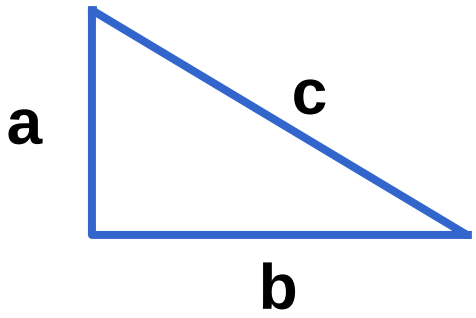
Le funzioni

Funzioni di libreria

- *Il linguaggio C ha il concetto di funzione. Molte funzioni utili sono già predefinite.*
- *Ad esempio, includendo* `#include<math.h>` *si possono usare* `sin` *(seno),* `cos` *(coseno),* `sqrt` *(radice quadrata), ecc.*

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
main()
{ float a, b, c;
  scanf("%f %f",&a, &b);
  c = sqrt(a*a+b*b);
  printf("la diagonale e` %f", c);
}
```



Funzioni di libreria

- *Le funzioni si usano all'interno delle espressioni, come gli operatori del linguaggio C (come +, -, *, ...)*

```
c = sqrt(a*a+b*b);
```

- *invocazione della funzione:*
  - *nome della funzione:* `sqrt`
  - *parametri attuali: possono essere:*
    - *costanti:* `x = sqrt(2);`
    - *variabili:* `x = sqrt(y);`
    - *espressioni:* `x = sqrt(3*y+1);`

Esempio

- ***Dati due numeri a e b, si calcoli a^b e b^a***

```
main()
{ int a, b, i, p1;
  scanf("%d %d",&a,&b);
  p1=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p1=p1*a;
  p1=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p1=p1*a;
```

copia

incolla

Esempio

- *Dati due numeri a e b, si calcoli a^b e b^a*

```
main()
{ int a, b, i, p1, p2;
  scanf("%d %d",&a,&b);
  p1=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p1=p1*a;
  p2=1;
  for (i=0;i<a;i++)
     p2=p2*b;
  printf("%d %d",p1,p2);}
```

Modifica a mano delle differenze

Meglio con le funzioni

```
int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}

main()
{ int a,b;
  scanf("%d %d",&a,&b);
  printf("%d %d",power(a,b),power(b,a));
}
```

definizione

invocazion

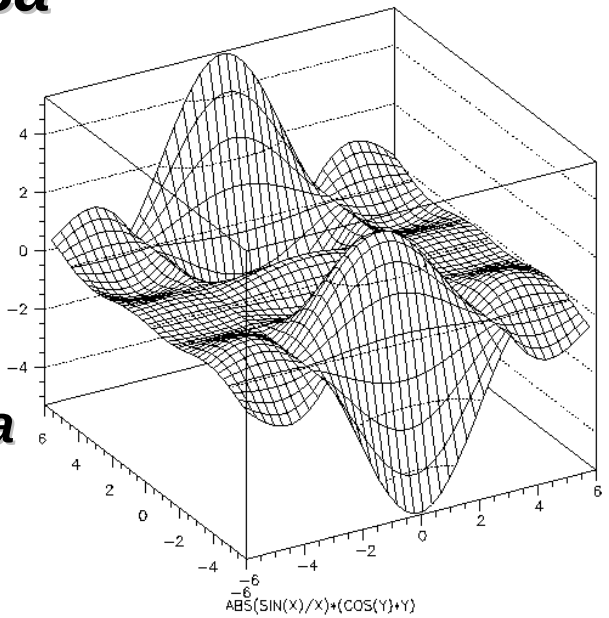
SOTTOPROGRAMMI

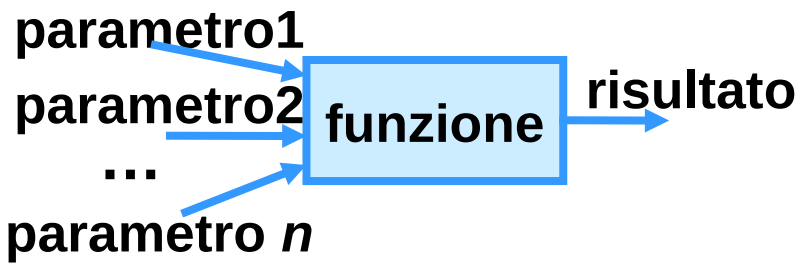
- *Un sottoprogramma è una nuova istruzione, o un nuovo operatore definito dal programmatore per sintetizzare una sequenza di istruzioni.*
- *In particolare:*
  - **procedura**: *è un sottoprogramma che rappresenta un'istruzione non primitiva*
  - **funzione**: *è un sottoprogramma che rappresenta un operatore non primitivo (ritorna un valore)*
- *Tutti i linguaggi di alto livello offrono la possibilità di definire funzioni e/o procedure.*

Il linguaggio C fornisce direttamente solo il concetto di funzione. Le procedure sono un caso particolare.

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





DEFINIZIONE DI FUNZIONE

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

<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>
}
```

- ***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.***

RISULTATO DI UNA FUNZIONE

- *L'istruzione* `return` *serve a fornire al cliente il valore di ritorno*

```
return <espressione>;
```

- *Provoca la restituzione del controllo al cliente, unitamente al valore dell'espressione che la segue.*

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

ESEMPIO

```
int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}
```

interfaccia

- *Il simbolo* `power` *denota il nome della funzione*
- *Le variabili intere* `a` *e* `b` *sono i parametri (formali) della funzione*
- *Il valore restituito è un intero* `int`.

CHIAMATA DI FUNZIONE

- ***La chiamata (o invocazione) di funzione è un'espressione della forma***

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

dove:

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

- ***I parametri attuali devono corrispondere ai parametri formali***
  - ***Come numero***
  - ***Come tipo***

Invocazione delle funzioni

- *Una volta definita una funzione, la posso invocare più volte, anche all'interno delle espres*

A tutti gli effetti, power è un nuovo operatore che posso usare nel programma!

```
main()
{ int a,b,c,Delta;
  scanf("%d %d %d",&a,&b,&c);
  Delta = power(b,2)-4*a*c;
  printf("%d",Delta);
}
```

Esercizio

- ***Si leggano da tastiera due numeri interi* a *e* b*, controllando che siano entrambi compresi fra 0 e 10.***
- ***Se l'utente inserisce un valore esterno all'intervallo 0-10 si mostri un messaggio di errore e si faccia inserire nuovamente il numero***
- ***Si stampi poi il maggiore dei due***

Vantaggi

- ***Scrivo il codice una volta sola***
- ***Il codice è più chiaro:***
  - ***Se do nomi significativi alle funzioni, spiegano già che cosa fanno, ho meno bisogno di commenti, spiegazioni, …***

Information hiding

```
int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}

main()
{ int x=3,y=2,i;
  i = power(x,y);
}
```

- *Il* `main` *(e le altre funzioni) non possono modificare il valore*

Queste due variabili si chiamano entrambe `i`***, ma sono variabili diverse***

- *questo permette di scrivere il* `main` *disinteressandosi da come è realizzata la funzione* `power`

Information hiding

- ***Poiché ogni funzione può modificare solo le sue variabili, posso modificare ogni funzione indipendentemente***
  - ***correggere errori***
  - ***aggiungere funzionalità***
  - ***usare algoritmi più efficienti***
- ***Devo solo stare attento a non modificare l'interfaccia***
- ***L'interfaccia contiene tutte le informazioni che servono a chi vuole invocare la funzione***

Esercizio

- *Dati due numeri a e b, si calcoli a^b e b^a*
- ***Si modifichi ora il programma in modo che funzioni anche con esponenti negativi***

```
float power(int a, int b)
{ int i;
  float p=1;
  if (b>=0)
    for (i=0; i<b; i++)
        p = p*a;
  else
    for (i=0; i<-b; i++)
        p = p/a;
  return p;
}
```

```
main()
{ int a,b;
  scanf("%d %d",&a,&b);
  printf("%f ",power(a,b));
  printf("%f ",power(b,a));
}
```

Vantaggi

- ***Se devo effettuare una modifica, la faccio in un solo punto***
  - ***Es: se voglio considerare anche potenze negative?***
  - ***se trovo un algoritmo più efficiente?***
  - ***se trovo un errore nell'algoritmo?***
- ***Non devo modificare il `main`, a meno che non cambi l'interfaccia della funzione***

Vantaggi

- ***Riutilizzo* del codice**
  - ***Se voglio utilizzare la funzione potenza, posso fare un copia-incolla in un altro programma (senza dovermi preoccupare di cambiare i nomi delle variabili, …)***
  - ***Posso dare il mio codice ad altri, o usare il codice fatto da altri, senza dover guardare l'algoritmo, controllare che non ci siano conflitti con i nomi delle variabili, …***
  - ***Il codice che ho scritto e testato in un'altra applicazione probabilmente è corretto***
- ***Suddivisione del lavoro: varie persone possono collaborare indipendentemente, mettendosi d'accordo sulle interfacce***
- ***Utilizzo meno memoria (il sorgente è più corto, ed anche il compilato)***

Esercizio

- ***Si scriva una funzione che verifica se un anno è bisestile***

- ***Si legga poi da tastiera una data e si dica se è valida***

Esempio

```
int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}

main()
{ int x=3,y=2,k,j;
  k = power(x,y);
  j =   power(y,x+1);
}
```

Modello Cliente-Servitore

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

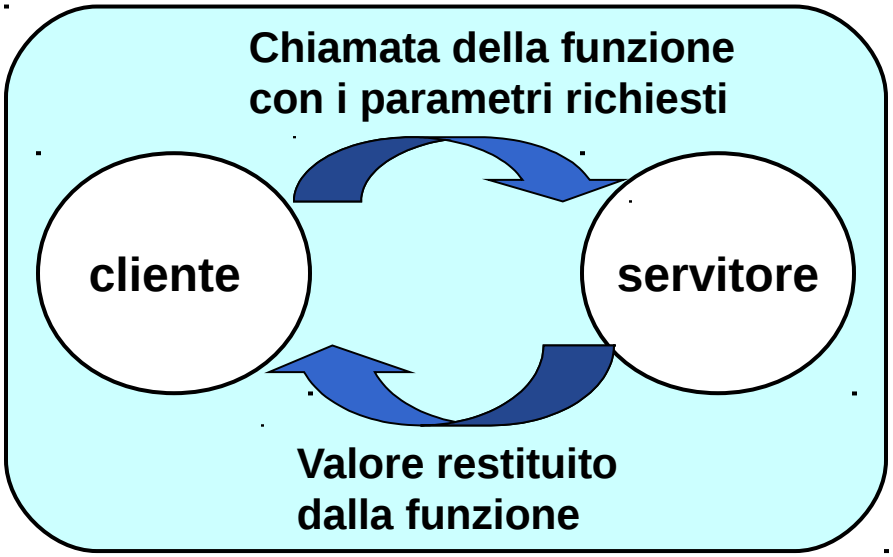
  cliente – servitore

  (client – server)

- *Es: segreteria studenti*
  - *Lo studente fornisce alla persona allo sportello:*
    - *domanda di iscrizione*
    - *fototessera*
    - *la carta d'identità*
    - *il certificato di maturità*
    - *bollettino pagamento tasse*
  - *La persona allo sportello fornisce*
    - *libretto*
    - *nome utente/password per la posta elettronica*
  - *Lo studente si disinteressa completamente di che cosa viene effettuato dalla segreteria; gli interessa solo sapere come accedere al servizio:*
    - *qual è lo sportello giusto*
    - *quali informazioni deve fornire alla segreteria*
    - *quali informazioni gli vengono date in cambio*

INTERFACCIA DI UNA FUNZIONE

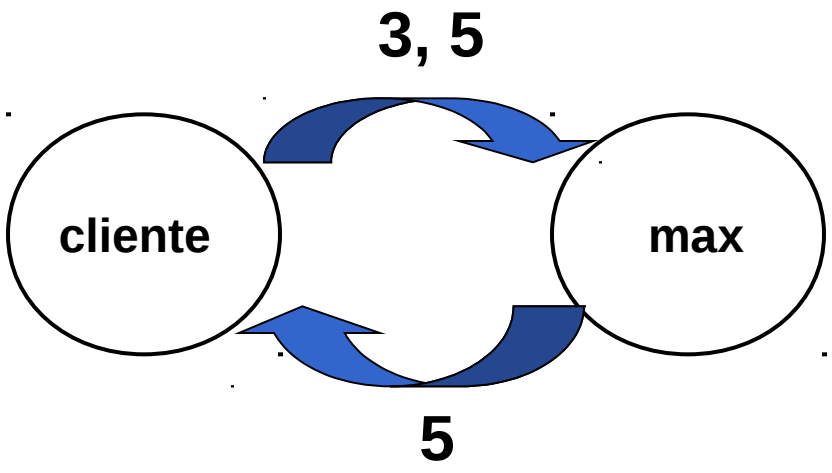
- ***L'*interfaccia *(o firma o* signature*) di una funzione comprende***
  - **nome della funzione**
  - **lista dei parametri**
  - **tipo del valore da essa restituito**



- ***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)**

ESEMPIO

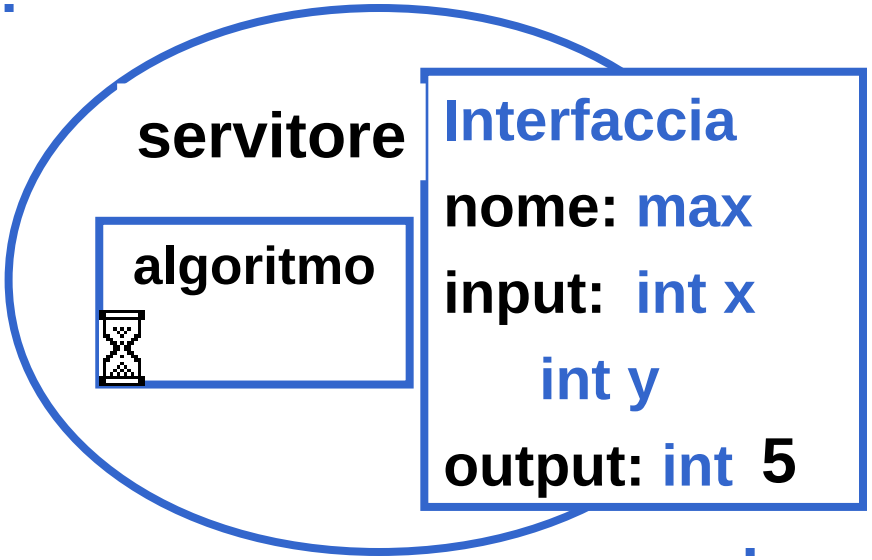
- *Calcolo del massimo di due valori*
- *Sequenza operazioni:*
  - *Il cliente comunica al servitore i due valori*
  - *Il servitore calcola il massimo*
  - *Il servitore comunica al cliente il valore del massimo*



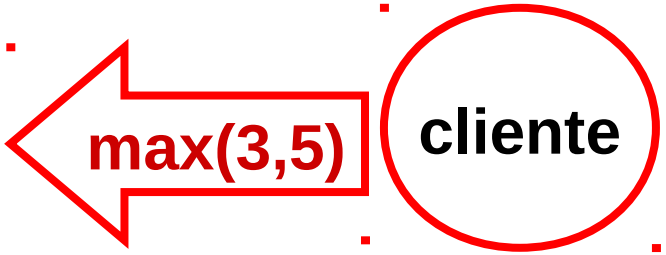
- **Cliente e servitore devono essere d'accordo su:**
  - **il tipo dei valori → int**
  - **quanti sono i valori → 2**
  - **qual è il nome del servitore → max**
  - **qual è il tipo del valore di ritorno → int**
- **Il cliente non è interessato all'algoritmo che il servitore utilizza**

ESEMPIO

- *Quindi, dal lato del servitore dovrà esserci scritto:*
  - *come si chiama*
  - *di quanti dati ha bisogno e di che tipo*
  - *di che tipo è il valore calcolato*



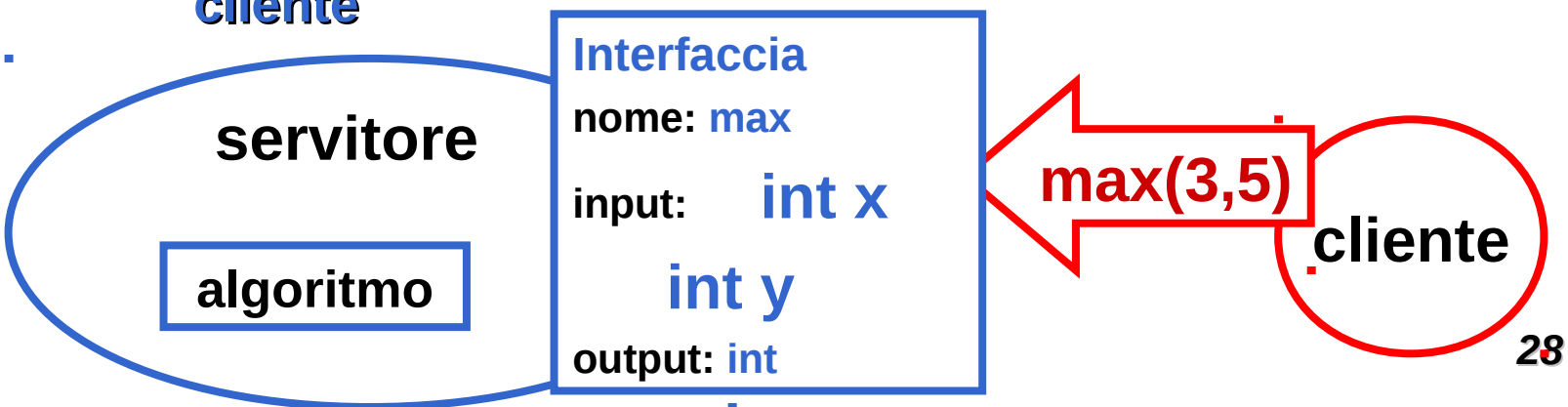
- ***Il cliente dovrà mandare al servitore identificato da quel nome***
  - *i dati di ingresso, in numero e tipo giusti*
  - *ricevere il risultato*



COMUNICAZIONE CLIENTE → SERVITORE

Il cliente passa informazioni al servitore tramite una serie di Parametri

- ***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);
     }
```

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:

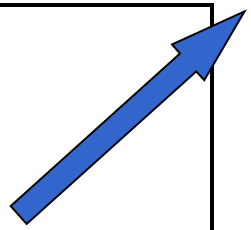
- ***vale solo per l'invocazione corrente***
- ***vale solo per la durata della funzione.***

ESEMPIO

Parametri Formali

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

```
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 z

y e 4

ESEMPIO

Parametri Formali

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

```
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

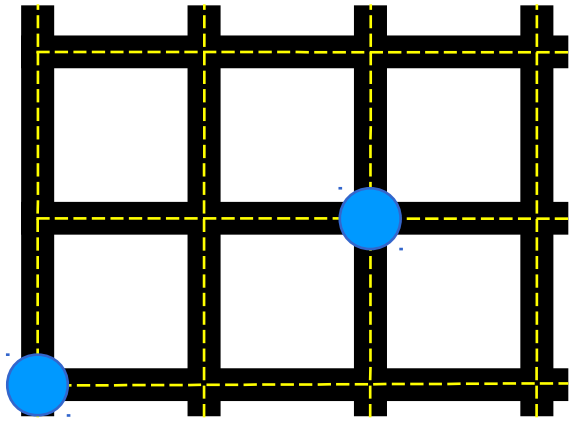
- ***La* struttura interna *(corpo) di una funzione* è completamente inaccessibile dall'esterno.**
- ***Così facendo si garantisce* protezione dell'informazione *(*information hiding*)***
- ***Una funzione è accessibile SOLO attraverso la sua interfaccia.***
- ***Quindi posso cambiare l'algoritmo della funzione senza preoccuparmi di quello che succede dal lato del cliente***

Esercizio

- *Scrivere una funzione che prende in ingresso due strutture di tipo* **`punto`**

```
typedef struct
  { int x,y;} punto;
```

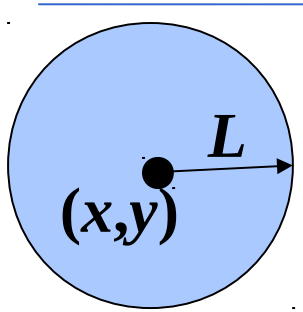
e calcola la distanza di Manhattan fra i due punti



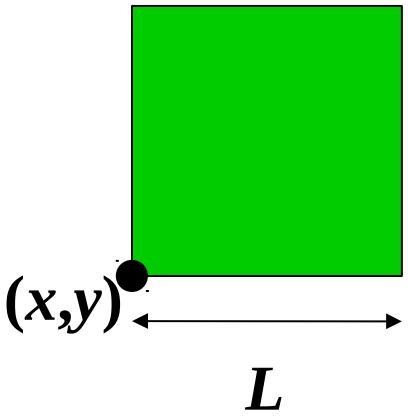
Esercizio

- *Sia data la definizione*

```
typedef struct {int x,y; } punto;
```



- ***Si definisca una struttura che rappresenta una figura geometrica. La struttura contiene:***
  - ***Tipo**: stringa che può essere "CERCHIO" o "QUADRATO"*
  - ***P**: punto che rappresenta*
    - *il centro, nel caso del cerchio*
    - *il punto in basso a sinistra, nel caso del quadrato*
  - ***L**: lunghezza*
    - *del raggio, nel caso del cerchio*
    - *del lato, nel caso del quadrato*



- ***Si scriva una funzione che prende in ingresso una struttura `figura` e un `punto` e fornisce***
  - ***1 se il punto è interno alla figura***
  - ***0 se il punto è esterno***

Modello a run-time delle funzioni

- *Per eseguire una funzione bisogna:*
  1. *creare le variabili*
  2. *ricopiare il valore dei parametri*
  3. *eseguire il codice della funzione*
  4. *restituire il risultato*
  5. *liberare l'area di memoria che conteneva le variabili*
- *In particolare, le variabili che erano definite all'interno della funzione hanno, come tempo di vita, quello in cui esiste la funzione, da quando viene invocata a quando esegue l'istruzione* `return`.

Creazione delle variabili

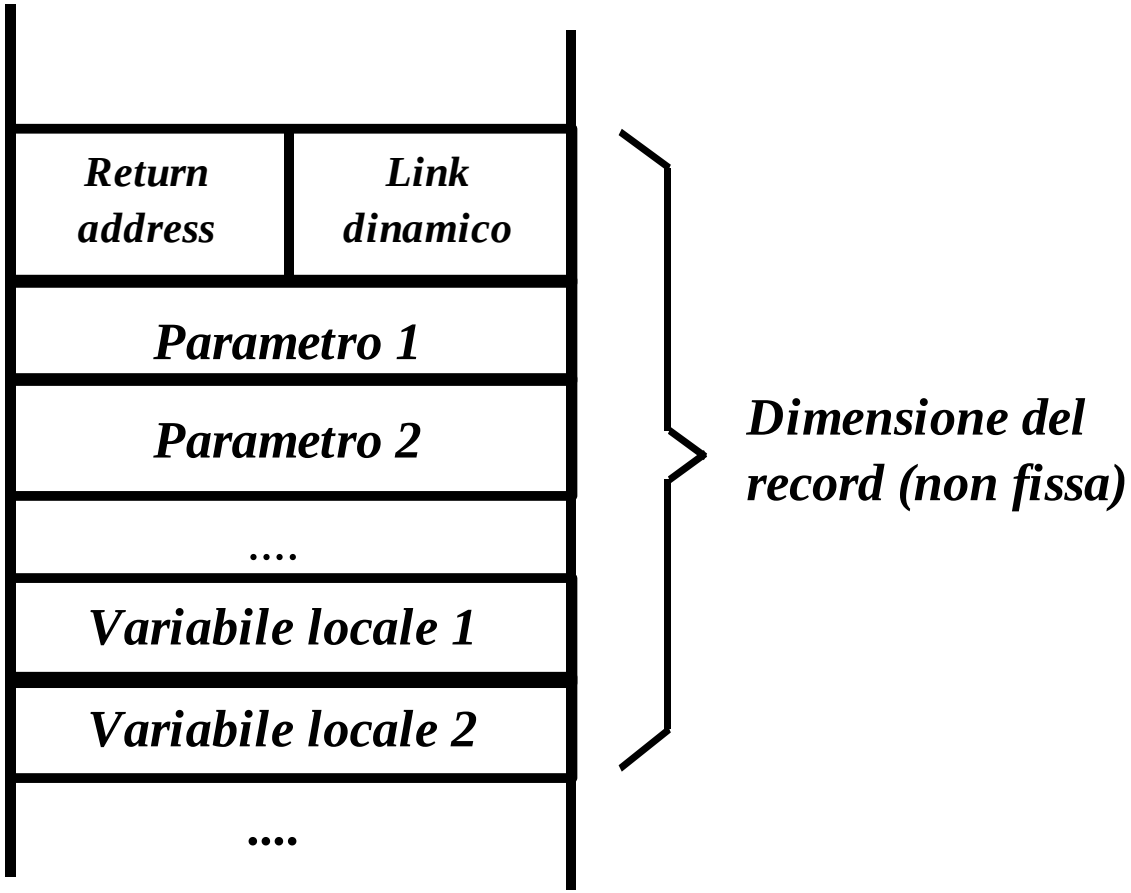
- Le variabili necessarie all'esecuzione della funzione sono
  - i parametri
  - le variabili locali
- Queste vengono inserite in una struttura dati detta **record di attivazione** della funzione

RECORD DI ATTIVAZIONE

***È il* "mondo della funzione"*:* contiene tutto ciò che ne caratterizza l'esistenza**

- ***i parametri ricevuti***
- ***le variabili locali***
- ***l'indirizzo di ritorno* (Return address RA) *che indica il punto a cui tornare (nel codice del cliente) al termine della funzione, per permettere al cliente di proseguire una volta che la funzione termina***
- ***un collegamento al record di attivazione del cliente* (Link Dinamico DL)**

RECORD DI ATTIVAZIONE



Esercizio

- *Si scriva una funzione* `min_abs` *che, dati due interi, fornisce il minimo dei loro valori assoluti*
- *Esempio:*

```
main()
{  int a=7, b=-2, m;
   m = min_abs(a,b+1);
}
```

alla fine del programma, `m` *vale* **1.**

RECORD DI ATTIVAZIONE

- ***Rappresenta il* "mondo della funzione"*:* nasce e muore con essa**
  - ***è creato al momento della invocazione di una funzione***
  - ***permane per tutto il tempo in cui la funzione è in esecuzione***
  - ***è distrutto (*deallocato*) al termine dell'esecuzione della funzione stessa.***
- ***Ad ogni chiamata di funzione viene* creato un nuovo record, specifico per quella chiamata di quella funzione**
- ***La dimensione del record di attivazione***
  - ***varia da una funzione all'altra***
  - **per una data funzione, è fissa e calcolabile a priori**

RECORD DI ATTIVAZIONE

- **Funzioni che chiamano altre funzioni *danno luogo a una* sequenza *di record di attivazione***
  - ***allocati secondo l'ordine delle chiamate***
  - ***deallocati in ordine inverso***

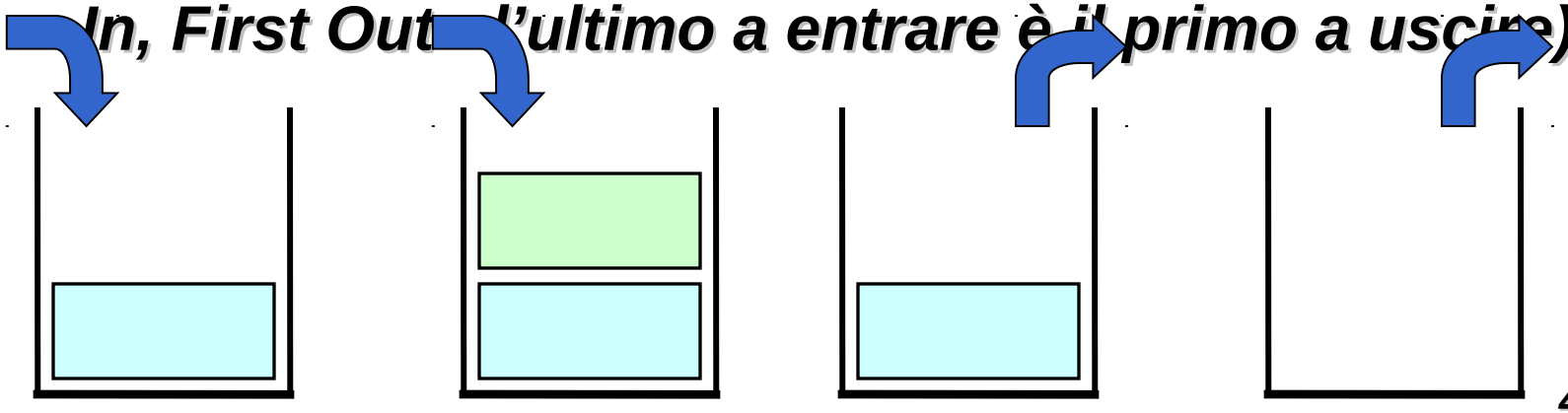
- ***La sequenza dei link dinamici* costituisce *la cosiddetta* catena dinamica*, che rappresenta* la storia delle attivazioni**
  ("chi ha chiamato chi")

RECORD DI ATTIVAZIONE

- ***Per catturare la semantica delle chiamate annidate (una funzione che chiama un'altra funzione che...), l'area di memoria in cui vengono allocati i record di attivazione deve essere gestita <u>come una pila</u>***

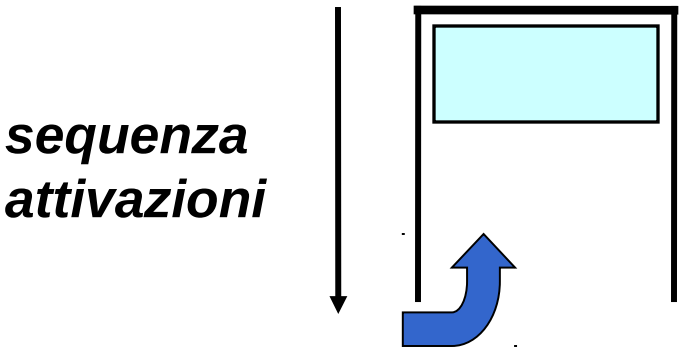
STACK

Una struttura dati gestita con politica LIFO (Last In, First Out – l'ultimo a entrare è il primo a uscire)

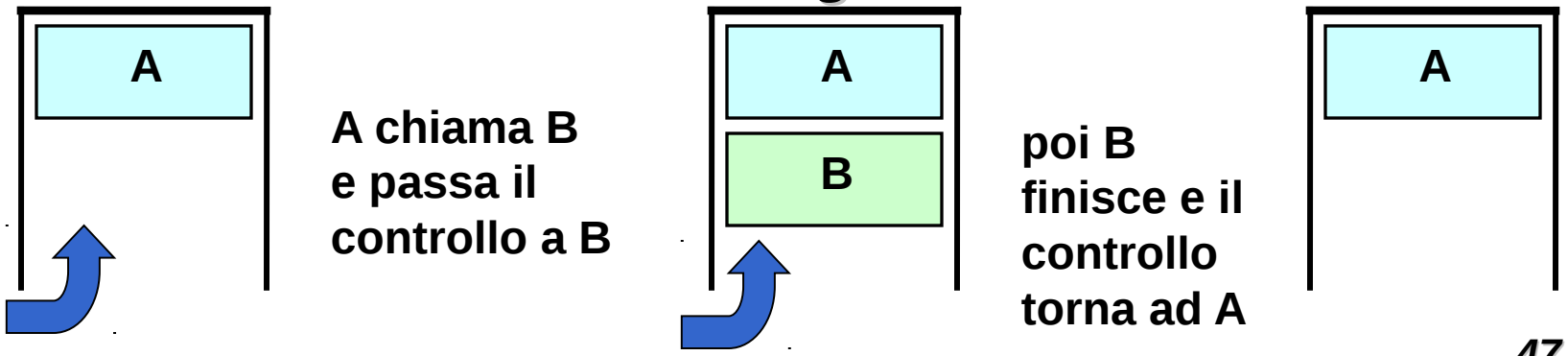


RECORD DI ATTIVAZIONE

- ***Normalmente lo STACK dei record di attivazione si disegna nel modo seguente***



- ***Quindi, se la funzione* A *chiama la funzione* B *lo stack evolve nel modo seguente***



RECORD DI ATTIVAZIONE

Il valore di ritorno* calcolato dalla funzione può essere restituito al cliente *in due modi:

- ***inserendo un apposito "slot" nel record di attivazione***
  - ***il cliente deve copiarsi il risultato da qualche parte* prima *che il record venga distrutto***
- ***tramite un registro della CPU***
  - ***soluzione più semplice ed efficiente, privilegiata ovunque possibile.***

ESEMPIO DI CHIAMATE ANNIDATE

Programma:

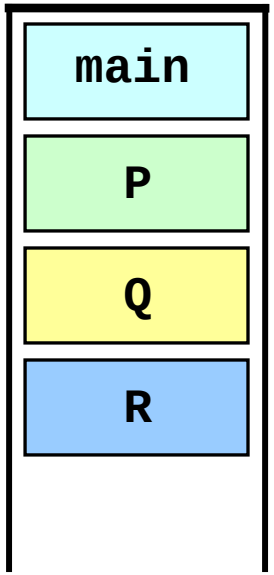
```
int R(int A) { return A+1; }
int Q(int x) { return R(x); }
int P(void) { int a=10; return Q(a); }
main() { int x = P(); }
```

Sequenza chiamate:

S.O. → main → P() → Q() → R()

ESEMPIO DI CHIAMATE ANNIDATE

```
int R(int A)
{ return A+1; }
int Q(int x)
{ return R(x); }
int P(void)
{ int a=10; return Q(a); }
main()
{ int x = P(); }
```



Funzioni e strutture

- *Con le funzioni si possono usare come parametri e come valore di ritorno le strutture (con gli array è un po' diverso, come vedremo)*
- *L'utilizzo delle funzioni permette di costruire semplicemente applicazioni con la metodologia top-down*
- *Si scriva un programma che permette di*
  - *leggere due frazioni*
  - *calcolarne la somma*
  - *visualizzare il risultato*

$$\frac{1}{6}+\frac{1}{3}=\frac{1}{2}$$

Esempio

- *Per prima cosa, definiamo le strutture dati:*
  - *una frazione è costituita da un numeratore ed un denominatore*

```
typedef struct { int num; int den; } frazione;
```

- *Poi scriviamo l'algoritmo partendo dalla versione più astratta. Scriviamo il main invocando le varie funzioni che ci servono*

```
main()
{   frazione f1, f2, somma;
    f1 = leggiFrazione();
    f2 = leggiFrazione();
    somma = sum(f1,f2);
    printf("%d/%d",somma.num,somma.den);
}
```

Esempio

- *Poi implementiamo le funzioni che abbiamo invocato nel main:*

```
frazione leggiFrazione()
{   frazione f;
    scanf("%d",&f.num);
    scanf("%d",&f.den);
    return f;
}
```

Esempio

- *La somma di due frazioni si calcola così:*
  - *calcolo il minimo comun denominatore (minimo comune multiplo dei denominatori); questo è il denominatore della somma*
  - *porto la prima frazione al comun denominatore*
  - *porto la seconda frazione al comun denominatore*
  - *calcolo la somma dei numeratori: questo è il numeratore della somma*

```
frazione sum(frazione f1, frazione f2)
{   int mcd; // minimo comun denominatore
    frazione somma;
    mcd = mcm(f1.den,f2.den);
    somma.den = mcd;
    f1 = portaDen(f1,mcd);
    f2 = portaDen(f2,mcd);
    somma.num = f1.num + f2.num;
    return somma;
}
```

Esempio

- *Infine implementiamo le funzioni che abbiamo usato nelle funzioni*
- *Per portare una frazione ad un denominatore, devo moltiplicare numeratore e denominatore per la stessa quantità*

  nuovoNum/nuovoDen = vecchioNum/vecchioDen
- *quindi*

  *nuovoNum=vecchioNum*nuovoDen/vecchioDen*

```
frazione portaDen(frazione f, int nDen)
{   frazione nuovo;
    nuovo.den = nDen;
    nuovo.num = f.num*nDen/f.den;
    return nuovo;
}
```

Esempio

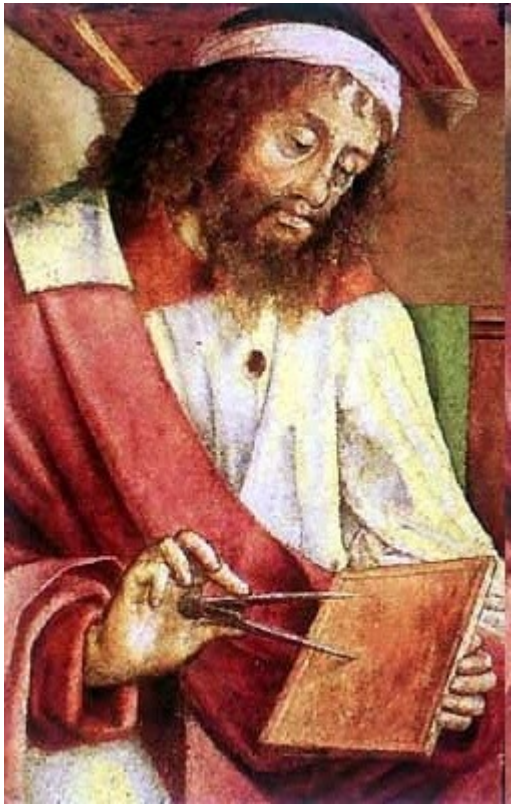
- *Per calcolare il minimo comune multiplo di due interi, posso farne il prodotto e dividere per il massimo comun divisore dei due*

```
int mcm(int a, int b)
{   return a*b/MCD(a,b);
}
```

Esempio

- *Per calcolare il MCD di due numeri, posso usare il metodo di Euclide*

```
int MCD(int m, int n)
{   while (m != n)
        if (m>n)
            m=m-n;
        else n=n-m;
    return m;
}
```



Il programma risultante

```
#include <stdio.h>
typedef struct { int num; int
   den; } frazione;

int MCD(int m, int n)
{   while (m != n)
        if (m>n)
            m=m-n;
        else n=n-m;
    return m;
}

int mcm(int a, int b)
{   return a*b/MCD(a,b);
}

frazione portaDen(frazione f, int
   nDen)
{   frazione nuovo;
    nuovo.den = nDen;
    nuovo.num = f.num*nDen/f.den;
    return nuovo;
}
```

```
frazione sum(frazione f1, frazione f2)
{   int mcd;
    frazione somma;
    mcd = mcm(f1.den,f2.den);
    somma.den = mcd;
    f1 = portaDen(f1,mcd);
    f2 = portaDen(f2,mcd);
    somma.num = f1.num + f2.num;
    return somma;
}
frazione leggiFrazione()
{   frazione f;
    scanf("%d",&f.num);
    scanf("%d",&f.den);
    return f;
}
main()
{ frazione f1, f2, somma;
  f1 = leggiFrazione();
  f2 = leggiFrazione();
  somma = sum(f1,f2);
  printf("%d/%d",somma.num,somma.den);
}
```

Il programma risultante

- *E` abbastanza facile da scrivere e da capire*
- *E` facile da modificare*
- *Es: voglio assicurarmi che l'utente non inserisca una frazione che ha per denominatore zero*
- *Intervengo in una sola funzione: la* `leggiFrazione`
  - *è una funzione di 4 istruzioni, quindi facile da capire e da modificare*

```
frazione leggiFrazione()
{   frazione f;
    do
    {   scanf("%d",&f.num);
        scanf("%d",&f.den);
       if (f.den==0)
           printf("Re-inserire la frazione\n");
   } while (f.den == 0);
    return f;
}
```

Modificabilità

- *Ora voglio che mi fornisca solo frazioni ai minimi termini*
- *Aggiungo una funzione* `riduci`*. Posso invocarla nel main*

```
main()
{ frazione f1, f2, somma;
      f1 = leggiFrazione();
      f2 = leggiFrazione();
      somma = riduci(sum(f1,f2));
      printf("%d/%d",somma.num,somma.den);
}
```

Modificabilità

- *Poi definisco la nuova funzione* `riduci`
- *Per ridurre una frazione ai minimi termini, basta dividere numeratore e denominatore per il loro MCD*

```
frazione riduci(frazione f)
{ int m = MCD(f.num,f.den);
  f.num = f.num/m;
  f.den = f.den/m;
  return f;
}
```

PASSAGGIO DEI PARAMETRI IN C

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

- ***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

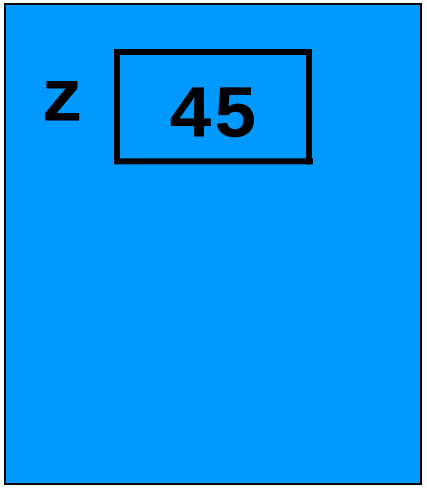
In C, i parametri sono trasferiti sempre e solo per valore (by value o per copia)

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***

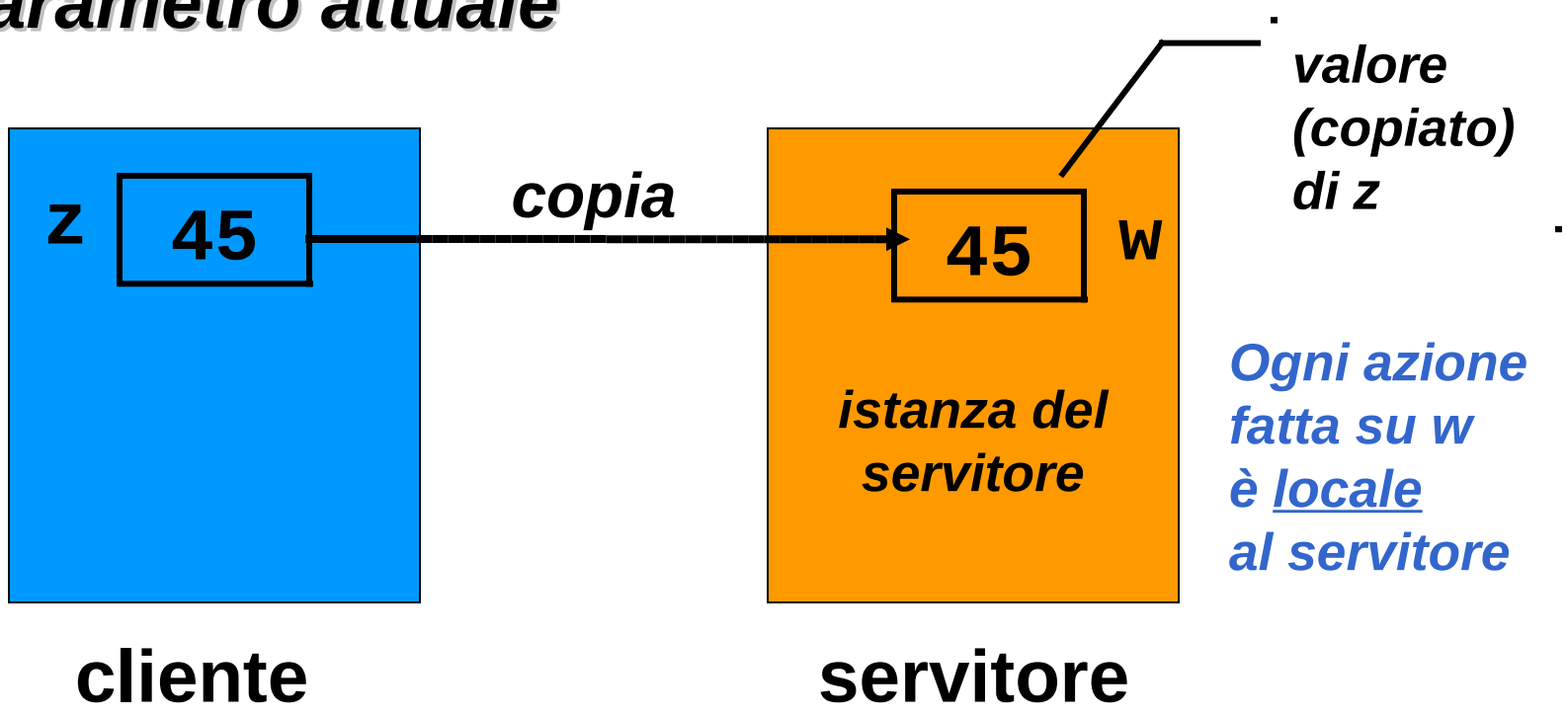
PASSAGGIO PER VALORE

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



PASSAGGIO PER VALORE

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



Ogni azione fatta su w è <u>locale</u> al servitore

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

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- *Servitore*

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

x | -87

- *Cliente*

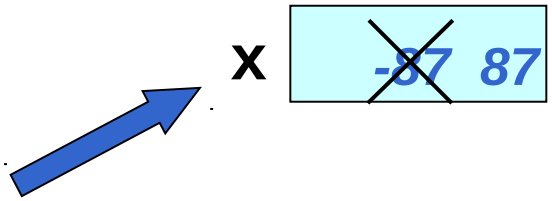
```
main()
{   int absz, z = -87;
    absz = valAss(z);
    printf("|%d|=%d",z,absz);
}
```

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

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- *Servitore*

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



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|=%d",z,absz);
}
```

ESEMPIO: VALORE ASSOLUTO

- *Servitore*

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

- *Cliente*

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

NOTA: IL VALORE DI z NON VIENE MODIFICATO

la printf stampa |-87| = 87

PASSAGGIO DEI PARAMETRI IN C

Vantaggi:

- ***Evita di effettuare modifiche "per sbaglio" sulle variabili del cliente***

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)

Esercizio

- **Calcolare la funzione seno di x con la seguente formula** *(fermarsi ad un esponente dato come parametro):*

$$\operatorname{sen} x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \cdots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!}.$$

- **Il fattoriale di un numero è definito come**
  - ***n*! = 1 se *n* = 0**
  - ***n*!= *n*(*n*-1)! se *n* > 0**
- **In pratica, si può calcolare come**
  - ***n*!= 1 x 2 x 3 x … x *n***

Soluzione

- ***Ragionamento bottom-up:***
- ***Possiamo riutilizzare le funzioni che già conosciamo: la potenza di un numero***
- ***Ci manca la funzione fattoriale***

Fattoriale (iterativo)

```
int fact(int n)
{ int i,f=1;
  for (i=1;i<=n;i++)
    f=f*i;
  return f;
}
```

Ora possiamo definire la funzione sen

$$\operatorname{sen} x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \cdots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!}.$$

```
float sen(float x, int precisione)
{ int i, segno=1;
  float ris=0;
  for (i=1;i<precisione;i=i+2)
  {
     ris=ris+segno*power(x,i)/fact(i);
     segno = -segno;
  }
  return ris;
}
```

Ordine delle funzioni

- **Per il C, vale una regola fondamentale:**

“Un identificatore non è visibile prima della sua dichiarazione”

- **L’abbiamo già visto per le variabili: lo stesso concetto vale anche per le funzioni**

Quindi …

```
int power(int a, int b)
{   int i,p=1;
    for (i=0;i<b;i++)
        p = p*a;
    return p;
}
int fact(int n)
{   int i,f=1;
    for (i=1;i<n;i++)
        f=f*i;
    return f;
}
float sen(float x, int precisione)
{   int i, segno=1;
    float ris=0;
    for (i=1;i<precisione;i=i+2)
    {ris=ris+segno*power(x,i)/fact(i);
        segno = -segno;
    }
    return ris;
}
main()
{   printf("$f",sen(0.1,4);}
```

Ok!

```
main()
{   printf("$f",sen(0.1,4);}
int power(int a, int b)
{   int i,p=1;
    for (i=0;i<b;i++)
        p = p*a;
    return p;
}
float sen(float x, int precisione)
{   int i, segno=1;
    float ris=0;
    for (i=1;i<precisione;i=i+2)
    {ris=ris+segno*power(x,i)/fact(i);
        segno = -segno;
    }
    return ris;
}
int fact(int n)
{   int i,f=1;
    for (i=1;i<n;i++)
        f=f*i;
    return f;
}
```

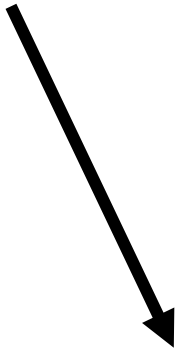
No!

Prototipi

- *In realtà, per riuscire ad invocare il servitore, il cliente ha bisogno solo dell'interfaccia*
- *Per questo, si può definire la sola interfaccia e poi dare la definizione della funzione più avanti.*

DICHIARAZIONE DI FUNZIONE

La dichiarazione di una funzione (o prototipo della funzione) è costituita dalla sola interfaccia, senza corpo (sostituito da un ;)



<dichiarazione-di-funzione> ::=

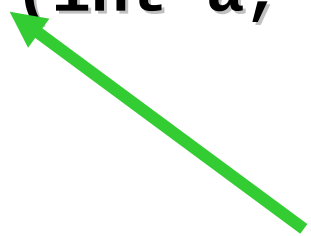
<tipoValore> <nome>(<parametri>) ;

Esempio

```
int power(int a, int b);

main()
{ printf("%d",power(2,3));
}

int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}
```



Ok!

DICHIARAZIONE DI FUNZIONI

- ***La definizione di una funzione costituisce l'effettiva realizzazione del componente***
  - ***Dice come è fatto il componente***
- ***La dichiarazione specifica il contratto di servizio fra cliente e servitore, esprimendo le proprietà essenziali della funzione.***
  - ***Dice come si usa il componente***
  - ***Per usare una funzione non è necessario sapere come è fatta, anzi, è controproducente***

Esempio

```
int power(int a, int b);
```

dichiarazione

```
main()
{ printf("%d",power(2,3));
}

int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}
```

definizione

DICHIARAZIONE vs. DEFINIZIONE

- ***La definizione di una funzione costituisce l'effettiva realizzazione del componente***
  - ***Non può essere duplicata***
  - ***Ogni applicazione deve contenere una e una sola definizione per ogni funzione utilizzata***
  - ***La compilazione della definizione genera il codice macchina che verrà eseguito ogni volta che la funzione verrà chiamata.***

```
int power(int a, int b)
{ int i,p=1;
  for (i=0;i<b;i++)
     p = p*a;
  return p;
}
```

definizione

DICHIARAZIONE vs. DEFINIZIONE

- ***La dichiarazione di una funzione costituisce solo una specifica delle proprietà del componente:***
  - ***Può essere duplicata senza danni***
  - ***Un'applicazione può contenerne più di una***
  - ***La compilazione di una dichiarazione non genera codice macchina***

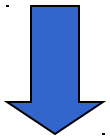
```
int power(int a, int b);
```

} ***dichiarazione***

DICHIARAZIONE vs. DEFINIZIONE

- ***La definizione è molto più di una dichiarazione***

definizione = dichiarazione + corpo



La definizione funge anche da dichiarazione (ma non viceversa)

Esempio

```
int primo(int n)
{ int i=2,divisibile=0;
  while ((!divisibile) && (i<n))
  {   divisibile = (n % i)==0;
      i++;
  }
  return (!divisibile);
}
main()
{ int n;
  scanf("%d",&n);
  if (primo(n))
     printf("%d e` primo",n);
  else printf("%d non e` primo",n);
}
```

Posso renderlo più efficiente!

Esempio

```
int primo(int n)
{  int i=3,divisibile=0;
   if (n<=2) return 1;
    if (n % 2 ==0) return 0;
   else
   {   while ((!divisibile) && (i<n/2))
       {    divisibile = (n % i)==0;
            i=i+2;
       }
       return (!divisibile);
   }
}
main()
{  int n;
   scanf("%d",&n);
   if (primo(n))
       printf("%d e` primo",n);
   else printf("%d non e` primo",n);
}
```

Esercizio

- ***Si scriva una funzione in linguaggio C che calcola il valore della funzione matematica $\Pi(n)$, definita come "il numero di numeri primi compresi fra 1 ed n"***

$\Pi(1)=0$

$\Pi(2)=1$ {2}

$\Pi(3)=2$ {2,3}

$\Pi(4)=2$ {2,3}

$\Pi(5)=3$ {2,3,5}

Esercizio

- *Si definisca il tipo di dato "numero complesso", come una struttura* `cplx` *con campi* `re` *(parte reale) e* `im` *(parte immaginaria)*
- *Si scrivano due funzioni, che forniscono il modulo e l'angolo del numero complesso*
- *Funzioni utili (in* `math.h`*):*
  - `atan` *: arcotangente*
  - `sqrt` *: radice quadrata*