

Sommario: 25 marzo, 2021

- Naming: Uso degli identificatori nei LP
- Blocchi: in-line e Procedura
- Ambiente Locale, NonLocale, e Globale
- Scope: Statico e Dinamico
- Memoria: Statica, Stack RDA, Dinamica
- Struttura del Record Di Attivazione, RDA
- Struttura dell'Heap nella gestione Dinamica
- Esercizi

- **Identificatori**

- Nel Lambda-Calcolo sono usati per nominare i parametri delle funzioni (gli astratti)
- Nei Linguaggi di Programmazione sono usati per nominare i **valori denotabili**

- **Valori Denotabili** sono Strutture che possono essere introdotte nello specifico programma e riferite attraverso nomi.

- V.D. hanno struttura e proprietà anche molto diverse tra loro, a seconda del linguaggio;
- V.D. permessi formano una prima caratteristica del linguaggio e dei programmi che possiamo scrivere con esso:
 - Valori costanti;
 - Valori modificabili (noti come variabili);
 - Funzione, Procedura e loro Parametri;
 - Tipi;
 - ...

Definition (Ambiente e Bindings)

È l'insieme delle associazioni, i.e. bindings,
(identificatore, valore-denotabile)
che esistono a *run-time*, in uno specifico punto del programma e in
uno specifico momento dell'esecuzione

- **Dichiarazione** L'introduzione di queste associazioni avviene attraverso costrutti di dichiarazione

```
int f(){
    return 10;
}
int main(void){
    int *x, *y;
    x=(int *)malloc(sizeof(int));
    *x=5;
    y=x;
    *y=f();
    printf("x=%d\n",*x);
    return 0;
}
```

- **Esercizio.** Indicare: (a) dichiarazioni, (b) le associazioni, (c) l'ambiente in 3 punti a scelta, nel programma C sopra.

Definition (Blocco)

È una regione testuale di programma identificata da un delimitatore di inizio e uno di fine che può contenere dichiarazioni che chiameremo dichiarazioni locali del blocco

- **Blocco in-line** racchiude in modo anonimo sezioni di testo.
 - Sono attraversati come un comando (composto).
 - Possono essere composti tra loro, in sequenza o per annidamento.
- **Blocco Procedura** sono dichiarazioni di procedura/funzione.
 - Hanno un nome e una lista di parametri associato al blocco che forma il corpo della procedura/funzione.
 - Sono attraversati mediante il meccanismo di invocazione.

Definition (Tipi di Ambiente)

Ad ogni blocco è associato un ambiente formato da 3 parti:

- **Locale** delle dichiarazioni locali
- **Non Locale** degli identificatori visibili ma dichiarati in altri blocchi
- **Globale** degli identificatori visibili in tutti i blocchi del programma

- **Ambiente Locale** dipende unicamente dal blocco
- **Ambiente Globale** è unico per il programma, coincide con il locale di un blocco (quello del blocco più esterno).
- **Ambiente Non Locale** Il vero problema.

Ambiente Non Locale: Il Vero Problema

- **Ambiente Non Locale** dipende da:
 - Tipo di Blocco (in-Line o procedura)
 - Annidamento del blocco
 - Scope Statico o Dinamico utilizzato dal linguaggio

```
A:{int a =1;

    B:{int b = 2;
       int c = 2;

        C:{int c =3;
           int d;
           d = a+b+c;
           write(d)
        }

        D:{int e;
           e = a+b+c;
           write(e)
        }
    }
}
```

- Solo blocchi in-line. Dipende dal solo Annidamento: Sono non locali di un blocco, tutti gli identificatori di blocchi che lo racchiudono e non sono ridefiniti in blocchi intermedi (incluso il blocco stesso)
- **Esercizio.** (a) chi sono a, b, c nel blocco D? (b) utilizzando tabelle per gli ambienti, mostrare gli ambienti locali

Regole di Scope: L.P. con Statico o Dinamico?

- **Ambiente Non Locale.** Quando abbiamo anche blocchi procedura, dobbiamo considerare lo scope dell'identificatore
- **Scope di un identificatore.** È l'insieme delle regioni di un programma, in cui tale identificatore (e quindi, il suo legame al valore denotato) è visibile
- I linguaggi usano uno tra due meccanismi di scope:
 - **Scope Statico.** L'identificatore è visibile in ogni blocco in-Line annidato e in ogni blocco procedura dichiarata nel blocco, in cui non sia ridefinito.
 - **Scope Dinamico.** L'identificatore è visibile in ogni blocco in-line annidato e in ogni blocco procedura di invocazioni nel blocco, in cui non sia ridefinito.

```
{int x = 0;
void fie(int n){
    x = n+1;
}
fie(3);
write(x);
    {int x = 0;
    fie(3);
    write(x);
    }
write(x);
}
```

- **Esercizio.** In un linguaggio con Scope Statico: Cosa stampa il programma?
- **Esercizio.** In un linguaggio con Scope Dinamico: Cosa stampa il programma?

● Scope Statico

- Usato dalla quasi totalità dei L.P.
- Il significato degli identificatori non locali di procedure e funzioni non cambia quando invocate in punti diversi
- Più complesso da gestire, MA
- Esistono tecniche particolarmente efficienti che lo rendono il migliore (accesso in tempo costante ai non locali) se utilizzato da un compilatore

● Scope Dinamico

- Introdotto dal linguaggio Lisp e utilizzato in dialetti di Lisp
- Il significato degli identificatori non locali di procedure e funzioni dipende da dove sono invocate.
- Più semplice da gestire da interpreti del linguaggio, MA
- Accesso alle non locali non è in tempo costante (e dipende dal livello di Annidamento dei blocchi nel programma)

- **Memoria**

- Deve contenere
 - (a) Il programma (Codice Oggetto o Abstract Syntax Tree);
 - (b) Tutte le informazioni per gestire l'esecuzione (stato del programma, Activation Record);
 - (c) I dati su cui opera il programma.
- Tre principali tipi di memoria:
 - Memoria Statica
 - Memoria Dinamica a Stack
 - Memoria Dinamica a Heap
- Le Macchine Astratte dei Linguaggi di oggi, richiedono tutti e tre questi tipi
- che possono altrimenti, essere emulati su Macchine Astratte con memoria del solo tipo Statica.

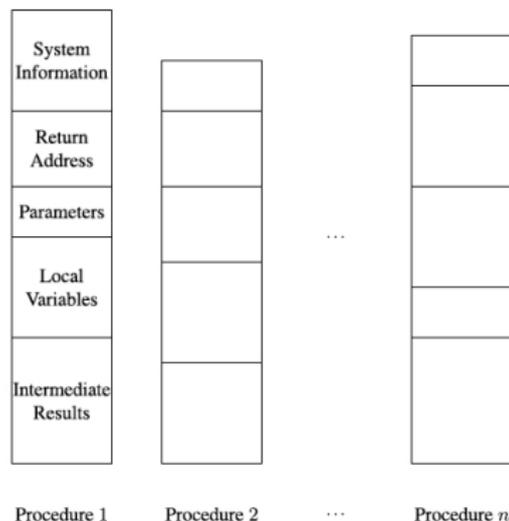
- **Memoria Statica.**

- L'allocazione delle strutture è fatta prima dell'esecuzione del programma.
- L'allocazione della memoria non può essere modificata dall'esecuzione del programma.
- Per quale dei contenuti (a), (b), (c) (vedi slide precedente) è adatta?
 - (a). Adatta a memorizzare il programma ¹
 - (b), (c). In generale, è non adatta.
- Quali caratteristiche di un LP per poter utilizzare Memoria Statica anche in (b) e in (c)?
 - (b) Nessun meccanismo di ricorsione
 - (c) Nessuna variazione dimensione memoria allocata per i valori (Niente: malloc, liste,..)

¹se il linguaggio non prevede riflessione sui programmi e quindi, l'esecuzione del programma non modifica il programma stesso

Macchina Astratta con sola Memoria Statica

- **Organizzazione della memoria quando:** Linguaggio di P.
 - (b) privo di meccanismo di Ricorsione
 - (c) privo di meccanismo di Allocazione Dinamica di valori



- La figura mostra solo (b) e per i soli blocchi procedura, completarla per:
- (b) blocchi in-Line
- (a) memorizzare Programma; (c) per memorizzare Dati

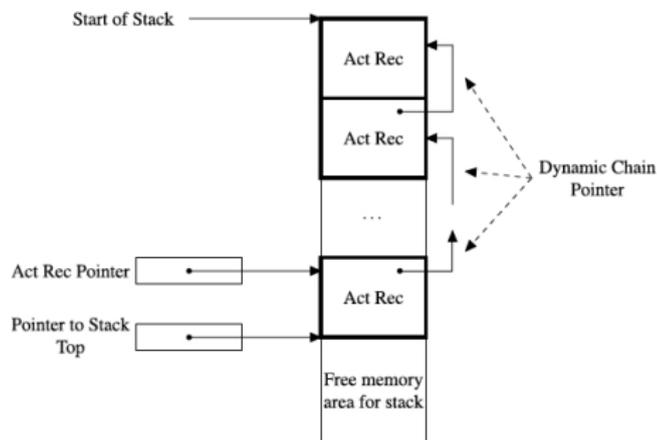
- **Memoria Dinamica a Stack.**

- Utilizzata per (b) (gestire il controllo dell'esecuzione) in presenza di meccanismi per ricorsione
- **Activation Record** Le informazioni sull'esecuzione di ogni blocco sono organizzate in AR che hanno forma prossima a quella mostrata nella slide precedente.
- Perché M. Dinamica?
 - Ogni invocazione ricorsiva richiede di allocare un nuovo AR per la procedura in cui mettere le nuove informazioni di controllo quali i valori dei nuovi parametri, il nuovo indirizzo di ritorno,...
- Perché organizzata in Stack?
 - 1) L'attraversamento di un blocco in inline, 2) l'invocazione di procedura ricorsiva, generano una sequenza di allocazioni di AR, in corrispondenza a:
 - 1) blocchi annidati nel blocco;
 - 2) invocazioni ricorsive attivate nell'invocazione;che devono essere deallocate e/o rilasciate in ordine inverso alla loro creazione.

Dynamic Chain Pointer
Static Chain Pointer
Return Address
Address for Result
Parameters
Local Variables
Intermediate Results

- Ruolo e contenuto dei componenti

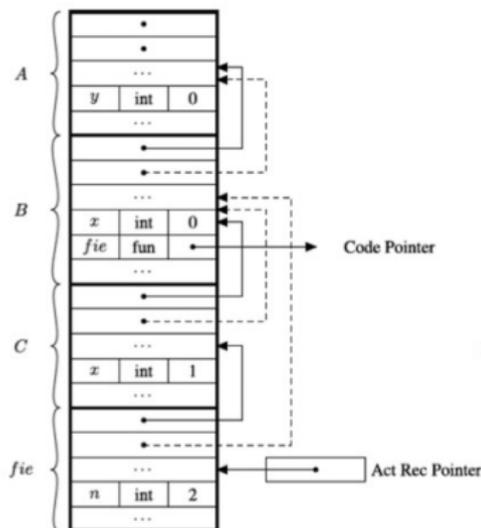
Organizzazione di Memoria a Stack



- Ruolo e contenuto dei componenti

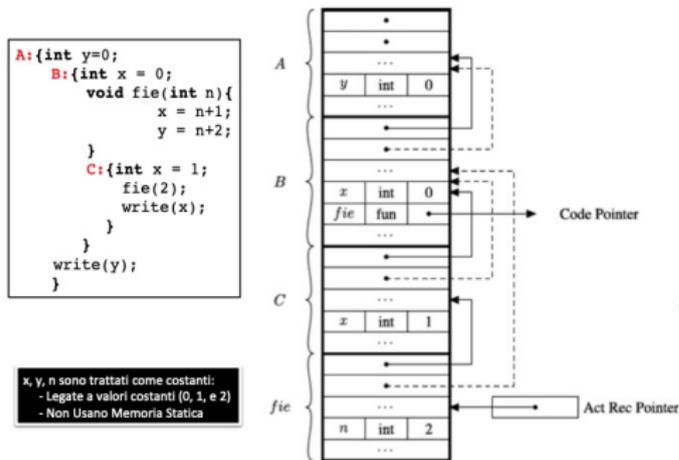
Stato della Macchina e Stack di AR

```
A: {int y=0;
  B: {int x = 0;
    void fie(int n){
      x = n+1;
      y = n+2;
    }
    C: {int x = 1;
      fie(2);
      write(x);
    }
  }
  write(y);
}
```



- Stack di AR = Parte centrale dello stato (insieme alla memoria per programma e dati)
- Contiene tutte le informazioni per il controllo dell'esecuzione, incluse quelle sullo scope degli identificatori
- Durante la computazione del programma:
 - (a) Si esegue dichiarazione d, comando c, o espressione e: Operiamo sull'AR, top dello stack, interpretiamo d/c/e, quindi (a)-(d),
 - (b) Si entra in un blocco inline: Push dell'AR associato al blocco, quindi (a)-(d)
 - (c) Si entra in blocco procedura invocata: Push dello AR creato dall'invocazione, quindi (a)-(d)
 - (d) Si esce da blocco: Pop, quindi (a)-(d)

Stato della Macchina e Stack di AR: Dich./Com/Exp

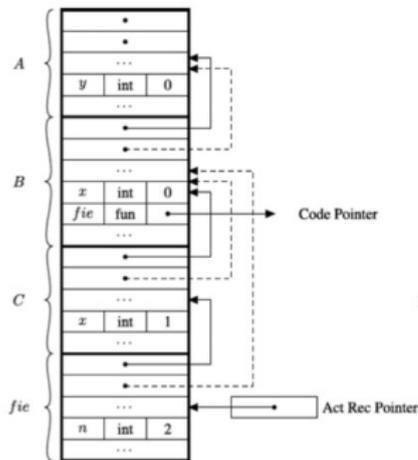


- Stack di AR = Parte centrale dello stato (insieme alla memoria per programma e dati)
- Durante la computazione del programma:
 - (a) Si esegue dichiarazione d, comando c, o espressione e: Operiamo sull'AR, top dello stack, interpretiamo d/c/e, quindi (a)-(d),
 - Interpretazione ed esecuzione di:
 - dichiarazione: Aggiunge legami nell'ambiente locale e può modificare/allocare memoria
 - comando: modifica/alloca memoria (dati/prog.) oppure è un'invocazione
 - espressione: usa area val. intermedie, può modificare/allocare memoria (dati/prog) oppure è un'invocazione...
 - invocazione: creazione AR, trasmissione parametri, collegamenti tra AR invocante e creato ...
 - **Esercizio.** Trovare in figura tutte le operazioni indicate nella fase (a) e mostrare l'andamento della memoria: modifica o alloca

Stack di AR: Scope degli identificatori

```
A: {int y=0;
   B: {int x = 0;
      void fie(int n){
         x = n+1;
         y = n+2;
      }
   C: {int x = 1;
      fie(2);
      write(x);
   }
   write(y);
}
```

x, y, n sono trattati come costanti:
- Legate a valori costanti (0, 1, e 2)
- Non Usano Memoria Statica

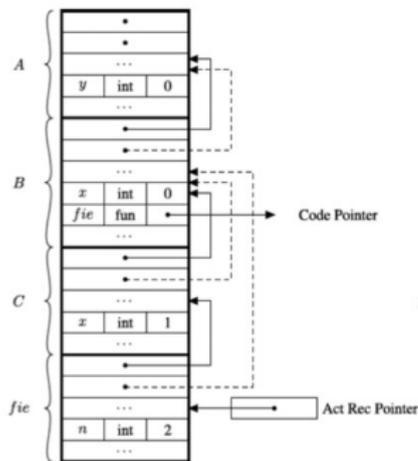


- Stack di AR = Parte centrale dello stato (insieme alla memoria per programma e dati)
- Durante la computazione del programma,
 - si incontrano identificatori e si deve accedere alle loro denotazioni.
 - Come si trovano a partire dall'AR, top dello stack?
 - Scope Statico:
 - (1) Ambiente Locale dell'AR. Se non è trovato, allora:
 - (2) Percorrere Catena Statica, selezionando lo AR immediatamente collegato e torna in (1)
 - Scope Dinamico:
 - (1) Ambiente Locale dell'AR. Se non è trovato, allora:
 - (2) Percorrere Catena Dinamica, selezionando lo AR immediatamente collegato e torna in (1)
 - Esercizio.** Trovare in figura i legami degli identificatori non locali e
 - Esercizio.** Dire se il programma ha stesso comportamento assunto scope Statico oppure Dinamico.

Scope ad Accesso Diretto: Display e CRT. Display

```
A: {int y=0;
   B: {int x = 0;
      void fie(int n){
         x = n+1;
         y = n+2;
      }
   C: {int x = 1;
      fie(2);
      write(x);
   }
   write(y);
}
```

x, y, n sono trattati come costanti:
- Legate a valori costanti (0, 1, e 2)
- Non Usano Memoria Statica



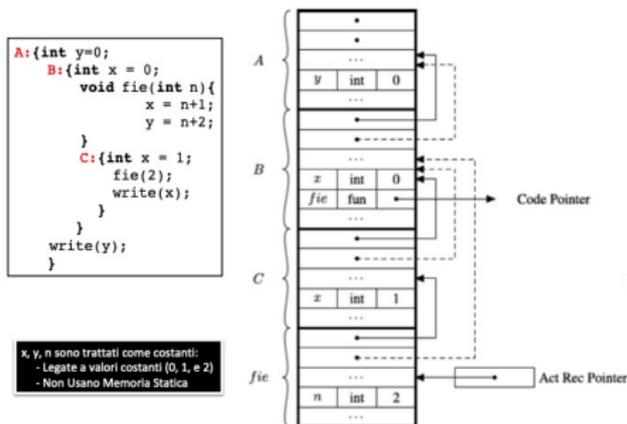
● Display

- Scope Statico. Tecnica implementativa standard per compilatori/interpreti. Sintassi astratta.
- Ogni identificatore occorrente in un blocco è rimpiazzato dalla coppia (cs,pe), indicante:
 - cs = livello di annid. in c. statica del blocco di definizione rispetto al blocco di occorrenza
 - pe = posizione legame identificatore nell'ambiente del blocco di definizione
 $y = n + 2$ diventa $(2, 0) = (0, 0) + 2$.
- Ogni blocco ha un Display = vettore contenente gli indirizzi degli AR dei blocchi nella c. statica:
Ad es., il b. di `fie` ha $D. [AR_{fie}, AR_B, AR_A]$ con indici 0,1,2 da sin. a destra.

● CRT

- Scope Dinamico. Tecnica implementativa utilizzata in alcuni interpreti (expensive).

Scope ad accesso diretto: Display e CRT. CRT



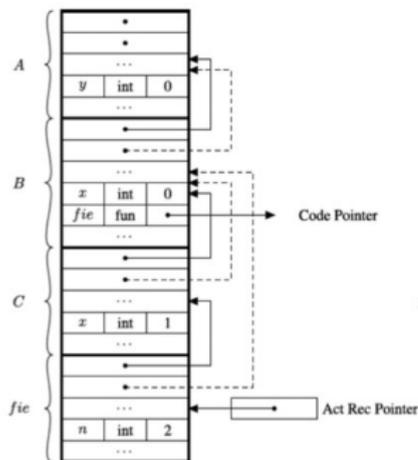
● CRT

- Scope Dinamico. Tecnica implementativa utilizzata in alcuni interpreti (expensive).
 - Una tabella unica per gli identificatori di tutti i blocchi
 - Una riga organizzata a pila per ogni nome usato
 - A ogni accesso di un blocco:
 - gli identificatori dichiarati sono inseriti nel top, delle giuste righe, come coppia (AR_x, pe_I) :
 - AR_x è indirizzo dell'AR del blocco, e
 - pe_I è posizione dell'identificatore nell'ambiente locale del blocco
- Ad es., all'entrata, a sinistra, e durante la valutazione, a destra, del blocco che forma il corpo di fie,
- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| riga x: $(AR_B, 0), (AR_C, 0)$ | riga x: $(AR_B, 0), (AR_C, 0)$ |
| riga y: $(AR_A, 0)$ | riga y: $(AR_A, 0)$ |
| riga n: ϵ | riga n: $(AR_{fie}, 0)$ |
| riga fie: | riga fie: ... |

Scope ad accesso diretto: Display e CRT. CRT/2

```
A: {int y=0;
   B: {int x = 0;
      void fie(int n){
         x = n+1;
         y = n+2;
      }
   C: {int x = 1;
      fie(2);
      write(x);
   }
   write(y);
}
```

x, y, n sono trattati come costanti:
- Legate a valori costanti (0, 1, e 2)
- Non Usano Memoria Statica

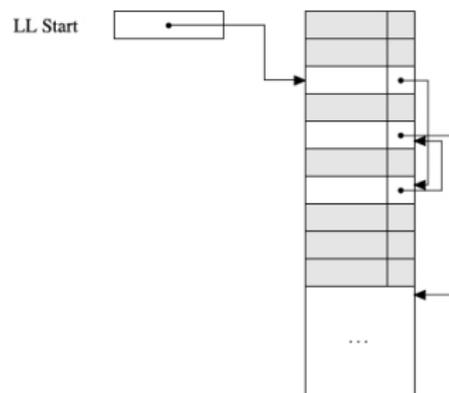


● CRT

- Scope Dinamico. Tecnica implementativa utilizzata in alcuni interpreti (expensive).
- Una tabella unica per gli identificatori di tutti i blocchi
- Una riga organizzata a pila per ogni nome usato
- A ogni accesso di un blocco:
 - gli identificatori dichiarati sono inseriti nel top, delle giuste righe, come coppia (AR_x, pe_I):
 - AR_x è indirizzo dell'AR del blocco, e
 - pe_I è posizione dell'identificatore nell'ambiente locale del blocco
- A ogni uscita di un blocco:
 - gli identificatori dichiarati sono rimossi dal top, delle corrispondenti righe

- Allocazione Dinamica.
 - Quando e Perché
 - Dati la cui struttura varia durante la loro manipolazione
 - Per questi dati la modifica dei valori dei componenti è una modifica di struttura: Liste, Alberi, Grafi, Pile, Oggetti
 - Dove
 - In alcuni linguaggi è solo per Programmi che manipolano strutture dati dinamiche
 - richiede un controllo esplicito, ad esempio: `m/r/c-alloc` in C, `new` in Pascal
 - In altri linguaggi è la gestione standard per i dati strutturati:
 - allocazione implicita e gestita automaticamente dal linguaggio (inglobata nei costruttori di dati)
 - Liste per i Linguaggi Funzionali
 - Oggetti per Linguaggi OO come Java
- Deallocazione Dinamica (e riuso della memoria per la stessa esecuzione)
 - Quando. Tali dati, o parti di essi, non sono più accessibili
 - Come.
 - Esplicita. Pericolo di rimuovere struttura ancora in uso (`free` in C)
 - Implicita. Gestita automaticamente dal linguaggio: Garbage Collection

Memoria Dinamica: Heap



- **Heap** è la struttura standard per la memoria dinamica.
 - **Consiste in**
 - **Lista Libera LL** = lista dei blocchi ancora allocabili
 - **Banco di Memoria** = Memoria organizzata in blocchi, indirizzabili separatamente, e in parte, allocati.
 - **Allocazione** b. Il blocco alla testa di LL è allocato e ...
 - **Deallocazione** b. Il blocco deallocato diventa la testa di LL e..

- **Heap** è la struttura standard per la memoria dinamica.
 - **Consiste in:**
 - **Dimensione del blocco.** Il problema: Allocare un dato occupante K words
 - dimensione **fissa**. Deve essere maggiore di K (per ogni necessario K).
 - dimensione **variabile**. Riunire più blocchi contigui per formare un blocco adeguato
 - È la soluzione dei Linguaggi attuali che hanno strutture dinamiche di tipi (e occupazione di memoria) diversi. MA
 - Frammentazione Interna: Il blocco allocato ha size maggiore
 - Frammentazione Esterna: Blocchi per formare il blocco richiesto ci sono ma non sono contigui.
 - diversamente dai S.O.: quando un p. è in esecuzione, i dati, una volta caricati, non possono essere spostati
 - allocazione fallisce

- 1 Si risolva ognuno degli 8 "immediati" esercizi introdotti nelle slide sopra.
- 2 Si mostri la computazione del programma P sopra, nello stato $\{0, \rho\}$, dove ρ_0 sia un arbitraria configurazione dei registri R_0, R_1, R_2 .
- 3 Si elenchino le classi dei valori denotabili del linguaggio C.
- 4 (a) In cosa differiscono i blocchi inline dai blocchi procedura;
(b) Sotto quali condizioni il codice C delimitato da $\{ e \}$, definisce un blocco inline.
- 5 (a) In cosa si differenziano Scope Statico e Scope Dinamico?
(b) Che relazione esiste tra Scope dinamico e Memoria Dinamica?
(c) Che relazione esiste tra Scope Statico e Allocazione Dinamica?
- 6 Si consideri il seguente frammento P di codice in un LP a blocchi con procedure ricorsive e scope statico.

```
    {int x = 5; int * y = &x;  
      {int * z; void g(int w){z = x + *y;}  
        z = *y; g(z);  
          {int x = z; g(x);  
            }  
        }  
    }
```

- (a) Si calcolino le coppie (cs, pe) di ogni identificatore usato.
- (b) Si mostri l'evoluzione dello stack di AR, della Memoria Statica e della Memoria Dinamica nella computazione di P.