Ambiente e Memoria nella AM di LP

Sommario: 19 marzo, 2019

- 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 e Naming

- **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;
    - ...

Ambienti

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

```c
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.

Aliasing nell'ambiente

Definition (Aliasing)

Identificatori che condividono uno stesso accesso in memoria.

- Da evitare quando il valore denotato è un *valore modificabile*

```
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**. Indichiamo: (a) la presenza di aliasing, (b) aliasing su valore modificabile

Blocchi: In-Line e Procedura, Funzione

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.

Blocchi e Ambienti

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: Confronto

- **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

- **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.

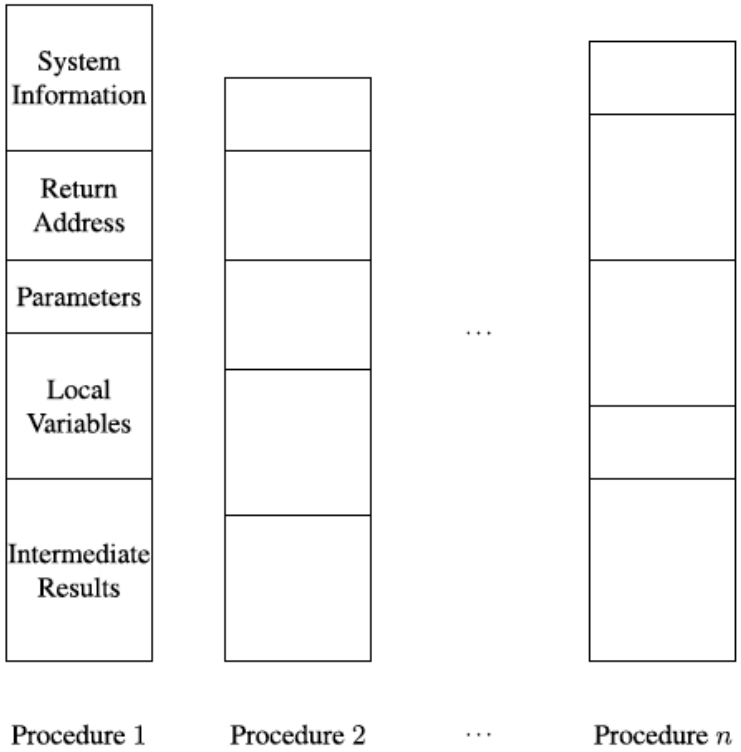
Memoria Statica

- **Memoria Statica.**
  - L'allocazione delle strutture è fatta prima dell'esecuzione del programma.
  - L'allocazione delle 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,..)

[1] se 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



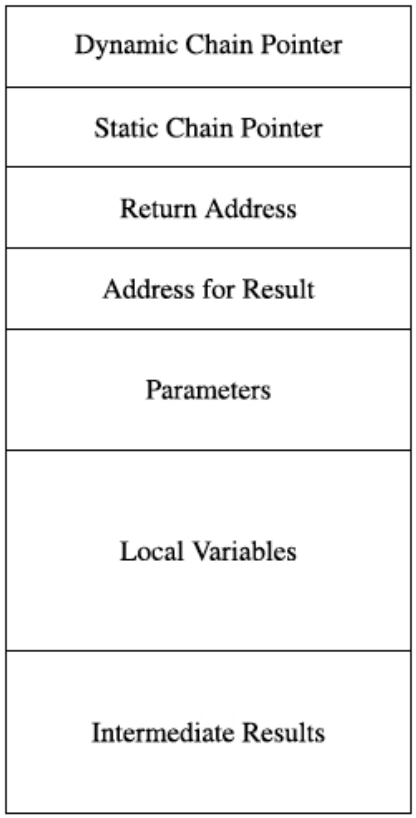
- La figura mostra solo (b) e per i soli blocchi procedura, completarla per:
- (b) blocchi in-Line
- (a) memorizzare Programma; (c) per memorizzare Dati

Memoria Dinamica a Stack

- **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.
  - Perchè 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,...
  - Perchè 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;

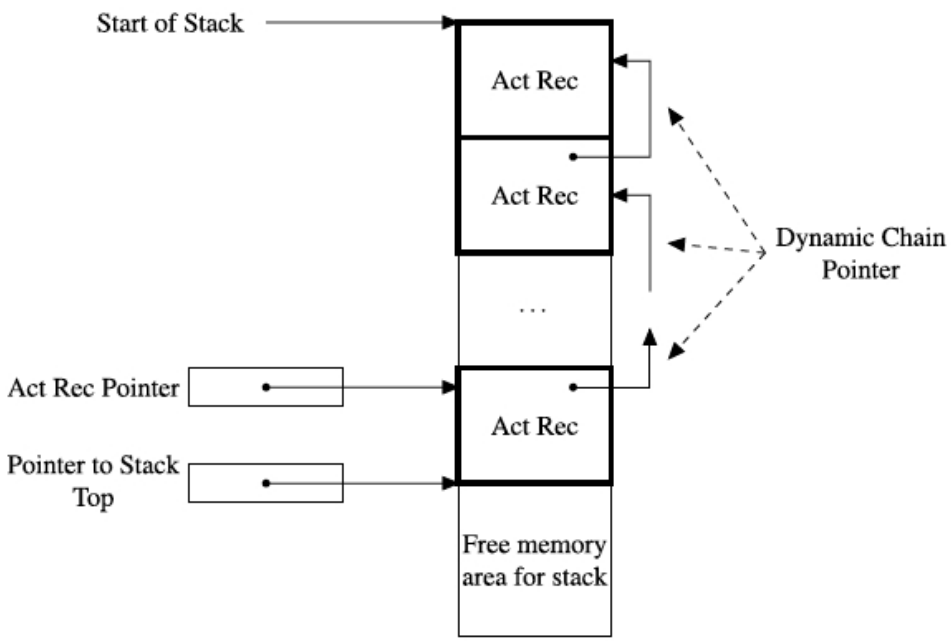
      che devono essere deallocate e/o rilasciate in ordine inverso alla loro creazione.

AR per Memoria a Stack



- Ruolo e contenuto dei componenti

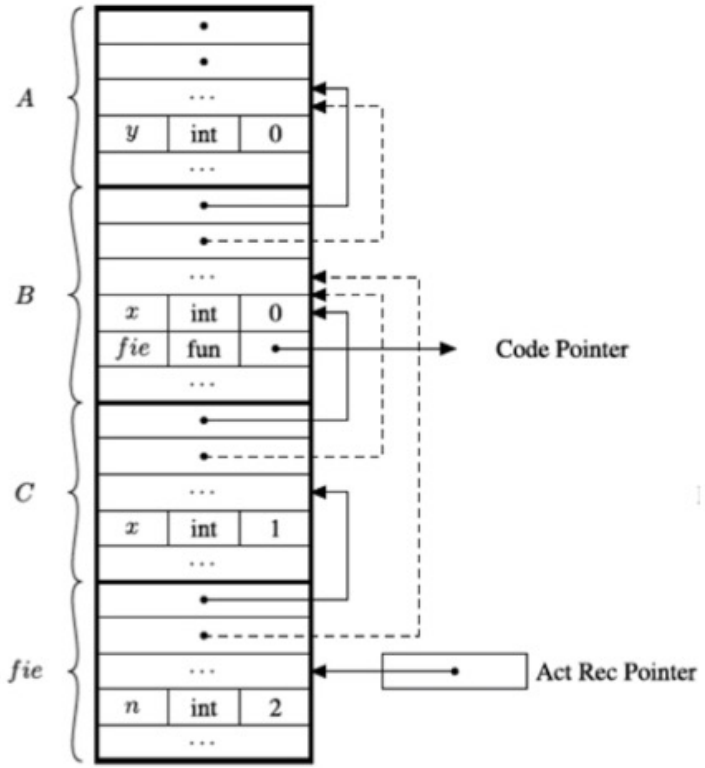
Organizzazione di Memoria a Stack



- 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);
    }
```

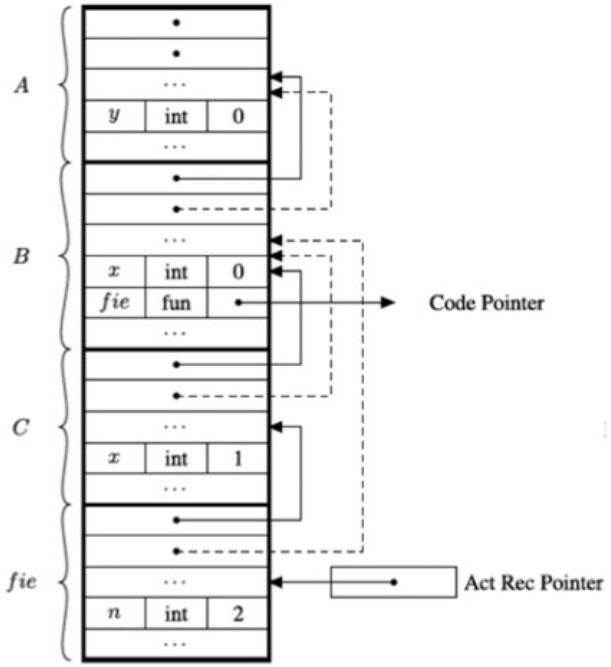


- Stack di AR = Parte centrale dello stato (insieme alla memoria per programma e dati)
- Contiene tutte le informazioni per il controllo dell'esecuzione, incluse quelle sullo scope degli identificatori
- Durante la computazione del programma:
  - (a) Si esegue dichiarazione d, comando c, o espressione 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

```
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

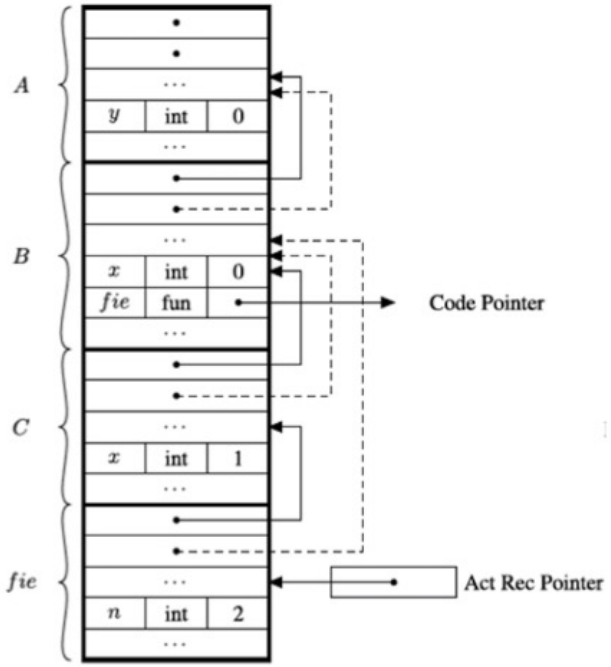


- Stack di AR = Parte centrale dello stato (insieme alla memoria per programma e dati)
- Durante la computazione del programma:
  - (a) Si esegue dichiarazione d, comando c, o espressione e: Operiamo sull'AR, top dello stack, interpretiamo d/c/e, quindi (a)-(d),
    - Interpretazione ed esecuzione di:
      - 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. intermedi, può modificare/allocare memoria (dati/prog) oppure è un'invovazione...
      - 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

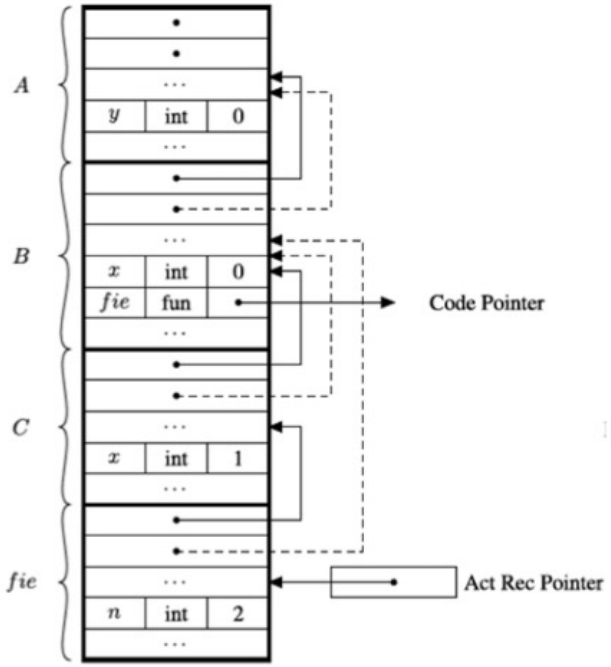


- Stack di AR = Parte centrale dello stato (insieme alla memoria per programma e dati)
- Durante la computazione del programma,
  - si incontrano identificatori e si deve accedere alle loro denotazioni.
  - Come si trovano a partire dall'AR, top dello stack?
    - Scope Statico:
      - (1) Ambiente 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

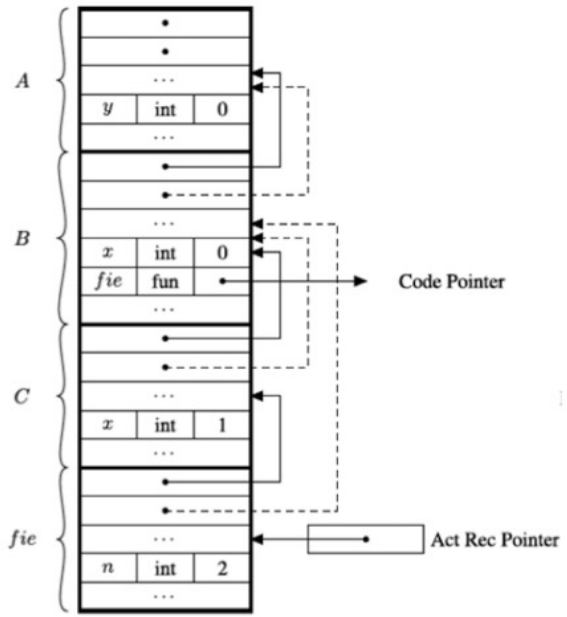
      $\mathtt{y} = \mathtt{n} + 2$ diventa $(2, 0) = (0, 0) + 2$.
  - Ogni blocco ha un Display = vettore contenente gli indirizzi degli AR dei blocchi nella c. statica:

    Ad es., il b. di `fie` ha D. $[\mathtt{AR}_{\mathtt{fie}}, \mathtt{AR}_{\mathtt{B}}, \mathtt{AR}_{\mathtt{A}}]$ 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

```
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 $(\mathtt{AR_X}, \mathtt{pe_I})$:
      - $\mathtt{AR_X}$ è indirizzo dell'AR del blocco, e
      - $\mathtt{pe_I}$ è posizione dell'identificatore nell'ambiente locale del blocco

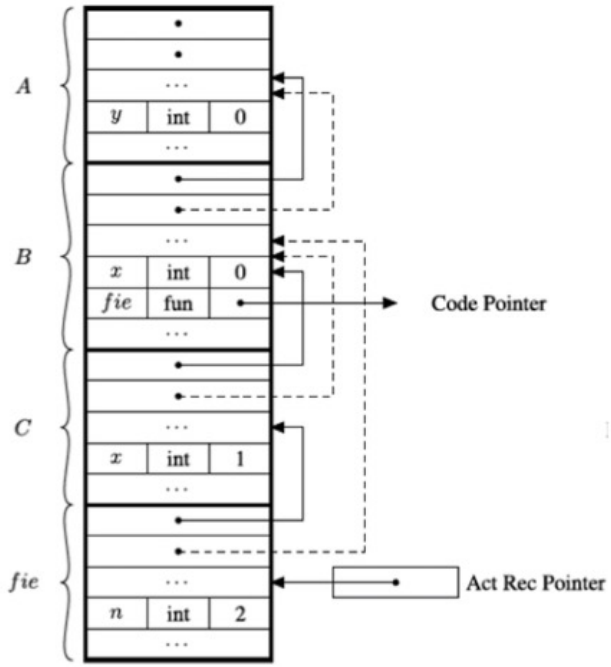
    Ad es., all'entrata, a sinistra, e durante la valutazione, a destra, del blocco che forma il corpo di fie,

    riga x: $(\mathtt{AR_B}, 0), (\mathtt{AR_C}, 0)$ — riga x: $(\mathtt{AR_B}, 0), (\mathtt{AR_C}, 0)$
    riga y: $(\mathtt{AR_A}, 0)$ — riga y: $(\mathtt{AR_A}, 0)$
    riga n: ϵ — riga n: $(\mathtt{AR_{fie}}, 0)$
    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

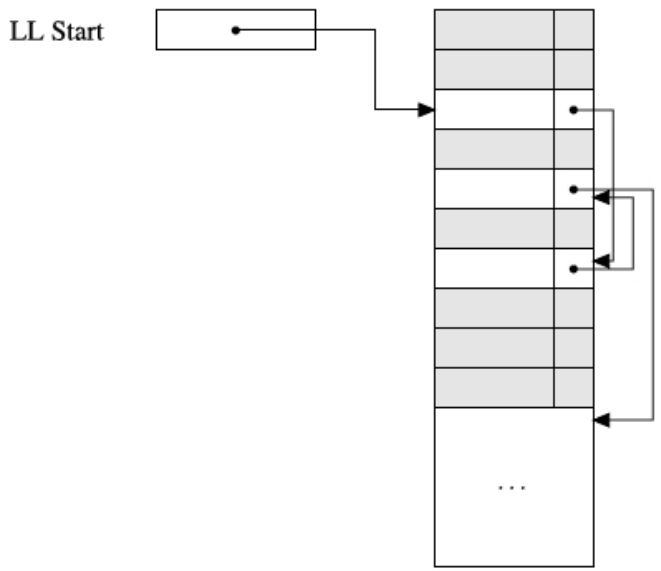


- CRT
  - Scope Dinamico. Tecnica implementativa utilizzata in alcuni interpreti (expensive).
  - Una tabella unica per gli identificatori di tutti i blocchi
  - Una riga organizzata a pila per ogni nome usato
  - A ogni accesso di un blocco:
    - gli identificatori dichiarati sono inseriti nel top, delle giuste righe, come coppia $(\mathtt{AR_X}, \mathtt{pe_I})$:
      - $\mathtt{AR_X}$ è indirizzo dell'AR del blocco, e
      - $\mathtt{pe_I}$ 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

Memoria Dinamica: Allocazione/Dealloc. Dinamica di Dati

- Allocazione Dinamica.
  - Quando e Perchè
    - 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..

Memoria Dinamica: Heap/2

- **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

Esercizi

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.

Altri esercizi in EserciziL6.pdf