

# FUNZIONI

---

- Spesso può essere utile avere la possibilità di costruire nuove istruzioni che risolvano parti specifiche di un problema.
- Una *funzione* permette di
  - *dare un nome a una espressione*
  - *rendendola parametrica*

**Esempi** (pseudo-C):

```
float f(){ 2 + 3 * sin(0.75); }
```

```
float f1(int x) {
```

```
    return 2 + 3 * sin(x); }
```

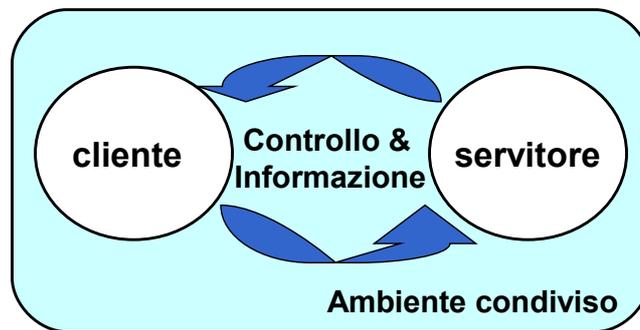
## FUNZIONI COME COMPONENTI SW

---

- 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 in corrispondenza ai *parametri*
  - ha come corpo una espressione, la cui valutazione fornisce un risultato
  - denota un valore in corrispondenza al suo *nome*

# MODELLO CLIENTE/SERVITORE

---



## Servitore:

- un qualunque ente computazionale 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 svolgere il proprio compito.

# MODELLO CLIENTE/SERVITORE

---

Un servitore può

- 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 *aree-dati* accessibili ad entrambi, ossia l'ambiente condiviso.

## FUNZIONI COME SERVITORI

---

- Una funzione è un servitore
  - che serve *un cliente per volta*
  - che *può trasformarsi in cliente invocando altre funzioni o se stessa*
- Una funzione è un *servitore dotato di nome* che incapsula le istruzioni che realizzano un certo servizio.
- Il cliente chiede al servitore di svolgere il servizio
  - chiamando tale servitore (per nome)
  - *fornendogli le necessarie informazioni*
- Nel caso di una funzione, cliente e servitore comunicano mediante *l'interfaccia* della funzione.

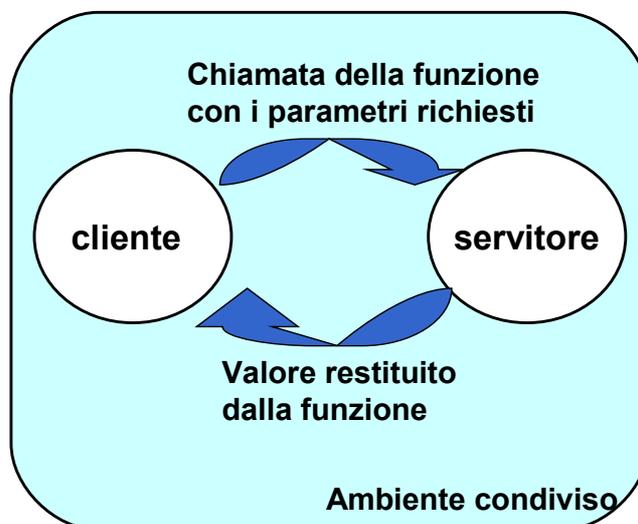
# INTERFACCIA DI UNA FUNZIONE

---

- L'*interfaccia* (o firma o *signature*) di una funzione comprende
  - *nome della funzione*
  - *lista dei parametri*
  - *tipo del valore da essa denotato*
- *Esplicita il contratto di servizio* fra cliente e 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 DI UNA FUNZIONE

---



## ESEMPIO

---

```
int max (int x, int y ) {  
    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** .

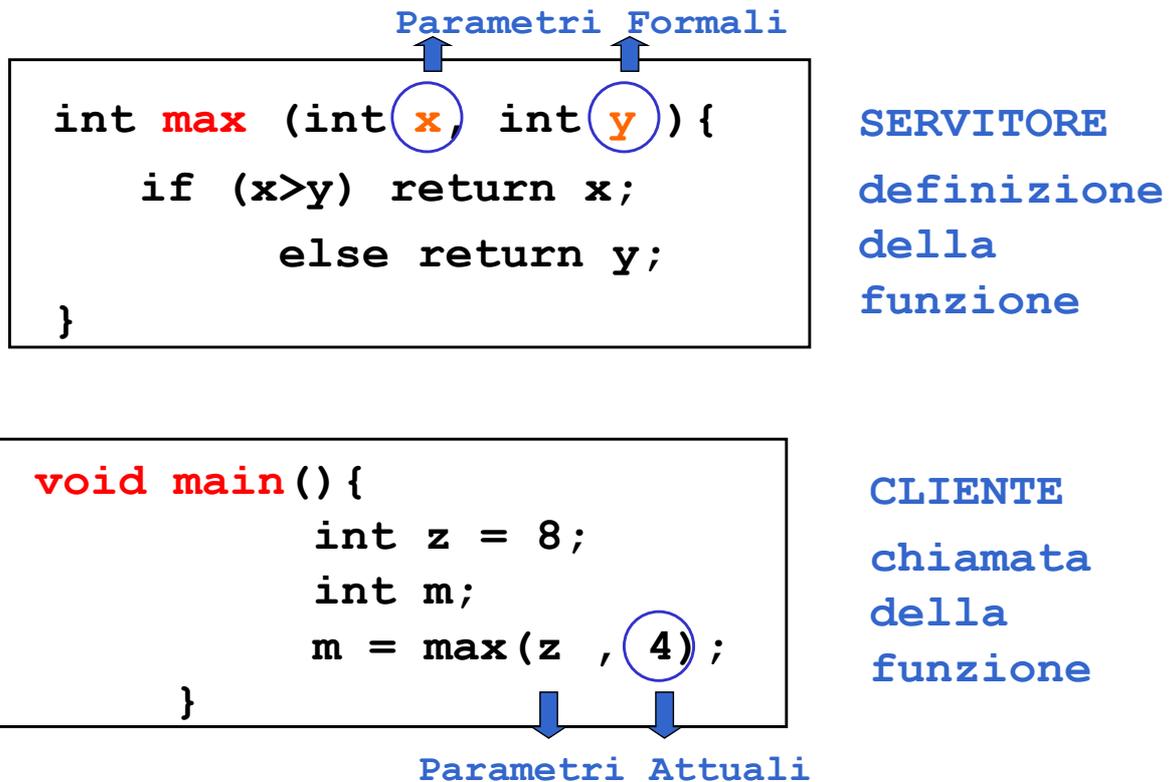
## COMUNICAZIONE CLIENTE/SERVITORE

---

Il cliente passa informazioni al servitore mediante una serie di parametri attuali.

- Parametri formali :
  - sono specificati nella *dichiarazione* del servitore
  - esplicitano *il contratto* fra servitore e cliente
  - indicano *cosa il servitore si aspetta dal cliente*
- Parametri attuali :
  - sono trasmessi dal cliente all'atto della chiamata
  - devono corrispondere ai parametri formali in numero, posizione e tipo

## ESEMPIO



## COMUNICAZIONE CLIENTE/SERVITORE

- Legame tra parametri attuali e parametri formali: effettuato *al momento della chiamata*, in modo dinamico.

Tale legame:

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

## ESEMPIO

Parametri Formali

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

```
void main() {  
    int z = 8;  
    int m;  
    m1 = max(z, 4);  
    m2 = max(5, z);  
}
```

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

x e z

y e 4

## ESEMPIO

Parametri Formali

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

```
void main() {  
    int z = 8;  
    int m1, m2;  
    m1 = max(z, 4);  
    m2 = max(5, z);  
}
```

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

x e 5

y e z

## INFORMATION HIDING

---

- La *struttura interna* (corpo) di una funzione è *completamente inaccessibile dall'esterno*.
- Così facendo si garantisce *protezione dell'informazione* (*information hiding*)
- Una funzione è accessibile SOLO attraverso la sua interfaccia.

## DEFINIZIONE DI FUNZIONE

---

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

|                                           |
|-------------------------------------------|
| La forma base è<br>return <espressione> ; |
|-------------------------------------------|

  
}
```

<parametri-formali>

- o una **lista vuota**: **void**
- o una **lista di variabili** (separate da virgole) *visibili solo entro il corpo della funzione*.

<tipoValore>

- deve coincidere con il tipo del valore risultato della funzione

## DEFINIZIONE DI FUNZIONE

---

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

|                                           |
|-------------------------------------------|
| La forma base è<br>return <espressione> ; |
|-------------------------------------------|

  
}
```

- 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.

## FUNZIONI COME COMPONENTI SW: *NASCITA E MORTE*

---

- 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-attuali> )`

dove:

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

## ESEMPIO

---

Parametri Formali

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

SERVITORE  
definizione  
della  
funzione

```
void main() {  
    int z = 8;  
    int m;  
    m = max(z , 4);  
}
```

Parametri Attuali

CLIENTE  
chiamata  
della  
funzione

## RISULTATO DI UNA FUNZIONE

---

- L'istruzione `return` provoca 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;  
}
```

## ESEMPIO

---

Parametri Formali

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

SERVITORE  
definizione  
della  
funzione

```
void main() {  
    int z = 8;  
    int m;  
    m = max(z , 4);  
}
```

CLIENTE  
chiamata  
della  
funzione

Risultato

# 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 uno o più attributi.
- L'insieme dei *binding* validi in (un certo punto di) un programma si chiama *environment*.

## ESEMPIO

---

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

- 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

---

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

- 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

## REGOLE DI VISIBILITA'

---

- Tutte le occorrenze di un nome nel testo di un programma a cui si applica un dato *binding* si dicono essere entro la stessa *portata* o *scope* 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:

```
void 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:

```
void 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:

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

*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:

```
void main () {  
    int z = 8;  
    int m;  
    m = max (2*z, 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:

```
void main() {  
    int z = 8;  
    int m;  
    m = max(2*z, 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...

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

- ... e un possibile cliente:

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

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

**return x**

## ESEMPIO

---

- Il servitore...

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

- ... e un possibile cliente:

```
void 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:

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

*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.

## PASSAGGIO DEI PARAMETRI

---

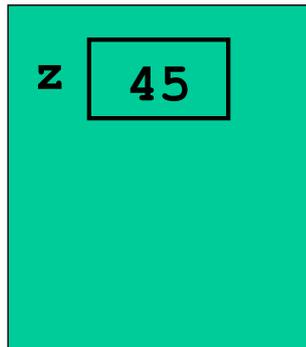
In generale, un parametro può essere trasferito dal cliente al servitore:

- **per valore o copia (*by value*)**
  - si trasferisce *il valore* del parametro attuale
- **per riferimento (*by reference*)**
  - si trasferisce *un riferimento* al parametro attuale

## PASSAGGIO PER VALORE

---

- si trasferisce una copia del valore del parametro attuale

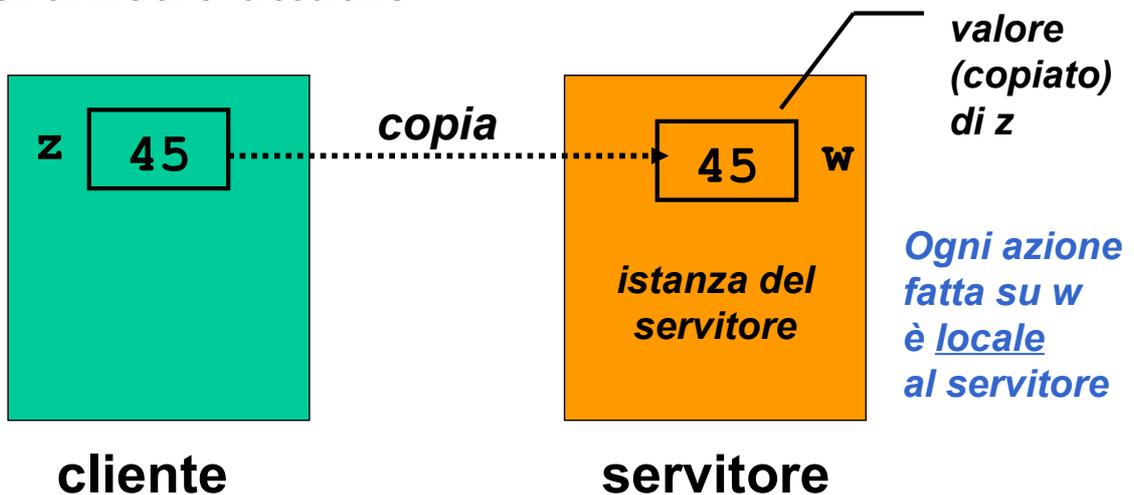


cliente

## PASSAGGIO PER VALORE

---

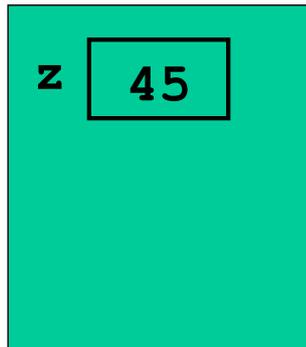
- si trasferisce una copia del valore del parametro attuale



## PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

---

- si trasferisce un riferimento al parametro attuale

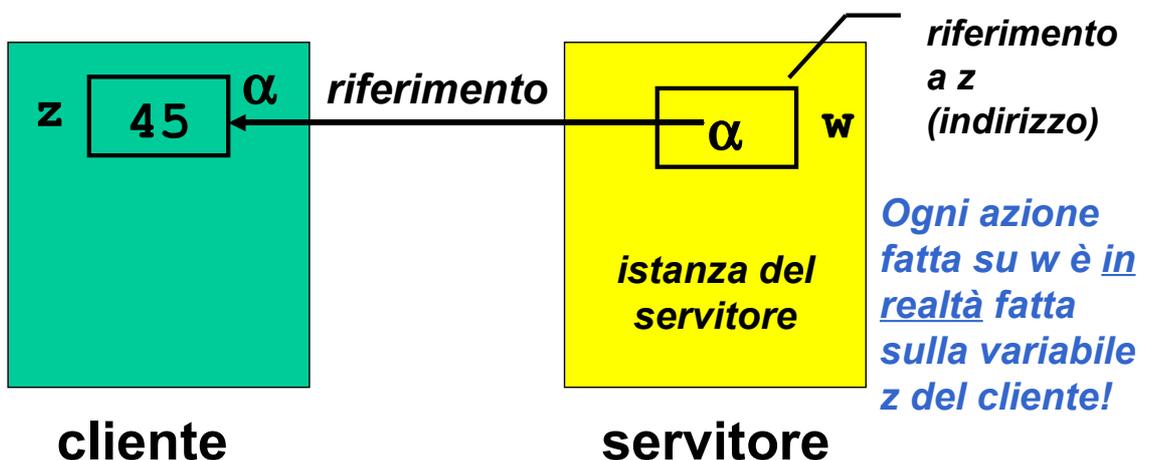


cliente

## PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

---

- si trasferisce un riferimento al parametro attuale



## **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*

## **PASSAGGIO DEI PARAMETRI IN C**

---

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

Conseguenza:

- è impossibile usare un parametro per *trasferire informazioni verso il cliente*
- per trasferire un'informazione al cliente si sfrutta il *valore di ritorno* della funzione

## ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

---

- Definizione formale:

$|x|: \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{N}$

$|x|$  vale  $x$       se  $x \geq 0$

$|x|$  vale  $-x$      se  $x < 0$

- 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

```
void 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;  
}
```

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

- **Cliente**

```
void 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;  
}
```

*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.*

- **Cliente**

```
void 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;  
}
```

*Il valore restituito viene  
assegnato a absz*

- **Cliente**

```
void 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;  
}
```

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

- **Cliente**

```
void 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**

```
void 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*

- **Cliente**

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

**NOTA: IL VALORE DI z NON VIENE MODIFICATO**

## ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

---

- **Servitore: modifica**

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

- **Cliente**

```
void 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 IN C

---

### Limiti:

- consente di restituire al cliente ***solo valori di tipo (relativamente) semplice***
- non consente di restituire ***collezioni di valori***
- non consente di scrivere componenti software il cui scopo sia ***diverso dal calcolo di una espressione***

## PASSAGGIO DEI PARAMETRI

---

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

- non si trasferisce una copia del valore del parametro attuale
- 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 IN C

---

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

- è una grave mancanza!
- il C lo fornisce indirettamente solo per alcuni tipi di dati
- quindi, occorre costruirselo quando serve.  
(vedremo più avanti dei casi)

**Il C++ e Java invece lo forniscono.**