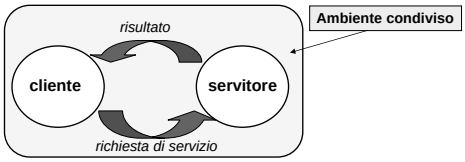
Oggi e domani…

funzioni e procedure



Sottoprogrammi

Spesso può essere utile avere la possibilità di costruire nuove istruzioni, o nuovi operatori che risolvano parti specifiche di un problema:

Un **sottoprogramma** permette di dare un nome a una parte di programma, rendendola *parametrica*.

Esempio: algoritmo *naïve sort*

```
#include <stdio.h>
#define dim 10
main()
{  int V[dim], i,j, max, tmp;

   /* lettura dei dati */
   for (i=0; i<dim; i++)
   {     printf("valore n. %d: ",i);
         scanf("%d", &V[i]);
   }
   /* ordinamento */
   for(i=dim-1; i>1; i--)
   {     max=i;
         for( j=0; j<i; j++)
         if (V[j]>V[max])
                  max=j;
         if (max!=i) /* scambio */
         {        tmp=V[i];
                  V[i]=V[max];
                  V[max]=tmp;
         }
   }
   /* stampa */
   for (i=0; i<dim; i++)
         printf("\n%d", V[i]);
}
```

Limiti di questa soluzione:

- difficile leggibilita`
- funziona solo con vettori di 10 elementi
- non è riutilizzabile

Soluzione:

si può assegnare un nome ad ogni parte del programma, racchiudendone le istruzioni che la definiscono all'interno di un ***componente software riutilizzabile***:

il *sottoprogramma*.

Esempio: algoritmo *naïve sort*

```
#include <stdio.h>
#define dim 10
...
main()
{ int V[dim];

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

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

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

- **`leggi`**, **`ordina`** e **`stampa`** sono nomi di **sottoprogrammi**, ognuno dei quali rappresenta una parte del programma (nella prima versione).
- **`leggi(V, dim):`** V e dim sono parametri, e rappresentano i dati dell'algoritmo che il sottoprogramma rappresenta

Vantaggi di questa soluzione:

- leggibilità
- sintesi
- riusabilità

Riusabilità

Mediante i sottoprogrammi è possibile eseguire più volte lo stesso insieme di operazioni senza doverlo riscrivere.

Ad esempio: ordinamento di due vettori.

```
#include <stdio.h>
#define dim 10
#define dim2 25
..
main()
{  int V1[dim], V2[dim2];
   leggi(V1, dim);
   leggi(V2, dim2);
   ordina(V1, dim);
   ordina(V2, dim2);
   stampa(V1,dim);
   stampa(V2, dim2);
}
```


Sottoprogrammi: funzioni e procedure

Un sottoprogramma è una nuova istruzione, o un nuovo operatore definito dal programmatore per sintetizzare una sequenza di istruzioni.

In particolare:

- ***procedura***: è un sottoprogramma che rappresenta un'istruzione non primitiva
- ***funzione***: è un sottoprogramma che rappresenta un operatore non primitivo.

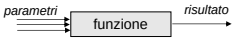
Tutti i linguaggi di alto livello offrono la possibilità di definire funzioni e/o procedure.

➔ Il linguaggio C realizza solo il concetto di **funzione**.

Funzioni come componenti software

Una funzione è un "***componente software***" che cattura l'idea matematica di *funzione:*

- molti possibili **ingressi** (che non vengono modificati!)
- una sola uscita (il **risultato**)



- Una funzione:
  - riceve dati di ingresso attraverso i ***parametri***
  - esegue una **espressione**, la cui valutazione fornisce un **risultato**
  - denota un **valore** in corrispondenza al suo *nome*

Funzioni come componenti software

Esempio: Data una funzione f : R → R

$f(x) = 3 * x^2 + x - 3$

➔se x vale 1 allora *f(x)* denota il valore 1.

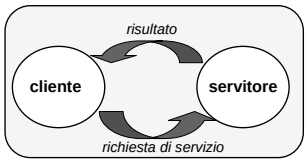
Funzioni

Il meccanismo di uso di funzioni nei linguaggi di programmazione fa riferimento allo schema di interazione tra componenti software

cliente/servitore

(*client – server*)

Modello Cliente-Servitore



Servitore:

- un qualunque ente capace di **nascondere la propria organizzazione interna**
- **presentando ai clienti una precisa *interfaccia*** per lo scambio di informazioni.

Cliente:

- qualunque ente in grado di **invocare uno o più servitori** per ottenere servizi.

Modello Cliente-Servitore

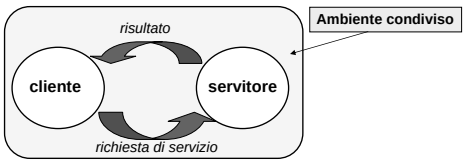
In generale, un servitore può

- essere **passivo** o **attivo**
- servire molti clienti, oppure costituire la risorsa privata di uno specifico cliente
  - in particolare: può servire un cliente alla volta, in sequenza, oppure più clienti per volta, in parallelo
- trasformarsi a sua volta in cliente, invocando altri servitori o anche se stesso.

Comunicazione Cliente/Servitore

Lo scambio di informazioni tra un cliente e un servitore può avvenire

- in modo **esplicito** tramite le interfacce stabilite dal servitore
- in modo **implicito** tramite dati accessibili ad entrambi (*l'ambiente condiviso*).



Funzione come servitore

Una funzione è un **servitore:**

- **passivo**
- che realizza un **particolare servizio**
- che **serve un cliente per volta**
- che **può trasformarsi in cliente** invocando altre funzioni (o eventualmente se stessa)

- Il cliente ***chiede*** al servitore di svolgere il servizio
  - ***chiamando*** tale servitore (per ***nome***)
  - fornendogli i dati necessari (***parametri***)

➔ Nel caso di una funzione, cliente e servitore comunicano mediante ***l'interfaccia*** della funzione.

Interfaccia di una funzione

L'interfaccia (o *intestazione*, *firma*, *signature*) di una funzione comprende

- ***nome*** della funzione
- lista dei ***parametri***
- ***tipo del valore*** calcolato dalla funzione

➔enuncia le regole di comunicazione tra cliente servitore.

Cliente e servitore comunicano quindi mediante:

- i **parametri** trasmessi dal cliente al servitore all'atto della chiamata (direzione: **dal cliente al servitore**)
- il **valore** restituito dal servitore al cliente (direzione: dal servitore al cliente)

Interfaccia: esempio

```
int max (int x, int y )/* interfaccia */
{
   if (x>y) return x;
        else return y;
}
```

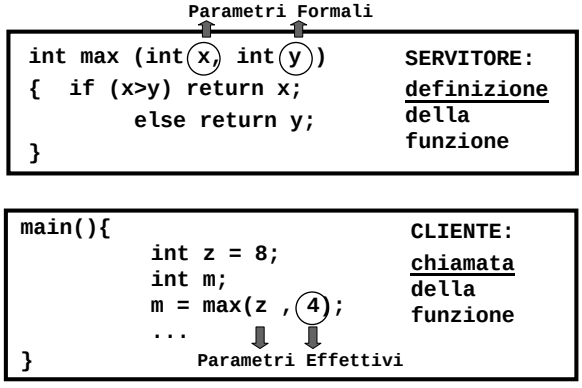
- Il simbolo **`max`** denota il nome della funzione
- Le variabili intere **`x`** e **`y`** sono i parametri della funzione
- Il valore restituito è un intero **`int`** .

Comunicazione cliente ➔ servitore

La comunicazione cliente ➔ servitore avviene mediante i ***parametri***.

- **Parametri *formali*:**
  - sono specificati nell'interfaccia del servitore
  - indicano cosa il servitore si aspetta dal cliente
- **Parametri *effettivi* (o attuali):**
  - sono trasmessi dal cliente all'atto della chiamata
  - devono corrispondere ai parametri formali in **numero**, **posizione** e **tipo**.

Esempio



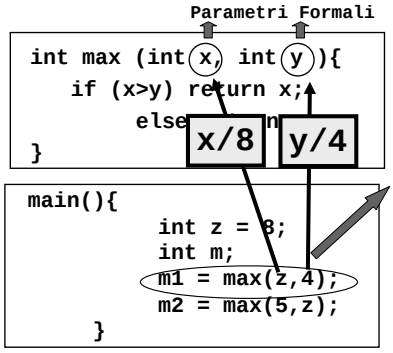
Comunicazione cliente/servitore

L'associazione (***legame***) tra i parametri effettivi e i parametri formali viene fatta *al momento della chiamata,* in modo **dinamico**.

Tale legame:

- vale solo per l'invocazione corrente
- vale solo per la durata della funzione.

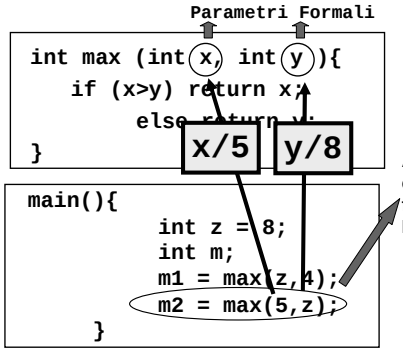
ESEMPIO



All'atto di questa chiamata della funzione si effettua un legame tra:

x e z
y e 4

ESEMPIO



All'atto di questa chiamata della funzione si effettua un legame tra

x e 5
y e z

Programmi C con funzioni

Ogni funzione viene realizzata mediante la ***definizione*** di una *unita` di programma* distinta dal programma principale (main).

➔ Generalizziamo la struttura di un programma C:
il programma è una collezione di *unità di programma* (tra le quali compare sempre l'unità *main*)

Richiamiamo la regola generale sulla visibilità degli identificatori:

"Prima di utilizzare un identificatore è necessario che sia già stato definito (oppure dichiarato)."

➔ all'interno del file sorgente vengono specificate **prima le definizioni** delle ***funzioni***, ed infine viene esplicitato il ***main***.
➔ formalmente anche il main è una funzione; essa viene invocata per prima, quando il programma viene messo in esecuzione

Esempio

```
<definizione funzione 1>
<definizione funzione 2>
...
main()
{
...
<chiamata di funzione 2>
<chiamata di funzione 1>
<chiamata di funzione 2>
..
}
```


Definizione di funzione in C

```
<definizione-di-funzione> ::=
<tipoValore>   <nome>(<parametri-formali>)
{
   <corpo>;
}
```

dove:

<parametri-formali>
- una lista (eventualmente vuota) di variabili, visibili dentro il corpo della funzione.

<tipoValore>
- deve coincidere con il tipo del valore risultato della funzione: può essere
  - di tipo scalare (int, char, float o double),
  - di tipo struct, oppure
  - di tipo puntatore.

Definizione di funzione in C

```
<definizione-di-funzione> ::=
<tipoValore>   <nome>(<parametri-formali>)
{
   <corpo>;
}
```

- Nella parte ***<corpo>*** possono essere presenti definizioni e/o dichiarazioni locali (***parte dichiarazioni***) e un insieme di istruzioni (***parte istruzioni***).
- I dati riferiti nel corpo possono essere **costanti**, **variabili**, oppure **parametri formali**.
- All'interno del corpo, i **parametri formali** vengono trattati come ***variabili***.

Meccanismo di chiamata di funzioni

- All'atto della ***chiamata***, l'esecuzione del cliente viene ***sospesa*** e il controllo passa al servitore.
- Il servitore "vive" solo per il tempo necessario a svolgere il servizio.
- Al termine, il servitore "muore", e *l'esecuzione torna al cliente.*

Chiamata di Funzione

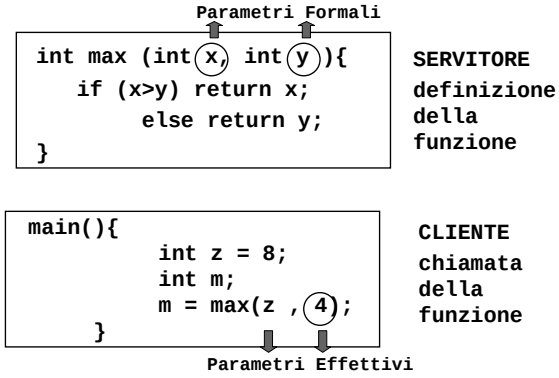
La chiamata di funzione è un'espressione della forma:

```
<nomefunzione> ( <parametri-effettivi> )
```

dove:

```
<parametri-effettivi> ::=
   [ <espressione> ]  { , <espressione> }
```


ESEMPIO



Risultato di una funzione: `return`

L'istruzione

NOTA: return si usa senza parentesi…

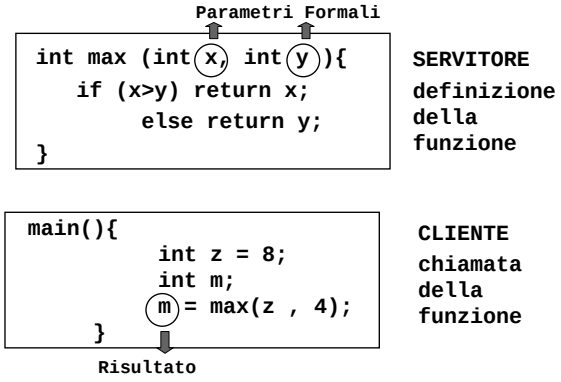
```
return <espressione>
```

provoca la terminazione dell'attivazione della funzione (*il servitore muore*) e la restituzione del controllo al cliente, unitamente al valore dell'espressione che la segue.

- **Eventuali istruzioni successive alla return *non saranno mai eseguite*!**

```
int max (int x, int y ){
      if (x>y) return x;
      else return y;
      printf("ciao!"); /* mai eseguita !*/
  }
```


ESEMPIO



Esempio completo

```
#include <stdio.h>
int max (int x, int y )
{    if (x>y) return x;
          else return y;
}
main()
{
     int z = 8;
     int m;
     m = max(z, 4);
     printf("Risultato: %d\n", m);
}
```

BINDING & ENVIRONMENT

`return x;` ⇒ devo sapere cosa denota il simbolo x

- La conoscenza di cosa un simbolo denota viene espressa da una *legame* (*binding*) tra il simbolo e un valore.
- L'insieme dei *binding* validi in (un certo punto di) un programma si chiama *environment (ambiente).*

ESEMPIO

```
main(){
          int z = 8;
          int y, m;
          y = 5
          m = max(z,y); /* X */
     }
```

Consideriamo il punto X: In questo environment il simbolo z è legato al valore 8 tramite l'inizializzazione, mentre il simbolo y è legato al valore 5. Pertanto i parametri di cui la funzione max ha bisogno per calcolare il risultato sono noti all'atto dell'invocazione della funzione

ESEMPIO

```
main(){
          int z = 8;
          int y, m;

          m = max(z,y); /* X */
     }
```

Consideriamo il punto X: In questo environment il simbolo z è legato al valore 8 tramite l'inizializzazione, mentre il simbolo y non è legato ad alcun valore. Pertanto i parametri di cui la funzione max ha bisogno per calcolare il risultato NON sono noti all'atto dell'invocazione della funzione e la funzione non può essere valutata correttamente

Binding e visibilità

- Tutte le occorrenze di un nome nel testo di un programma a cui si applica un dato *binding* si dicono essere entro lo stesso ***scope*** (***visibilità***) del binding.
- Le regole in base a cui si stabilisce la *portata* di un binding si dicono ***regole di visibilità*** (o ***scope rules***).

ESEMPIO

- **Il servitore...**

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}
```


ESEMPIO

- **Il servitore...**

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}
```

Valutazione del simbolo z nell'environment corrente
z vale 8

ESEMPIO

- **Il servitore...**

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}          8
```

*Calcolo dell'espressione 2*z nell'environment corrente*

*2*z vale 16*

ESEMPIO

- **Il servitore...**

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}          16  13
```

Invocazione della chiamata a max con parametri attuali 16 e 13

IL CONTROLLO PASSA AL SERVITORE

ESEMPIO

- **Il servitore...**

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}          16  13
```

Viene effettuato il legame dei parametri formali x e y con quelli attuali 16 e 13.

INIZIA L'ESECUZIONE DEL SERVITORE

ESEMPIO

- **Il servitore...** 16 13

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}
```

Viene valutata l'istruzione if (16 > 13) che nell'environment corrente e' vera. Pertanto si sceglie la strada

```
return x
```


ESEMPIO

- **Il servitore...** 16 13

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}                  16
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}
```

Il valore 16 viene restituito al cliente.

IL SERVITORE TERMINA E IL CONTROLLO PASSA AL CLIENTE.

NOTA: i binding di x e y vengono distrutti

ESEMPIO

- **Il servitore...**

```
int max (int x, int y ){
   if (x>y) return x;
   else return y;
}
```

- **… e un possibile cliente:**

```
main(){
   int z = 8;
   int m;
   m = max(2*z,13);
}       16
```

Il valore restituito (16) viene assegnato alla variabile m nell'environment del cliente.

RIASSUMENDO...

All'atto dell'invocazione di una funzione:

- si crea una *nuova attivazione (istanza) del servitore*
- si alloca la memoria per i parametri (e le eventuali variabili locali)
- si trasferiscono i parametri al servitore
- si trasferisce il controllo al servitore
- si esegue il codice della funzione.

Procedure in C

Formalmente in C esiste solo il concetto di funzione:

e le *procedure* ?

È possibile costruire delle particolari funzioni che non restituiscono alcun valore:

```
void proc (int P){..}
```

è la definizione di una funzione (`proc`) che non restituisce alcun valore:

- **`void`** è un identificatore di tipo per classificare dati il cui dominio è l'insieme vuoto.

Procedure in C

La definizione di funzione:

```
void proc (int P){..}
```

realizza una procedura.

Osservazioni:

- la chiamata di **`proc`** non produce alcun risultato
- dall'interno del corpo della funzione **`proc`** non verrà restituito alcun risultato al cliente:
  - ➔il corpo potrà contenere o meno l'istruzione **`return`**, eventualmente utilizzata senza argomento: **`return;`**

Procedure in C

Esempio:

```
#include <stdio.h>
void stampafloat(float P) /* "procedura" */
{  printf("%f\n", P);
   return; /* termina l'attivazione*/
}

float quadrato(float X) /* funzione*/
{return X*X;}

main()
{  float V;
   scanf("%f", &V);
   V=quadrato(V);
   stampafloat(V); /* chiamata di "procedura"*/
}
```


Tecniche di legame dei parametri

La tecnica di legame (o *passaggio*) dei parametri stabilisce come avviene l'associazione tra parametri effettivi e parametri formali.

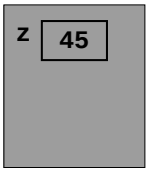
In generale, un parametro può essere trasferito (*passato*) dal cliente al servitore:

- **per valore (per copia, *by value*)**
  - **si copia *il valore* del parametro effettivo nel corrispondente parametro formale.**
- **per riferimento (per indirizzo, *by reference*)**
  - **si associa al parametro formale *un riferimento* al corrispondente parametro effettivo**

Legame per valore

HP: z parametro effettivo
w parametro formale

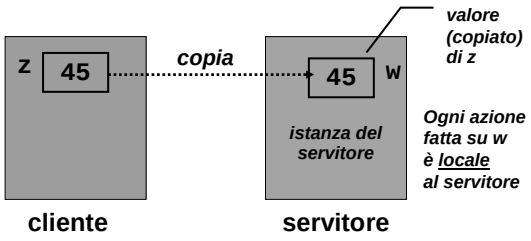
si trasferisce *una copia del valore* del parametro attuale...



cliente

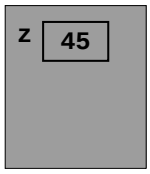
Legame per valore

si trasferisce *una copia del valore* del parametro attuale nel parametro effettivo



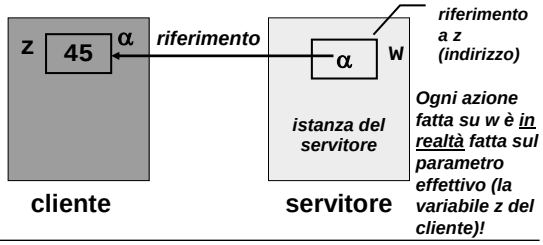
Legame per riferimento

si trasferisce *un riferimento* al parametro effettivo...



Legame per riferimento

si trasferisce *un riferimento* al parametro effettivo che viene associato al parametro formale



PASSAGGIO DEI PARAMETRI IN C

In C, i parametri sono trasferiti sempre e solo per valore (*by value*)

- si trasferisce *una copia* del parametro attuale, *non l'originale*!
- tale copia è *strettamente privata e locale a quel servitore*
- il servitore potrebbe quindi alterare il valore ricevuto, *senza che ciò abbia alcun impatto sul cliente*

Conseguenza: è impossibile usare un parametro per *trasferire informazioni dal servitore verso il cliente*

➔ per trasferire un'informazione al cliente si sfrutta il *valore di ritorno* della funzione

Esempio: valore assoluto

- **Definizione formale:** $|x|: Z \rightarrow N$

$$\begin{cases} |x| \text{ vale } x & \text{se } x \geq 0 \\ |x| \text{ vale } -x & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

- **Codifica sotto forma di funzione C:**

```
int valAss(int x) {
  if (x < 0) return -x;
  else return x;
}
```


ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) return -x;
   else return x;
}
```

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) return -x;
   else return x;
}
```

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```

Quando valAss(z) viene chiamata, il valore attuale di z, valutato nell'environment corrente (-87), viene copiato e passato a valAss.

-87

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) return -x;  87
   else return x;
}
```

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```

valAss riceve quindi una copia del valore -87 e la lega al simbolo x. Poi si valuta l'istruzione condizionale, e si restituisce il valore 87.

-87

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) return -x;
   else return x;
}
```

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```

Il valore restituito viene assegnato a absz

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore: modifica**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) x = -x;
   return x;
}
```

Se x e' negativo viene MODIFICATO il suo valore nella controparte positiva. Poi la funzione torna x

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```


ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore: modifica**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) x = -x;
   return x;
}
```

x -87

Quando valAss(z) viene chiamata, il valore attuale di z, valutato nell'environment corrente (-87), viene copiato e passato a valAss. Quindi x vale -87

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```


ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore: modifica**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) x = -x;
   return x;
}
```

x ~~-87~~ 87

valAss restituisce il valore 87 che viene assegnato a absz

NOTA: IL VALORE DI z NON VIENE MODIFICATO

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore: modifica**

```
int valAss(int x) {
   if (x<0) x = -x;
   return x;
}
```

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
}
```

NOTA: IL VALORE DI z NON VIENE MODIFICATO

La printf stampa -87

PASSAGGIO DEI PARAMETRI

Molti linguaggi mettono a disposizione il passaggio per riferimento (*by reference*)

- non si trasferisce una copia del valore del parametro effettivo
- *si trasferisce un riferimento al parametro,* in modo da dare al servitore *accesso diretto* al parametro in possesso del cliente
  - il servitore *accede e modifica direttamente* il dato del cliente.

Passaggio dei parametri: osservazioni riassuntive

Legame per valore:

- Parametri ***passati per valore*** servono soltanto a comunicare ***valori in ingresso*** al sotto-programma.
- Se il passaggio avviene per valore, ogni parametro attuale non è necessariamente una variabile, ma può essere, in generale, una **espressione**.

Legame per riferimento:

- Parametri ***passati per riferimento*** servono a comunicare ***valori sia in ingresso sia in uscita*** al/dal sottoprogramma.
- Se il passaggio avviene per riferimento, ogni parametro effettivo deve necessariamente essere una **variabile**.

Passaggio dei parametri in C

Il C *non* supporta *direttamente* il passaggio per riferimento:

- è una grave mancanza!
- quindi, occorre costruirselo quando serve. *(vedremo più avanti dei casi)*

Il C++ e Java invece lo forniscono.

Passaggio per riferimento in C

- Il C *non* fornisce *direttamente* un modo per attivare il passaggio per riferimento.
- In alcuni casi il passaggio per riferimento è ***indispensabile****:* ad esempio, nel caso di funzioni che producono più di un risultato.
- quindi, dobbiamo *costruircelo.*

È possibile costruirlo? Come?

➔Utilizzando parametri di tipo puntatore.

REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

- In C è possibile provocare gli stessi effetti del passaggio per riferimento utilizzando parametri di tipo ***puntatore***.
- in questo caso, a differenza dei linguaggi che prevedono il legame per riferimento:

il programmatore deve gestire esplicitamente degli indirizzi (trasferiti ***per valore*** alla funzione) che verranno ***esplicitamente dereferenziati*** (nel corpo della funzione).

REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

In C per realizzare il passaggio per riferimento:

- il cliente deve *passare **esplicitamente** gli indirizzi*
- il servitore deve *prevedere **esplicitamente** dei puntatori come parametri formali*

Esempio

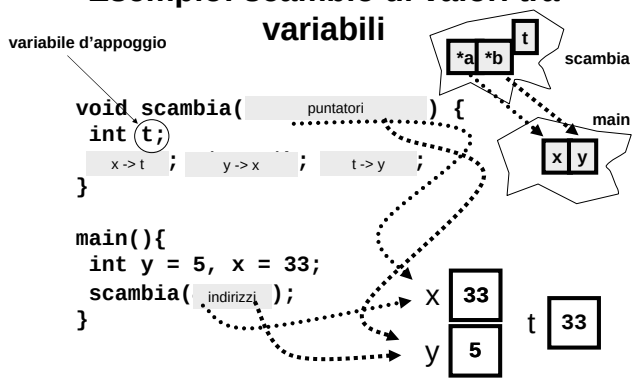
nel servitore: puntatori come parametri formali

```
#include <stdio.h>
void quadratoEcubo(float X, float *Q, float *C)
{ *Q = X*X;    /* dereferencing di Q*/
  *C = X*X*X;  /* dereferencing di C*/
  return;
}

main()
{ float dato, cubo, quadrato;
  scanf("%f", &dato);
  quadratoEcubo(dato, &quadrato, &cubo);
  printf("\nDato %f, il suo quadrato è: %f, il
  suo cubo è %f\n", dato, quadrato, cubo);
}
```

nel cliente: vengono passati degli indirizzi

Esempio: scambio di valori tra variabili

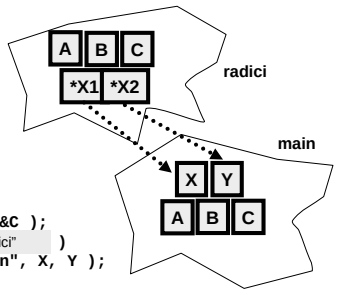


Equazione di secondo grado: $Ax^2 + Bx + C = 0$

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

int radici( A , B , C , X1 , X2 )
{  float D;
   if ( !A )  errore…
   D = B*B-4*A*C;
   if ( D<0 )  errore…
   D=sqrt(D);
        x=(-B+D)/2a
        y=(-B-D)/2a
}

main()
{ float    A,B,C,X,Y;
  scanf( "%f%f%f", &A, &B, &C );
  if (  chiamata a funzione "radici"  )
            printf( "%f%f\n", X, Y );
}
```



Osservazioni

- Quando un puntatore è usato per realizzare il passaggio per riferimento, la funzione *non dovrebbe mai alterare il valore del puntatore.*
- Quindi, se **a** e **b** sono due parametri formali di tipo puntatore:

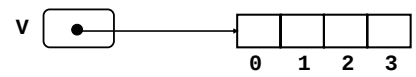
```
*a = *b     SI
a = b       NO
```

- In generale una funzione può modificare un puntatore, ma *non è opportuno che lo faccia se esso realizza un passaggio per riferimento*

Vettori come parametri di funzioni

Ricordiamo che il nome di un vettore denota il ***puntatore al suo primo elemento***.

```
int V[4];
```



Quindi, *passando un vettore a una funzione:*

- *non si passa l'intero vettore !!*
- si passa solo (***per valore!***) il suo indirizzo iniziale (`V ≡ &V[0]`)

- *agli occhi dell'utente,* ***sembra*** che il vettore ***sia passato per riferimento!!***

Conclusione

A livello *concreto*:

- il C passa i parametri *sempre e solo per valore*
- nel caso di un vettore, si passa il suo indirizzo iniziale (**`v ≡ &v[0]`** ≡ α) *perché tale è il significato del nome del vettore*

A livello *concettuale*:

- il C passa *per valore* tutto tranne i vettori, che vengono trasferiti *per riferimento.*

ESEMPIO

Problema:
Scrivere *una funzione* che, dato un vettore di N interi, ne calcoli il massimo.

Definiamo la funzione:

```
int massimo(int *v, int dim){..}
```


ESEMPIO

La funzione:

```
int massimo(int *v, int dim) {
 int i, max;
 for (max=v[0], i=1; i<dim; i++)
     if (v[i]>max) max=v[i];
 return max;
}
```


ESEMPIO

Il cliente:

```
main() {
 int max, v[] = {43,12,7,86};
 max = massimo(v, 4);
}
```

Trasferire esplicitamente la dimensione del vettore è NECESSARIO, *in quanto la funzione, ricevendo solo l'indirizzo iniziale, non avrebbe modo di sapere quanto è lungo il vettore !*

ESERCIZIO: MAX E MIN DI UN VETTORE

```
#define DIM 15
/* definizione delle due funzioni */

int minimo (int vet[], int N)
{int i, min;
 min = vet[0];
 for  (i = 1; i < N; i ++)
    if (vet[i]<min)
           min = vet[i];
 return min;
}

int massimo (int vet[], int N)
{int i, max;
 max = vet[0];
 for (i = 1; i < N; i ++)
    if (vet[i]>max)
                 max=vet[i];
  return max;
}
/* continua...*/
```


ESERCIZIO: MAX E MIN DI UN VETTORE

```
/* ...continua*/

main ()
{int i, a[DIM];
 printf ("Scrivi %d numeri interi\n", DIM);
 for (i = 0; i < DIM; i++)
        scanf ("%d", &a[i]);
 printf ("L'insieme dei numeri è: ");
 for (i = 0; i<DIM; i++)
       printf(" %d",a[i]);
 printf ("Il minimo vale %d e il massimo è %d\n",
          minimo( a, DIM ) ,
          massimo( a, DIM ) );
}
```

ESERCIZIO: Ordinamento di un vettore

Torniamo al problema dell'***ordinamento di un vettore***:

Dati n valori interi forniti in ordine qualunque, stampare in uscita l'elenco dei valori dati in ordine crescente.

Soluzione, mediante le tre procedure:
- **`leggi:`** inizializza il vettore con i valori dati da input;
- **`ordina:`** applicando il metodo naïve sort, ordina in modo crescente gli elementi del vettore,
- **`stampa:`** scrive sullo standard output il contenuto del vettore ordinato.

ESERCIZIO: Ordinamento di un vettore

```
#include <stdio.h>
#define N 5
int  leggi(                    ) {…}; /* lettura dati */
void stampa(                   ) {…}; /* stampa */
void ordina (                  ) {…}; /* ordina */
void scambia(int* a, int* b) /* ..vista prima.. */

main () {




}
```


Esercizio: definizioni delle funzioni

```
/* legge da tastiera e scrive sul vettore "a"
   fino a un massimo di "dim" interi */
int leggi(int a[], int dim) {
 int i=0;
 while( scanf ("%d", a+i)>0 ) {
       i++;
       if( i>=dim ) break;
 }
 return i;
}

/* stampa su video i "dim" elem. di un vettore
   "a" di interi */
void stampa(int a[], int dim) {
 int i;
 printf("\nVettore:\n");
 for (i = 0; i < dim; i++)
       printf ("%d\n", a[i]);
}

/* scambia il valore di due variabili intere */
void scambia(int* a, int* b) {  /* già vista */
  int t;
  t = *a;  *a = *b;  *b = t;
}
```


Esercizio: definizioni delle funzioni

```
/* ordina un vettore "vet" di "dim" elementi di
   tipo int */
void ordina (int vet[], int dim) {
 int  j, i, min;
 for  ( j=0; j<dim; j++ ) {
   min=j;  /* cerca min. elem. in
              {vet[j+1]..vet[dim-1]} */
   for ( i=j+1; i<dim; i++ )
        if ( vet[i]<vet[min] )
             min=i;

   if ( min!=j )     /* se minore di vet[j]:
                        effettuo lo scambio */
          scambia( &vet[min], &vet[j] );

   }
 }
```


Dichiarazione di funzioni (prototipi)

Regola Generale:
Prima di utilizzare una funzione è necessario che sia già stata ***definita*** oppure ***dichiarata***.

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

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

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

Ad esempio: Dichiarazione della funzione **`ordina`**:

```
void ordina(int vet[], int dim);
```


Dichiarazione di funzioni

Una funzione può essere dichiarata più volte (in punti diversi del programma), ma è definita **una sola volta**.

È possibile inserire i prototipi delle funzioni:
- nella parte dichiarazioni globali di un programma,
- nella parte dichiarazioni del main,
- nella parte dichiarazioni delle funzioni.

NOTA: Nomi dei parametri nelle dichiarazioni di funzioni:

```
void leggi(int a[], int dim);
void leggi(int *a, int N);
void leggi(int *, int);
```

non è richiesto il nome dei parametri formali

Dichiarazione di funzioni

Ad esempio:

dichiarazioni globali

```
#include <stdio.h>
long power (int, int); /* dichiarazione */

main() {
   long power (int base, int n); /* dichiarazione */
   int X, exp;
                                  dichiarazioni del main
   scanf("%d%d", &X, &exp);
   printf("%ld", power(X,exp));
}

long power(int B, int N) { /* definizione */
   int i, RIS;

   for (RIS=B, i=1; i<N; i++) RIS*=B;
   return RIS;
}
```


Dichiarazioni di funzioni di libreria

- E le dichiarazioni di **`printf`**, **`scanf,`** ecc. ?

➔ sono contentue nel file **`stdio.h`**

➔ Ad esempio, la direttiva:
`#include <stdio.h>`
provoca l'aggiunta nel file sorgente del contenuto del file specificato, cioè delle dichiarazioni delle funzioni della libreria di I/O.

- Analogamente per le altre funzioni di libreria:

➔ le dich. di **`malloc`** e **`free`** sono contentue nel file **`stlib.h`**

➔ le dich. di **`strlen, strcmp,`** etc. sono contenute nel file **`string.h`**

➔ ecc.

Esempio: max elem. in un vettore

dichiarazioni

```
#include <stdio.h>
int massimo(int *v, int dim);

main() {
 int max, v[] = {43,12,7,86};

 max = massimo(v, 4);

 printf("Massimo: %d\n", max);
}

int massimo(int *v, int dim) {
 int max, i;

 for (max=v[0], i=1; i<dim; i++)
   if (v[i]>max) max=v[i];
 return max;
}
```

definizioni

Esempio: max elem. in un vettore

dichiarazioni

```
#include <stdio.h> /* dichiarazioni di funz.,costanti,… */
int massimo(int *v, int dim); /* dichiarazioni di funz. */

main() {                    /* definizione della funzione main*/
 int max, v[] = {43,12,7,86}; /* definizione var. locali */

 max = massimo(v, 4); /* istruzioni che usano funzioni
                         (massimo, printf), e dati (max e v) */
 printf("Massimo: %d\n", max);
}

int massimo(int *v, int dim) { /* definizione di massimo */
 int max, i;          /* definizioni delle variabili locali */

 for (max=v[0], i=1; i<dim; i++)  /* istruzioni */
   if (v[i]>max) max=v[i];
 return max;
}
```

definizioni

Variabili: visibilità e tempo di vita

ambiente locale

ambiente globale

Comunicazione cliente/servitore mediante l'ambiente condiviso

Una procedura/funzione può anche comunicare con il suo cliente **mediante aree dati globali***:* un esempio sono le ***variabili globali*** *del C.*

- Le ***variabili globali*** in C:
  - sono definite fuori da ogni funzione
  - sono allocate nell'area dati globale (accessibile al main e a tutte le funzioni)

ESEMPIO

Esempio: Divisione intera x/y con calcolo di quoziente e resto. Occorre calcolare *due* valori che supponiamo di mettere in due variabili globali.

```
int quoziente, int resto;
```

variabili globali **quoziente** e **resto** visibili in tutti i blocchi

```
void dividi(int x, int y) {
  resto = x%y; quoziente = x/y;
}

main(){
  dividi(33, 6);
  printf( "%d%d", quoziente, resto );
}
```

Il risultato è disponibile per il cliente nelle variabili globali **quoziente** e **resto**

ESEMPIO

Esempio: Con il parametri di tipo puntatore avremmo il seguente codice

```
void dividi(int x, int y, int* quoziente, int*
  resto) {
  *resto = x%y; *quoziente = x/y;
}

main(){
  int k = 33, h = 6, quoz, rest;
  dividi( 33, 6, &quoz, &rest );
  printf( "%d%d", quoz, rest );
}
```


Effetti collaterali (side effects)

- Una funzione può provocare un ***effetto collaterale (side effect)*** se la sua attivazione modifica una qualunque tra le variabili definite all'esterno di essa.
- Si possono verificare effetti collaterali nei seguenti casi:
  - parametri di tipo ***puntatore***;
  - assegnamento a ***variabili globali***.

Effetti collaterali

Se presenti, è possibile realizzare "funzioni" che non sono più funzioni in senso matematico.

Esempio:

```
#include <stdio.h>
int B;
int f (int * A);

main()
{  B=1;
   printf("%d\n",2*f(&B));    /* (1) */
   B=1;
   printf("%d\n",f(&B)+f(&B)); /* (2) */
}

int f (int * A)
{ *A=2*(*A);
  return *A;
}
```

Fornisce valori diversi, pur essendo attivata con lo stesso parametro attuale. L'istruzione (1) stampa 4 mentre l'istruzione (2) stampa 6.

Visibilità degli Identificatori

Dato un programma scritto in linguaggio C, è possibile distinguere:

- **Ambiente globale:**
  è costituito dalle dichiarazioni e definizioni che compaiono nella parte di dichiarazioni globali di P (ad esempio, le variabili globali).
- **Ambiente locale:**
  - **a una funzione**: è l'insieme delle dichiarazioni e definizioni che compaiono nella parte dichiarazioni della funzione, più i suoi parametri formali.
  - **a un blocco**: è l'insieme delle dichiarazioni e definizioni che compaiono all'interno del blocco.

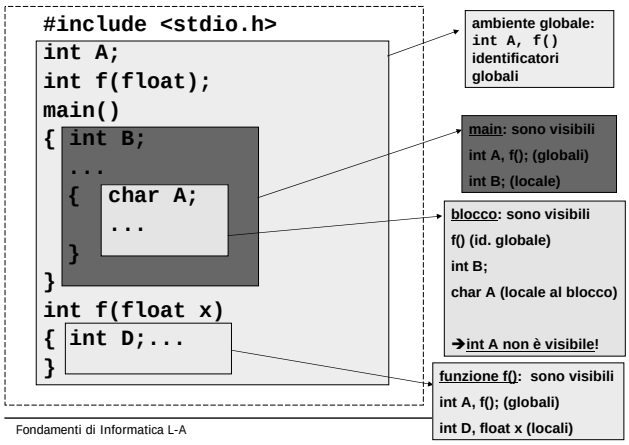
Regole di visibilità degli identificatori in C

Qual è il campo di azione di un identificatore?

Nel linguaggio C è determinato *staticamente*, in base all'ambiente al quale l'identificatore appartiene, secondo le seguenti regole:

1. il campo di azione di un identificatore **globale** va dal punto in cui si trova la sua dichiarazione (o definizione) fino alla fine del file sorgente (a meno della regola 3);
2. il campo di azione della dichiarazione (o definizione) di un identificatore **locale** è il blocco (o la funzione) in cui essa compare e tutti i blocchi in esso contenuti (a meno della regola 3);
3. quando un identificatore dichiarato in un blocco P è ridichiarato (o ridefinito) in un blocco Q racchiuso da P, allora il blocco Q, e tutti i blocchi innestati in Q, sono esclusi dal campo di azione della dichiarazione dell'identificatore in P (***overriding***).

Visibilità degli identificatori



Esempio

```
#include <stdio.h>
main()
{int i=0;
  while (i<=3)
  { /* BLOCCO 1 */
    int j=4; /* def. locale al blocco 1*/
    j=j+i;
    i++;

    { /* BLOCCO 2: interno al blocco 1*/
           float i=j; /*locale al blocco 2*/
      printf("  \t  \t",i,j);
    }
   printf("  \t\n",i);
  }
}
```


Tempo di vita delle variabili

È l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante della creazione (allocazione) della variabile e l'istante della sua distruzione (deallocazione).

➔ È l'intervallo di tempo in cui la variabile ***esiste*** ed in cui, compatibilmente con le regole di visibilità, può essere utilizzata.

Nel linguaggio C si distingue tra:

- **Variabili Automatiche**:
  - **Variabili globali** sono allocate all'inizio del programma e vengono distrutte quando il programma termina:
    il tempo di vita è pari al **tempo di esecuzione del programma**.
  - **Variabili locali** (e parametri formali) alle funzioni sono allocati ogni volta che si invoca la funzione e distrutti al termine dell'attivazione:
    il tempo di vita è pari alla **durata dell'attivazione** della funzione in cui compare la definizione della variabile.
- **Variabili Dinamiche:**
  hanno un tempo di vita pari alla durata dell'intervallo di tempo che intercorre tra la **`malloc`** che le alloca e la **`free`** che le dealloca.

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` è 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.**