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):

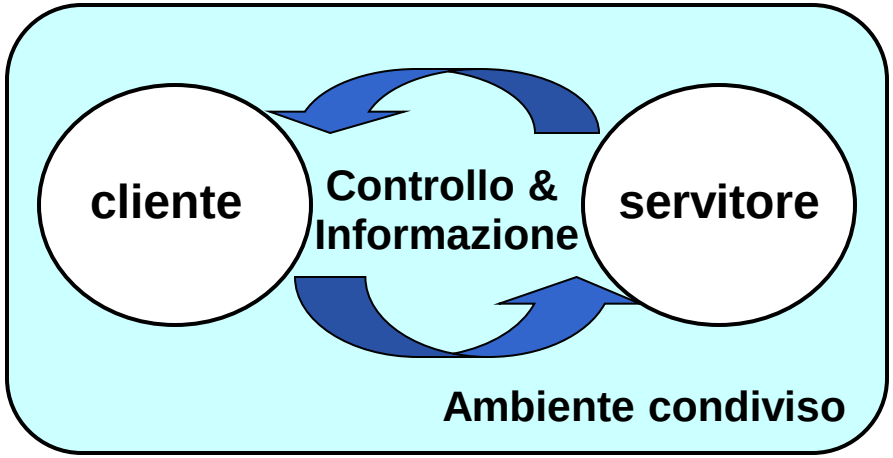
```
float f(){ 2 + 3 * sin(0.75); }
float f1(int x) {
                2 + x * sin(0.75); }
```

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*

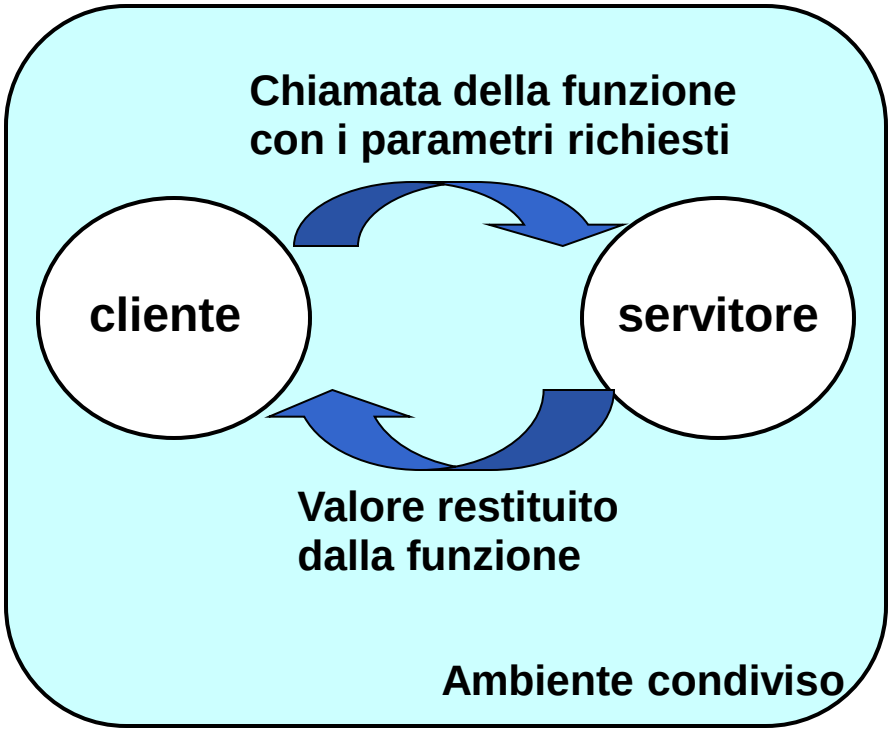
- Una funzione è un servitore dotato di *nome* che incapsula le istruzioni che realizzano un certo *servizio*
- Il cliente chiede al servitore di svolgere il servizio
  - chiamando tale servitore (per nome)
  - *fornendogli le necessarie informazioni*

- 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

Parametri Formali

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

SERVITORE

definizione della funzione

```
int main(){
        int z = 8;
        int m;
        m = max(z , 4);
    return 0;}
```

Parametri Attuali

CLIENTE

chiamata della funzione

COMUNICAZIONE CLIENTE/SERVITORE

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

Tale legame:

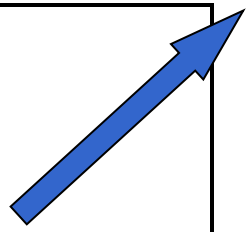
  - vale solo per l'invocazione corrente
  - vale solo per la durata della funzione

ESEMPIO

Parametri Formali

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

```
int main(){
        int z = 8;
        int m1,m2;
        m1 = max(z,4);
        m2 = max(5,z);
        return 0;}
```



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;
}
```

```
int main(){
        int z = 8;
        int m1, m2;
        m1 = max(z,4);
        m2 = max(5,z);
        return 0;}
```

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

```
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

```
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

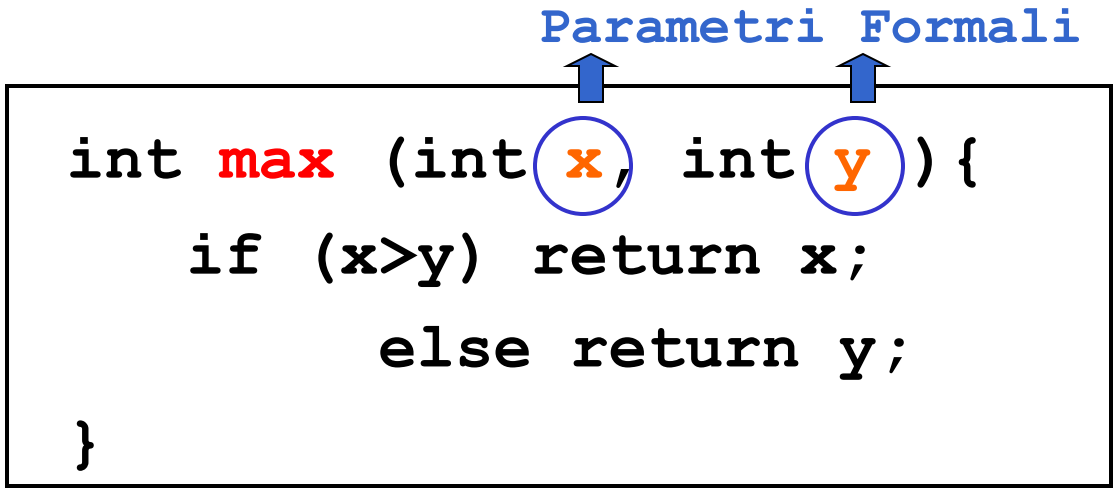
- **La chiamata di funzione è un'espressione della forma**

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

dove:

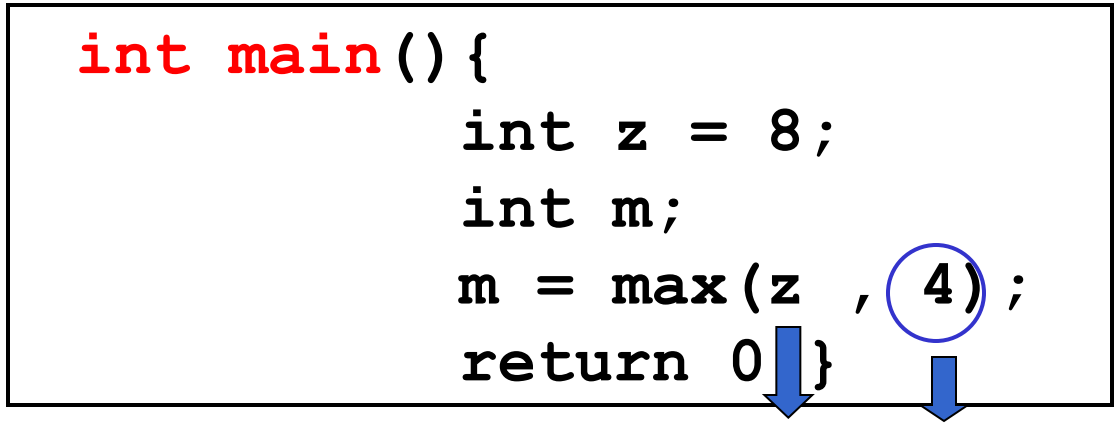
```
<parametri-attuali> ::=
    [ <espressione> ]  { , <espressione> }
```

ESEMPIO



SERVITORE

definizione della funzione



CLIENTE

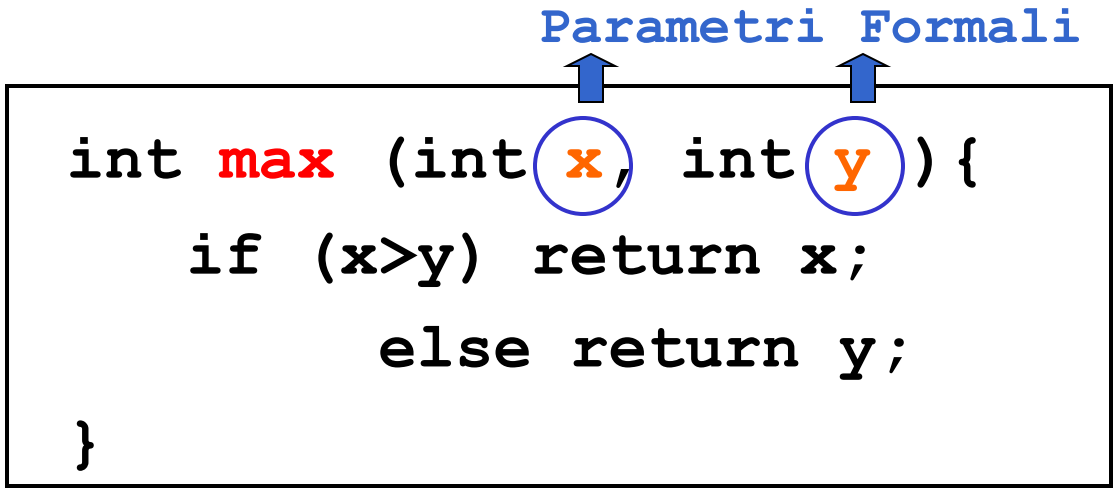
chiamata della funzione

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



SERVITORE

definizione della funzione

```
int main(){
        int z = 8;
        int m;
        m = max(z , 4);
        return 0;}
```

Risultato

CLIENTE

chiamata della funzione

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

```
int main(){
            int z = 8;
            int y, m;
            y = 5
            m = max(z,y);
            return 0;}
```

• 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

```
int main(){
            int z = 8;
            int y, m;
            m = max(z,y);
            return 0;}
```

• 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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

ESEMPIO

- **Il servitore...**

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

- **… e un possibile cliente:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

*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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

Viene valutata l'istruzione condizionale (16 > 13) che nell'environment corrente è 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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

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:**

```
int main(){
    int z = 8;
    int m;
    m = max(2*z,13);
    return 0;}
```

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

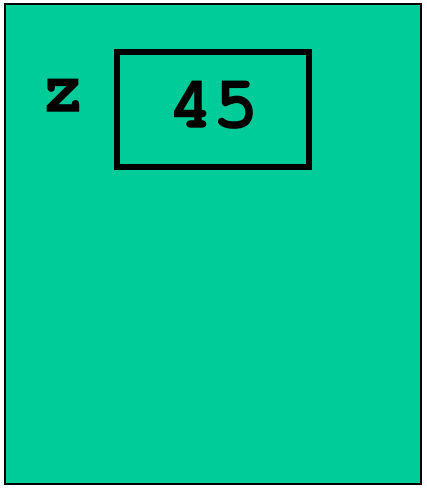
PASSAGGIO DEI PARAMETRI

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

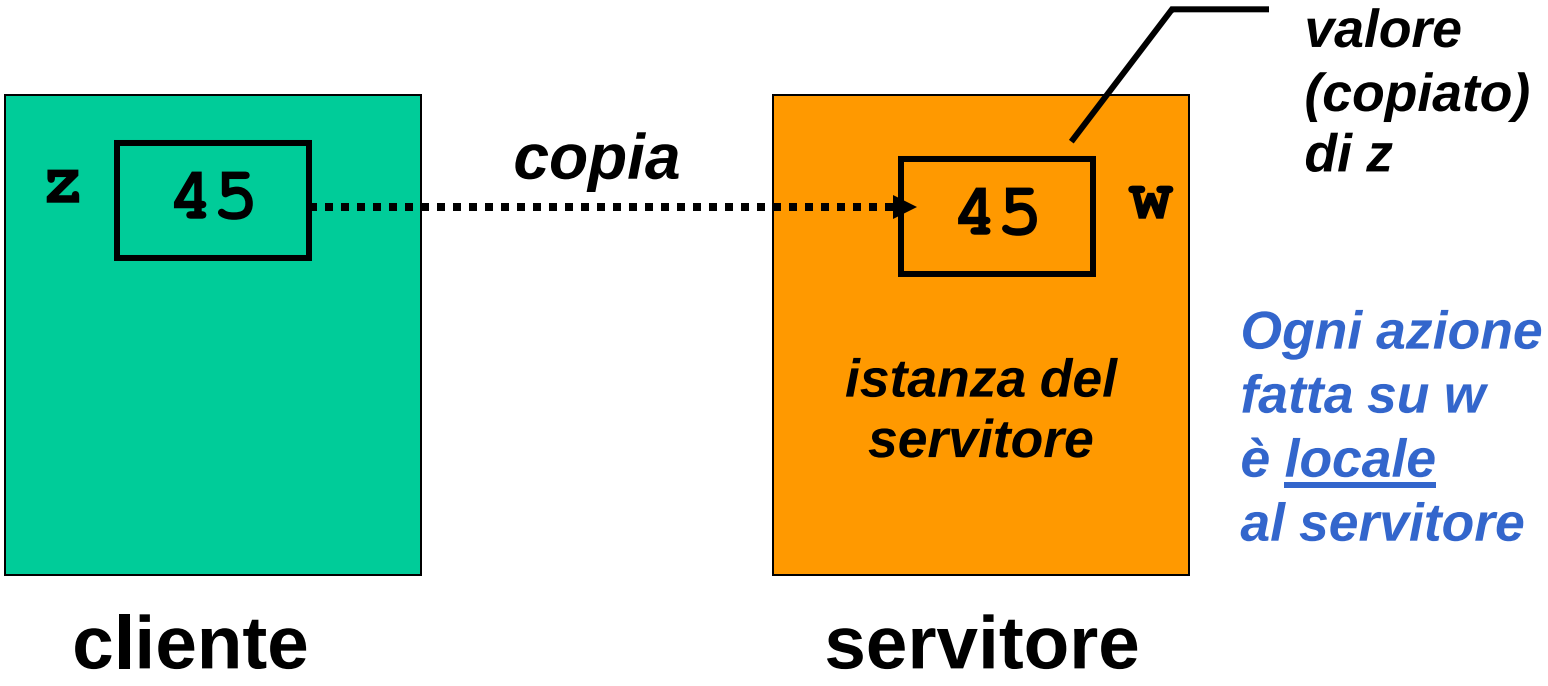
- **si trasferisce *una copia del valore* del parametro attuale**



cliente

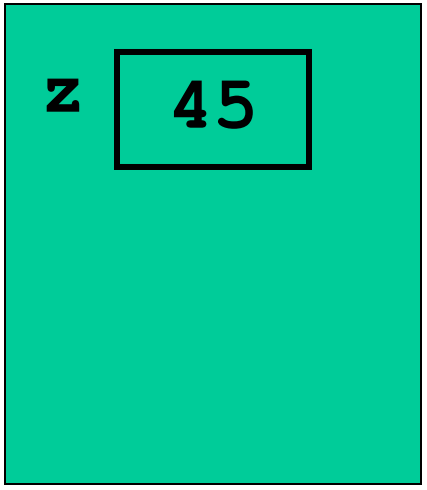
PASSAGGIO PER VALORE

- **si trasferisce *<u>una copia del valore</u>* del parametro attuale**



PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

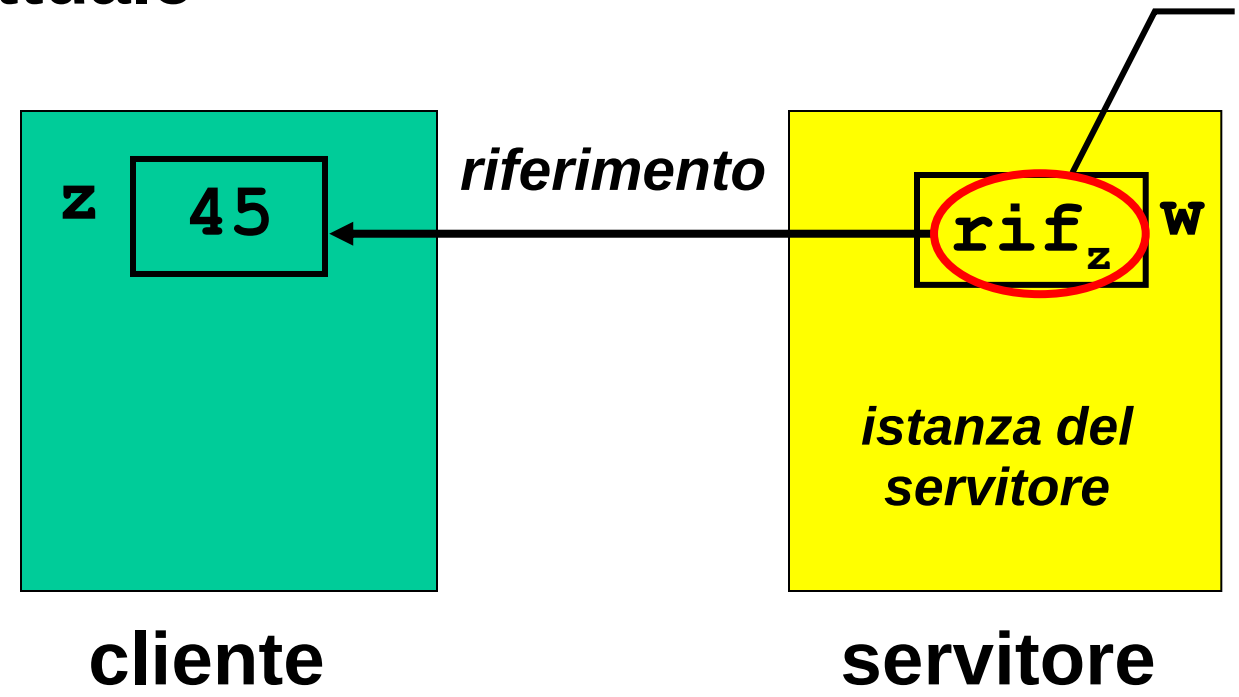
- **si trasferisce *un riferimento* al parametro attuale**



cliente

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

- **si trasferisce *un riferimento* al parametro attuale**



Ogni azione fatta su w è in realtà fatta sulla variabile z del cliente!

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:**

$|x|: Z \rightarrow N$

$|x| = x \quad \text{se } x \geq 0$

$|x| = -x \quad \text{se } x < 0$

- **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**

```
int main(){
     int absz, z = -87;
     absz = valAss(z);
     printf("%d", z);
     return 0;}
```

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

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

- **Cliente**

```
int main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
    return 0;}
```

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

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

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

- **Cliente**

```
int main(){
      int absz, z = -87;
      absz = valAss(z);
      printf("%d", z);
      return 0;}
```

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.

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

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

- **Cliente**

```
int main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
    return 0;}
```

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 è negativo viene MODIFICATO il suo valore nella controparte positiva. Poi la funzione torna x

- **Cliente**

```
int main(){
     int absz, z = -87;
     absz = valAss(z);
     printf("%d", z);
     return 0;}
```

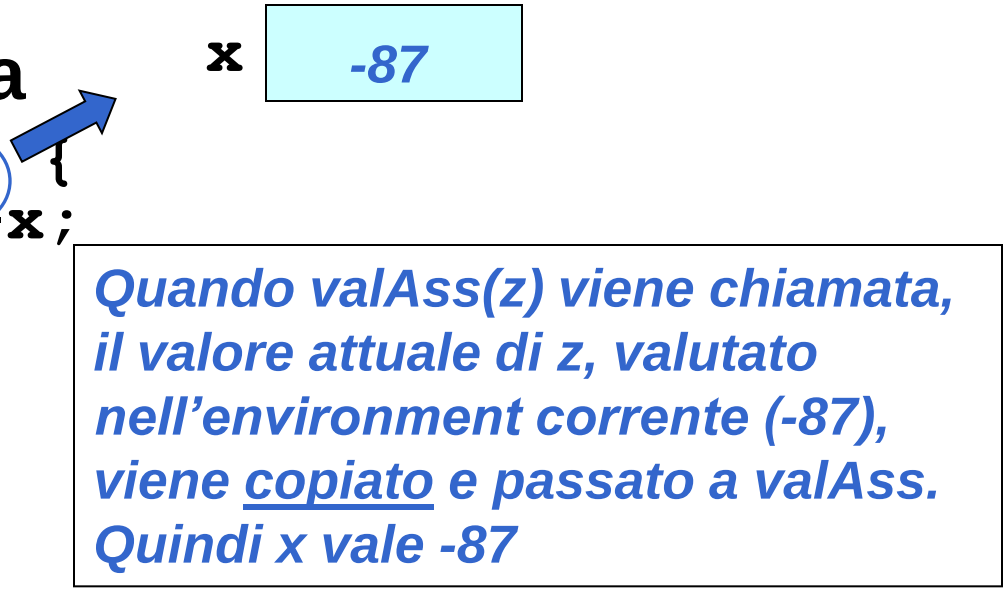
ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore: modifica**

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

- **Cliente**

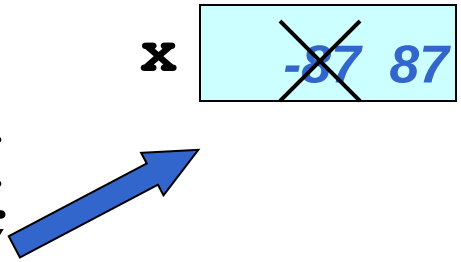
```
int main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
    return 0;}
```



ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore: modifica**

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



valAss restituisce il valore 87 che viene assegnato a absz

- **Cliente**

```
int main(){
    int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("%d", z);
    return 0;}
```

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**

```
int main(){
     int absz, z = -87;
     absz = valAss(z);
     printf("%d", z);
     return 0;}
```

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)*

→ *cosa potremmo usare???*

Il C++ e Java invece lo forniscono.