Strutturare il Controllo di Sequenza

Sommario: 1 aprile, 2020

- Controllo di Sequenza nei Linguaggi Prescrittivi: Linguaggi Machine-Level, High-level, Valori Modificabili
- Espressioni: Valutazione e Controllo di Sequenza
- Comandi vs. Espressioni: Assegnamento
- Comandi: Controllo di sequenza
- Comandi Strutturati: goto e comandi per iterazione
- Ricorsione: Programmazione con Induzione, Tail Recursion e Memoization
- Una Metodologia di Programmazione: Programmazione Strutturata
- Esercizi

- **Linguaggi Machine-Level**: La struttura di un programma è una sequenza di Statement Atomici che operano sullo Stato:

Un frammento di programma in 2ACode (2 operandi atomici)

$$
\begin{array}{l}
\texttt{Mov } L_{x_0},\ \texttt{R0} \\
\texttt{Mov } L_{x_2},\ \texttt{R1} \\
\texttt{Add R0, R1} \\
\texttt{Mov R1, } L_{x_1} \\
\texttt{Mov } L_{x_2}, \texttt{R0} \\
\texttt{Mul R0, R1} \\
\texttt{Mov R1, } L_{x_0}
\end{array}
$$

- che usano Locazioni L_{x_i} e registri R_i per Valori Modificabili
- controllata da salti condizionati e/o incondizionati

- La sequenza di stm atomici è:

  facile da eseguire per la MA ma difficile da scrivere.

- Costrutti per un controllo di sequenza più astratto.

$$x_0 = (x_1 = x_0 + x_2) * x_2$$

Controllo di sequenza: Linguaggi High-Level Prescrittivi

- Linguaggi Machine-Level:
- **Linguaggi High-Level**: La struttura di un programma è una sequenza di Statement Non-Atomici che:
  - operano sullo Stato ed
  - usano composizioni di statements per il controllo di sequenze correlate

$$\texttt{Exp} ::= \texttt{Exp} * \texttt{Exp}$$
$$\texttt{Cmd} ::= \texttt{while BExp do Cmd}$$

  Ogni termine `Exp`, `BExp`, `Cmd` definisce una sequenza (indipendente) che è controllata dal costrutto in cui occorre

- Semantica e Controllo di Sequenza:
  Controllo di Seq. definito da sem. del costrutto

Osservazione (Translation Semantics)

La Semantica ci dice:
Come stms Non Atomici sono decomposti in stm più semplici e in quale sequenza questi ultimi devono essere considerati e valutati

Controllo di sequenza: Espressioni

Espressioni sono presenti in tutti gli High-Level L.

- Semantica: In tutti i linguaggi, la sem. prevede che calcolino un **valore**, o risultino in una computazione **non-terminante**.
- Struttura:
  - Un operatore (principale) ed $\mathtt{n} \geq 0$ argomenti (a loro volta espressioni)
  - Un'invocazione di funzione applicata a $\mathtt{n} \geq 0$ argomenti (a loro volta espressioni)
  - Un termine atomico (variabile, valore atomico)
- Controllo di sequenza: segue l'ordine e il metodo di valutazione degli argomenti (stabilito dal L. di Programmazione)
  - **Ordine**: leftmost, rightmost, associatività dx o sin.
  - **Metodo**:
    - Operatori: stretto, circuito-corto (o lazy),
    - Invocazioni: trasmissione parametri

Espressioni: Ordine e Metodo di valutazione

Espressioni sono presenti in tutti gli High-Level L.

- **Ordine** di valutazione: *leftmost, rightmost, assoc. dx o sin.*
  - critico quando:
    - operatori su aritmetica finita (virgola mobile)
    - effetti laterali (modifica di variabili):
      Es. (x=3)+(y=x)
- **Metodo** di valutazione: *stretto, circuito-corto*
  - critico quando:
    - Argomento indefinito.
      Esempio. Sia:
      $\textbf{int}\ \mathtt{p}(\ \textbf{int}\ \mathtt{x},\ \textbf{int}\ \mathtt{y})\{\textbf{if}(\mathtt{x} > 0)\textbf{return}\ \mathtt{x};\ \textbf{else}\ \textbf{return}\ \mathtt{x} + \mathtt{y}\}$
      - "e" valuta indefinito. Allora:
      $\mathtt{p}(15, \mathtt{e})$
      calcola 15 se non stretta sul primo argomento
      - "e_1" o "e_2" valuta indefinito e l'altra valuta **true**.
      e_1 **Or** e_2
      calcola **true** se **Or** è valutata a circuito-corto

Assegnamento: Espressione o Comando

Assegnamento

- è un'espressione in alcuni linguaggi (C, Java).
- è un comando in altri (Pascal).
- Semantica:
  - In tutti i casi modica un valore modificabile
  - Linguaggi differenti possono usare differenti ordini di valutazione degli argomenti.
  - conducendo a sequenze di valutazione e computazioni completamente diverse

```
b = 0;
a[f(b)] = a[f(b)]+1
```

per f così definito (e non locale "b" quella dell'assegnamento sopra):

```
int f (int x){
  if (x==0){b=1; return 1;}
  else return 2;
}
```

  - usare ora ordine leftmost ora rightmost.

Assegnamento: l-value e r-value

Assegnamento:

- Gli argomenti di un assegnamento devono essere un valore modificabile (l-value) e un valore memorizzabile (r-value)
  - valore modificabile = Locazione di memoria
  - valore memorizzabile = valore assegnabile ad una locazione nella memoria
  - valore denotabile = valore associabile ad un identificatore nell'ambiente
  - valore esprimibile = valore che può essere calcolato con un'espressione (non singola variabile)
- Alcune espressioni possono essere valutate per ottenere un l-value oppure un r-value

```
a[f(b)] = a[f(b)] +1
```

Controllo di sequenza: Comandi

Comandi sono presenti in tutti i Linguaggi Prescrittivi (Macchina, Imperativi,...)

- Semantica: In tutti i linguaggi, la semantica prevede che modifichino la memoria e/o lo stato (effetti laterali).
- Struttura. Varie classi di comandi:
  - Controllo di Sequenza esplicito
  - Condizionali (o di selezione)
  - Iterativi

Comandi di Sequenza Esplicito

Introducono una sequenza di C, o alterano la sequenza corrente.

- Includono:
  - Comando Sequenza: $C_1;C_2$
  - Blocco in-Line
  - goto, break, continue, return.
- Comando Sequenza e Blocco in-Line sono presenti in tutti i Linguaggi con comandi ed hanno una semantica composizionale ottenuta dalla naturale composizione della semantica dei componenti.
- goto: Iterazione non strutturata
  - oscuro e poco espressivo
  - può sempre essere evitato a favore di iterazione strutturata
  - va evitato
- break, continue, return
  - Utilizzati in C per uscita (non strutturata??) da blocchi.

Comandi di Condizionali

Discriminano tra due o più sequenze alternative

- Includono:
  - if-then-else e if-then
    - con struttura e comportamento analogo in tutti i linguaggi
  - case e switch
    - con struttura simile ma comportamento, a volte, diverso:

      $\texttt{case 2 of 1} : \texttt{C}_1; 2 : \texttt{C}_2; 3 : \texttt{C}_3; 4 : \texttt{C}_4; \texttt{end}; \texttt{C};$

      $\texttt{switch }(2)\{\texttt{case}\,1 : \texttt{C}_1; \texttt{case}\,2 : \texttt{C}_2; \texttt{case}\,3 : \texttt{C}_3; \texttt{case}\,4 : \texttt{C}_4;\}\texttt{C};$

      conducono alla sequenza:

      $\texttt{C}_2; \texttt{C};$

      $\{\texttt{C}_2; \texttt{C}_3; \texttt{C}_4;\}\ \texttt{C};$

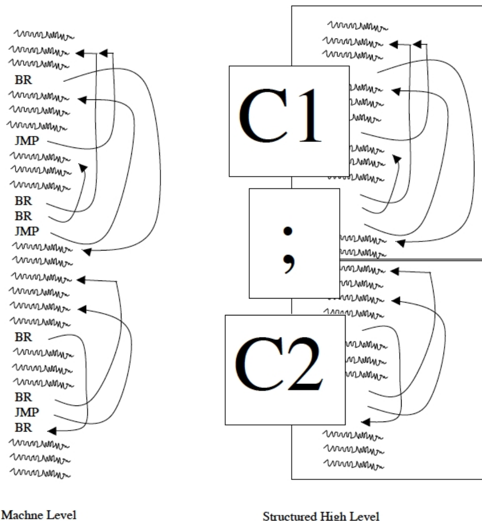
      rispettivamente.

Comandi Iterativi (strutturati)

Incapsulano ed evidenziano la sequenza da iterare

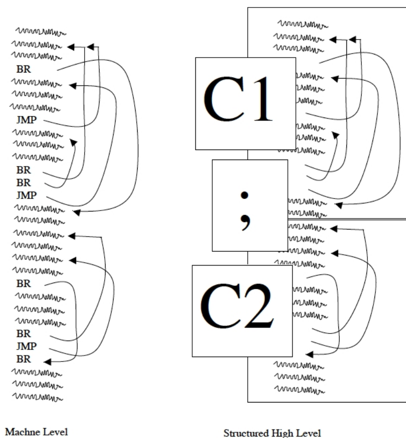
- Si differenziano in questo dall'iterazione non strutturata basata sul goto
- Si suddividono in:
  - iterazione indeterminata: while, repeat, for (del C)
  - iterazione determinata: for del Pascal
- Iterazione indeterminata: **while** `E` **do** `C`
  - il numero di iterazioni può non essere determinato utilizzando lo stato iniziale e l'espressione di controllo `E`
  - l'iterazione può anche non terminare
  - **while** `(x>1 and x<10)` **do** `x = 5;`
- Iterazione determinata: **for** $\mathtt{i} = \mathtt{E}_{\mathtt{inizio}}$ **to** $\mathtt{E}_{\mathtt{fine}}$ **do** `C`
  - il numero di iterazioni è: $\mathtt{n} = \mathtt{v}_{\mathtt{E}_{\mathtt{fine}}} - \mathtt{v}_{\mathtt{E}_{\mathtt{inizio}}}$

Costrutto Strutturato: Sequenze chiuse



- Possiamo sempre "estendere" una sequenza atomica con JMP e BR in una sequenza atomica equivalente formata di sole sezioni "chiuse"

Costrutto e Programma Strutturato



- **Costrutto Strutturato**: È un costrutto non atomico che definisce una sequenza atomica "chiusa", ovvero ha un unico punto di ingresso (il primo atomo) ed un unico punto di uscita (l'ultimo atomo).
- Linguaggio, **Programma Strutturato**: Le funzioni calcolabili possono essere espresse con programmi che utilizzano solo costrutti strutturati (Bohm-Jacopini, 1966)

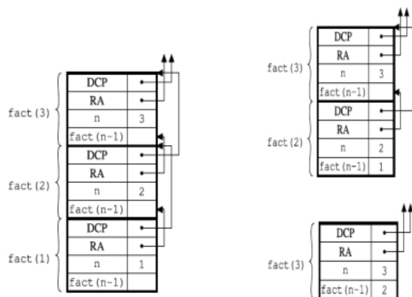
Costrutti non strutturati

- **Costrutto Strutturato**: È un costrutto non atomico che definisce una sequenza atomica "chiusa", ovvero ha un unico punto di ingresso (il primo atomo) ed un unico punto di uscita (l'ultimo atomo).
- **Linguaggio/Programma Strutturato**: Le funzioni calcolabili possono essere espresse con programmi che utilizzano solo costrutti strutturati (Bohm-Jacopini, 1966)
- Rispondiamo:
  - Quale dei seguenti costrutti potrebbe essere usato all'interno di un programma strutturato e perchè?
    (a) Goto; (b) break; (c) continue; (d) return
  - Il costrutto Switch del C è un costrutto strutturato?

Ricorsione

- Algoritmi definiti in modo induttivo
- Introdotta attraverso Procedure/Funzioni
- Possono richiedere l'allocazione di una grande quantità di AR

```
int fact(int n){
        if (n<0) return 0;
         else if (n==0) return 1;
              else return n * fact(n − 1);
 }
```



- Dire chi sono i campi: DCP, RA presenti negli AR e di quale campo fa parte l'entry "fact(n-1)..."

AR per Memoria a Stack

Dynamic Chain Pointer

Static Chain Pointer

Return Address

Address for Result

Parameters

Local Variables

Intermediate Results

- Ricordiamo la struttura generale vista

Ricorsione: Funzioni Parziali e Gestione delle Eccezioni

- Possiamo ridurre l'allocazione di AR al solo AR dell'invocazione corrente
- Ricorsione di coda: È una tecnica che lo permette

- Prima però commentiamo la definizione data per `fact`.

```
int fact(int n){** fact calcola 0 se n è negativo, altrimenti n! **
        if (n<0) return 0;
        if (n==0) return 1;
        return n * fact(n-1);
}
```

  - C non ha un meccanismo di eccezioni che sarebbe stato preferibile a questo uso arbitrario (e oscuro) del valore booleano calcolato, `false`.

```
bool fact(int n, int * r){** Convenzione in C per le funzioni parziali**
        if (n<0) return false;
        if (n==0){*r = 1; return true; }
        if (fact(n-1, r)){*r = (*r) * n; return true;}
        return false;
}
```

  - Il commento inserito è d'obbligo ma non risolve il problema.

Ricorsione: Funzioni Parziali e Gestione delle Eccezioni - 2

- Il commento inserito è d'obbligo ma non risolve il problema delle parziali

```
int fact(int n){** fact calcola 0 se n è negativo, altrimenti n! **
        if (n<0) return 0;
        if (n==0) return 1;
        return n * fact(n-1);
}

bool fact(int n, int *r){** Convenzione in C per le parziali **
        if (n<0) return false;
        if (n==0){*r = 1; return true; }
        if (fact(n-1, r)){*r = (*r) * n; return true;}
        return false;
}
```

- la definizione sotto è una corretta definizione della funzione **parziale** n!.

```
int fact(int n){** fact diverge se n è negativo, altrimenti n! **
        if (n==0) return 1;
        return n * fact(n - 1);
}
```

  - Noi vogliamo usare proprio quella parziale nei nostri programmi?
  - Nella quasi totalità dei casi NO
  - Esprimere una definizione che ci dica quando le cose non vanno:
    senza "falsare" il valore calcolato
    ovvero, faccia uso di un *meccanismo di eccezioni*.

Ricorsione: Ricorsione di Coda

- Possiamo ridurre l'allocazione di AR al solo AR dell'invocazione corrente
- Ricorsione di coda: È una tecnica che lo permette

```
int fact(int n){** fact calcola 0 se n è negativo, altrimenti n! **
        if (n<0) return 0;
          else if (n==0) return 1;
             else return n * fact(n - 1);
   }
```

Definition (Invocazione di Coda e Ricorsione di coda)

Sia F una definizione di funzione che contiene un'invocazione di una funzione g. Tale invocazione è detta invocazione di coda se, quando applicata, F restituisce il valore calcolato da tale invocazione senza ulteriore calcolo. Una definizione ricorsiva F è con ricorsione di coda se ogni sua invocazione contenuta in F é una invocazione di coda.

- la definizione di `fact` non è con ricorsione di coda
- questa sotto lo è

```
int factT(int n, int acc){** acc produttoria argomenti delle invocazioni precedenti **
          if (n<0) return 0;
            else if (n==0) return acc;
                else return factT(n - 1, n * acc);
   }
```

- Per ogni intero `n`, `factT(n,1)` calcola `n!`.

Ricorsione: Macchine Astratte per Ricorsione di Coda

AR nell'invocazione di funzione con Ricorsione di Coda.

- Sia $g(e_0)$ l'invocazione di una tale funzione, con e_0 (lista degli) argomenti dell'applicazione.
- L'invocazione può condurre a due casi possibili:
  - Calcola un valore senza richiedere ulteriori invocazioni di g. Caso finale.
  - Conduce ad un'invocazione di coda $g(e_1)$. Allora $g(e_1)$ è tutto ciò che serve per calcolare g su e_0
    - Possiamo rimpiazzare l'invocazione $g(e_0)$ con $g(e_1)$, ovvero
    - Possiamo, rimpiazzare il contenuto dell'AR prodotto per calcolare $g(e_0)$ con quello per calcolare $g(e_1)$

Ricorsione di Coda: Activation Record di factT

- Sia $g(e_0)$ l'invocazione di ... con e_0 (lista degli) argomenti dell'applicazione.
- L'invocazione può condurre a due casi possibili:
  - Calcola un valore senza richiedere ulteriori invocazioni di g. Caso finale.
  - Conduce ad un'invocazione di coda $g(e_1)$. Allora $g(e_1)$ è tutto ciò che serve per calcolare g su e_0
    - Possiamo rimpiazzare l'invocazione $g(e_0)$ con $g(e_1)$, ovvero
    - Possiamo, rimpiazzare il contenuto dell'AR prodotto per calcolare $g(e_0)$ con quello per calcolare $g(e_1)$

Applichiamolo a factT(3,1), definita sotto

```
int factT(int n, int acc){** acc produttoria argomento n delle invocazioni precedenti **
        if (n<0) return 0;
          else if (n==0) return acc;
             else return factT(n − 1, n ∗ acc);
   }
```

...	...
CD	...
RA	...
n	3
acc	1
factT(n-1,n*acc)	
n-1	2
n*acc	3

...	...
CD	...
RA	...
n	2
acc	3
factT(n-1,n*acc)	
...	...
...	...

...	...
CD	...
RA	...
n	1
acc	6
factT(n-1,n*acc)	
...	...
...	...

Ricorsione: Memoization e Memoria Statica nelle Procedure

- Possiamo ridurre l'allocazione di AR al solo AR dell'invocazione corrente
- Ricorsione Memoized: È una tecnica che lo permette *parzialmente*

Definition (Funzione Memoized)

Una definizione di funzione è Memoized se memorizza tutte le coppie (invocazione, valore-calcolato) durante l'intera esecuzione del programma, fornendo il valore calcolato memorizzato se già invocata sull'argomento, calcolando il nuovo valore altrimenti.

```
int fact(int n){/* diverge quando n<0, altrimenti n! */
    if (n==0) return 1;
    return n * fact(n-1);
}
int memoizedFact(int n){/* diverge quando n<0, altrimenti n! */
                        /* definizione memoized */
    static int Tab[100];
    static int index=0;
    Tab[0]=1;
    if ((n<=index)&!(n<0)) return Tab[n];
    Tab[n] = n * memoizedFact(n-1);
    return Tab[index=n];
}
```

- la definizione di `memoizedFact` è Memoized
- la definizione utilizza Memoria Statica nell'Activation Record di `memoizedFact`

Ricorsione: Ricorsione di Coda, Memoization

- Due tecniche completamente diverse
- Ricorsione di Coda richiede:
  - Una definizione con ricorsione di coda (fornito da utente);
  - Un meccanismo per riuso dell'AR (fornito dal Linguaggio);
  - Presente nei linguaggi tipo Scheme, Miranda (tutti funzionali);
- Memoization richiede:
  - Un meccanismo per ricordare le invocazioni (Tabella hash);
  - C non lo possiede e noi lo abbiamo emulato nell'esempio;
  - La nostra emulazione ha usato Memoria Statica,
  - Ma potevamo usare anche Memoria Dinamica,
  - ed anche Permanente (un file del File System).
  - Presente in Common Lisp, Perl, Python (manipolazione simbolica)
- Concludiamo:
  - Ricorsione di coda applicabile solo a funzioni definite ricorsive ed è utilizzabile solo in Linguaggi dotati di meccanismo per il riuso dell'AR.
  - Memoization utilizzabile in tutti i linguaggi e applicabile a tutte le funzioni, richiede che non siano presenti effetti laterali.

Programmazione Strutturata/1

Antesignana delle moderne metodologie di sviluppo

- Progettazione top-down del programma:
  - Una Specifica Astratta iniziale che mostra funzionalità attese e correlazioni tra esse.
  - Raffinamenti successivi che aggiungono dettagli e ripetono il procedimento su ciascuna funzionalità
- Modularizzazione del codice:
  - Ogni codice che implementa una funzionaltà deve essere localizzato in una parte precisa del programma
  - che deve essere acceduta e trattata come un unità di programmazione indivisibile (un modulo)
- Uso di identificatori significativi:
  - Identificatori adatti a indicare ruolo ed agevolare la comprensione del codice dove sono usati
- Uso estensivo di commenti
  - Commenti adatti a fornire indicazioni utili su vincoli ed utilizzabili per documentazione, testing, modifica e manutenzione del codice.

Programmazione Strutturata/2

Antesignana delle moderne metodologie di sviluppo

- Progettazione top-down del programma: ...
- Modularizzazione del codice: ...
- Uso di identificatori significativi: ...
- Uso estensivo di commenti ...
- Uso di Tipi di dato strutturato
  - adatti a rappresentare in modo unitario valori aventi strutture anche complicate
- Uso di costrutti strutturati che devono:
  - mostrare in modo chiaro la trasformazione calcolata.

Progr. Strutturata: Applichiamola al Quicksort /1

La specifica astratta iniziale può coincidere con la descrizione del problema, vincoli e soluzione e/o algoritmo.
Ad esempio:

- Obiettivo Generale: Programma di Ordinamento
- Obiettivo Specifico: Quicksort per sequenze ordinabili
- Vincoli:
  - Una sequenza **c**
  - di valori ordinabili **t**
  - Quindi, **c** è un valore di tipo **Seq(t)**, sequenze di tipo `t`.
- Soluzione/Algoritmo:
  - a Sia **cc** la sequenza corrente da ordinare
  - b Sia **a** di tipo **t**, un elemento di separazione per **cc**
  - c Dividiamo **cc** in due sottosequenze **cLE** e **cGT** separate da **a**
  - d Ripetere [a]-[d] su ogni sottosequenza non singoletta, ottenuta al passo [c] se presente.
  - e Terminiamo, presentando la sequenza ottenuta.

Progr. Strutturata: Applichiamola al Quicksort /2

Procediamo con `N` raffinamenti successivisi, individuando funzionalità e aggiungendo dettagli

- Sequenze con ripetizione: Gli elementi possono essere ripetuti?
- **Hints**: Chiarire e precisare dettagli rispondendo a domande, quali:
  - Cosa si deve intendere per elemento di separazione?
  - Cosa si deve intendere per divisione di sequenza rispetto a elemento di separazione, dato un ordinamento?
  - Come può essere fornito/definito un ordinamento per i valori da ordinare?
  - ...

Esercizi

1. Perchè il Controllo di Sequenza è un insieme di meccanismi presenti solo nei Linguaggi Prescrittivi?
2. In cosa si differenziano i registri dei Linguaggi Macchina da quelli del modello della Macchina a Stato.
3. (a) Quali sono i meccanismi del Controllo di Sequenza nei Linguaggi Macchina;
   (b) Come la Translation Semantics mette in corrispondenza il Controllo di Sequenza dei Linguaggi Hight-Level con quelli ei Linguaggi Low-Level
4. Le espressioni in genere conducono a comporre sequenze per contiguità fisica, ovvero l'inizio della successiva è immediatamente dopo la fine della precedente. In quale caso ciò non è vero e perchè?
5. (a) Quali sono i 2 meccanismi da conoscere nell'uso delle espressioni di un Linguaggio di Programmazione?
   (b) Cosa può cambiare in tali meccanismi quando cambiamo Linguaggio?
   (c) Mostrare 1 caso per ogni meccanismo che supporti le risposte date nei punti (a) e (b) precedenti.
6. (a) Si elenchino i 4 tipi di valori visti a lezione
   (b) Si mostri l'uso di ciascuno in 4 frammenti separati di codice C.
   (c) Cosa sono gli l-value ed r-value e a quale dei quattro tipi appartengono
7. (a) Cos'è un comando di iterazione determinata?
   (b) Il linguaggio C possiede un comando di iterazione determinata?
   (c) Cosa possiamo dire se il Linguaggio avesse solo iterazione determinata? Ci dovremmo stupire? Perchè?

Altri esercizi in EserciziL7.pdf