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 → S
  - 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*

FUNZIONI COME COMPONENTI SW

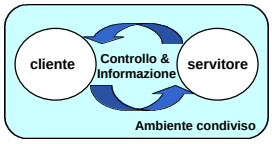
Esempio

- **se x vale 1**
- **e f è la funzione f : R → R**

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

- **allora f(x) denota il valore 1.**

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

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

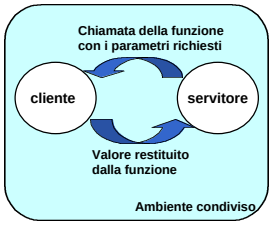
FUNZIONI COME SERVITORI

- Una funzione è un servitore
  - *passivo*
  - 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

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

CLIENTE
chiamata della funzione

Parametri Attuali

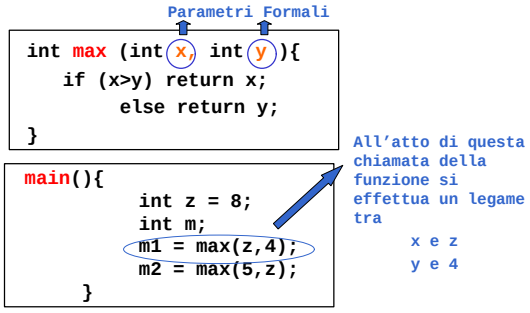
COMUNICAZIONE CLIENTE/SERVITORE

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

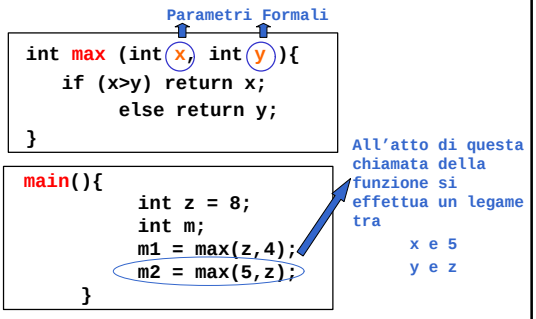
Tale legame:

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

ESEMPIO



ESEMPIO



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 e' 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

Parametri Formali

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

SERVITORE definizione della funzione

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

CLIENTE chiamata della funzione

Parametri Attuali

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

```
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

```
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

```
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

SCOPE E SCOPE-RULES

- **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:**

```
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);
}
```

*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);
}
```

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);
}
```

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:**

```
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:**

```
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);
}
```

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.

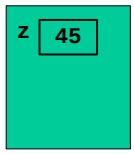
PASSAGGIO DEI PARAMETRI

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

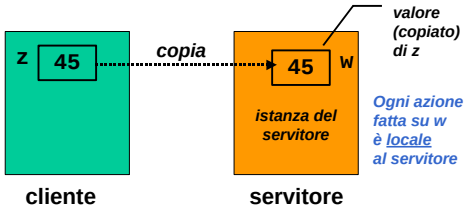
- si trasferisce ***una copia del valore*** del parametro attuale



cliente

PASSAGGIO PER VALORE

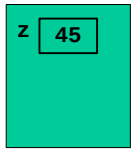
- si trasferisce ***una copia del valore*** del parametro attuale



cliente servitore

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

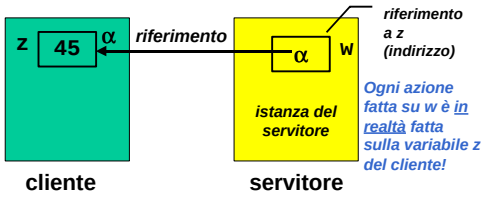
- si trasferisce ***un riferimento*** al parametro attuale



cliente

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

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



cliente servitore

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**

```
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 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**

```
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.

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- **Servitore**

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

- **Cliente**

```
main(){
    int absz, abs4, 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

- **Cliente**

NOTA: IL VALORE DI z NON VIENE MODIFICATO

```
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**

NOTA: IL VALORE DI z NON VIENE MODIFICATO

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

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.