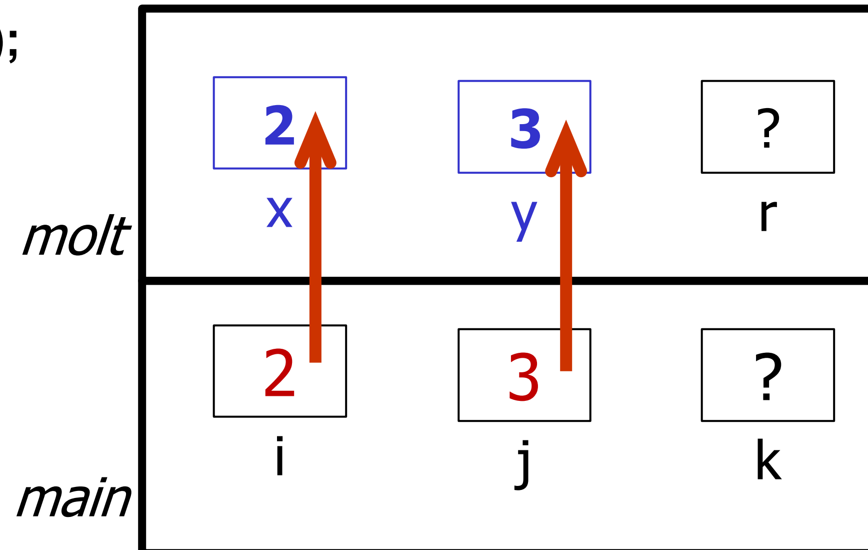
```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```



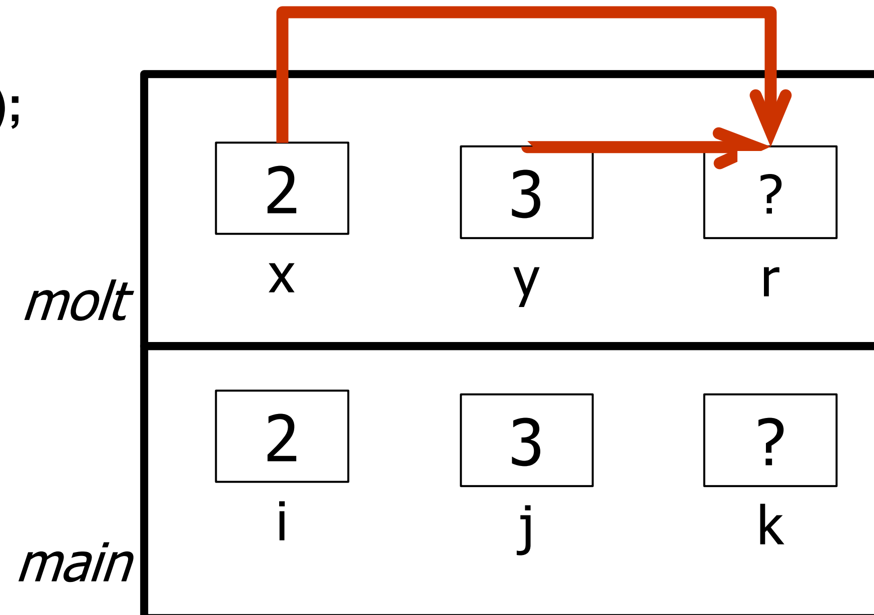
Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}

int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}

int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica( i, j );
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```



Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}

int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}

int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

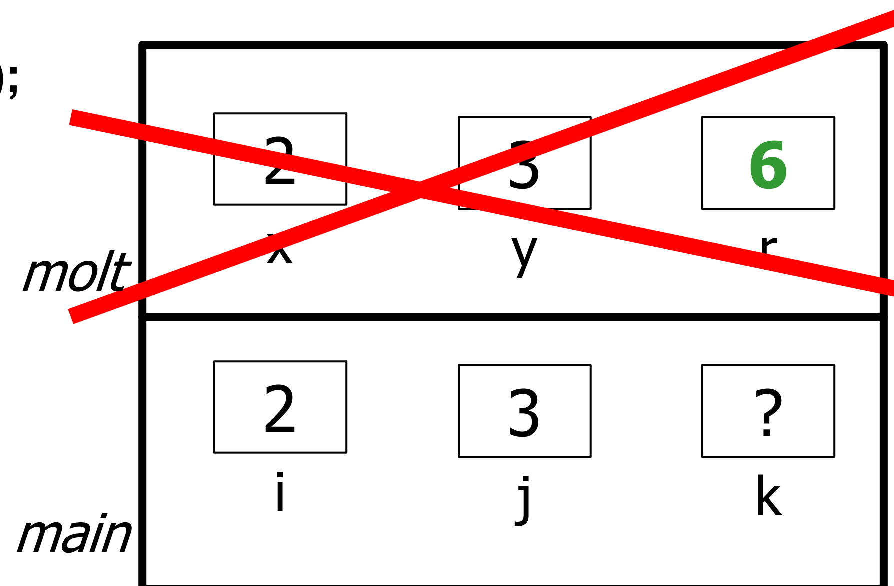


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

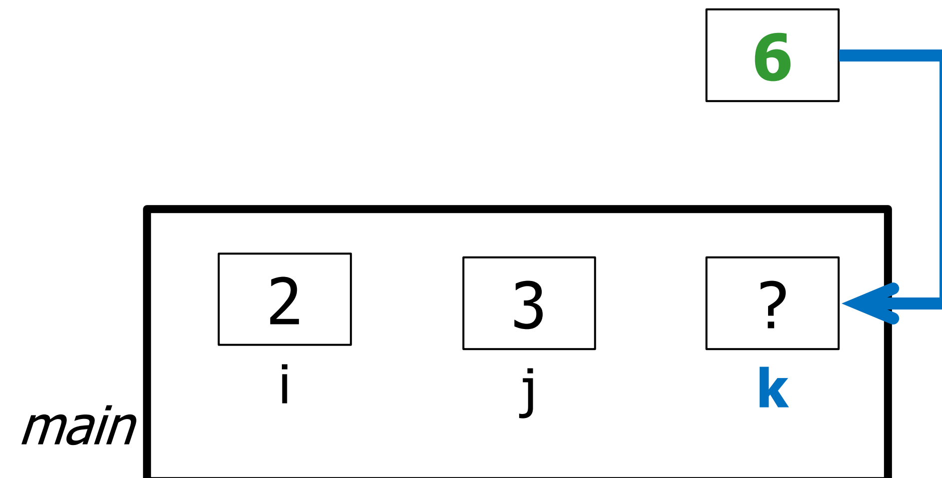


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

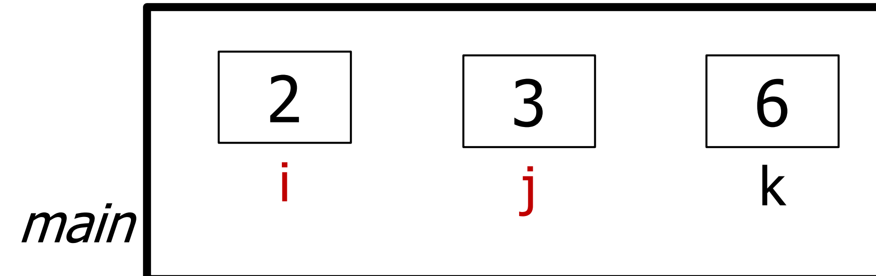


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k = power( i, j );
    return 0;
}
```

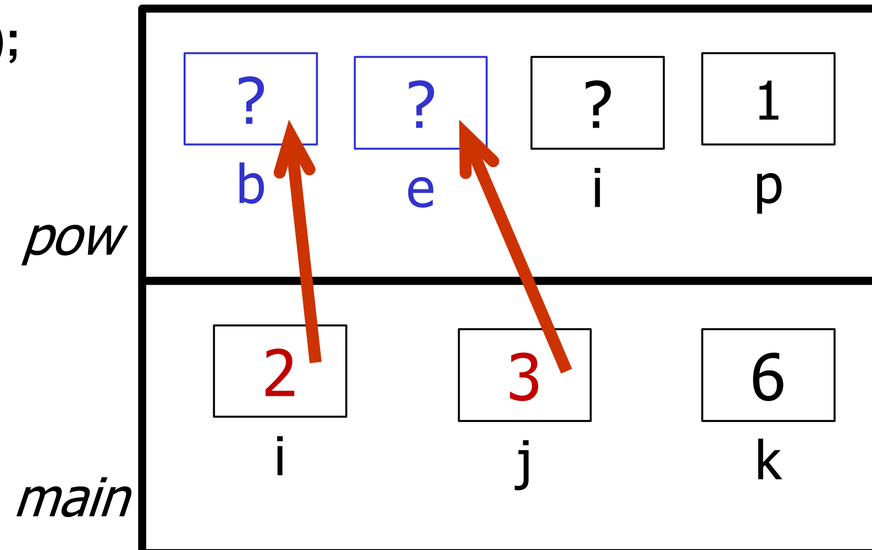


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k = power( i, j );
    return 0;
}
```

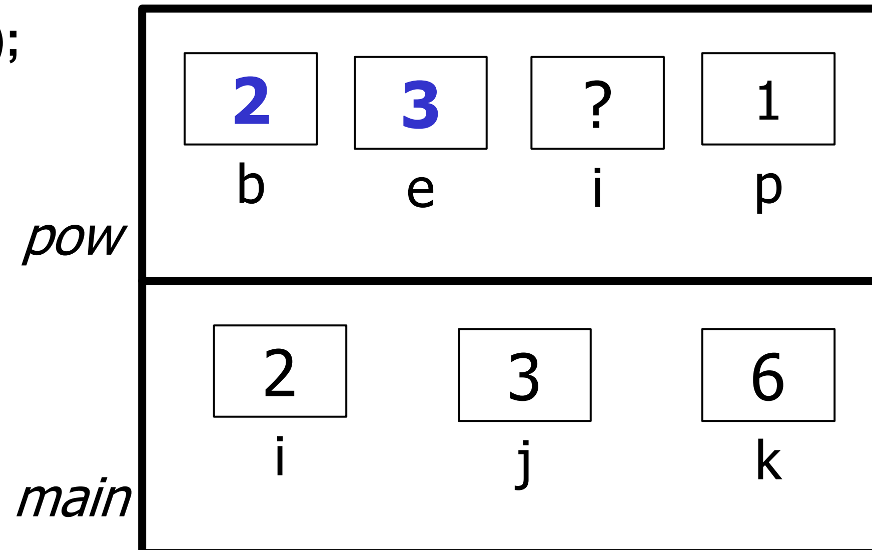


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k = power( i, j );
    return 0;
}
```

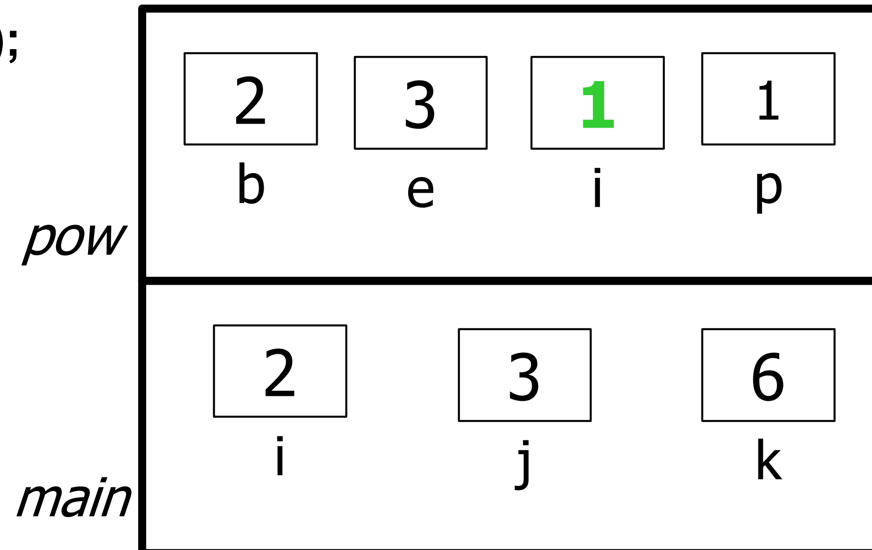


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

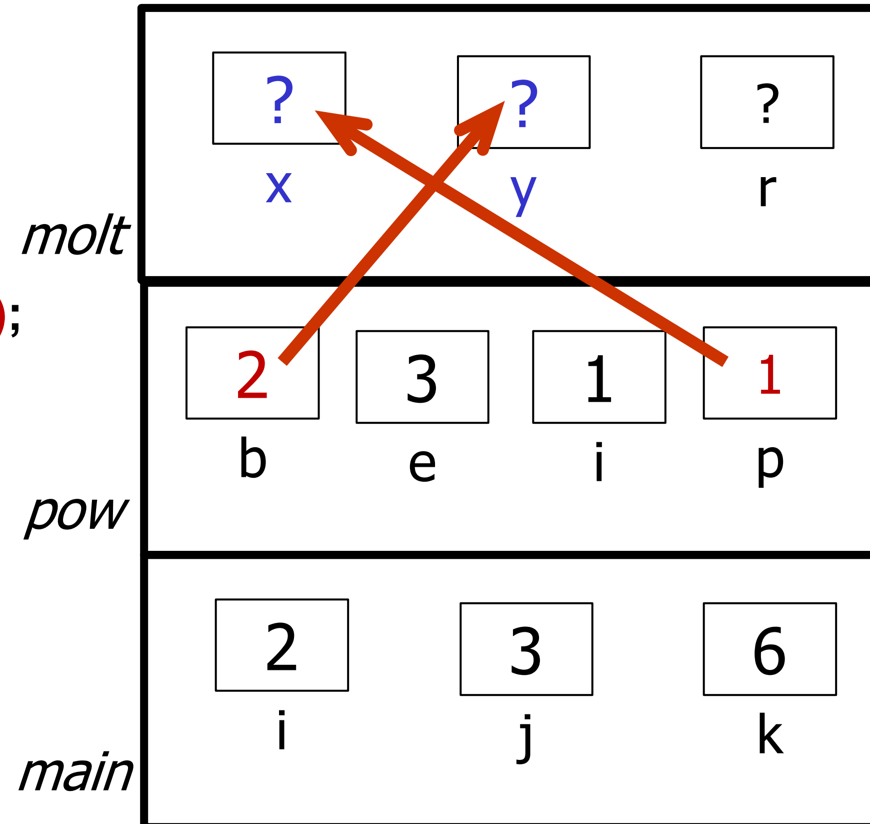


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

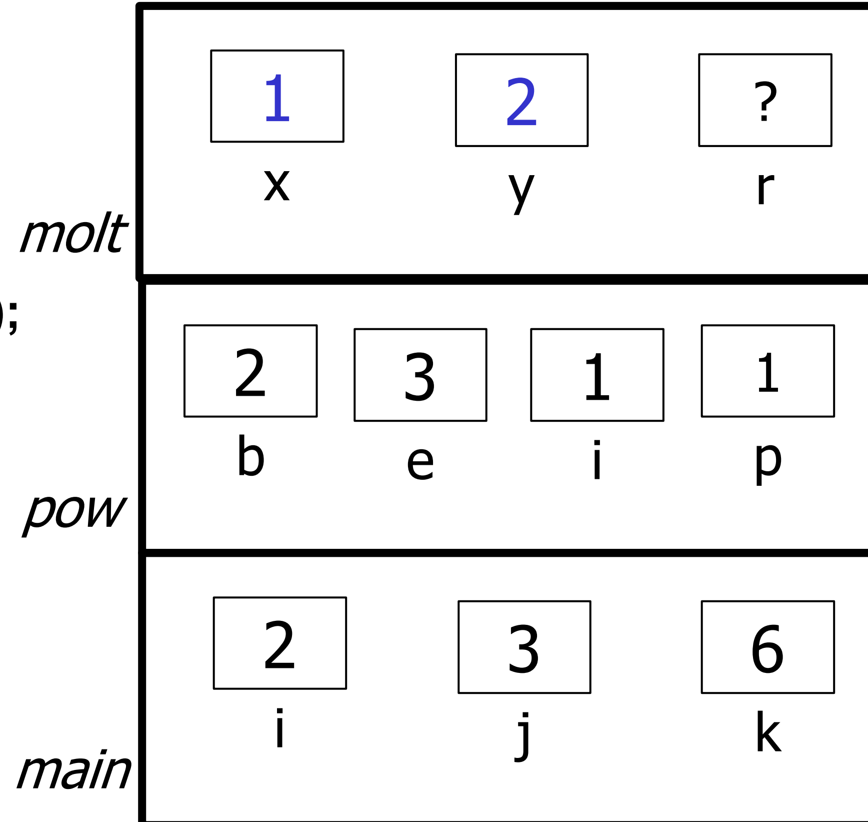


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

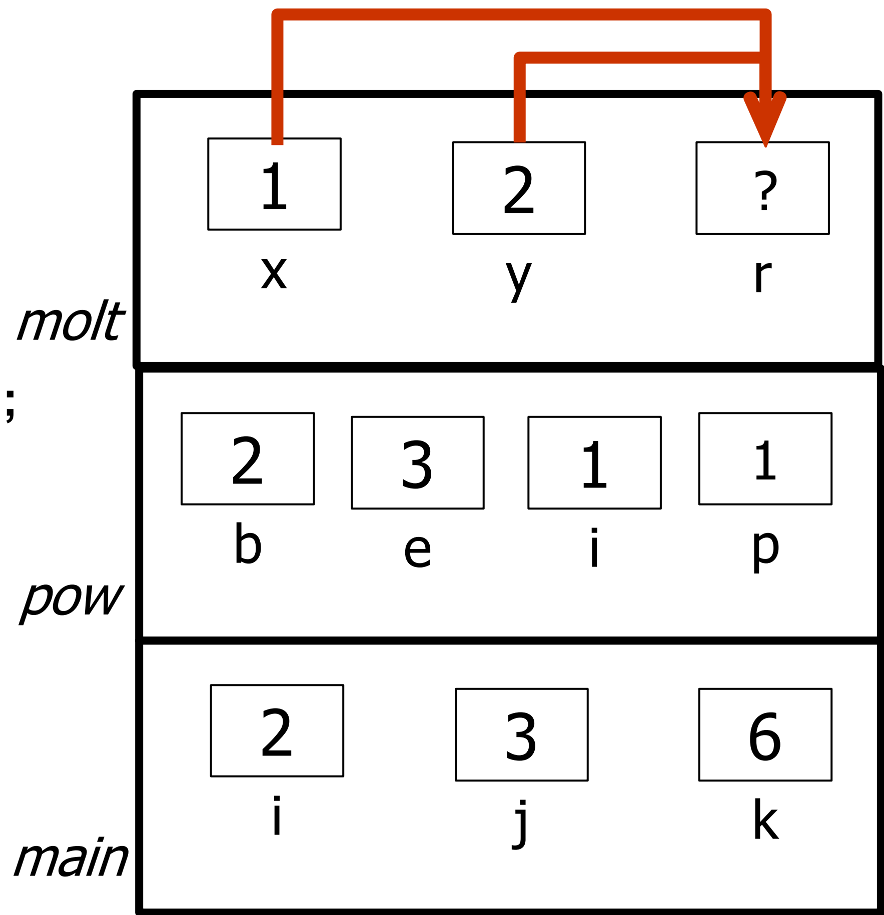


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

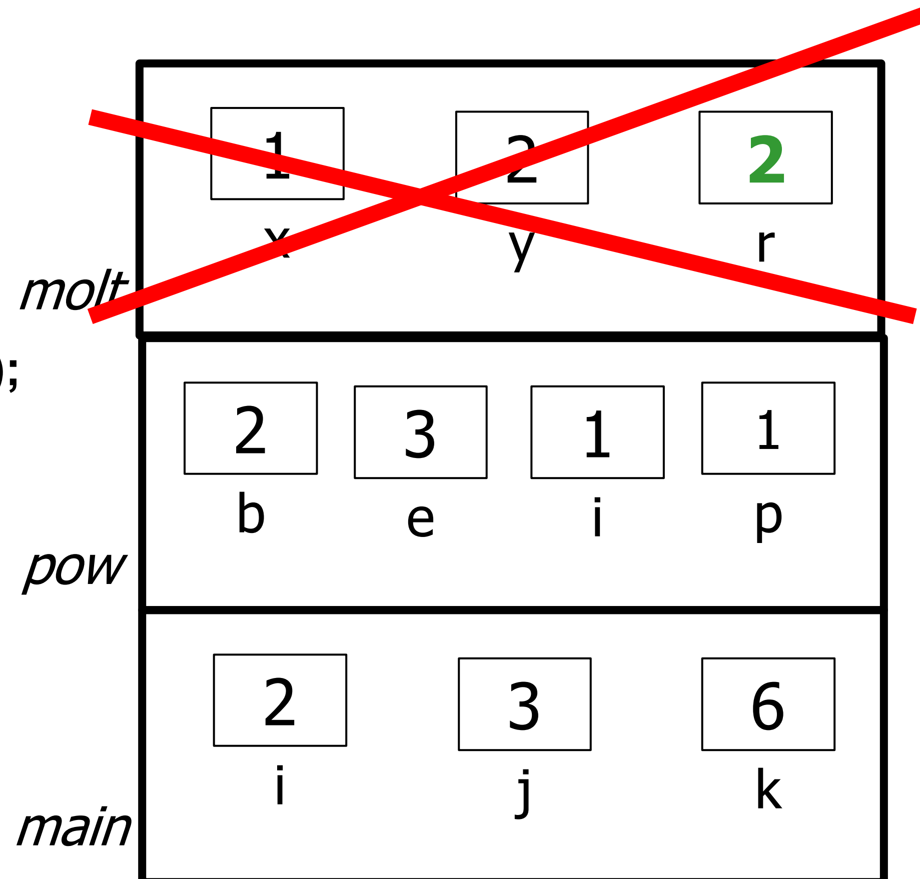


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

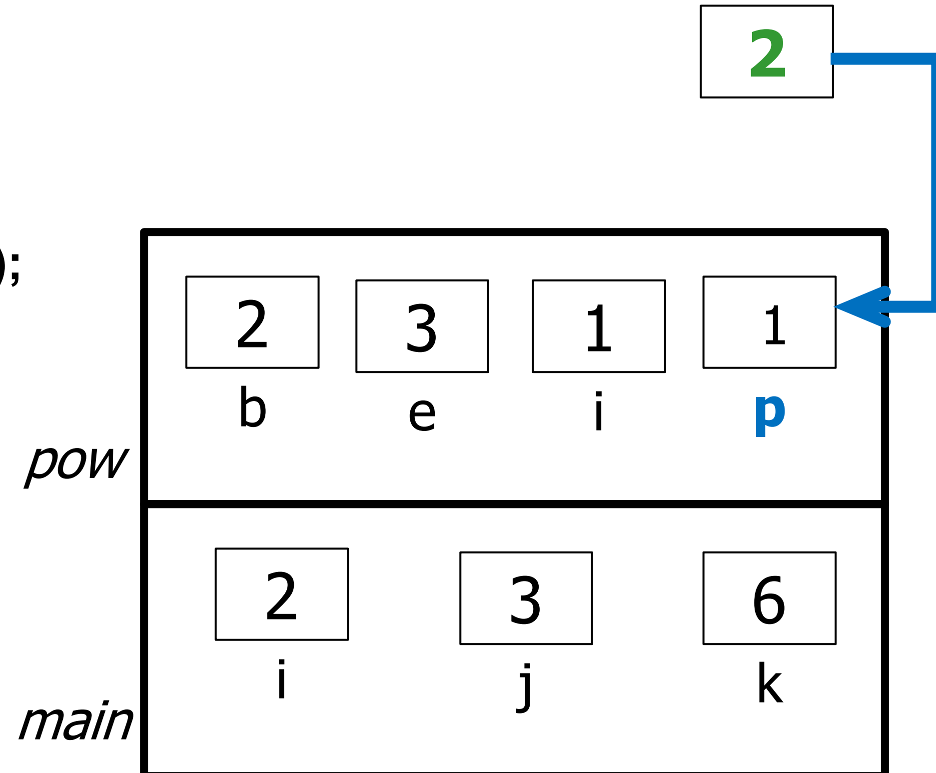


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

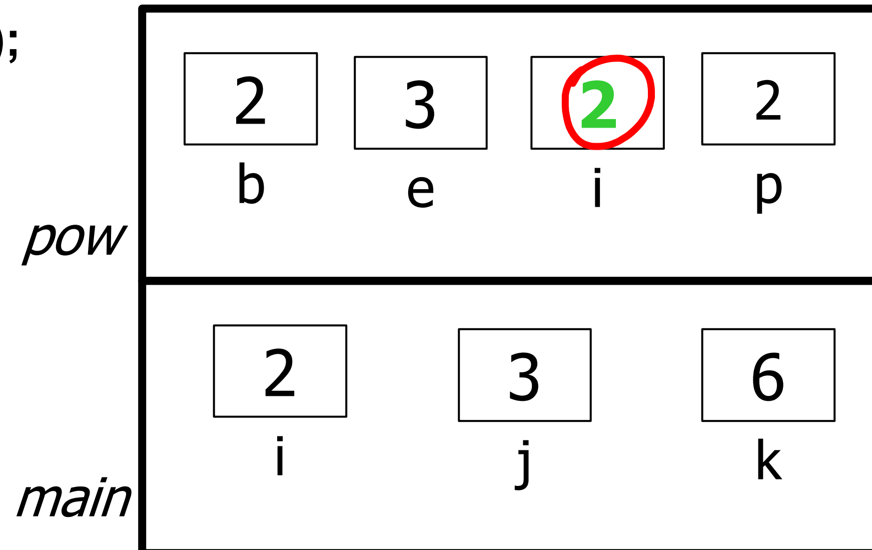


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

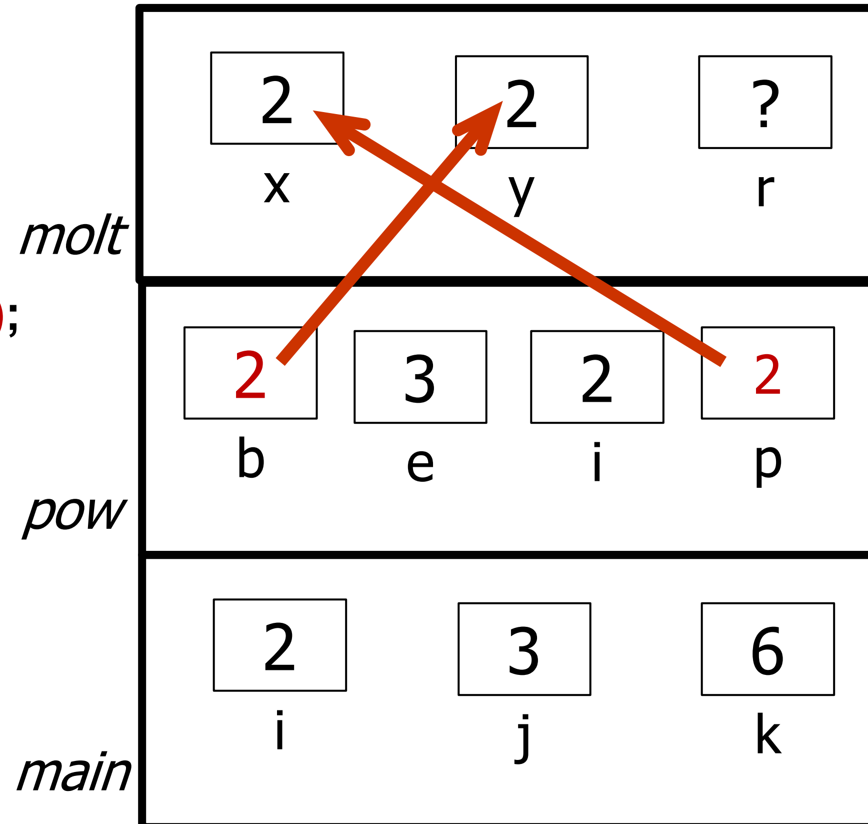


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

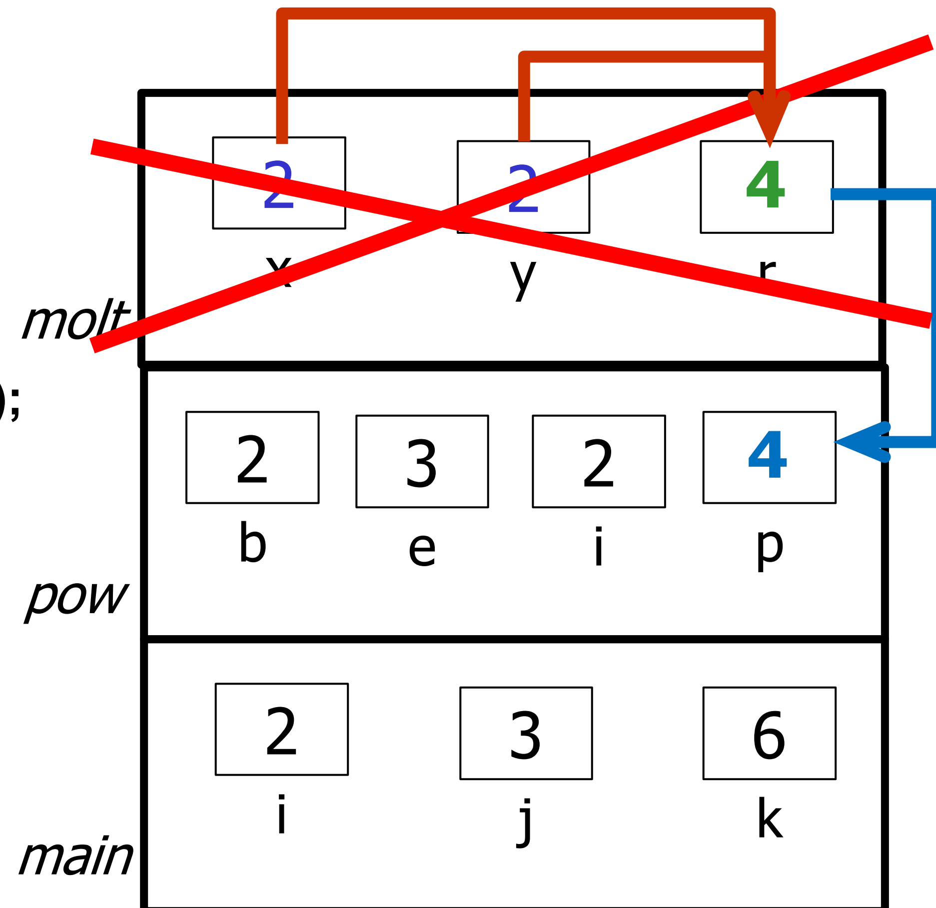
```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```



Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}

int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}

int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

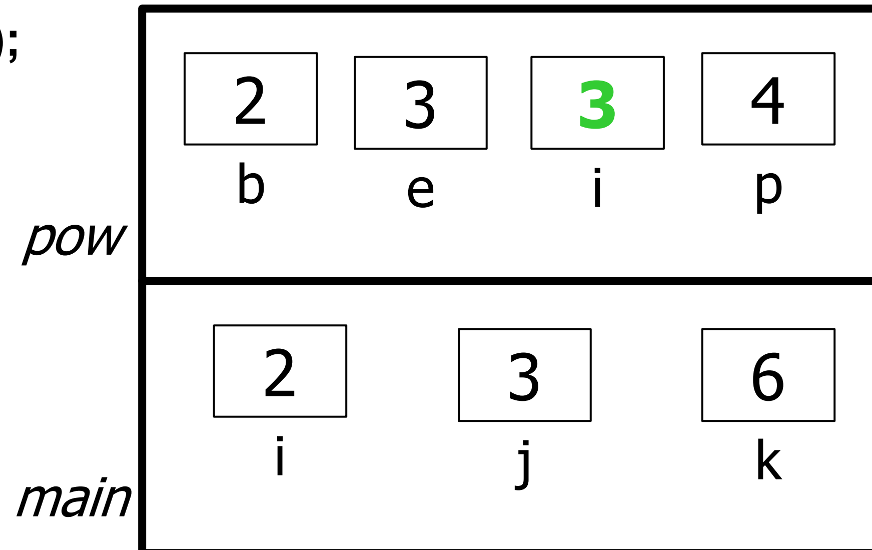


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

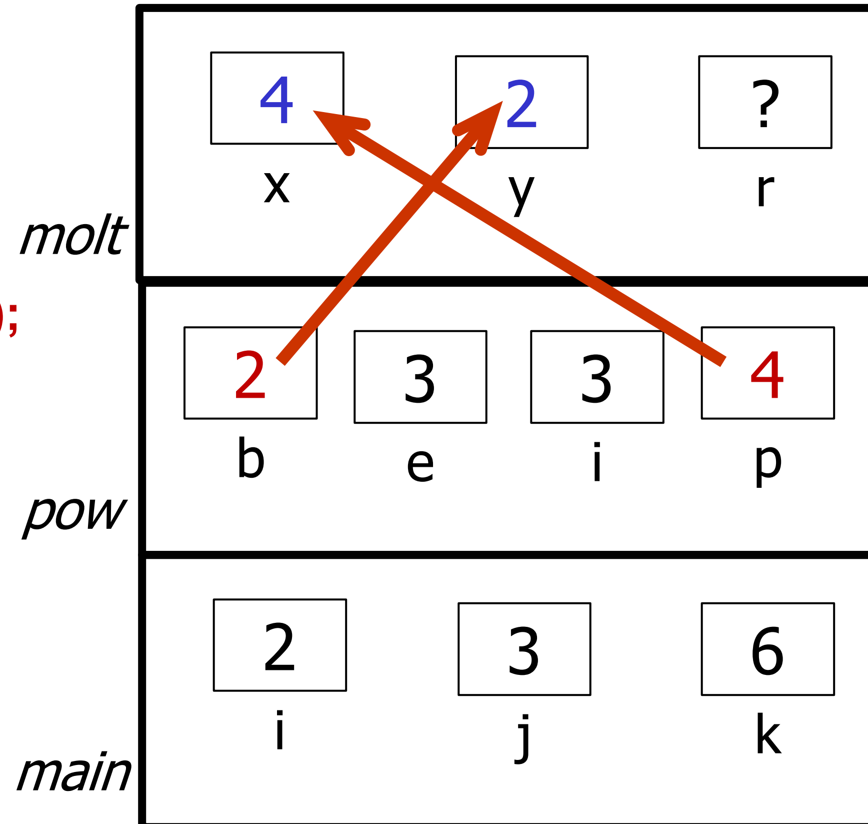


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

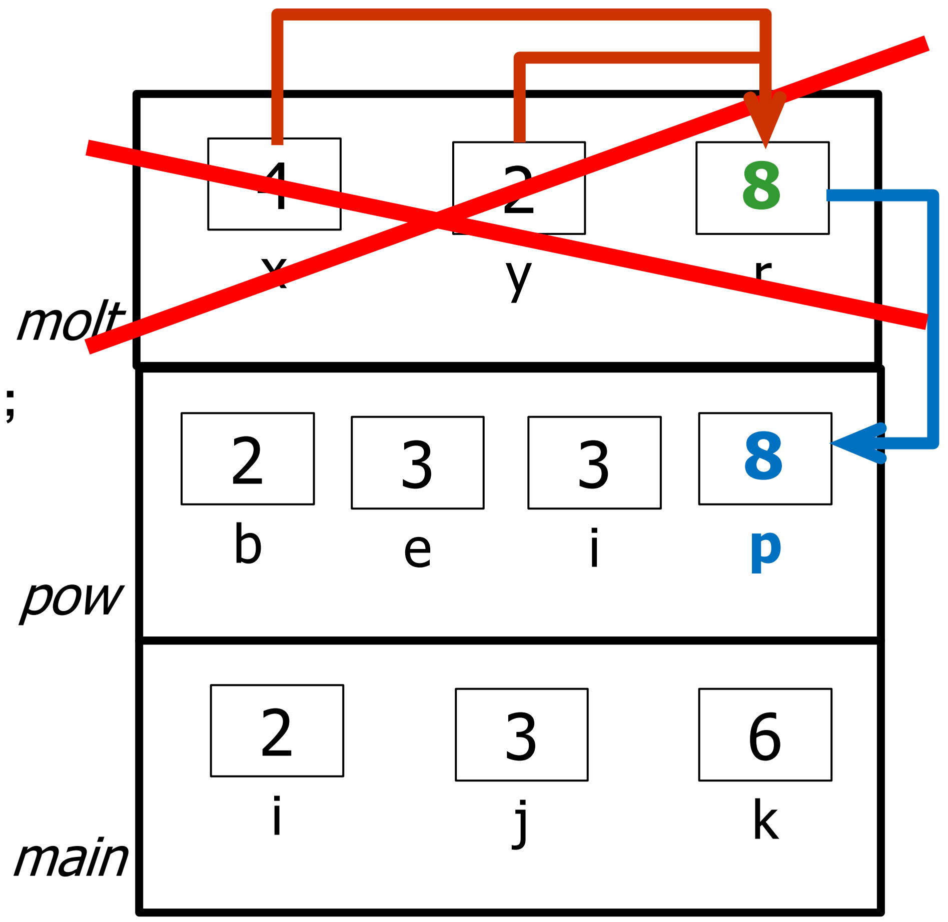
```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```



Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
            int power( int b, int e ) {
                int i, p=1;
                for( i=1 ; i<=e ; i++ )
                    p = moltiplica( p, b );
                return p;
            }
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

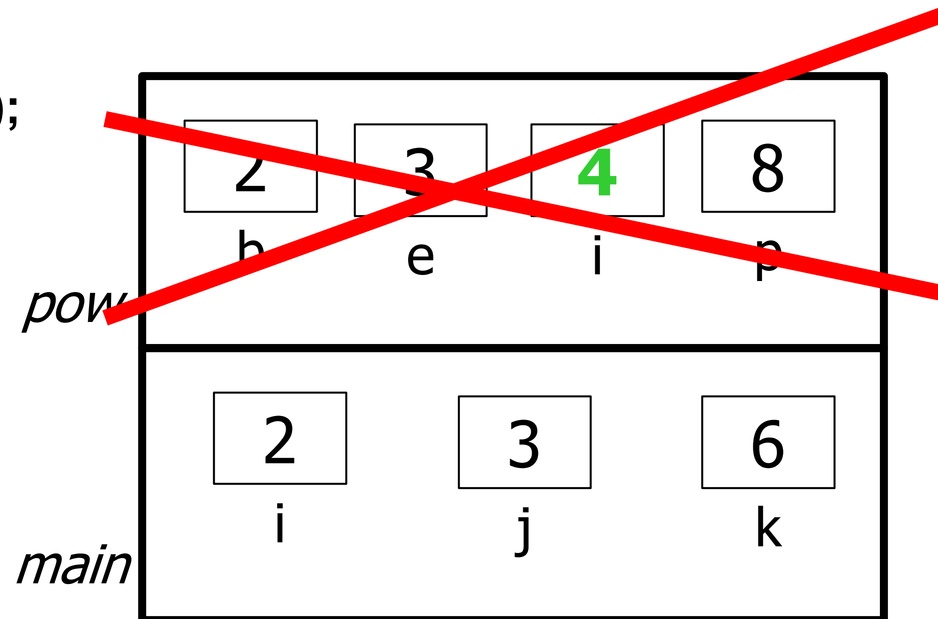


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

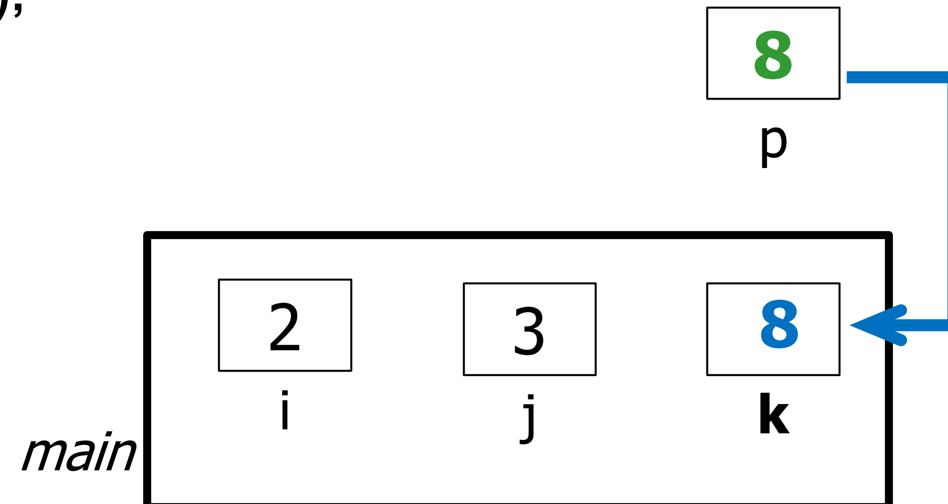


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```

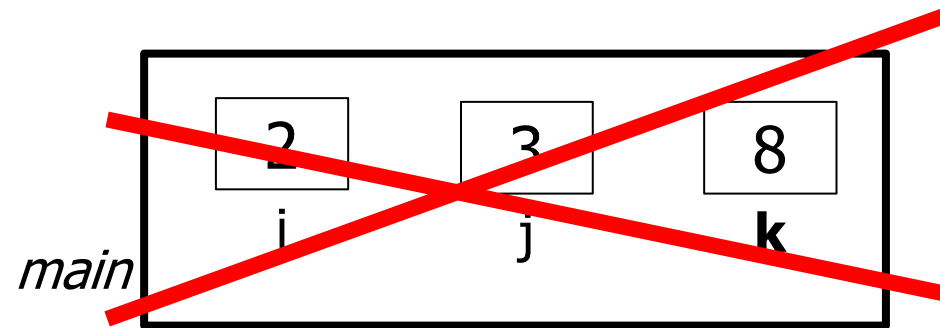


Esempio di codice

```
int moltiplica( int x, int y ) {
    int r;
    r = x * y;
    return r;
}
```

```
int power( int b, int e ) {
    int i, p=1;
    for( i=1 ; i<=e ; i++ )
        p = moltiplica( p, b );
    return p;
}
```

```
int main() {
    int i=2,j=3,k;
    k=moltiplica(i,j);
    k=power(i,j);
    return 0;
}
```



Esempio

Radice quad. intera, cioè il max int il cui quadrato è <= par.

```
int  RadiceIntera (int par) {
     int cont = 0;
     while (cont * cont <= par)
          cont++;
     return (cont – 1);
     /* NB: se si arriva qui cont * cont è > par */
}
```

Restituisco il valore dell'espressione **`cont-1`**

NB: se **`par < 0`** il risultato è **–1**
segnala un uso improprio della funzione (la radice sarebbe immaginaria)

Esempi di chiamate

```
x = sin(y) - cos(PI_GRECO - alfa);
   /* PI_GRECO indica il valore costante π */

x = cos( atan(y) - beta );

RisultatoDiGestione = FatturatoTotale( ArchivioFatture ) -
     SommaCosti( ArchivioCosti );

OrdAlf = Precede( nome1, nome2 );
```

Esempio numeri perfetti

Scrivere un programma che chiede all'utente di inserire un numero positivo n (nel caso in cui il numero non è positivo ripetere inserimento) e verifica se questo è perfetto

Se n non è perfetto dice se è abbondante o difettivo e richiede un secondo numero intero positivo m e controlla se n ed m sono amici. Si stampa a schermo il risultato di questo controllo.

Un numero è perfetto se corrisponde alla somma dei suoi divisori, escluso se stesso (es. 6 è perfetto 1 + 2 +3 = 6)

Un numero è abbondante se è > della somma dei suoi divisori (es 15 è abbondante 1 + 3 +5 < 15), altrimenti difettivo (es 12 è difettivo, 1+2+3+4+6 > 12)

Due numeri a,b sono amici (o amicabili) se la somma dei divisori di a è uguale a b e viceversa (es 220 e 284)

Dichiarazione delle Funzioni

È utile e raccomandato (standard ANSI C) riportare all'inizio del programma la "testata" (header) della funzione: prototipo

- Nella parte dichiarativa globale o nel programma che chiama la funzione

Serve a facilitare il lavoro del compilatore

- In particolare del parser: analisi sintattica

In pratica il prototipo si aggiunge alle dichiarazioni di variabili e costanti

```
//esempi
int sommaDivisori(int);
int controllaSePerfetto(int);
int controllaSePerfettoRef(int, int*);
int controllaSeAmici(int, int);
int leggiInteroPositivo();
```

Funzioni e Array

Ancora sui Parametri

Visibilità (o Scope) delle variabili

Variabili automatiche:

- Sono quelle dichiarate nelle funzioni (inclusi i parametri) e nei blocchi di istruzione
- Sono **create** quando il flusso di esecuzione "entra" nel loro **ambito di visibilità**
- Sono **distrutte** all'uscita da tale ambito
- Sono allocate di volta in volta in celle differenti
- Non conservano i valori prodotti da precedenti esecuzioni della funzione o del blocco

```c
int main()
{
    int n, m, amici, perf, abb;

    n = leggiInteroPositivo();
    [...]
    return 1;
}

int leggiInteroPositivo()
{
    int x;
    float f;
    do
    {
        printf("\ninserire intero positivo: ");
        scanf("%f", &f);
       x = f; // casting implicito dato dall'assegnamento
    }while(x<0 || x != f);
    return x;
}
```

n non è visibile in leggiInteroPositivo()

Lo scope delle variabili **x** ed **f** corrisponde alla funzione **leggiInteroPositivo()**

Tipo dei parametri e di return

Tipo dei parametri

- Può essere **built-in o user-defined**
- I **valori dei parametri attuali non sono modificabili tra le istruzioni del chiamante**
  - I sottoprogrammi lavorano su <u>**copie**</u> dei parametri attuali
  - **Fanno eccezione (apparentemente) gli array**
    - La ragione è che si passano dei ”riferimenti alla prima cella”

Tipo di return

- Può essere **built-in o user-defined**
- **NON può essere un array**
  - **Ma può essere una struct** (anche se questa contiene array!!!)
- **PUÒ** essere un puntatore a qualsiasi tipo
  - Ci torneremo studiando i puntatori e la memoria dinamica

Tipo dei parametri e di return

Tipo dei parametri

- Può essere **built-in o user-defined**
- I **valori dei parametri attuali non sono modificabili tra le istruzioni del chiamante**
  - I sottoprogrammi lavorano su **copie** dei parametri attuali
  - **Fanno eccezione (apparentemente) gli array**
    - La ragione è che si passano dei ”riferimenti alla prima cella”

Tipo di return

- Può essere **built-in o user-defined**
- **NON può essere un array** ← Tra poco vedremo perché
  - **Ma può essere una struct** (anche se questa contiene array!!!)
- **PUÒ** essere un puntatore a qualsiasi tipo
  - Ci torneremo studiando i puntatori e la memoria dinamica

Passaggio per Riferimento (a.k.a. passaggio per indirizzo)

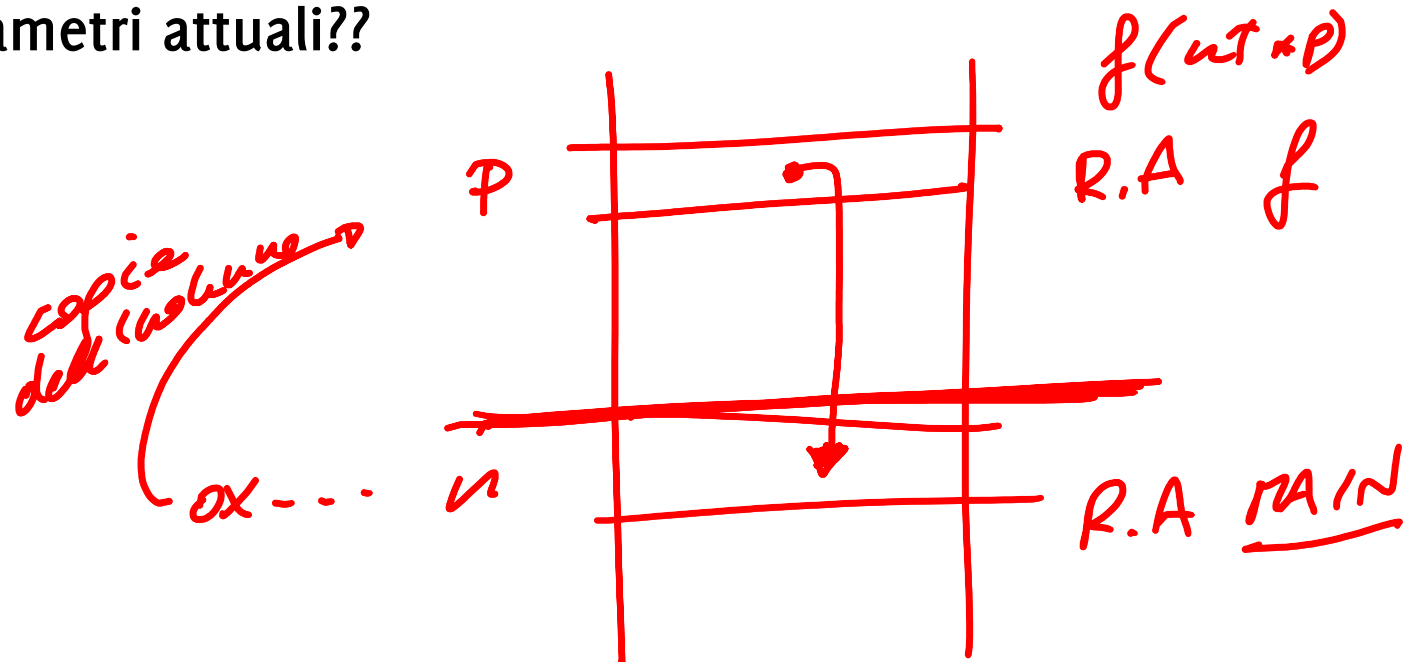
… usiamo i puntatori insomma!

Modifica dei parametri attuali

Tutti i parametri, in C, sono passati per ***COPIA***

Le variabili passate come parametri a una funzione, quindi, se alterate nell'ambiente della funzione, **non cambiano valore** **nell'ambiente del chiamante** (parametri passati *per valore*)

Esistono modi di **modificare i parametri attuali??**



Scambio dei valori di due interi

```
void swap (int p, int q) {
        int temp; /* var. locale */
        temp = p;
        p = q;
        q = temp;
}
```

Chiamata: **`swap (i, j);`**

ERRORE: Alla fine i e j sono immutate

L'invocazione comporta i seguenti assegnamenti (passaggio dei parametri)

```
p = i;
q = j;
```

Scambio dei valori di due interi

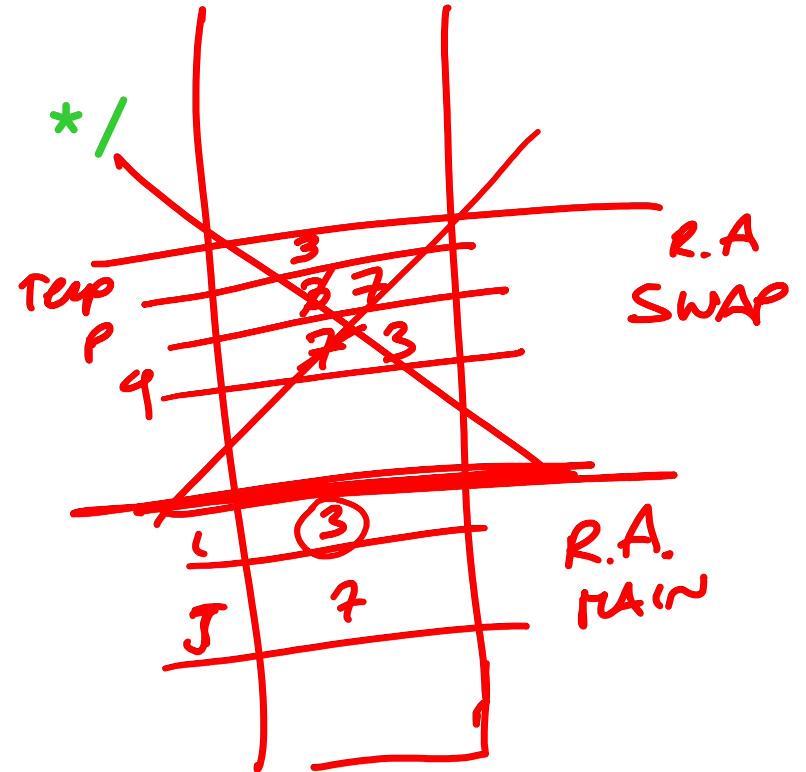
```
void swap (int p, int q) {
        int temp; /* var. locale */
        temp = p;
        p = q;
        q = temp;
}
```

Chiamata: **`swap (i, j);`**

ERRORE: Alla fine i e j sono immutate perché vengono modificate nel record di attivazione di swap ma non nel record di attivazione del chiamante

```
void swap (int p, int q) {
        int temp; /* var. locale */
        temp = p;
        p = q;
        q = temp;
}
```

Chiamata: **swap (i, j) ;**



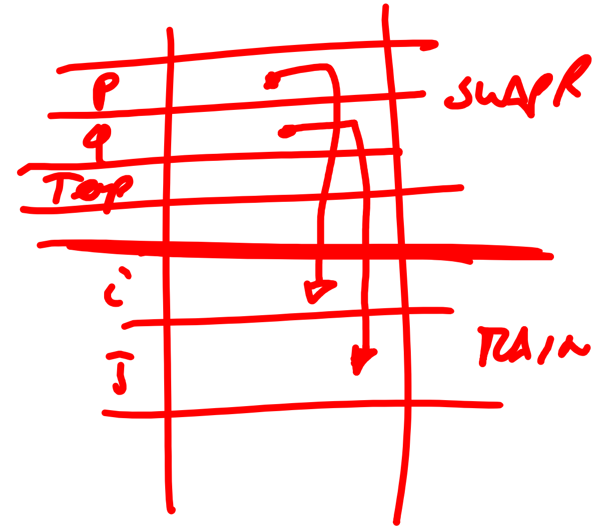
```
void swapR(int *p, int *q) {
        int temp; /* var. locale */
        temp = *p;
        *p = *q;
        *q = temp;
}
```

Chiamata: `swapR(&i, &j);`

L'invocazione comporta i seguenti assegnamenti (passaggio dei parametri)

```
p = &i;
q = &j;
```

```
void swapR(int *p, int *q) {
        int temp; /* var. locale */
        temp = *p;
        *p = *q;
        *q = temp;
}
```



Chiamata: `swapR(&i, &j);`

INVOCAZIONE

p = ?

Deve esserci un indirizzo a dx

p = &i;
q = &j;

Passaggio per riferimento: Modifica dei parametri attuali

Tutti i parametri, in C, sono passati per ***COPIA***

Passaggio per riferimento: Modifica dei parametri attuali

Tutti i parametri, in C, sono passati per ***COPIA***

Se si vuole che una funzione agisca sulle variabili dell'ambiente del chiamante, occorre passare **l'indirizzo** di tali variabili (parametri passati *per locazione* o *per indirizzo*) $\Rightarrow$ uso dei **puntatori**

In questo modo possiamo **modificare i parametri attuali**

Puntatori e funzioni

```
void fiddle (int x, int * y) {
      printf("Begin fiddle: x=%d, y=%d\n", x, *y);
      x = x+1;
      *y = *y+1;
      printf("End fiddle:   x=%d, y=%d\n", x, *y);
}
  int main ( ) {
    int i = 0, j = 0;
    printf("Begin main:   i=%d, j=%d\n", i, j);
    fiddle(i, &j);
    printf("Returned, ending main: i=%d, j=%d\n", i, j);
  }
```

Due parametri: **x** (int) e **y** (punt. a int)

N.B.: si estrae l'indirizzo durante l'invocazione usando «**&**» in `fiddle(i, &j);`

Traccia di esecuzione

```
Begin main:   i=0, j=0
Begin fiddle: x=0, y=0
End fiddle:   x=1, y=1
Returned, Ending main: i=0, j=1
```

All'uscita da fiddle il valore di i *è rimasto lo stesso*,
mentre quello di j (passato tramite puntatore) *è cambiato*

Se vogliamo poter modificare il valore di una variabile
in modo che resti modificato all'uscita dalla funzione, occorre

- Passare la variabile tramite un puntatore
- Oppure restituire e sovrascrivere durante l'invocazione il valore della variabile restituita

Modifica dei parametri attuali

Com'è possibile modificare – all'interno di una funzione -- una variabile nel main?

Nella definizione il parametro formale deve essere di tipo *puntatore* al tipo del parametro attuale di cui si vuole la modifica

Nella chiamata si deve passare l'indirizzo (usando &) del parametro attuale da modificare

> *NOTA:* il parametro attuale in questo caso ***deve*** essere una **variabile** (o una espressione che, valutata, restituisca un puntatore); **NON** una generica **espressione.**

Nel corpo della funzione si usa l'operatore * di *dereferenziazione* per riferirsi al parametro

Vantaggi del Passaggio per Riferimento

A cosa serve un passaggio per riferimento?

Permette di **«restituire» più output**

```
int controllaSePerfettoRef(int x, int *abb);
```

Questa funzione restituisce sia se il numero è perfetto sia (nel caso in cui non lo sia) se è abbondante o difettivo.

Come funziona?

1. **abb** conterrà l'indirizzo di una cella del main (è un puntatore)

```
int abbondante;
controllaSePerfettoRef(7, &abbondante);
```

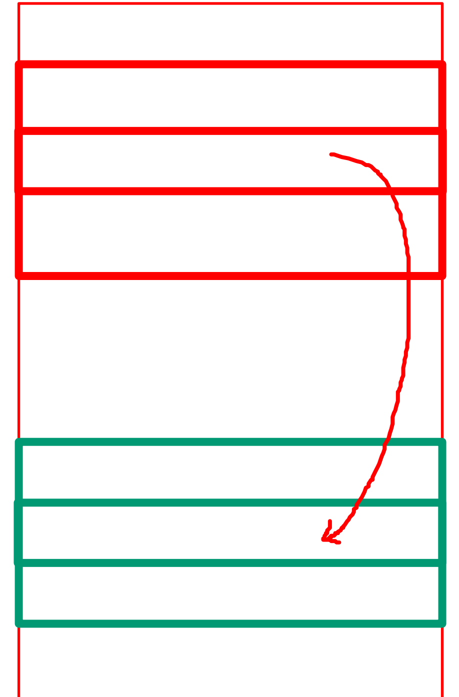
2. All'interno di `controllaSePerfettoRef` scrivo il secondo valore da restituire **direttamente nel record di attivazione nel main**, tramite **abb**

```
*abb = 1;// risultato da inserire
```

3. Terminata l'esecuzione della funzione, nel main accedo alla variabile `abbondante` che sarà stata così popolata

Passaggio per riferimento

```
int controllaSePerfettoRef(int x, int *abb);
```

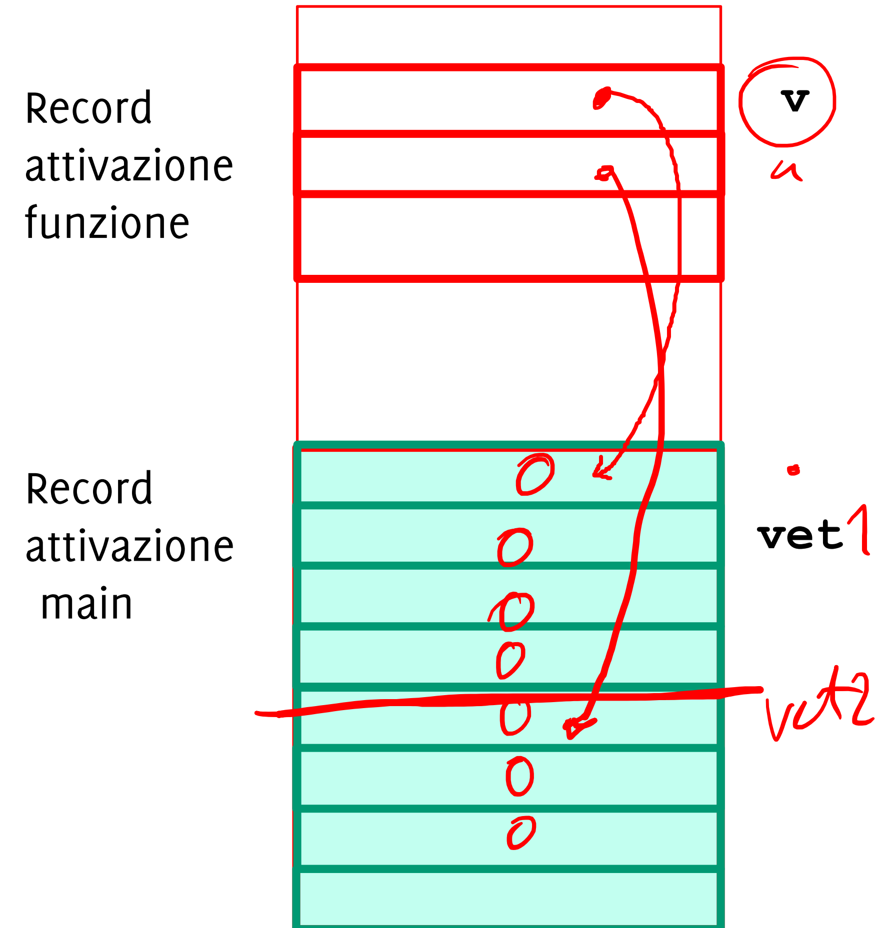


A cosa serve un passaggio per riferimento?

Permette di evitare di copiare grandi quantità di dati (ad esempio array)

- Tengo **una sola copia dell'array nel main**
- Opero su questa mediante puntatori all'interno della funzione invocata

Oss: si tratta sempre di un'operazione di copia … ma di indirizzi! Non dei valori dell'array



Funzione:

```
int f (int par1) {
     ... (calcola valore
di variabile "risultato") ...
     return (risultato);
}
```

chiamata:

```
y = f (x);
```

Procedura:

```
void f (int par1, int * par2)
{
     ... (calcola valore di
variabile "risultato")
...
     *par2 = risultato;
}
```

chiamata:

```
f (x, &y);
```

a questo punto a y è stato assegnato il valore

Funzioni ed Array

Parametri array

Parametro attuale di tipo array

- Viene **passato l'indirizzo** di base dell'array
  - È l'indirizzo della prima cella del primo elemento
- **Gli elementi dell'array NON sono copiati** nel parametro formale, rimangono nel record di attivazione del main e durante l'esecuzione della funzione sono accessibili tramite puntatori
- Non viene allocato nel record di attivazione della funzione un array per i parametri formali (ma è possibile dichiararne altri)

strcmp(s1, s2)

E se non ci fosse?

- controlliamo un carattere alla volta
- interrompiamo il controllo appena sono diverse

PARAMETRI FORMALI: DI TIPO ARRAY

```
int mystrcmp( char s1[ ], char s2[ ] )
{
      int i = 0;
      while ( s1[i] == s2[i] && s1[i] != '\0' )
            ++i;
      return s1[i] - s2[i];
}
```

```c
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#define N 30

int mystrcmp(char [], char []);

int main()
{
    char s[N] = "ciao mamma";
    char t[N] = "ciao";

    printf("\nstrcmp(%s, %s) = %d", s, t, strcmp(s,t));
    printf("\nmystrcmp(%s, %s) = %d", s, t, mystrcmp(s,t));

    return 0;
}

int mystrcmp(char s1[], char s2[])
{
    int i = 0;
    while(s1[i] == s2[i] && s1[i] != '\0')
        i++;

    return s1[i] - s2[i];
}
```

```c
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#define N 30

int mystrcmp(char [], char []);

int main()
{
    char s[N] = "ciao mamma";
    char t[N] = "ciao";

    printf("\nstrcmp(%s, %s) = %d", s, t, strcmp(s,t));
    printf("\nmystrcmp(%s, %s) = %d", s, t, mystrcmp(s,t));

    return 0;
}

int mystrcmp(char s1[], char s2[])
{
    int i = 0;
    while(s1[i] == s2[i] && s1[i] != '\0')
        i++;

    return s1[i] - s2[i];
}
```

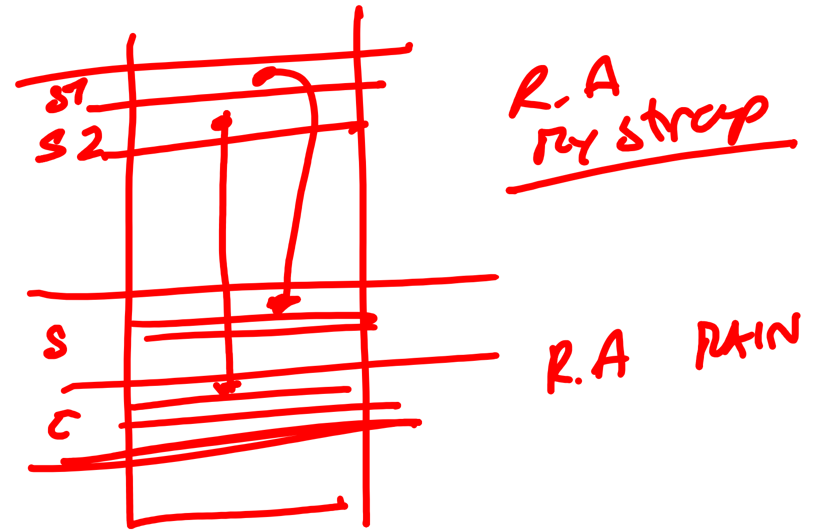
All'invocazione della funzione `mystrcmp` passo gli array che sono degli indirizzi. Quindi sto copiando l'indirizzo di `s` in `s1` e l'indirizzo di `t` in `s2` con l'invocazione

Il codice di `mystrcmp` contiene istruzioni identiche a quelle che avremmo messo nel main.
I parametri formali `s1` e `s2` sono puntatori e li uso per scorrere gli array.

```c
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#define N 30

int mystrcmp(char [], char []);

int main()
{
    char s[N] = "ciao mamma";
    char t[N] = "ciao";

    printf("\nstrcmp(%s, %s) = %d", s, t, strcmp(s,t));
    printf("\nmystrcmp(%s, %s) = %d", s, t, mystrcmp(s,t));

    return 0;
}

int mystrcmp(char s1[], char s2[])
{
    int i = 0;
    while(s1[i] == s2[i] && s1[i] != '\0')
        i++;

    return s1[i] - s2[i];
}
```

Nonostante la sintassi
(`char s1[], char s2[]`)
sono dei puntatori, non degli array!
Altrimenti sarebbero costanti e non potrebbero essere modificati nell'invocazione (qui comunque non vengono modificati)

```c
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#define N 30

int mystrcmp(char [], char []);

int main()
{
    char s[N] = "ciao mamma";
    char t[N] = "ciao";

    printf("\nstrcmp(%s, %s) = %d", s, t, strcmp(s,t));
    printf("\nmystrcmp(%s, %s) = %d", s, t, mystrcmp(s,t));

    return 0;
}

int mystrcmp(char s1[], char s2[])
{
    int i = 0;
    while(s1[i] == s2[i] && s1[i] != '\0')
        i++;

    return s1[i] - s2[i];
}
```



```c
int mystrlen(char *);
int mystrlen_ref(char *);

int mystrlen(char *s)
{
    int i = 0;
    while(s[i]!='\0')
        i++;
    return i;
}

int mystrlen_ref(char *s)
{
    char *q = s;
    while(*(q++) != '\0');
    return q-s-1;
}
```

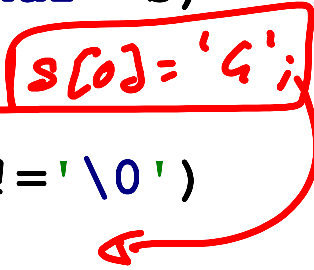
```
strcmp(ciao mamma, ciao mamma) = 0
mystrcmp(ciao mamma, ciao mamma) = 0
strlen(ciao mamma) = 10
mystrlen_ref(ciao mamma) = 10

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.045 s
Press any key to continue.
```

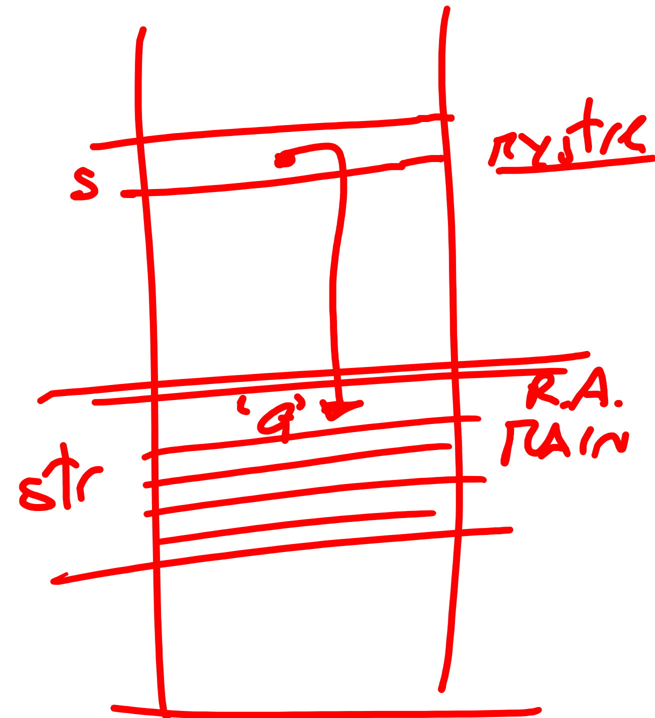
"C:\Users\Giacomo Boracchi\Google Drive\Didattica\2018_Informatica_A\Lez12\stringhe.exe"

```
strcmp(ciao, ciao mamma) = -1
mystrcmp(ciao, ciao mamma) = -32
strlen(ciao) = 4
mystrlen_ref(ciao) = 4

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.083 s
Press any key to continue.
```

E se modificassi la stringa in mystrlen?

```
int mystrlen(char *);
int mystrlen_ref(char *);

int mystrlen(char *s)
{
    int i = 0;
    while(s[i]!='\0')
        i++;
    return i;
}

int mystrlen_ref(char *s)
{
    char *q = s;
    while(*(q++) != '\0');
    return q-s-1;
}
```





Altro esempio: somma dei primi n elementi di un array di double

```
/* n-1 rappresenta la posizione occupata dell'ultimo
elemento dell'array che contiene un valore significativo (la
"coda" da n+1 a DIMENSIONE non è considerata significativa)
*/
double sum(double a[], int n) {
   int i;
   double ris = 0.0;
   for ( i = 0; i < n; i++ )
     ris = ris + a[i];
   return ris;
}
```

Rivediamo la copia di stringhe

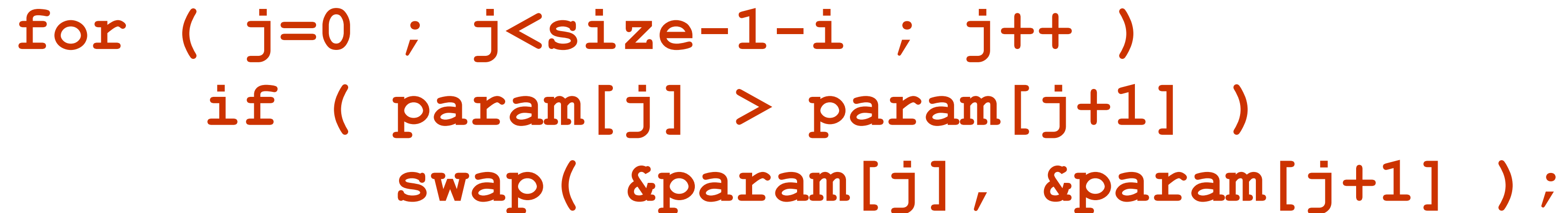
Copia con sovrascrittura

- Copia di un carattere alla volta fino a **`'\0'`** (incluso)
- **ATTENZIONE:** la memoria per **`s1`** deve già essere stata esplicitamente allocata [array di dimensioni sufficienti]

```
void strcopia( char s1[], char s2[] ) {
  int i = 0;
  if ( s1 != NULL && s2 != NULL ) {
    while ( s2[i] != '\0' ) {
      s1[i] = s2[i];
      i++;
    }
    s1[i] = '\0';
  }
}
```

```
void strcopia2( char s1[ ], char s2[ ] ) {
  while( s1 && s2 && ( *(s1++)=*(s2++) ) != '\0' )
        ;
}
      /* …una versione assai più… "acrobatica"! */
      /* "Bella", però… è codice "poco leggibile"*/
```

```
void bubblesort (int param[], int size) {
     for (i=0; i<size-1; i++)
          porta in fondo il massimo in i..size-1
}
```



Attenzione: si usa la funzione swap passandole gli indirizzi degli elementi da scambiare

Parametri array

Attenzione: tramite i puntatori, durante l'esecuzione della funzione è possibile modificare la variabile nel record di attivazione del main!

```
modificaArray(v,4);
```

Parametro formale di tipo array

- Puntatore al primo elemento. Ci sono diverse opzioni per il prototipo

```
void modificaArray(int vett[], int dim);
void modificaArray(int *vet, int dim);
void modificaArray(int vett[N], int dim);
```

```c
#include <stdio.h>
void modificaInt(int i);
void modificaArray(int vett[],int dim);

int main() {
  int a = 0, i, v[4] = {0,1,2,3};
  printf("Valori prima\n");
  printf("  a = %d\n", a);
  for (i=0; i<4; i++)
    printf("  v[%d] = %d\n", i, v[i]);
  printf("\nChiamo le funzioni...\n");
  modificaInt(a);
  modificaArray(v,4);
  printf("\nValori dopo:\n");
  printf("  a = %d\n", a);
  for (i=0; i<4; i++)
     printf("  v[%d] = %d\n", i, v[i]);
}
```

```c
void modificaInt(int i) {
   i = i + 100;
}

void modificaArray(int vett[],int dim) {
   int i;
   for (i=0; i<dim; i++)
         vett[i] = vett[i] + 100;
}
```

Cosa stampa?

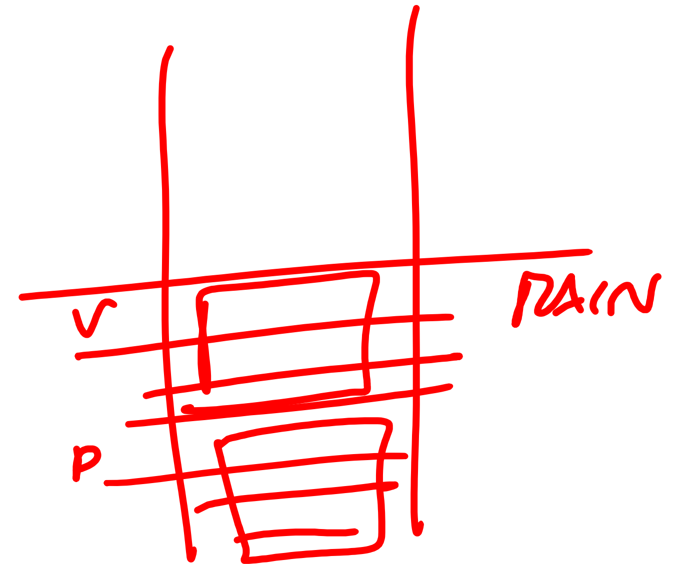
«Restituire» array?

Come si fa' a fare in modo che una funzione operi su un vettore per poi riportare al chiamante – spesso il main – un secondo array?

Ad esempio:

```
// scrivere una funzione che prende in ingresso un vettore e riporta al chiamante un vettore contenente i soli numeri pari
```

- Non è possibile fare return di un array!
- Gli array sono solo passati per indirizzo (riferimento)



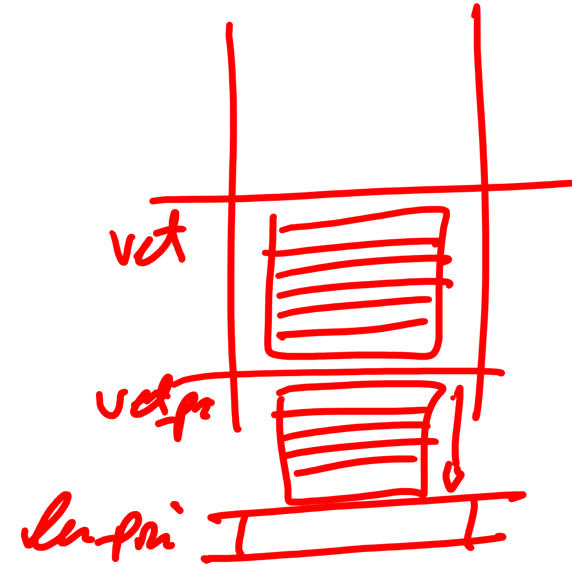
«Restituire» array?

```c
#include<stdio.h>
#define N 20
void pari(int*, int, int*, int*);
int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;
// len rappresenta le dimensioni effettive di vet

pari(vet, len, vet_pari, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);

return 0;
}
```

```c
void pari(int x[], int len_x, int y[], int* len_y)
{
 int i,j=0;
 for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
            {
            y[j] = x[i];
            j++;
            }
*len_y = j;
}
```

«Restituire» array?

```c
#include<stdio.h>
#define N 20
void pari(int*, int, int*, int*);
int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;
// len rappresenta le dimensioni effettive di vet

pari(vet, len, vet_pari, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);

return 0;
}
```



```c
void pari(int x[], int len_x, int y[], int* len_y)
{
int i,j=0;
for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
            {
            y[j] = x[i];
            j++;
            }
*len_y = j;
}
```

«Restituire» array?

```
vet: [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,];
vet_pari: [2,4,6,8,10,];
Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.077 s
Press any key to continue.
```

«Restituire» array?

Quando passo un vettore di interi è necessario passare anche la sua lunghezza (**len**), altrimenti non ho modo di sapere quali elementi sono significativi

```c
#include<stdio.h>
#define N 20
void pari(int*, int, int*, int*);
int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;
// len rappresenta le dimensioni effettive di vet

pari(vet, len, vet_pari, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);

return 0;
}
```

```c
void pari(int x[], int len_x, int y[], int* len_y)
{
 int i,j=0;
 for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
            {
            y[j] = x[i];
            j++;
            }
*len_y = j;
}
```

«Restituire» array?

vet_pari è il vettore che raccoglierà il risultato delle istruzioni eseguite nella funzione. Deve essere dichiarato nel main, di modo che il suo spazio sia allocato in questo record di attivazione dove deve essere accessibile

```
#include<stdio.h>
#define N 20
void pari(int*, int, int*, int*);
int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;
// len rappresenta le dimensioni effettive di vet

pari(vet, len, vet_pari, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);

return 0;
}
```

```
void pari(int x[], int len_x, int y[], int* len_y)
{
 int i,j=0;
 for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
            {
            y[j] = x[i];
            j++;
            }
*len_y = j;
}
```

«Restituire» array?

len_pari è un intero che conterà le dimensioni effettive di **vet_pari**. Non c'è modo di conoscerle altrimenti nel main. Per **len_pari** avrei potuto anche usare return perché è una variabile intera

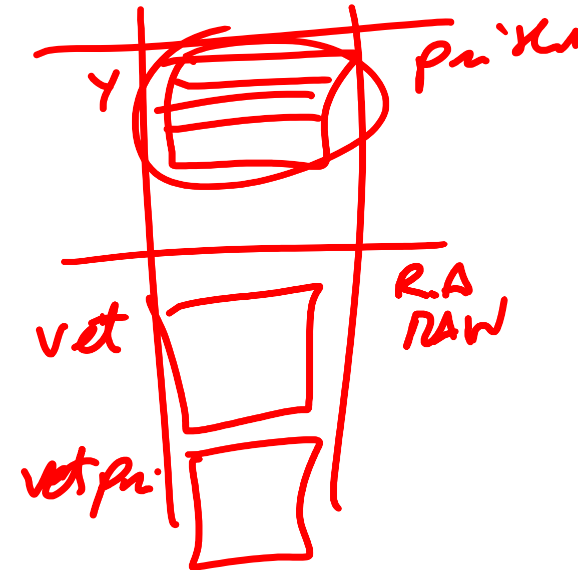
```
#include<stdio.h>
#define N 20
void pari(int*, int, int*, int*);
int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;
// len rappresenta le dimensioni effettive di vet

pari(vet, len, vet_pari, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);

return 0;
}
```

```
void pari(int x[], int len_x, int y[], int* len_y)
{
 int i,j=0;
 for(i = 0; i < len_x; i++)
       if(x[i] % 2 == 0)
           {
           y[j] = x[i];
           j++;
           }
*len_y = j;
}
```

E se facessi con return ….

```
#include<stdio.h>
#define N 20
int* pariSbagliata(int*, int, int*);

int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;


vet_pari = pariSbagliata(vet, len, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);
return 0;
}
```

```
int* pariSbagliata(int x[], int len_x, int* len_y)
{
 int i,j=0;
 int y[N];
 for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
            {
                y[j] = x[i];
                j++;
            }
*len_y = j;
return y;
}
```



E se facessi con return ….

```
#include<stdio.h>
#define N 20
int* pariSbagliata(int*, int, int*);

int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int vet_pari[N];
int len = 10, len_pari, i;


vet_pari = pariSbagliata(vet, len, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    print

for(i=0;
    print
return 0;
}
```

```
int* pariSbagliata(int x[], int len_x, int* len_y)
{
 int i,j=0;
 int y[N];
 for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
        {
            y[j] = x[i];
            j++;
        }
```

error: assignment to expression with array type

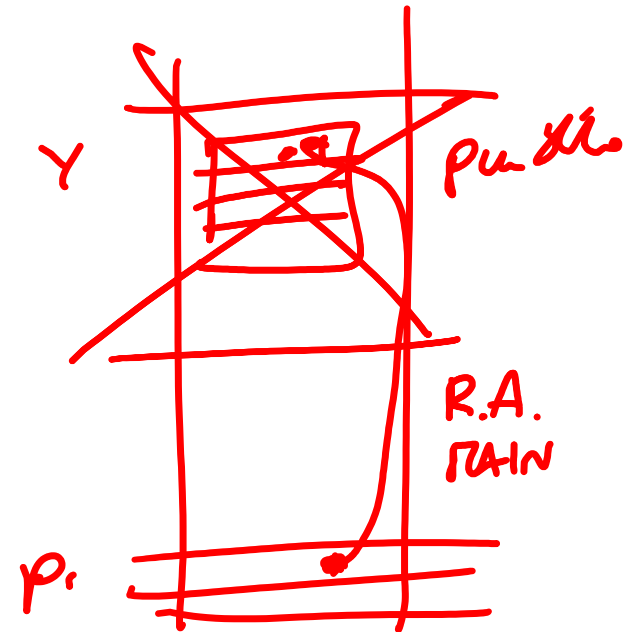
`vet_pari = …`

Non è possibile assegnare niente, nemmeno un indirizzo ad un array!
Va considerato come una costante!

E se usassi un puntatore?

```c
#include<stdio.h>
#define N 20
int* pariSbagliata(int*, int, int*);

int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int *p_vet_pari;
int len = 10, len_pari, i;

p_vet_pari = pariSbagliata(vet, len, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);
return 0;
}
```

```c
int* pariSbagliata(int x[], int len_x, int* len_y)
{
 int i,j=0;
 int y[N];
 for(i = 0; i < len_x; i++)
        if(x[i] % 2 == 0)
        {
            y[j] = x[i];
            j++;
        }
*len_y = j;
return y;
}
```



E se usassi un puntatore?

```
#include<stdio.h>
#define N 20
int* pariSbagliata(int*, int, int*);

int main()
{
int vet[N]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
int *p_vet_pari;
int len = 10, len_pari, i;

p_vet_pari = pariSbagliata(vet, len, &len_pari);

for(i=0; i< len; i++)
    printf("%d,", vet[i]);

for(i=0; i< len_pari; i++)
    printf("%d,", vet_pari[i]);
return 0;
}
```

```
int* pariSbagliata(int x[], int len_x, int* len_y)
{
 int i,j=0;
 int y[N];
 for(i = 0; i < len_x; i++)
       if(x[i] % 2 == 0)
          {
              y[j] = x[i];
              j++;
          }
*len_y = j;
return y;
}
```

Sintatticamente è corretta, ma è concettualmente sbagliata e a runtime non funziona

Perché? **Dangling pointer!**

Dangling pointer!

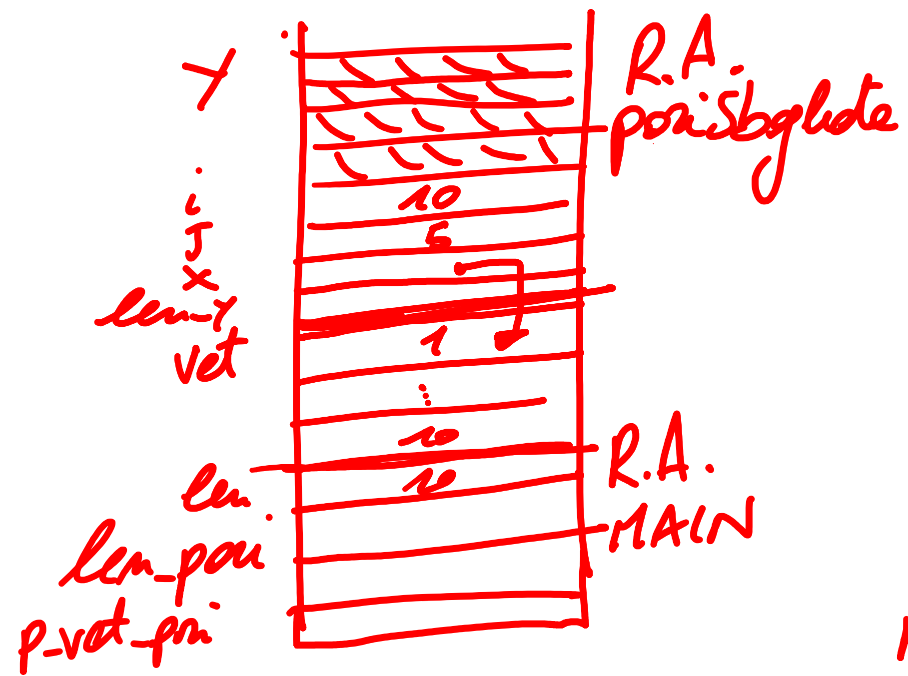
```
"C:\Users\Giacomo\Dropbox (DEIB)\Didattica\2021_Informatica_A_Boracchi\Lez12\passaggioArray.exe"

vet: [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,];
vet_pari: [4223008,0,268501009,0,7341912,];
Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.073 s
Press any key to continue.
```

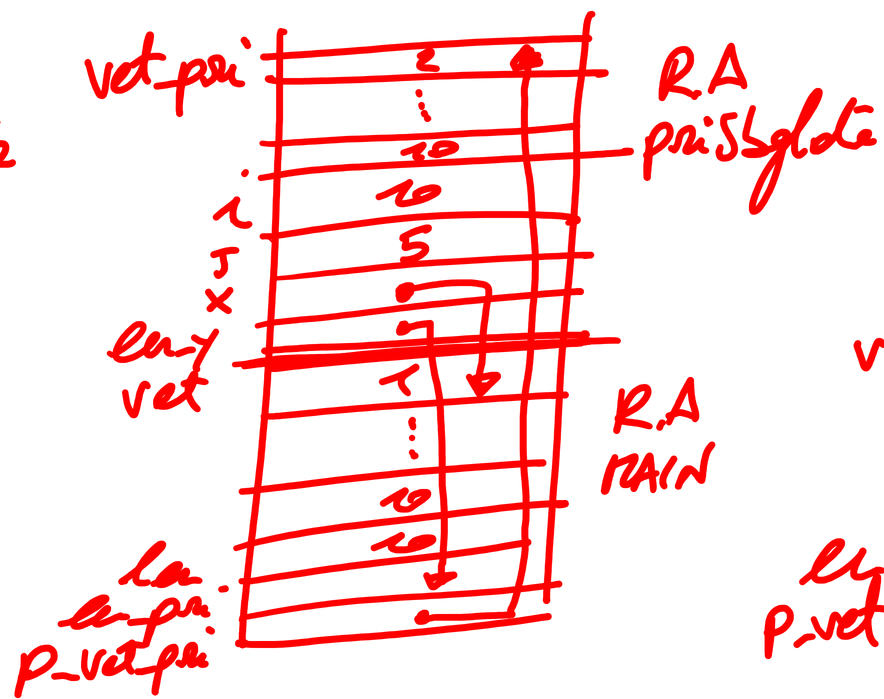
Spiegazione

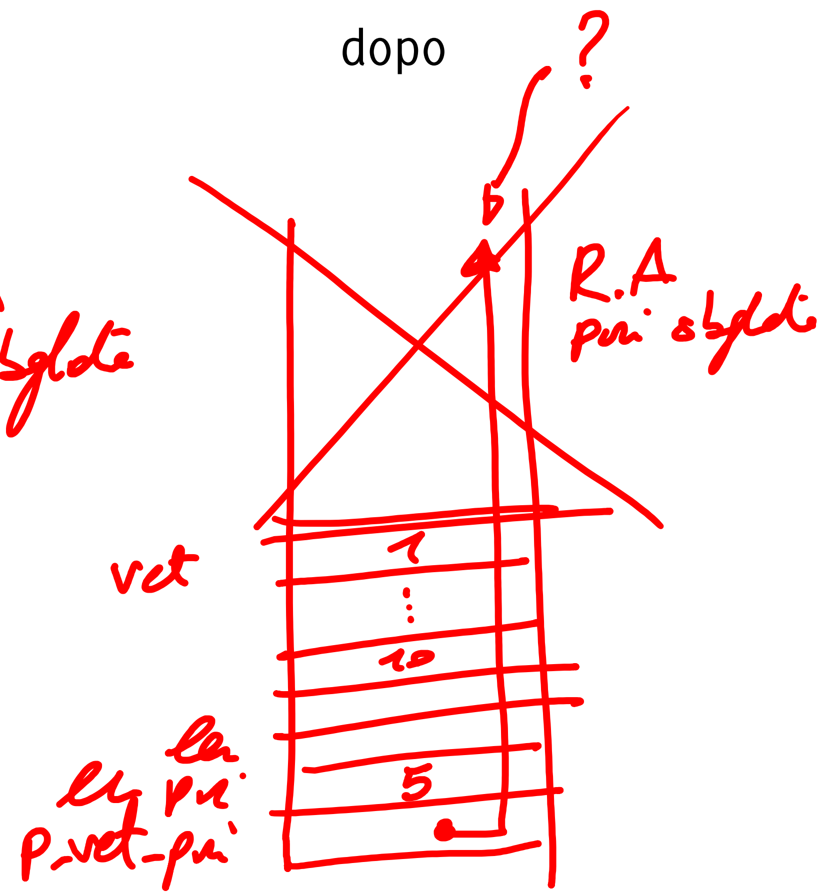
Stack all'invocazione di `pariSbagliata`

Stack al termine di `pariSbagliata`

dopo







All in all..

Non è possibile restituire un array anche se usassi un puntatore.

Infatti, se dichiarassi un array all'interno della funzione, questo verrebbe istanziato all'interno del record di attivazione della funzione, che viene de-allocato al momento in cui la funzione termina e torna al chiamante.

Darei luogo ad un **dangling pointer** con l'invocazione della funzione

Per dichiarare l'array all'interno di una funzione e renderlo disponibile al termine dell'invocazione, **bisogna ricorrere alla gestione della memoria dinamica**.

In questo modo lo spazio allocato rimane tale anche quando l'invocazione alla funzione si conclude.

Nota importante

Nel linguaggio parlato, si è soliti dire «*una funzione che prende in ingresso un vettore e restituisce un secondo vettore*»

A fare una corrispondenza 1:1 con il C la frase suona sbagliata, perché

- **La funzione non può fare return di un vettore**
- La funzione dovrà **prendere in input anche la lunghezza effettiva** del vettore

Tuttavia, i programmatori C non comunicano «dettando prototipi delle funzioni» e queste espressioni vanno interpretate in senso più generale per cui

- Restituire -> **rende disponibile dopo l'esecuzione, un vettore nel R.A chiamante**
- Prendere in ingresso un vettore -> … **ed eventuali altre variabili aggiuntive**

Nota importante

Nel linguaggio parlato, si è soliti dire «*una funzione che prende in ingresso un vettore e restituisce un secondo vettore*»

A fare una corrispondenza 1:1 con il C la frase suona sbagliata, perché

- **La funzione non può fare return di un vettore**
- La funzione dovrà **prendere in input anche la lunghezza effettiva** del vettore

Chi interpreta la frase in questo modo dimostra di non conoscere i meccanismi di base delle funzioni e della gestione della memoria del C!

Tuttavia, i programmatori C non comunicano «dettando prototipi delle funzioni» e queste espressioni vanno interpretate in senso più generale per cui

- Restituire -> **rende disponibile dopo l'esecuzione, un vettore nel R.A chiamante**
- Prendere in ingresso un vettore -> … **ed eventuali altre variabili aggiuntive**

Parametri: pro e contro

Modi di passaggio / caratterisciche	**per valore** ("per copia")	**per indirizzo** ("per riferimento") ("per puntatore")
Tempo e **spazio** necessari a trasferire (copiare) i dati	**grandi** (per parametri di grandi dimensioni)	**piccoli** (la dimensione dei puntatori è fissa, non dipende dai dati)
C'è rischio di **effetti collaterali** indesiderati?	**No** (i parametri attuale e formale sono distinti)	**Sì** (i parametri attuale e formale "di fatto" coincidono)
Permette la **restituzione** di **valori** al chiamante?	**No**	**Sì**

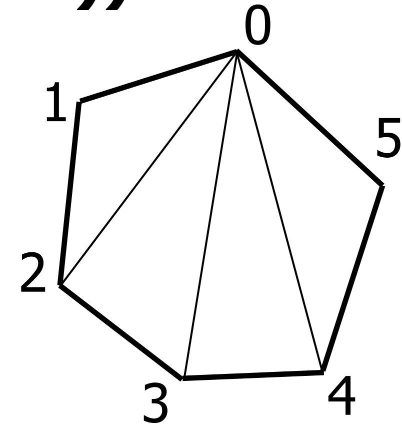
Il perimetro con le funzioni

```
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#define N 5
typedef struct { float x; float y; } punto;

float dist ( punto p1, punto p2 ) {
   return sqrt( pow(p1.x-p2.x, 2) + pow(p1.y-p2.y, 2) ); }

float perimetro ( punto poligono[], int dim ) {
   int i; float per = 0.0;
   for (i=1; i<dim; i++)
      per = per + dist(poligono[i-1], poligono[i]);
   return per + dist(poligono[0], poligono[dim-1]); }

int main() {
   punto pol[N]; … acquisizione delle coordinate dei punti …
   printf("%d lati di lunghezza totale %f", N, perimetro(pol, N));
   return 0;
}
```

Scomposizione del poligono in triangoli (a ventaglio)

∀ triangolo (Erone): **A=sqrt(p*(p-a)*(p-b)*(p-c))**

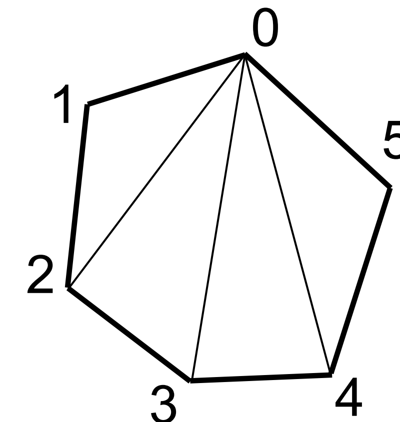
p: semiperimetro. **a, b, c**: misura dei lati A:area




```
float erone( punto p1, punto p2, punto p3 ) {
   punto tri[3]; float p;
   tri[0]=p1; tri[1]=p2; tri[2]=p3;
   p = 0.5 * perimetro(tri, 3);
   return sqrt(p*(p-dist(p3, p1))*(p-dist(p1, p2))*(p-dist(p2, p3))); }

float areapol( punto polig[], int dim ) {
   int i; float area = 0.0;
   for (i=2; i<dim; i++)
      area = area + erone( polig[0], polig[i-1], polig[i] );
   return area;
}                    /* Così funziona solo con i poligoni convessi */
```

Dal perimetro all'area (variante)

```
float erone( punto p1, punto p2, punto p3 ) {
   float p, a, b, c;
   a = dist(p1, p2);  b = dist(p2, p3);  c = dist(p1, p3);
   p = (a+b+c) / 2;
   return sqrt(p*(p-a)*(p-b)*(p-c));
}

float areapol( punto polig[], int dim ) {
   int i; float area = 0.0;
   for ( i=2; i<dim; i++ )
      area = area + erone( polig[0], polig[i-1], polig[i] );
   return area;
}                          /* Ancora funziona solo coi poligoni convessi */
```



Funzioni e Matrici

Parametri di tipo array e struct

Per passare a una funzione un parametro di tipo array occorre passarne l'indirizzo base, perciò di fatto **gli array sono sempre passati per indirizzo**

- Analogamente, una funzione **non può restituire un array** (inteso come "il suo contenuto"), **ma solo un puntatore a un array** (cioè il puntatore al suo primo elemento)

Un parametro di tipo struct si può passare sia per indirizzo sia per valore (anche se la struct contiene campi di tipo array!)

- Analogamente, una funzione può restituire una variabile di tipo struct (anche se la struct contiene degli array)

Parametri di tipo array

Altre particolarità degli array con le funzioni:

Esempio: **typedef double TipoArray [DIMENSIONE]**

Tre prototipi equivalenti:

```
double sum (TipoArray a, int n)
double sum (double a[], int n)
double sum (double *a, int n)
```

N.B.: non si deve specificare la dimensione del vettore; n rappresenta la porzione dell'array da considerare valida

La funzione **sum(V, n)** somma i primi **n** elementi di un array. Supponiamo di avere un array **V[50]**:

```
sum (V, 50)       restituisce V[0] + V[1] + … V[49]
sum (V, 30)       restituisce V[0] + V[1] + … V[29]
sum (&V[0], 30)   restituisce V[0] + V[1] + … V[29]
sum (&V[5], 7)    restituisce V[5] + V[6] + … V[11]
sum (&V[0]+5,7)   restituisce V[5] + V[6] + … V[11]
sum (V+5, 7)      restituisce V[5] + V[6] + … V[11]
```

Ancora sui parametri di tipo array

Per gli array mono-dimensionali:

Dichiariamo i parametri formali come puntatori al tipo degli elementi dell'array

Dichiarazione del parametro formale

```
… f( UnTipo vet[] )
```

Non occorre, sintatticamente, specificare la dimensione statica degli array: il compilatore può eseguire il calcolo dello spiazzamento in base al tipo puntato

- **UnTipo v[N];**
- **v[i] ≡ *(v+i)**
  - serve conoscere solo **sizeof(UnTipo)**, **N** non serve

Dichiarando in alternativa:

```
… f( UnTipo * vet )
```

il compilatore **può** comunque risolvere l'espressione **vet[i]**

Ancora sui parametri di tipo array

Per gli array multi-dimensionali

Il calcolo dello spiazzamento richiede di **conoscere alcune dimensioni intermedie**

- **`UnTipo m[X][Y], c[X][Y][Z];`**
- **`m[i][j]`** ≡ **`*(*(m+i)+j)`** ≈ **`m + Y·i + j`**
  - serve conoscere **`sizeof(Tipo)`** e **`Y`** (**`X`** non serve)
- **`c[i][j][k]`** ≡ **`*(*(*(c+i)+j)+k)`** ≈ **`c + Y·Z·i + Y·j + k`**
  - servono **`sizeof(Tipo)`**, **`Y`** e **`Z`** (**`X`** non serve)

Sintatticamente occorre **specificare tutte le dimensioni meno l'ultima**

Dichiarazioni corrette: … **`g(UnTipo mat[][Y])`** … **`h(UnTipo cube[][Y][Z])`**
Che si può invocare con la chiamata …**`g(m);`**

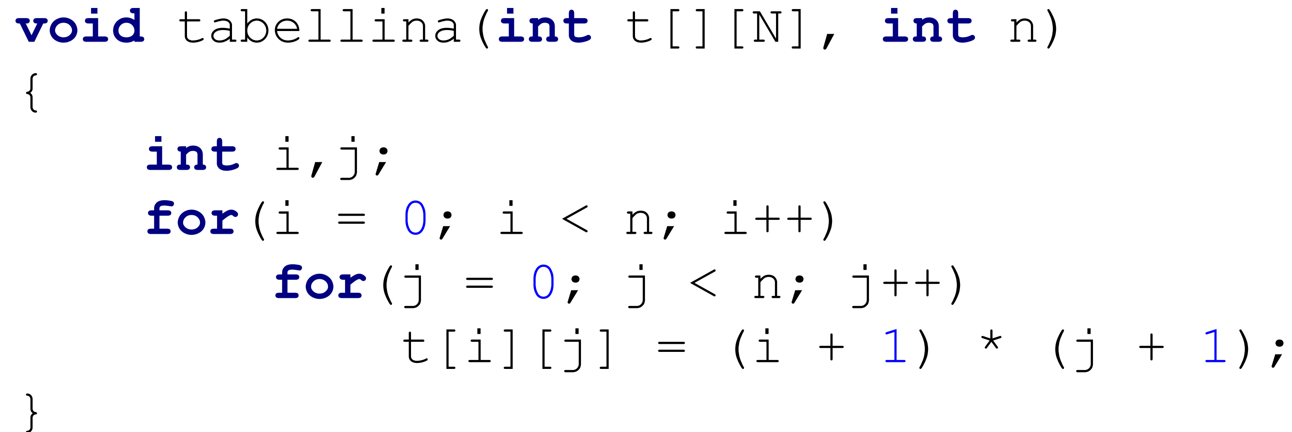
Se dichirao **erroneamente**:

… **`g(UnTipo * mat)`** … **`h(UnTipo * cube)`**

il compilatore **non** sa risolvere le espressioni **`mat[i][j]`** e **`cube[i][j][k]`**

Modificare una matrice con una funzione

```
#include<stdio.h>
#define N 30
void tabellina(int [][N], int);
void stampaTab(int [][N], int);

int main()
{
    int tab[N][N], n;
    do
    {
        printf("inserire quante tabelline: ");
        scanf("%d", &n);
    }while(n > N || n < 0);

    tabellina(tab, n);
    stampaTab(tab, n);
    return 0;
}
```



```c
void tabellina(int t[][N], int n)
{
    int i,j;
    for(i = 0; i < n; i++)
        for(j = 0; j < n; j++)
            t[i][j] = (i + 1) * (j + 1);
}

void stampaTab(int t[][N], int n)
{
    int i,j;
    for(i = 0; i < n; i++)
    {
        for(j = 0; j < n; j++)
            printf("%5d", t[i][j]);
        printf("\n");
    }
}
```

Funzioni e struct

I tipi struct vengono passate in input e restituite dalle funzioni come i normali tipi base.

- Questo vale perché è possibile fare assegnamenti tra struct
- Vale anche quando una struct contiene un array tra i propri campi
- È sempre possibile utilizzare il passaggio per riferimento anche con i tipi strutturati