

FUNZIONI...

Una funzione permette di

- *dare un nome* a una espressione
- rendendola *parametrica*

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

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

E PROCEDURE

Una procedura permette di

- dare un nome a una istruzione
- rendendola *parametrica*
- non denota un valore, quindi non c'è tipo di ritorno → **void**

```
void p(int x) {  
    float y = x * sin(0.75);  
    printf("%f", y);  
}
```

PROCEDURE COME COMPONENTI SOFTWARE

Una *procedura* è un *componente software* che cattura l'idea di “macro-istruzione”

- molti possibili parametri, che *possono anche essere modificati* mentre nelle funzioni non devono essere modificati
- nessun “valore di uscita” esplicito

PROCEDURE COME SERVITORI

- Come una funzione, una procedura è un servitore
 - *passivo*
 - che serve *un cliente per volta*
 - che può trasformarsi in cliente *invocando se stessa o altre procedure*
- In C, una procedura ha la stessa struttura di una funzione, salvo il *tipo di ritorno* che è **void**

RITORNO DA UNA PROCEDURA

- L'istruzione *return* provoca solo la restituzione del controllo al cliente
- non è seguita da una espressione da restituire
- quindi, *non è necessaria* se la procedura termina “spontaneamente” a fine blocco (cioè al raggiungimento della parentesi graffa di chiusura)

COMUNICAZIONE CLIENTE SERVITORE

- Nel caso di una procedura, non esistendo valore di ritorno, cliente e servitore comunicano solo:
 - mediante i parametri
 - mediante *aree dati globali*
- Il passaggio per valore non basta più:
 - occorre il passaggio per riferimento per poter fare cambiamenti permanenti ai dati del cliente.

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

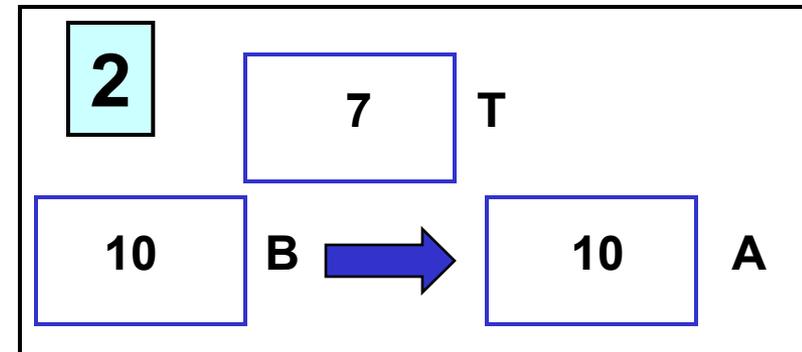
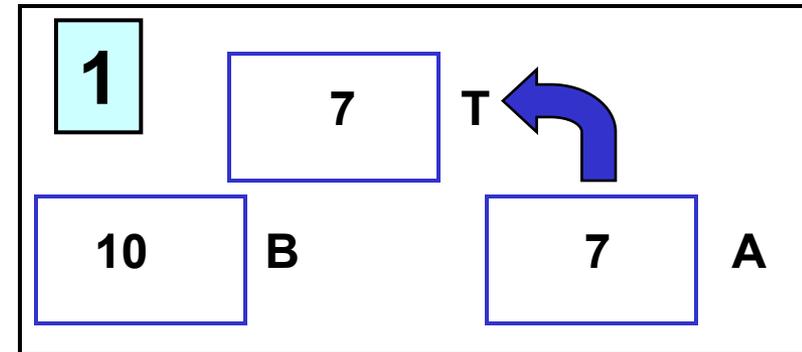
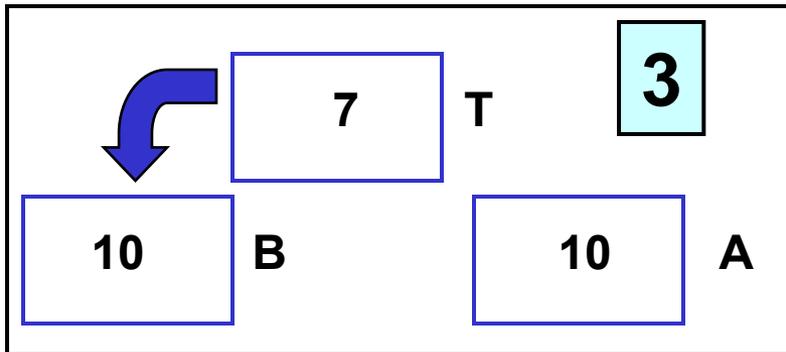
ESEMPIO

Perché il passaggio per valore non basta?

Problema: scrivere una procedura che *scambi i valori di due variabili intere*.

Specifica:

Dette A e B le due variabili, ci si può appoggiare a una *variabile ausiliaria T*, e fare una “triangolazione” in *tre fasi*.



ESEMPIO

Supponendo di utilizzare, senza preoccuparsi, il passaggio per valore usato finora, la codifica potrebbe essere espressa come segue:

```
void scambia(int a, int b) {  
    int t;  
    t = a;    a = b;    b = t;  
    return; /* può essere omessa */  
}
```

ESEMPIO

Il cliente invocherebbe quindi la procedura così:

```
int main() {
    int y = 5, x = 33;
    scambia(x, y);
    /* ora dovrebbe essere
       x=5, y=33 ...
       MA NON E' VERO !!
    */
    return 0; }
```

Perché non funziona??

ESEMPIO

- La procedura ha *effettivamente scambiato* i valori di A e B al suo interno
- ma questa modifica non si è propagata al cliente, perché sono state scambiate *le copie locali alla procedura, non gli originali!*
- al termine della procedura, le sue variabili locali sono state distrutte → nulla è rimasto del lavoro fatto dalla procedura!!

X

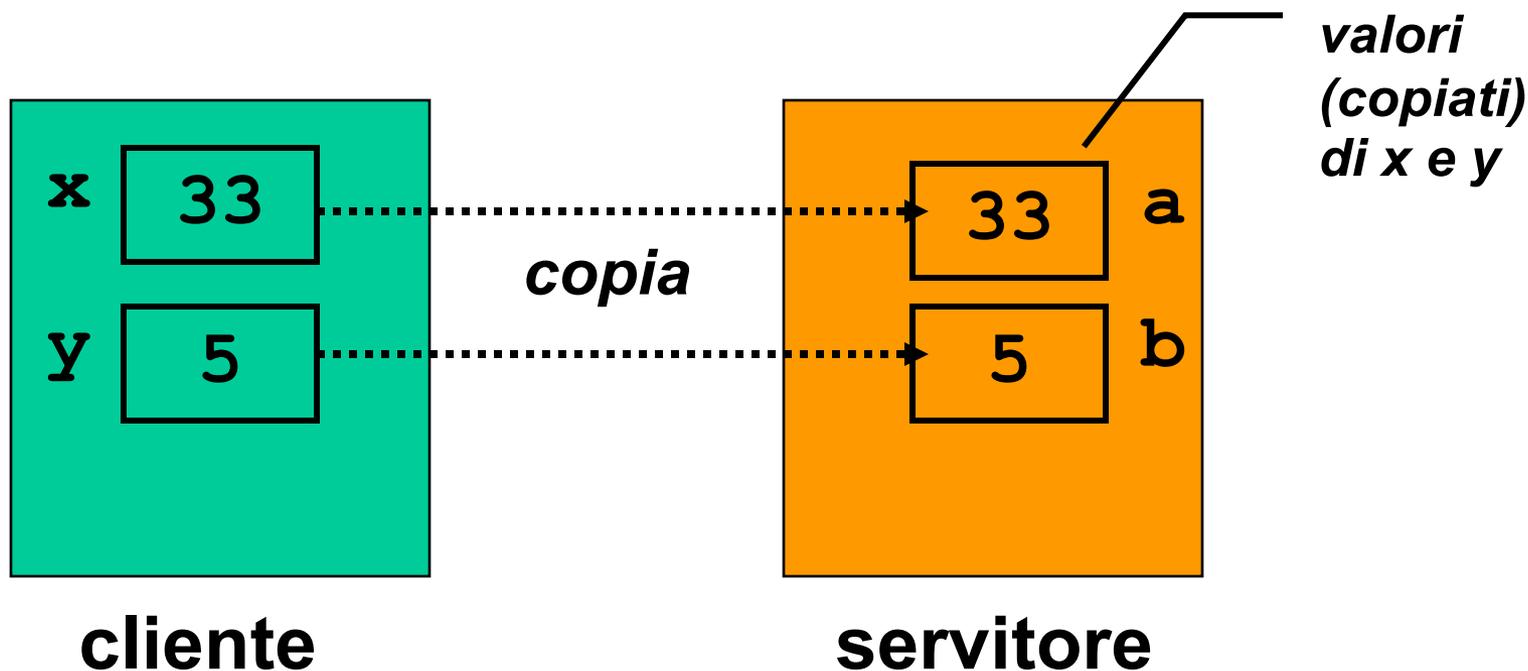
Y

~~A~~

~~B~~

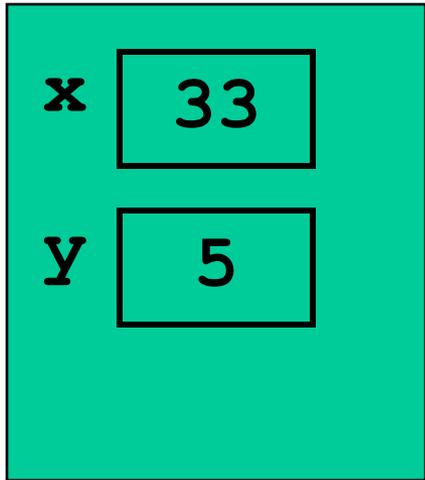
PASSAGGIO PER VALORE

Ogni azione fatta su **a** e **b** è strettamente locale al servitore. Quindi **a** e **b** vengono scambiati ma quando il servitore termina, tutto scompare.



PASSAGGIO PER VALORE

... e nel cliente non è cambiato niente!!!



cliente

PASSAGGIO DEI PARAMETRI IN C

Il C adotta **sempre il passaggio per valore**

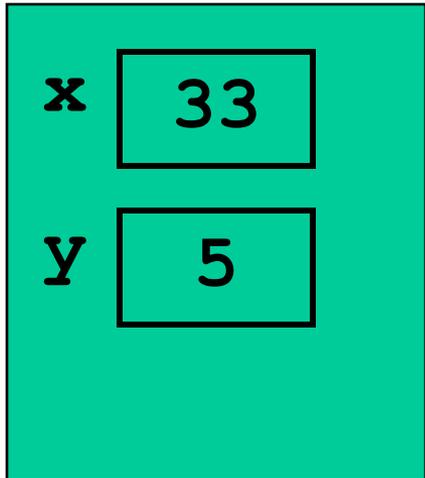
- è sicuro: le variabili del cliente e del servitore sono *disaccoppiate*
- ma *non consente di scrivere componenti software il cui scopo sia diverso dal calcolo di una espressione*
- per superare questo limite occorre il passaggio per riferimento (*by reference*)

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

- Il passaggio per riferimento (*by reference*)
 - non trasferisce una copia del valore del parametro attuale
 - ma un riferimento al parametro, in modo da dare al servitore accesso diretto al parametro in possesso del cliente
 - il servitore, quindi, *accede direttamente* al dato del cliente *e può modificarlo*.

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

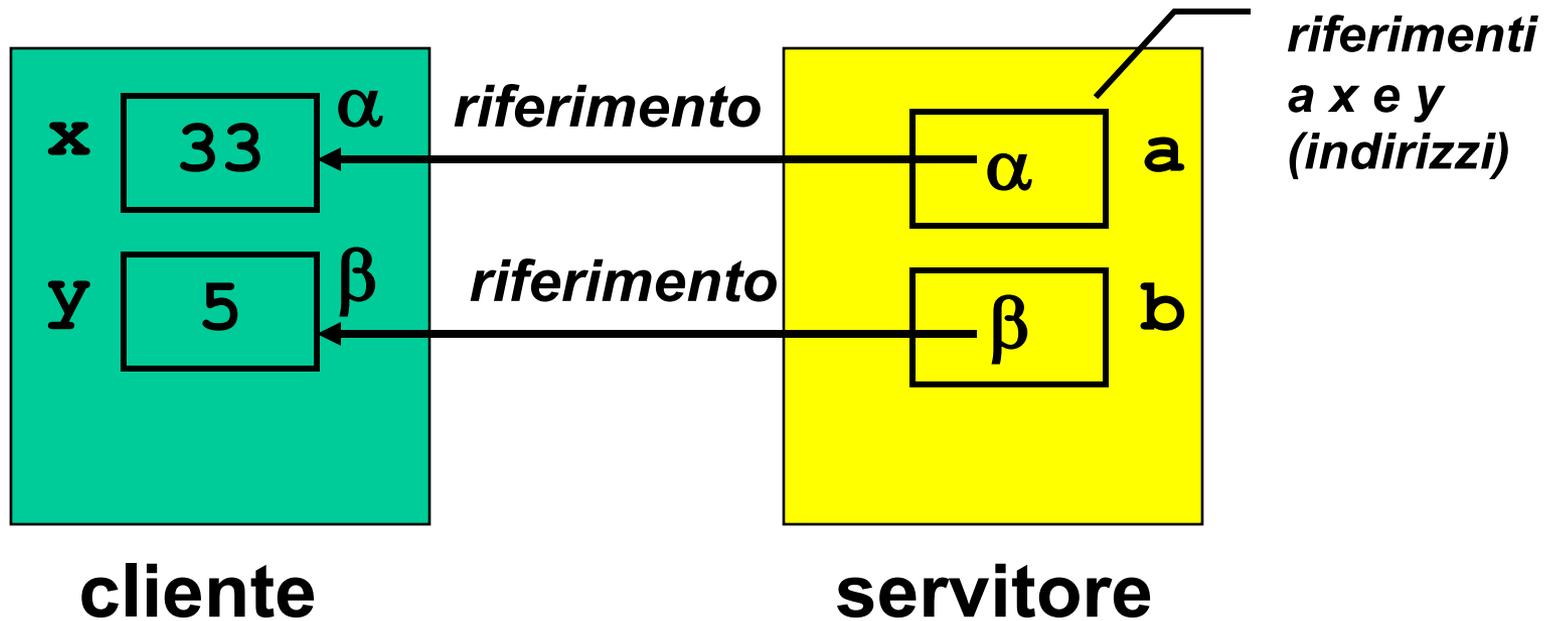
Si trasferisce un riferimento ai parametri attuali (cioè i loro indirizzi)



cliente

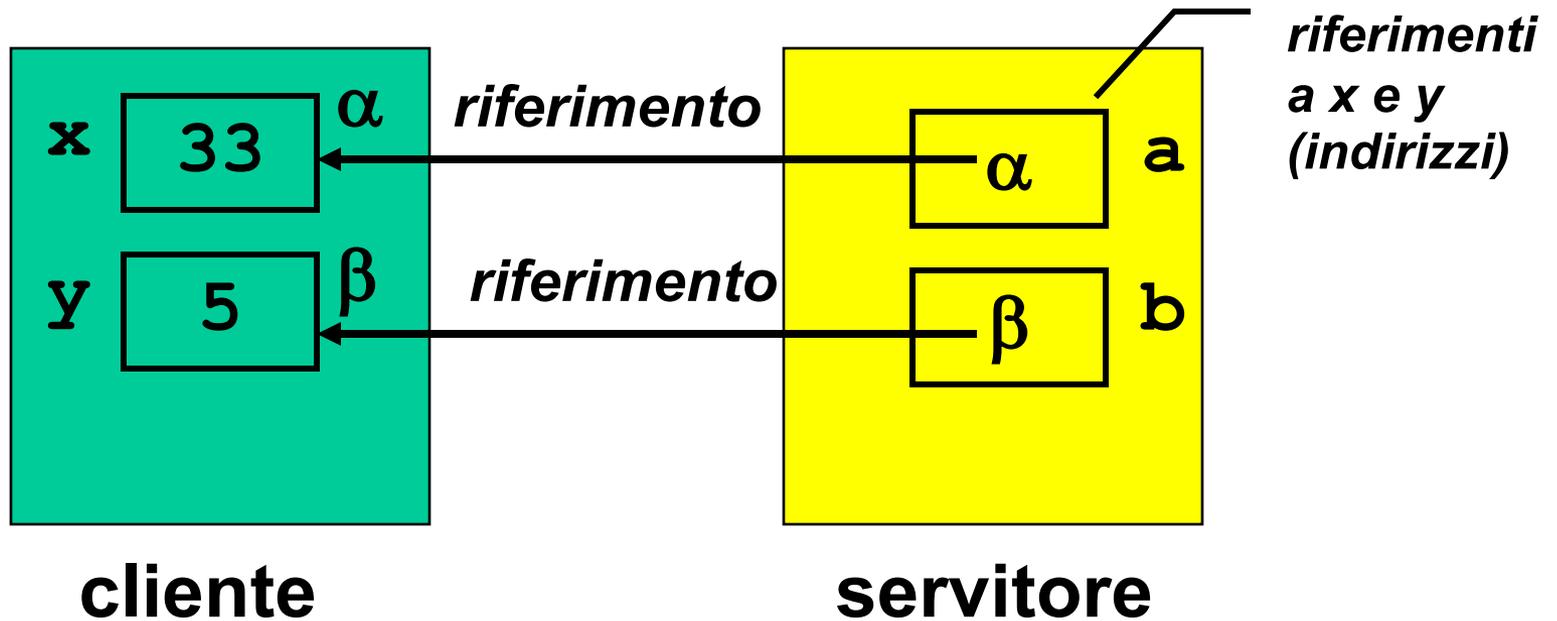
PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

Ogni azione fatta su **a** e **b**
*in realtà è fatta su **x** e **y***
nell'environment del cliente



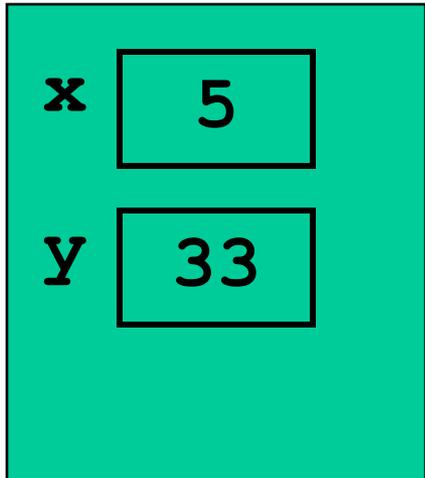
PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

Quindi, scambiando **a** e **b** in realtà si scambiano **x** e **y**



PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

... e alla fine *la modifica permane!*



cliente

REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

- Il C *non* fornisce *direttamente* un modo per attivare il passaggio per riferimento, che però è *praticamente indispensabile*
- quindi, dobbiamo *costruircelo*.

È possibile costruirlo? Come?

- Poiché passare un parametro per riferimento comporta la capacità di manipolare *indirizzi di variabili...*
- ... gestire il passaggio per riferimento implica la capacità di *accedere, direttamente o indirettamente, agli indirizzi delle variabili*.

REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

In particolare occorre essere capaci di:

- *ricavare l'indirizzo* di una variabile
- *dereferenziare un indirizzo* di variabile, ossia “recuperare” la variabile dato il suo indirizzo.
- Nei linguaggi che offrono direttamente il passaggio per riferimento, *questi passi sono effettuati* in modo trasparente all'utente → l'utente non manipola alcun dettaglio della macchina fisica sottostante
- In C l'utente deve conoscere gli indirizzi delle variabili e quindi accedere alla macchina sottostante.

INDIRIZZAMENTO E DEREFERENCING

Il C offre a tale scopo *due operatori*, che consentono di:

- ricavare l'indirizzo di una variabile

operatore estrazione di indirizzo **&**

- dereferenziare un indirizzo di variabile

operatore di dereferenziamento *****

INDIRIZZAMENTO E DEREFERENCING

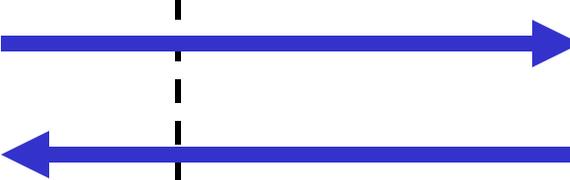
- Se x è il nome di una variabile,
 $\&x$ denota l'*indirizzo in memoria* di tale variabile:

$$\&x \equiv \alpha$$

- Se α è l'indirizzo di una variabile,
 $*\alpha$ denota *tale variabile*:

$$x \equiv *\alpha$$

INDIRIZZAMENTO E DEREFERENCING

$$\&x \equiv \alpha$$
$$x \equiv * \alpha$$


Livello di astrazione del linguaggio di alto livello

x



α

Livello di astrazione della macchina fisica sottostante

PUNTATORI

- Un *puntatore* è il costrutto linguistico introdotto dal C (e da molti altri linguaggi) come *forma di accesso alla macchina sottostante* e in particolare agli indirizzi di variabili
- Un *tipo puntatore a T* è un tipo che denota l'indirizzo di memoria di una variabile di tipo T.
- Un *puntatore a T* è una variabile di “*tipo puntatore a T*” che può contenere l'indirizzo di una variabile di tipo T.

PUNTATORI

- Definizione di una variabile puntatore:

`<tipo> * <nomevariabile> ;`

- Esempi:

```
int *p;
```

```
int* p;
```

```
int * p;
```

Queste tre forme sono equivalenti, e definiscono p come “puntatore a intero”

REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

- In C per realizzare il passaggio per riferimento:
 - il cliente deve passare esplicitamente gli indirizzi
 - il servitore deve prevedere esplicitamente dei puntatori come parametri formali

REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

```
void scambia(int* a, int* b) {  
    int t;  
    t = *a;  *a = *b;  *b = t;  
}
```

```
int main() {  
    int y = 5, x = 33;  
    scambia(&x, &y);  
    return 0;}
```

OSSERVAZIONE

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

***a = *b** **SI**

~~**a = b**~~ **NO**

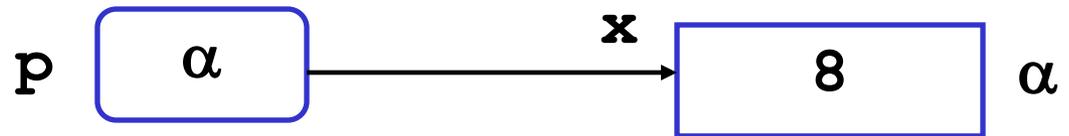
- In generale una funzione può modificare un puntatore, ma *non è opportuno che lo faccia se esso realizza un passaggio per riferimento*

PUNTATORI

- Un *puntatore* è una variabile *destinata a contenere l'indirizzo di un'altra variabile*
- Vincolo di tipo: un puntatore a T può contenere solo l'indirizzo di variabili di tipo T.

- Esempio:

```
int x = 8;  
int* p;  
p = &x;
```



Da questo momento, ***p** e **x** sono *due modi alternativi per denotare la stessa variabile*

COMUNICAZIONE TRAMITE L'ENVIRONMENT GLOBALE

- Una procedura può anche comunicare con il suo cliente mediante *aree dati globali*: un esempio sono le *variabili globali del C*.
- Le *variabili globali* in C:
 - sono allocate nell'area dati globale (fuori da ogni funzione)
 - esistono *già prima* della chiamata del *main*
 - sono *inizializzate automaticamente a 0* salvo diversa indicazione
 - possono essere *nascoste* in una funzione da una variabile locale omonima
 - sono visibili, previa dichiarazione *extern*, in tutti i file dell'applicazione

ESEMPIO

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

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

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

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

```
int main() {  
    dividi(33, 6);  
    printf("%d%d", quoziente, resto);  
    return 0;}  

```

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

ESEMPIO

Esempio: Con il passaggio dei parametri per indirizzo avremmo il seguente codice

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

```
int main() {
    int k = 33, h = 6, quoz, rest;
    int *pq = &quoz, *pr = &rest;
    dividi(33, 6, pq, pr);
    printf("%d%d", quoz, rest);
    return 0;}
```