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) {
    x = x * 2;
    printf("%d", x);
}
```

PROCEDURE COME SERVITORI

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

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

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`**

PROCEDURE

L'istruzione *return* provoca <u>solo</u> la restituzione del controllo al cliente e <u>*non*</u> *è seguita da* una espressione da restituire -> *non è necessaria* se la procedura termina "spontaneamente" a fine blocco

Nel caso di una procedura, non esistendo valore di ritorno, cliente e servitore comunicano solo:

- mediante ***parametri***
- mediante ***aree dati globali***

➡ Occorre il ***passaggio per riferimento*** per 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*)

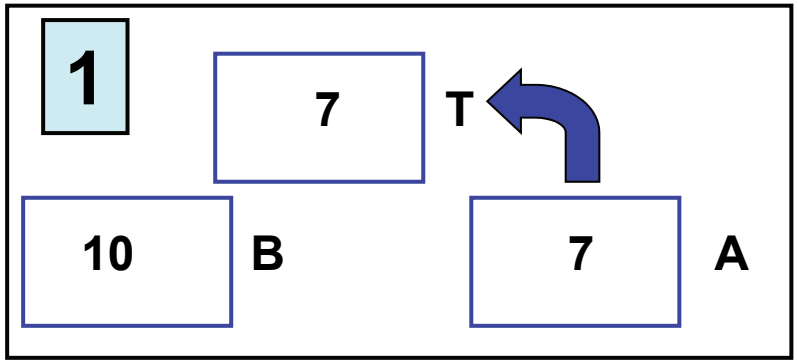
  si trasferisce *un riferimento* al parametro attuale

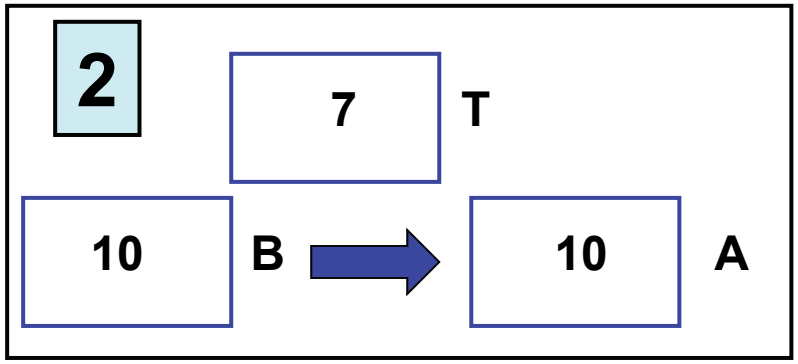
ESEMPIO

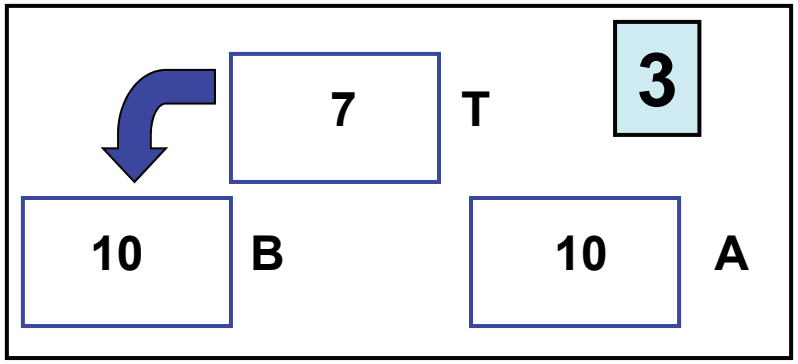
Perché il passaggio per valore non basta?

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 svolgere lo scambio 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

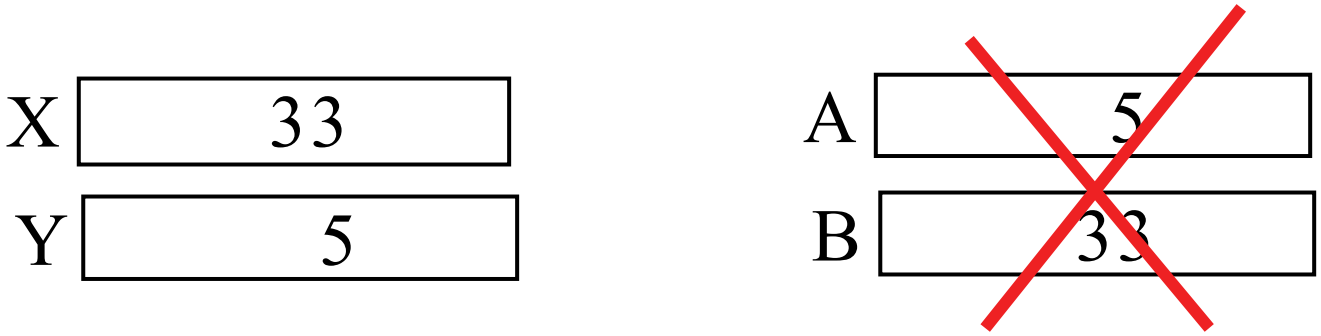
Il cliente invocherebbe quindi la procedura così:

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

Perché non funziona?

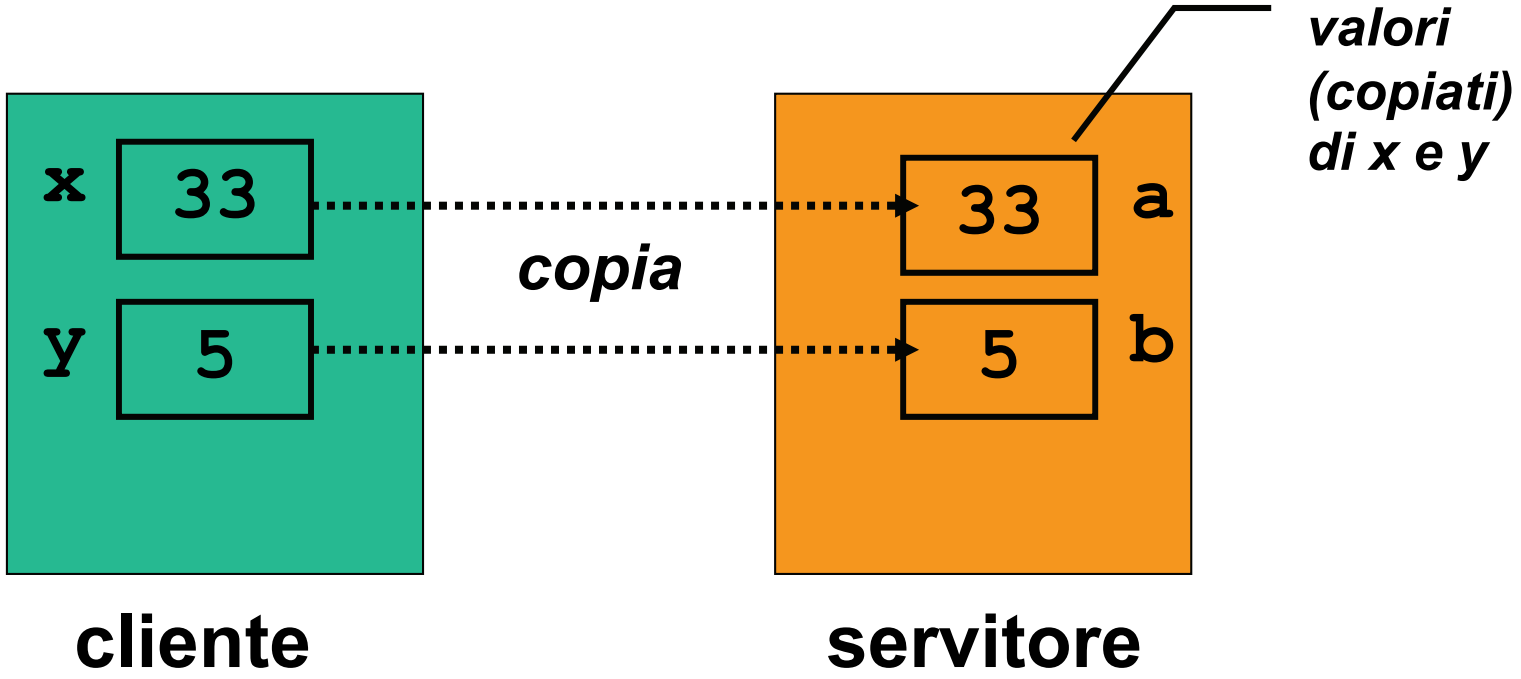
ESEMPIO

- La procedura ha *effettivamente scambiato* i valori di A e B <u>*al suo interno*</u> (in C nel suo record di attivazione)
- <u>*ma questa modifica non si è propagata al cliente*</u>, perché sono state scambiate *le copie locali alla procedura, non gli originali*
- al termine della procedura, <u>le sue variabili locali *sono state distrutte*</u> → <u>*nulla è rimasto*</u> del lavoro svolto dalla procedura



PASSAGGIO PER VALORE

Ogni azione fatta su `a` e `b` è <u>strettamente locale</u> al servitore. Quindi `a` e `b` vengono scambiati ma quando il servitore termina, tutto scompare



PASSAGGIO DEI PARAMETRI IN C

Il C adotta sempre il passaggio per valore

- 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 DEI PARAMETRI IN C

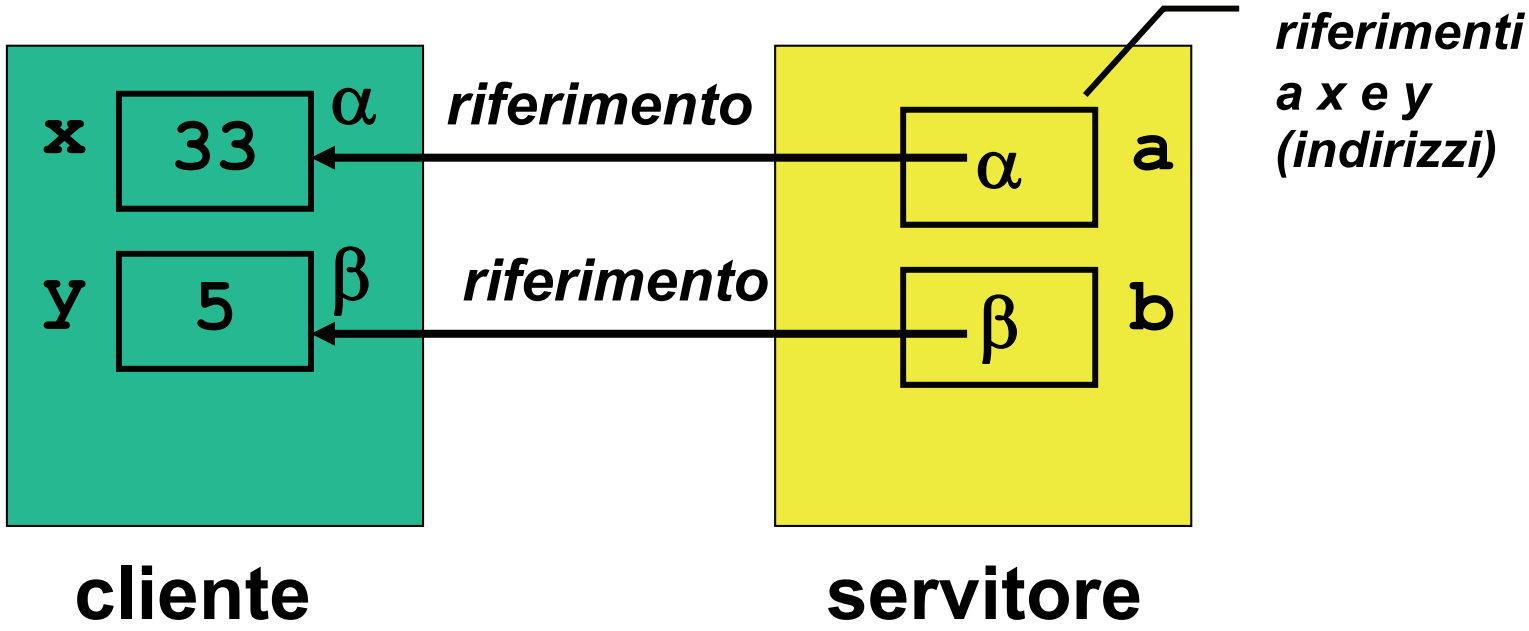
Il linguaggio C ***NON*** supporta *direttamente* il ***passaggio per riferimento***

- è una grave mancanza
- viene fornito indirettamente solo per alcuni tipi di dato
- occorre quindi ***costruirlo quando serve***

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO

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

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



REALIZZARE IL PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

Il C *non* fornisce *direttamente* un modo per attivare il passaggio per riferimento -> a volte occorre *costruirselo*

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" il valore dato l'indirizzo della variabile

Nei linguaggi che offrono direttamente il passaggio per riferimento, *questi passi sono effettuati* in modo trasparente all'utente

In C il ***programmatore 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, denotando la variabile (e il valore contenuto in quell'indirizzo)

operatore di dereferenziamento *****

INDIRIZZAMENTO E DEREFERENCING

Se **`x`** è una variabile,

`&x` denota l'*indirizzo in memoria* di tale variabile:

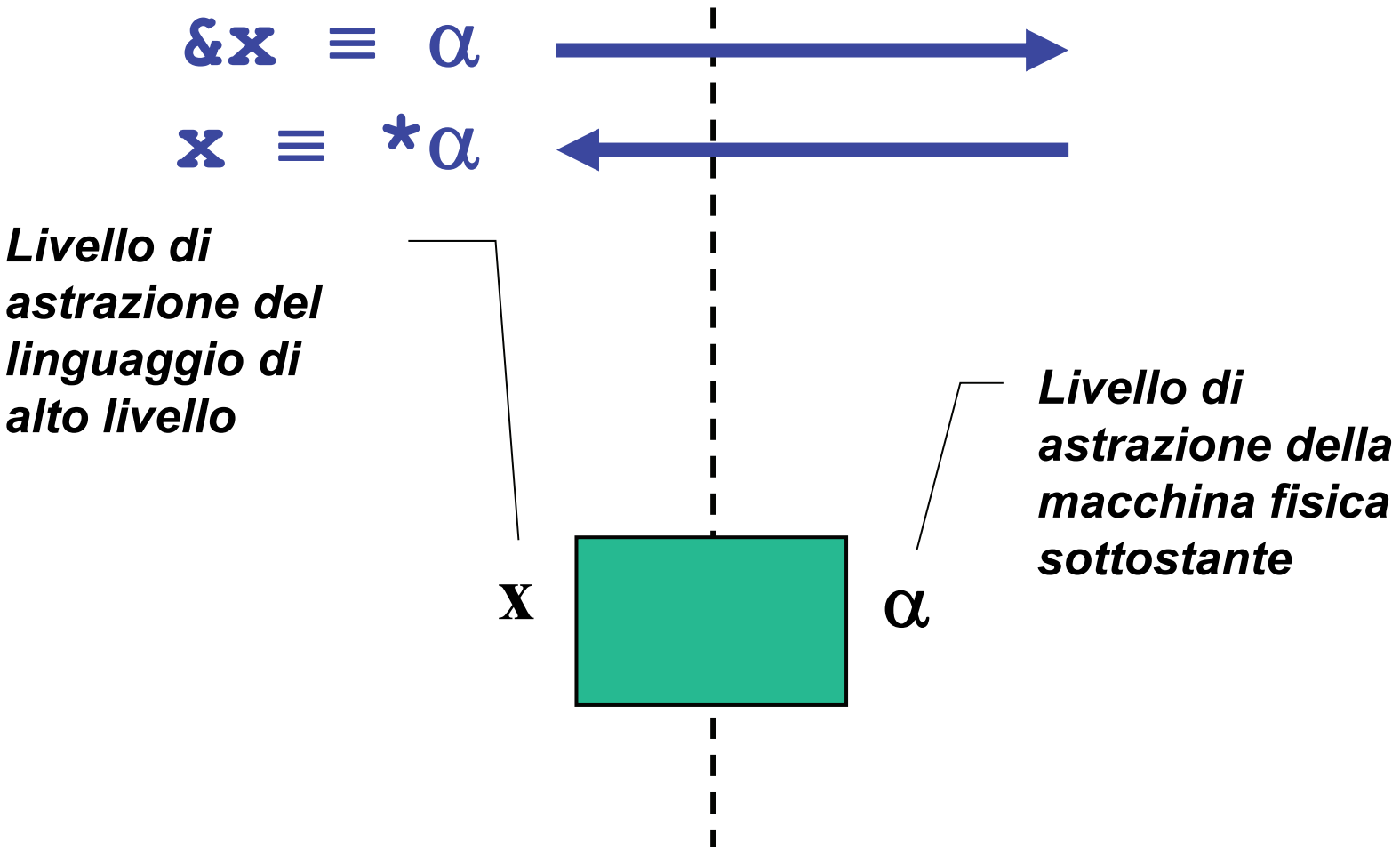
$$\&x \equiv \alpha$$

Se α è l'indirizzo di una variabile,

$*\alpha$ denota *tale variabile*:

$$x \equiv *\alpha$$

INDIRIZZAMENTO E DEREFERENCING



PUNTATORI

Un ***puntatore*** è il costrutto linguistico introdotto dal C (e da 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"*

PASSAGGIO PER RIFERIMENTO IN C

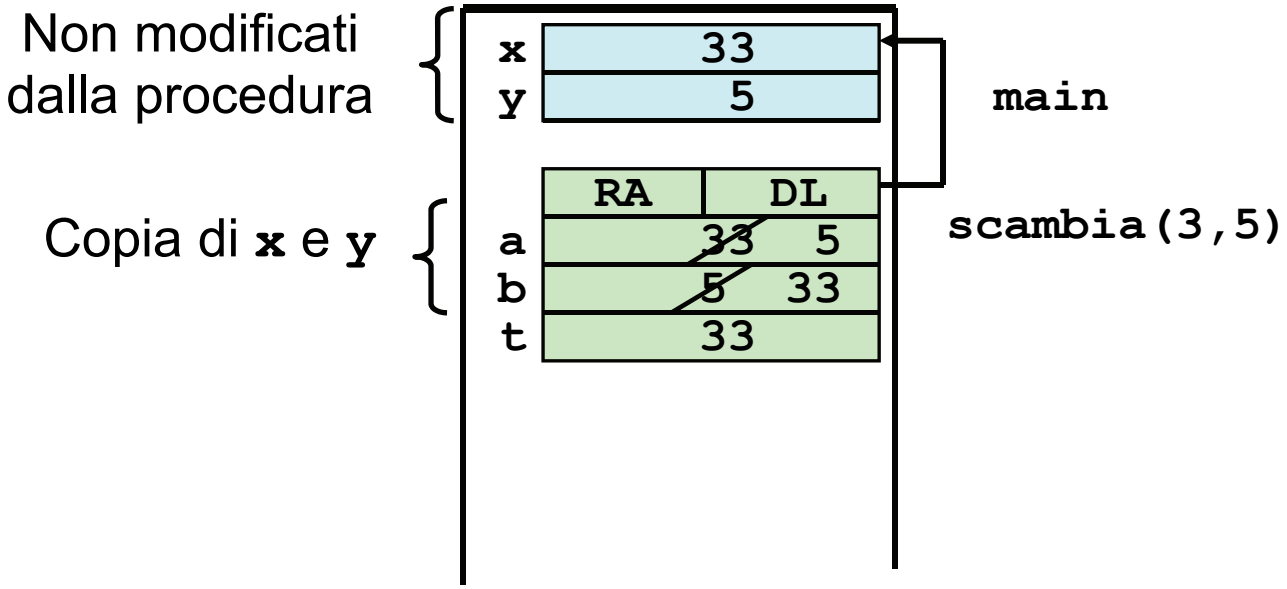
- il cliente deve *passare esplicitamente gli indirizzi*
- il servitore deve *prevedere esplicitamente dei puntatori come parametri formali*

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

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

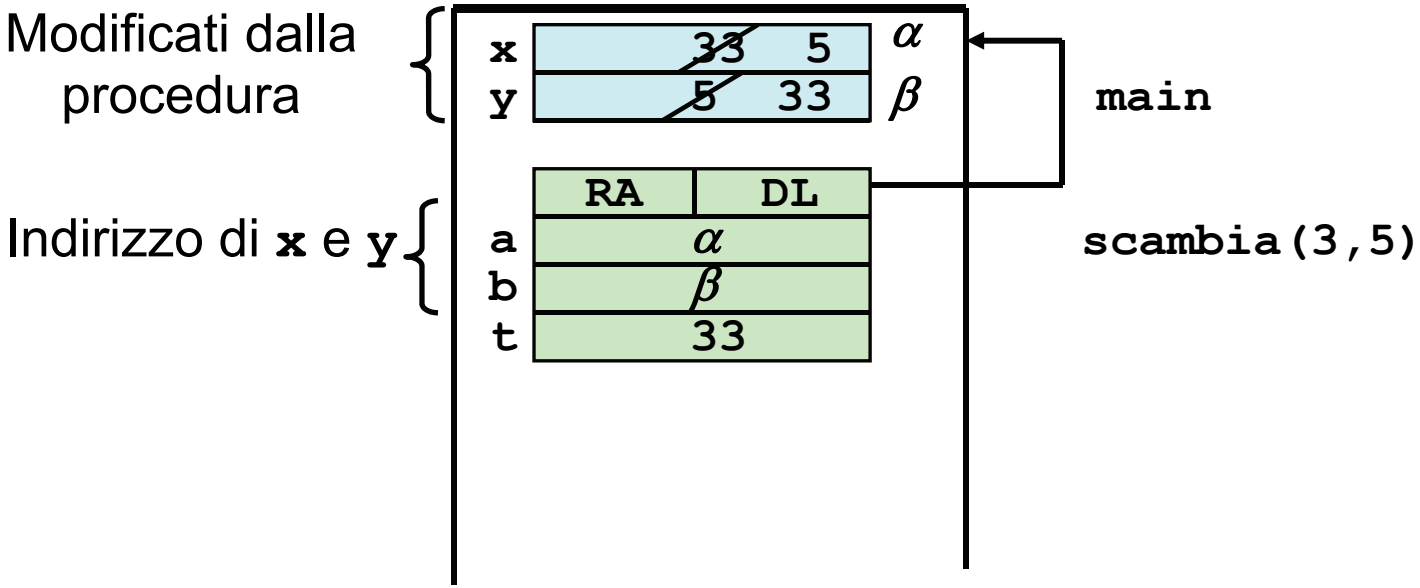
ESEMPIO: RECORD DI ATTIVAZIONE

Caso del ***passaggio per valore***:



ESEMPIO: RECORD DI ATTIVAZIONE

Caso del ***passaggio per riferimento***:



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

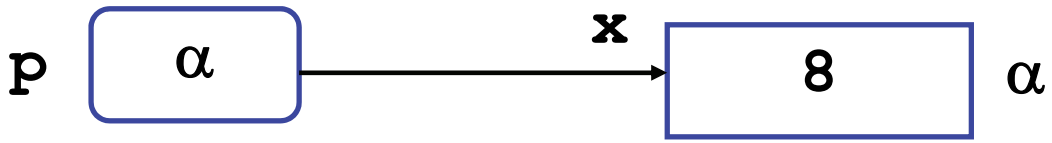
In generale una funzione PUÒ modificare un puntatore, ma *non è opportuno che lo faccia se esso realizza un passaggio per riferimento*

PUNTATORI

- Un ***puntatore*** è una variabile *destinata a contenere* ***l'indirizzo*** *di un'altra variabile*

- <u>Vincolo di tipo</u>: un puntatore a T può contenere solo l'indirizzo di variabili di tipo T

Esempio:



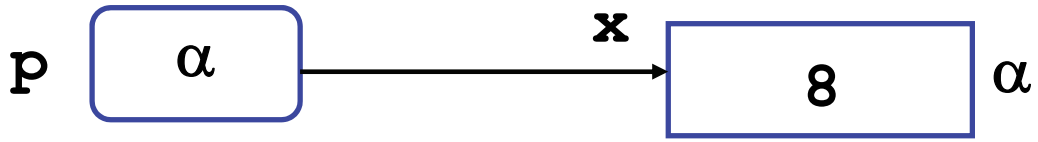

```
int  x = 8;
int* p;
p = &x;
```

Da questo momento, `*p` e `x` sono ***due modi alternativi per denotare <u>la stessa variabile</u>***

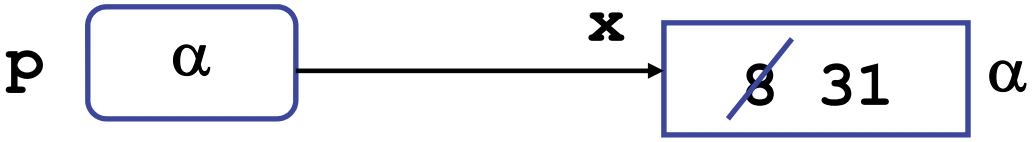
PUNTATORI

```
int  x = 8;
```

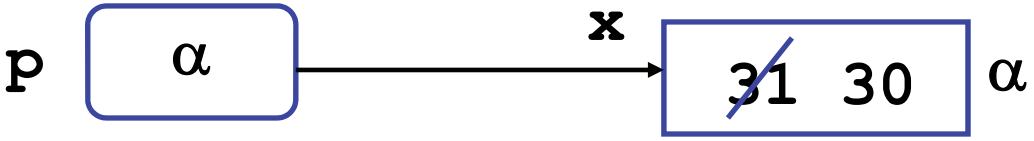

```
int* p = &x;
```




```
*p = 31;
```




```
x--;
```

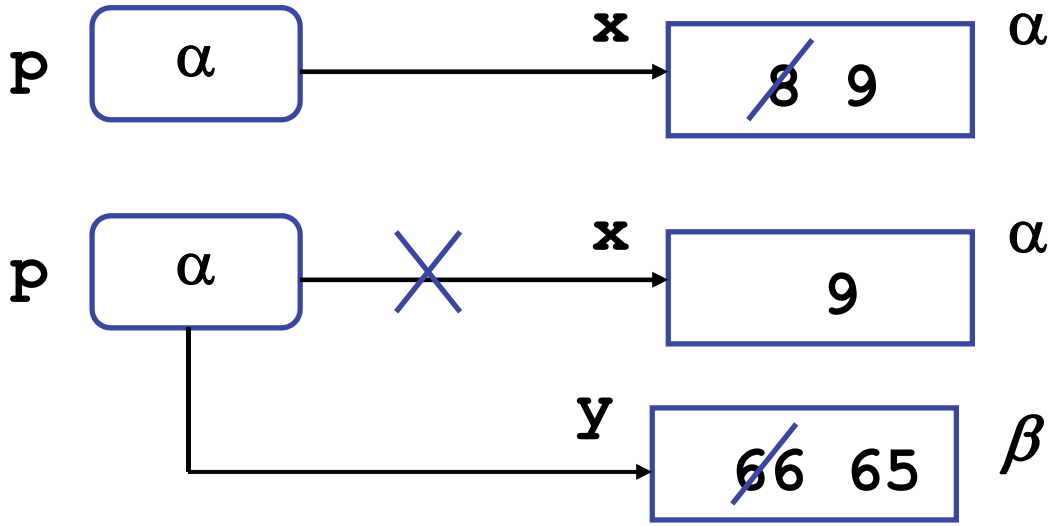


PUNTATORI

Un puntatore non è legato per sempre alla stessa variabile; può essere modificato

```
int x = 8, y = 66;
int *p = &x;
(*p)++;

 p = &y;
(*p)--;
```



Le parentesi sono necessarie? Che cosa identifica la scrittura `*p--` ?

PUNTATORI

Un puntatore a T può contenere *solo l'indirizzo di variabili di tipo T:* ***puntatori a tipi diversi sono <u>incompatibili</u> tra loro***

Esempio:

```
int x=8, *p;  float *q;
p = &x;          /* OK */
q = p;           /* NO! */
```

MOTIVO: il tipo *del puntatore* serve per *dedurre il tipo dell'oggetto puntato*, che è una ***informazione indispensabile per effettuare il dereferencing***

PUNTATORI

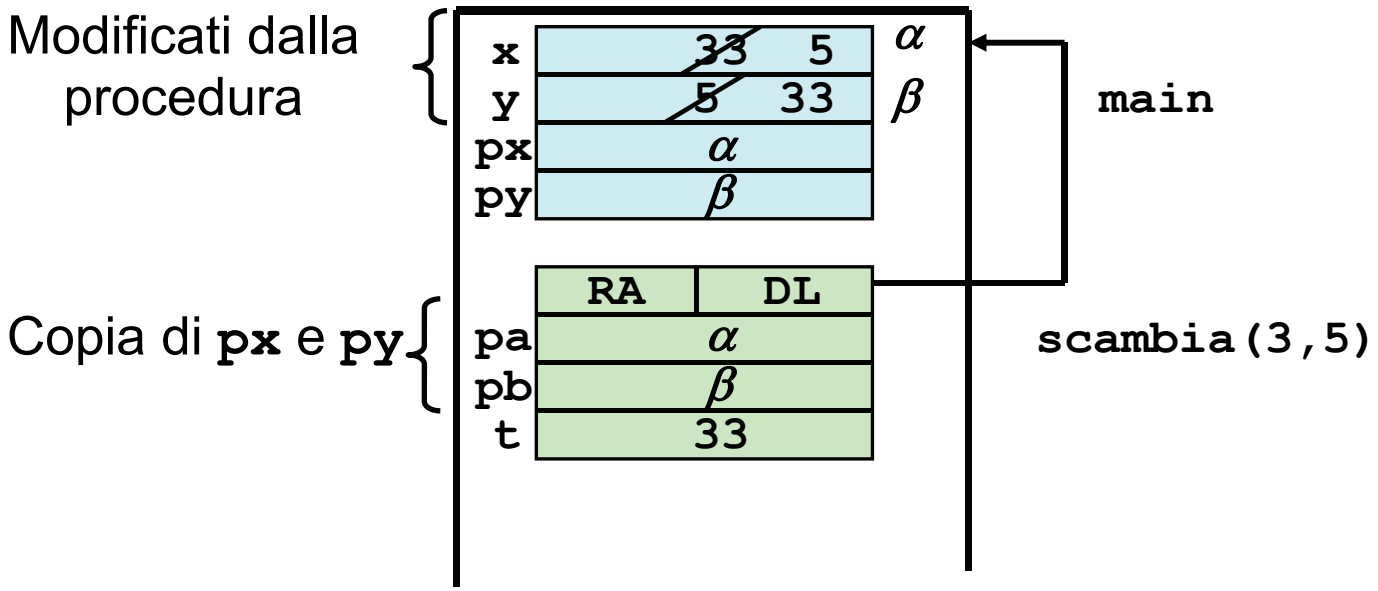
```
void scambia(int* pa, int* pb) {
 int t;
 t = *pa;  *pa = *pb;  *pb = t;
}

int main(){
 int y = 5, x = 33;
 int *py = &y, *px = &x;
 scambia(px, py);
}
```

Variazione dall'esempio precedente: i puntatori sono memorizzati in **px** e **py** prima di passarli alla procedura

ESEMPIO: RECORD DI ATTIVAZIONE

Il record di attivazione si modifica come segue



COMUNICAZIONE TRAMITE ENVIRONMENT GLOBALE

Una procedura può anche comunicare con il cliente ***mediante aree dati globali***: ad esempio, ***variabili globali***

Le *variabili globali in C*:

- sono allocate ***nell'area dati globale*** (fuori da ogni funzione)
- esistono ***prima*** della chiamata del ***main***
- sono visibili, previa dichiarazione **extern**, in tutti i file dell'applicazione
- sono ***inizializzate automaticamente a 0*** salvo diversa indicazione
- possono essere *nascoste* in una funzione da una variabile locale omonima

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);
}
```

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

SOLUZIONE ALTERNATIVA

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);
}
```