Tecniche di Programmazione Funzionale e Imperativa

Ivano Salvo

Puntatori e Passaggi di Parametri

Corso di Laurea in **Informatica**, III anno

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Lezione **18**, 6 maggio 2021

Lezione 18a:

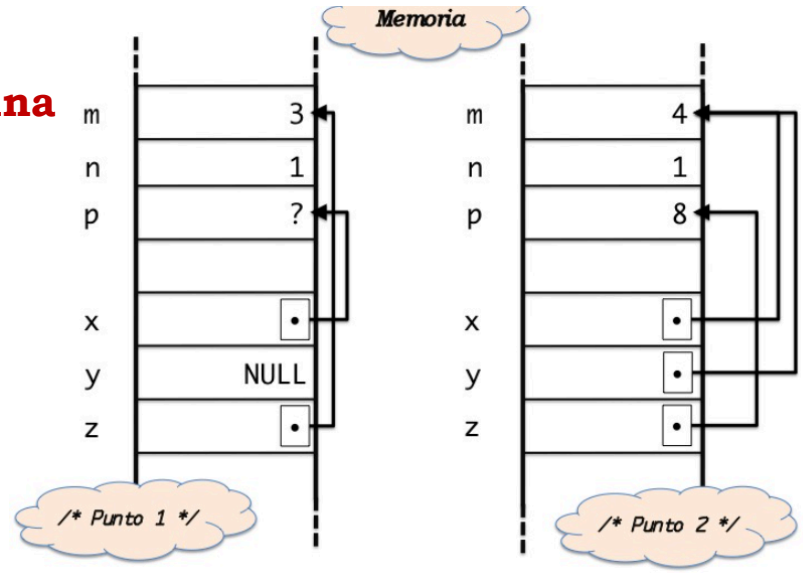
Parli del Diavolo…
…e spuntano i puntatori

Parli del diavolo, spuntano puntatori

Una variabile puntatore è una variabile che **contiene un indirizzo di memoria**, ad esempio di un'altra variabile.

```
void provaPuntatori(){
   int m=3;
   int n=1;
   int p;
   int* x= &p;
   int* y=NULL;
      /* NULL è la costante
       * "puntatore a niente" */
   int* z= &m;
      /* Punto 1 */
   (*z)++;
   y=&m;
   z=&p;
   p=7;
   (*z)++;
   x++;      /* Punto 2 */
   }
```

& è l'operatore di referenziazione: data una variabile ne restituisce l'indirizzo



Attenzione alla notazione * sui tipi e all'operatore di dereferenzazione *. E all'operatore di referenziazione &.

Puntatori e passaggi di parametri

In **C** i passaggi di parametri **sono tutti per valore**: ma siccome ci sono i puntatori, posso passare puntatori a una funzione.

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

Questa funzione `scambia` correttamente i valori delle variabili a e b LOCALI alla funzione scambia.

Ma non ha nessun effetto sullo stato del chiamante.

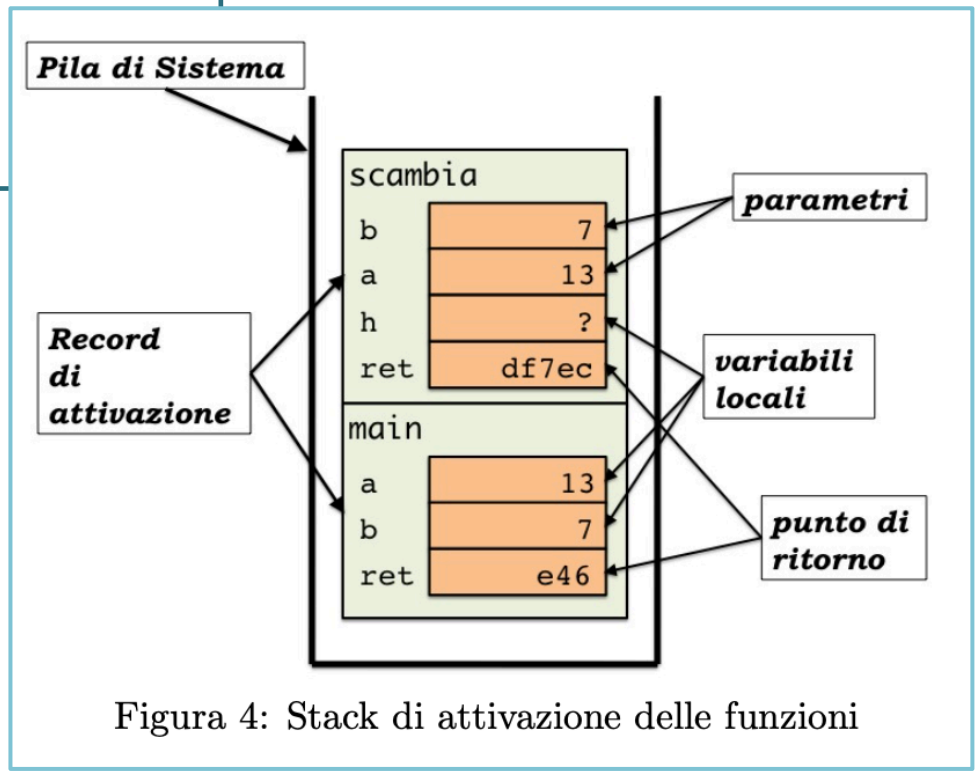


Figura 4: Stack di attivazione delle funzioni

Esempio di Esecuzione

Infatti la funzione scambia1 agisce sul suo stato locale, mentre le variabili del chiamante rimangono non coinvolte.

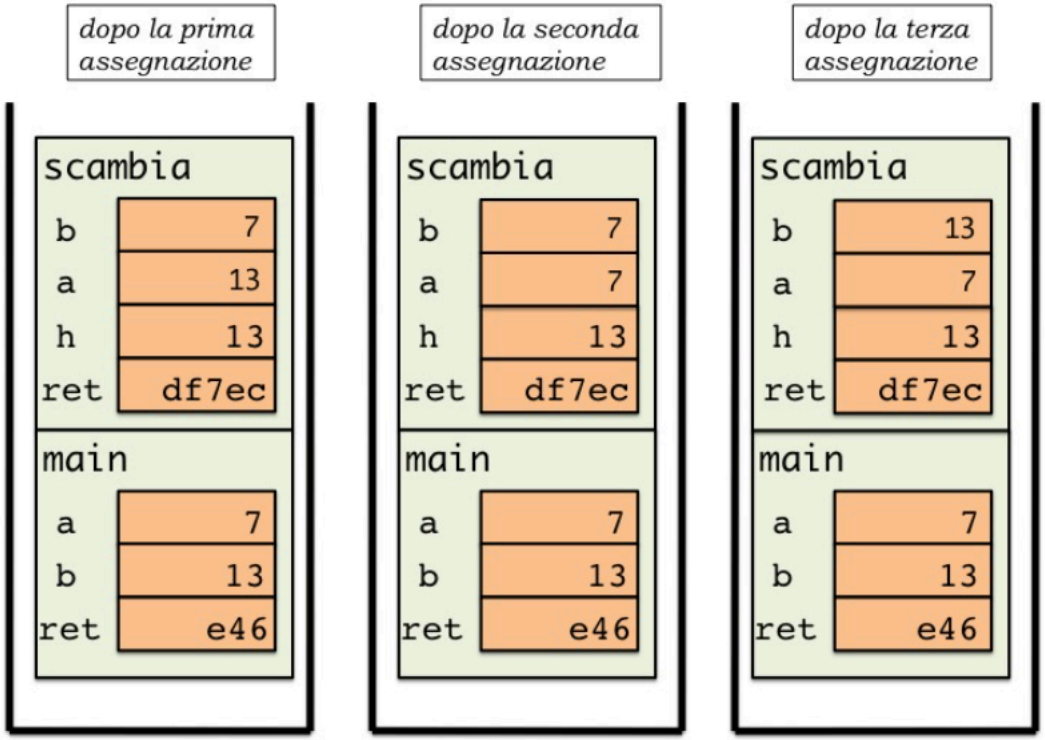


Figura 5: Esecuzione della funzione `scambia1` in Fig. 3

Puntatori e passaggi di parametri 2

Per modificare i valori delle variabili del chiamante dobbiamo **usare i puntatori**. Ecco la versione corretta della funzione `scambia`.

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

Nella funzione `scambia` le variabili `a` e `b` sono pointer alle variabili del chiamante.

Le modifiche a `*a` ed a `*b` modificano direttamente le variabili `a` e `b` del main.

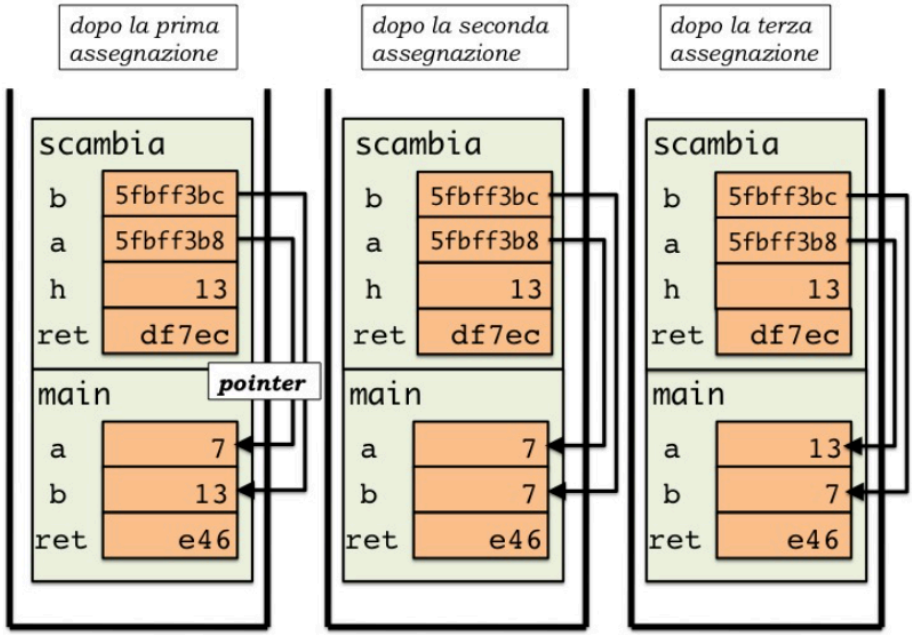


Figura 7: Esecuzione della funzione `scambia2` in Fig. 6

Alias & side-effects

Vediamo alcuni curiosi fenomeni generati dal passaggio di parametri, specie nel caso di passaggi per indirizzo.
Li vedremo usando un'altra versione della funzione **`scambia`**.

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

Questa funzione sembra corretta. Per ricostruire il valore di due numeri è sufficiente conoscerne uno dei 2 e la loro differenza.
Immaginiamo a=3 e b=5.

- Dopo la prima assegnazione, a diventa $a - b$ = -2 e b rimane 5;
- Dopo la seconda, b diventa $a + b$ = -2 + 5 = 3.
- Dopo la terza, a diventa $b - a$ = 3 – (-2) = 5, e b rimane 3.

Cosa c'è che non va?

Alias & side-effects

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

Una chiamata `scambia(&a, &a)` dopo l'esecuzione della prima istruzione, siccome in tal caso `a` e `b` denotano **la stessa cella di memoria**, **entrambe le variabili si azzerano**, perdendo ogni possibilità di ricostruire i valori iniziali.

Ma chi è così scemo da scambiare i contenuti della stessa cella di memoria? **Noi programmatori!**

La chiamata potrebbe essere **`scambia(&a[i], &a[j])`** in cui non è immediatamente evidente che in qualche esecuzione *i* e *j* hanno lo stesso valore.

Esempio: Selection Sort

```
int minimo(int a[], int inf, int sup){
/* REQ: inf < sup
 * ENS: ritorna m, forall j.inf<=j<sup
                a[m]<=a[j] */

void selectionSort(int a[], int n){
      for (int i=0; i<n; i++){
         int m = minimo(a, i, n);
         scambia(&a[i], &a[m]);
   }
}
```

In questa funzione, non si va a verificare $m \neq i$ prima di eseguire lo scambio.

Non è immediatamente evidente dal testo che `&a[i]` e `&a[m]` possono denotare la **stessa cella di memoria**!

Attenzione: noi facciamo implicitamente l'ipotesi mentale che **nomi diversi indicano cose diverse**.

Soluzioni (1)

```
void scambia(int *a, int *b){
 /* REQ: a != b */
      *a = *a - *b;
      *b = *b + *a;
      *a = *b - *a;
}

void selectionSort(int a[], int n){
      for (int i=0; i<n; i++){
         int m = minimo(a, i, n);
         if (i!=m) scambia(&a[i], &a[m]);
   }
}
```

metto una precondizione alla funzione

In selectionSort *dobbiamo evitare di scambiare celle uguali per* ***rispettare la REQ*** *di* scambia

Soluzioni (2)

```
void scambia(int *a, int *b){
   if (*a != *b){
      *a = *a - *b;
      *b = *b + *a;
      *a = *b - *a;
   }
}

void selectionSort(int a[], int n){
      for (int i=0; i<n; i++)
         scambia(&a[i], &a[minimo(a, i, n)]);
}
```

scambia solo quando necessario: ***a!=*b** *che implica* **a!=b**

In selectionSort *posso ignorare se i==m*

Lezione 17a

Tipici usi dei passaggi per indirizzo

div con risultati sui parametri

Abbiamo visto la divisione intera la scorsa lezione.
Probabilmente un Vero Programmatore **C** **scriverebbe un'altra funzione**.

Siccome `div` **calcola simultaneamente quoziente e resto** e spesso è utile sapere se un numero divide un altro…

```
int div(int m, int n, int* q, int *r){
/* REQ:n > 0
 * ENS:ritorna 1 se n divide m
 * MOD:*q(quoziente),*r(resto) di m/n
 */
   int *q = 0;
   int *r = n;
   while (*r >= n){
   /* INV: m=q*n+r */
      *r -= n;
      *q++;
   }
   return (*r==0); /* return !*r */
}
```

MCD della Maestra

Filastrocca della Maestra:

Il massimo comun divisore di due numeri è il prodotto di tutti i fattori (primi) comuni, presi con il loro minimo esponente.

Letta questa filastrocca, per scrivere una funzione che calcola l'MCD seguendo questa strategia, **sembrerebbe necessario memorizzare i fattori primi** dei due numeri e poi scegliere opportunamente quelli da moltiplicare per calcolare l'MCD.

Ma è veramente necessario?

La scomposizione di 24 la vedo come **2*****2***2***3**

La scomposizione di 36 la vedo come **2*****2*****3***3

Posso scegliere quelli comuni producendoli in ordine, quando necessario!

MCD della Maestra

```
int mcdMaestra(int m, int n){
/* REQ: m, n > 0
 * ENS:ritorna MCD(m,n)
 */
   int mcd = 1;
   int p = 2;
/* occorre allocare queste variabili */
   int q1, q2, r1, r2;
                (m)>(n)?(m) :(n)
   while (p < min(m, n)){
   /* INV: mcd*MCD(m,n)=MCD(m0,n0) */
      if (div(m,p,&q1,&r1)) m=q1;
      if (div(n,p,&q2,&r2)) n=q2;
      if (r1 && r2) p++;
      if (!r1 && !r2) mcd *= p;
   }
   return mcd;
}
```

entrambi non sono divisibili, incremento p

entrambi divisibili per p, *aggiorno* mcd

```
/* macro espansioni (pre-processore)
 * espressioni condizionali */
#define min(A, B) (A)>(B) ? (B) : (A)
```

Assegnamento Parallelo

Un'interessante istruzione propagandata da Dijkstra già negli anni '60 e raramente implementata nei LdP (eccetto Python!) è il cosiddetto assegnamento parallelo:

$$x_1, x_2, \ldots, x_n = exp_1, exp_2, \ldots, exp_n$$

dove $exp_1, exp_2, \ldots, exp_n$ sono valutate **nell'ambiente prima delle assegnazioni**.

Ad esempio **scambiare due variabili** x e y si può scrivere facilmente con: ***x, y = y, x***

```
int assPar(int* x, int* y, int u, int v){
/* MOD: *x e *y prenderanno i valori
 * di u e v
 */
      *x = u;
      *y = v;
}
```

Perché una macroespansione non funzionerebbe?

Fibonacci con AssPar

Abbiamo visto la divisione intera la scorsa lezione. Probabilmente un Vero Programmatore C scriverebbe la seguente funzione:

```
int fib(int n){
/* REQ: n > 1
 * ENS: ritorna fib(n)
 */
   int i = 1;
   int f1 = 1;
   int f2 = 1;
   if (n < 2) return n;
   while (i++ < n)
      assPar(&f1, &f2, f1+f2, f1);
   /* INV: f1 = fib(i) */
   return f1;
}
```

Il problema del Massimo Primo

Esercizio 2 *Si supponga di avere a disposizione un esecutore la cui unica abilità aritmetica sia la seguente funzione:*

```
int scomponi(int n, int *f1, int *f2)
```

che ha il sequente comportamento: sotto la precondizione che il parametro `n` *sia un numero intero strettamente positivo restituisce come risultato 0 se* `n` *contiene un numero primo, e* `1` *se* `n` *contiene un numero composto. In tal caso, carica nei parametri* `f1` *ed* `f2` *due fattori (maggiori strettamente di 1) il cui prodotto è il valore passato nel parametro* `n`.

Ad esempio, siano `x` *ed* `y` *due variabili intere. La chiamata* `scomponi(17, &x, &y)` *restituisce 0. Viceversa la chiamata* `scomponi(24, &x, &y)` *restituisce 1 e carica* `x` *ed* `y` *con due fattori di 24, per esempio 4 e 6, oppure 8 e 3, oppure 12 e 2 (ma non possiamo fare ipotesi su quali essi siano).*

1. *Scrivere una funzione* ricorsiva `maxPrimoRec(int m)` *che usa* `scomponi` *per calcolare il massimo fattore primo di un numero positivo* `m`;

Il problema del Massimo Primo

Ovviamente il massimo divisore primo di un numero $n=f_1 * f_2$ sarà il massimo tra i massimi fattori primi di f_1 e f_2.

Provare a scrivere una versione iterativa…

```
int maxPrimo(int n){
/* REQ: n > 1
 * ENS: ritorna massimo fattore primo di n
*/
   int f1, f2;
   if (scomponi(n, &f1, &f2))
      return max(maxPrimo(f1), maxPrimo(f2))
   return n; /* n è primo */
}
```

Il problema del Massimo Primo

Come spesso accade, è interessante un errore che si potrebbe fare: dichiarare `f1` e `f2` come `int*`.

Il problema è che queste dichiarazioni **non allocano memoria per memorizzare un intero**. Il risultato più probabile è un errore di `Segmentation Fault`.

```
int maxPrimo(int n){
/* REQ: n > 1
 * ENS: ritorna massimo fattore primo di n */
   int *f1, *f2;
   if (scomponi(n, f1, f2))
      return max(maxPrimo(*f1), maxPrimo(*f2))
   return n; /* n è primo */
}
```

Passaggio Parametri: C vs C++

In C++ vengono considerate le **reference** (simile anche in Pascal e altri linguaggi).

Personalmente preferisco la versione old-fashioned **C** che **esplicita anche nella chiamata i posibili side-effects**!

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

/* chiamata */
scambia(&x, &y);
```

C

```
void scambia(int &a, int &b){
   int h = a;
   a = b;
   b = h;
}

/* chiamata */
scambia(x, y);
```

C++

dereferenziazione automatica

nessuna informazione nel chiamante

if, ||, && e side-effects

Ovviamente, l'esistenza di side-effects rende ad esempio i consueti operatori aritmetici o booleani non-commutativi!

In quasi tutti i linguaggi, ciò dipende quasi esclusivamente da **side-effects** dovuti **a chiamate di funzione**, ma in **C** **anche comandi come il post-incremento** possono avere un ruolo.

```
… ; x=0;
if (x++ && x==0) …
if (!n && div(m,n)) …
```

In Haskell (vedi discussione su leftOr etc.) questa differenza riguarda solo il **rischio di non-terminazione**.

*void **

* è un costruttore di tipo a tutti gli effetti: dato un tipo T, permette di costruisce il tipo `T*`.

Vedremo che è ad esempio interessante il tipo `T**` (ad esempio quando voglio **passare per indirizzo** una **variabile puntatore**!) e, occasionalmente può accadere di usare tipi come `T ***`!

Tra tutti i tipi pointer, merita menzione `void*`: void è la tupla vuota, un tipo inutile (ad esempio è il tipo di ritorno delle funzioni che non tornano alcun risultato).

`void*` è piuttosto interpretato come il **puntatore a un dato di cui non conosco il tipo**. È un puntatore universale **compatibile per assegnazione con tutti**, cioè con tutti i tipi puntatore T* per ogni tipo T.

Ovviamente, triangolando con void*, posso scrivere programmi maltipati.

Non è possibile applicare *x se x è di tipo void*. Perché?

Lezione 18

That's all Folks!

Grazie per l'attenzione…

…Domande?