Principi di Programmazione

Sommario

- Costruzione di algoritmi
- Approccio alla soluzione di problemi complessi
- Sequenza; Selezione; Iterazione; Ricorsione
- Rappresentazione di algoritmi
  - flow chart
  - linguaggio lineare
- Programmazione Strutturata

Algoritmi: Costruzione

- Esaminare una specifica realtà o problema
- Costruirne un'astrazione
- Rappresentarla (più o meno) formalmente
- Individuare una sequenza di azioni che, eseguite, risolvano il problema nel mondo dell'astrazione
  - Il processo di analisi e astrazione è difficile da dominare per problemi complessi

Tipi di problemi

- Primitivi
  - Risolubili mediante
    - Un'azione primitiva
    - Una sequenza di azioni primitive
- Complessi
  - Non risolubili tramite un'azione nota
    - Al solutore
    - All'esecutore
- Ha senso occuparsi dei problemi complessi!

Problemi complessi: Soluzione

- Scomposizione del problema in sottoproblemi
  - fino a trovare un insieme di sottoproblemi primitivi che risulti equivalente al problema di partenza
- Individuazione del procedimento che porta alla soluzione
  - Processo di cooperazione tra sottoproblemi dei quali si è in grado di fornire facilmente una soluzione

Problemi complessi: Approccio

- Principio DIVIDE ET IMPERA
  - Ridurre la complessità del problema
  - Scomposizione in sottoproblemi, la cui risoluzione è più semplice
    - Individuare le opportune strutture e relazioni
  - Realizzare un algoritmo per ogni sottoproblema
  - Se un sottoproblema continua ad essere troppo complesso, riapplicare ad esso la scomposizione fino ad arrivare a problemi primitivi
    - risolubili tramite azioni note

Scomposizione di problemi (1)

- Tecnica per raffinamenti successivi
  - Uno dei principi della programmazione strutturata
  - Basata sulla trasformazione di un problema in una gerarchia di problemi di difficoltà decrescente
    - Di un problema si affronta, prima, l'aspetto più generale e si passa, poi, a livelli sempre più dettagliati di descrizione sino ad arrivare agli elementi fondamentali

Scomposizione di problemi (2)

- Conseguenze
  - Aumento del numero di problemi da risolvere
  - Diminuzione della complessità di ciascuno
- Può capitare che, per risolvere il problema complessivo, uno stesso sottoproblema debba essere risolto più volte
  - considerando ogni volta valori diversi dei dati

Scomposizione di Problemi: Requisiti

- Ogni passo della suddivisione deve garantire che
  - la soluzione dei sottoproblemi conduca alla soluzione generale
  - la successione di passi da eseguire abbia senso e sia possibile
  - la suddivisione scelta dia luogo a sottoproblemi "più vicini" agli strumenti disponibili
    - Risolubili direttamente con gli operatori a disposizione

Scomposizione di Problemi: Quando fermarsi?

- Bisogna arrivare al punto in cui
  - Tutti i problemi sono primitivi
  - È fissato l'ordine di esecuzione dei sottoproblemi
  - È previsto il modo in cui un sottoproblema utilizza i risultati prodotti dalla soluzione dei sottoproblemi che lo precedono
    - Livello di cooperazione

Scomposizione di Problemi: Livelli

- I problemi ottenuti dalla scomposizione sono
  - Indipendenti
    - Si può progettare un algoritmo per ciascuno
    - La soluzione può essere delegata a solutori diversi (in parallelo)
  - Cooperanti
    - Ciascuno può usare il risultato della soluzione di altri
- Più complesso è il problema, più livelli saranno necessari in profondità
- Uno stesso problema può essere scomposto in modi diversi

Scomposizione di Problemi: Tecniche

- I linguaggi di programmazione strutturata offrono costrutti per scomposizioni
  - Sequenziale
    - Suddividere un problema in parti disgiunte
  - Selettiva
    - Trattamento differenziato in casi differenti
  - Iterativa
  - Ricorsiva

Scomposizione Sequenziale

- La soluzione si ottiene tramite una sequenza di passi
  - I passi sono eseguiti uno alla volta
  - Ogni passo è eseguito una sola volta
    - Nessuno è ripetuto o omesso
  - L'ordine in cui i passi vanno eseguiti è lo stesso in cui sono scritti
  - L'ultimo passo equivale alla terminazione del procedimento

Scomposizione Sequenziale: Esempio (1)

- Problema: Preparare una tazza di tè
- Soluzione: un algoritmo per la preparazione della tazza di tè
  - Passo1: Bollire l'acqua
  - Passo2: Mettere il tè nella tazza
  - Passo3: Versare l'acqua nella tazza
  - Passo4: Lasciare in infusione
- Non sono problemi primitivi
  - Ciascuno va ulteriormente scomposto

Scomposizione Sequenziale: Esempio (2)

- Bollire l'acqua:
  - Riempire d'acqua il bollitore
  - Accendere il gas
  - Aspettare che l'acqua bolla
  - Spegnere il gas
- Mettere il tè nella tazza:
  - Aprire la scatola del tè
  - Prendere un sacchetto-filtro
  - Chiudere la scatola del tè
  - Mettere il sacchetto nella tazza
- Versare l'acqua nella tazza:
  - Versare l'acqua bollente nella tazza finché non è piena
- Lasciare in infusione:
  - Aspettare 3 minuti
  - Estrarre il sacchetto-filtro

Scomposizione Selettiva

- Soluzione ottenuta tramite scelte multiple
  - Strutture di selezione all'interno di altre strutture di selezione
- La scomposizione fa ricorso a strutture multiple
  - Nidificazione (o annidamento) di strutture

Scomposizione Selettiva: Esempio (1)

- Problema: trovare il maggiore fra tre numeri a, b, c (diversi tra di loro)
  - Supponiamo che verificare se un numero è maggiore di un altro sia un'azione primitiva

Scomposizione Selettiva: Esempio (2)

- Algoritmo:

se a>b
  allora se a > c
    allora a è la soluzione
    altrimenti c è la soluzione
  altrimenti se b > c
    allora b è la soluzione
    altrimenti c è la soluzione

Scomposizione Iterativa

- Successione di problemi tutti dello stesso tipo
  - Ripetere un numero finito di volte un passo di soluzione in modo da ottenere, alla fine, la soluzione completa

Scomposizione Iterativa: Requisiti

- Individuare una catena di sottoproblemi che:
  - sono uguali, oppure
  - differiscono solo per i dati su cui agiscono
- ed inoltre i dati su cui agiscono
  - sono uguali, oppure
  - sono in una qualche relazione d'ordine
    - ciascun problema differisce dal precedente perché opera sul dato successivo

Scomposizione Iterativa: Esempio (1)

- Trovare il più grande fra n > 3 numeri tutti diversi fra loro
  - Supponiamo che i dati siano in relazione d'ordine
    - Si può parlare di 1° dato, 2° dato, … , n-esimo dato

Scomposizione Iterativa: Esempio (2)

Lo stesso passo (trovare il più grande) è ripetuto n-1 volte, su diverse coppie di dati

- Trova il più grande tra i primi 2 numeri
- Trova il più grande fra il risultato del problema precedente e il 3° numero
- …
- Trova il più grande fra il risultato del problema precedente e l'ultimo numero (n-esimo dato)

- Più concisamente:
  - Trova il più grande fra i primi 2 numeri
  - Finché ci sono numeri da esaminare esegui
    - Esamina il primo numero non ancora considerato
    - Trova il più grande tra questo e il più grande precedentemente trovato

Oggetto Ricorsivo

- Definito in termini di se stesso
  - Esempi
    - Numeri naturali:
      - 1 è un numero naturale
      - Il successore di un numero naturale è un numero naturale
    - Strutture ad albero:
      - • è un albero (albero vuoto)
      - Se t1 e t2 sono alberi, allora anche la struttura
      -

è un albero

Definizione Ricorsiva

- Ottenuta in termini di versioni più semplici della stessa cosa che definisce
- 2 livelli:
  - Passo
    - Operazione che riconduce la definizione ad un dato livello a quella di livello inferiore
  - Base (o livello assiomatico)
    - Definizione di partenza
      - Necessario per ricostruire i livelli successivi
      - Consente di definire problemi di ordine superiore

Ricorsione: Esempio

Scomposizione Ricorsiva

- Un problema di ordine n è definito in termini del medesimo problema di ordine inferiore
  - Entità definita in termini più semplici della stessa entità
  - Nella definizione deve apparire il livello assiomatico (o di ricostruzione)
    - Problema risolubile tramite un'azione primitiva

Scomposizione Ricorsiva: Requisiti

- Almeno uno dei sottoproblemi è formalmente uguale al problema di partenza, ma di ordine inferiore
- Al momento della scomposizione è noto l'ordine del problema
  - Scomposizione mediante regola di copiatura
    - Sostituire ad ogni occorrenza del problema la scomposizione ricorsiva
  - fino ad avere problemi primitivi (raggiungere il livello assiomatico)

Scomposizione Ricorsiva: Esempio (1)

- Invertire una sequenza di lettere
  - se la sequenza contiene una sola lettera allora
    - Scrivila (il problema è risolto)
  - altrimenti:
    - Rimuovi la prima lettera dalla sequenza
    - Inverti la sequenza rimanente
    - Appendi in coda la lettera rimossa

Scomposizione Ricorsiva Esempio (2)

- Invertire “roma”
  - “roma” (4 lettere): rimuovi ‘r’, inverti “oma”
    - “oma” (3 lettere): rimuovi ‘o’, inverti “ma”
      - “ma” (2 lettere): rimuovi ‘m’, inverti “a”
        - » “a” (1 lettera): è già invertita
      - Appendi ‘m’: “am”
    - Appendi ‘o’: “amo”
  - Appendi ‘r’: “amor”
- Risultato: “amor”

Scomposizione Ricorsiva: Caratteristiche

- Un problema esprimibile ricorsivamente si può risolvere iterativamente
- Una funzione esprimibile ricorsivamente è computabile
  - Esiste un algoritmo che la calcola e termina sempre
- Ogni funzione computabile per mezzo di un programma è ricorsiva

Iterazione e Ricorsione: Esempio (1)

- Calcolo del prodotto di due interi n e m
  - Definizione iterativa:
    - n * m = m + m + … + m (n volte)
  - Definizione ricorsiva:

$$n * m = \begin{cases} 0 & \text{se } n = 0 \\ (n-1) * m + m & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

Iterazione e Ricorsione: Esempio (2)

- Soluzione iterativa
  - inizialmente sia il risultato uguale a 0
  - ripeti per ogni intero da 1 a n
    - somma m al risultato per ottenere un nuovo risultato
- Soluzione ricorsiva
  - se n è uguale a 0
    - allora il prodotto è 0
    - altimenti
      - calcola il prodotto di n – 1 per m
      - somma m al prodotto
- il prodotto è il risultato finale

Scomposizione di Problemi: Conclusioni

- Può esserci più di una scomposizione di un problema in sottoproblemi
- Cause di difficoltà nella scomposizione
  - Comprensione intuitiva della complessità di un problema
  - Scelta tra diverse possibili scomposizioni
  - Necessità di una formulazione "adeguata" per ciascun sottoproblema

Rappresentazione degli algoritmi

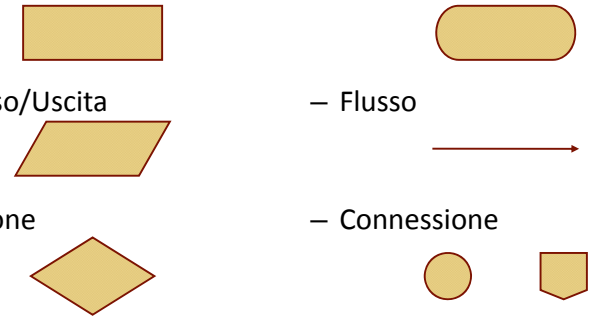
- Negli esempi, gli algoritmi sono rappresentati in un linguaggio simile a quello naturale
- Vantaggi
  - Intuitività
  - Facilità di scrittura
- Svantaggi
  - Ambiguità
  - Ridondanza
  - Scarso rigore

Diagrammi di Flusso

- Linguaggio grafico tipicamente utilizzato per trasmettere ad un esecutore umano la descrizione di un algoritmo o processo
  - Si parte dal punto iniziale
    - Si seguono i percorsi indicati, intraprendendo le azioni che via via si incontrano
    - In caso di percorsi alternativi, se ne sceglie uno a seconda della condizione specificata
  - fino al raggiungimento del punto finale

Diagrammi di Flusso Elementi Costitutivi

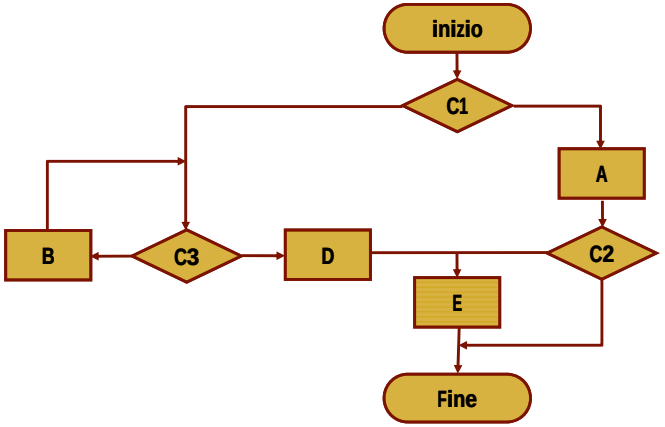
- Operazioni
  - Calcolo
  - Ingresso/Uscita
  - Decisione
- Controllo
  - Inizio/Fine
  - Flusso
  - Connessione



Diagrammi di Flusso
Regole di Costruzione

- Un solo blocco iniziale e un solo blocco finale
  - Ogni blocco è raggiungibile da quello iniziale
  - Il blocco finale è raggiungibile da ogni blocco
- I blocchi sono in numero finito
  - Ogni blocco di azione (calcolo o ingresso/uscita) ha una freccia entrante ed una uscente
  - Ogni blocco di decisione ha una freccia entrante e due uscenti
- Ogni freccia parte da un blocco e termina in un blocco o su un'altra freccia

Diagrammi di Flusso
Esempio



Diagrammi di Flusso:
Vantaggi

- Grafici
  - Adatti agli esseri umani
  - Adatti a rappresentare processi sequenziali
  - Immediatamente visualizzabili
- Rispondono all'esigenza di divisione del lavoro
- Documento base per l'analisi organica
- Non ambigui
- Traducibili in vari linguaggi di programmazione

Diagrammi di Flusso:
Svantaggi

- Spesso non entrano in una pagina
  - Difficili da seguire e modificare
- Non naturalmente strutturati
  - Spesso le modifiche portano a de-strutturazione
- Lontani dai linguaggi dei calcolatori
  - Possono rivelarsi errati in fase di programmazione

Programmazione Strutturata

- Uso di schemi fondamentali
  - Uso di soli diagrammi strutturati
    - Configurazioni standard di blocchi elementari, comuni a molti processi della vita quotidiana
- Sviluppo per raffinamenti successivi
  - Ogni schema fondamentale ha un solo punto di ingresso ed un solo punto di uscita
    - Sostituibile ad un blocco di azione
    - Nella sostituzione, si possono omettere i blocchi di inizio e fine dello schema che si sta inserendo

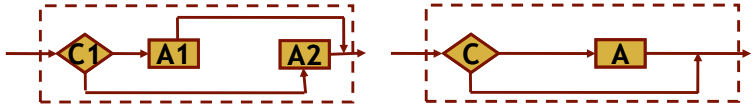
Programmazione Strutturata: Schemi fondamentali (1)

- Sequenza
  - Concatenazione di azioni
- Selezione
  - Scelta di azioni alternative
    - Dipendenza da una condizione
- Iterazione
  - Ripetizione di una certa azione
    - Dati potenzialmente diversi
    - Dipendenza da una condizione

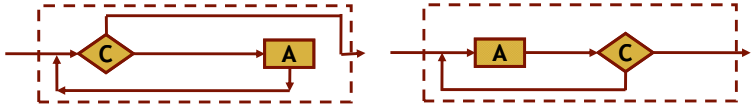
Programmazione Strutturata: Schemi fondamentali (2)

- Sequenza

- Selezione



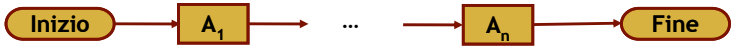
- Iterazione



Diagrammi Strutturati (1)

- Base: Dato un blocco di azione A,

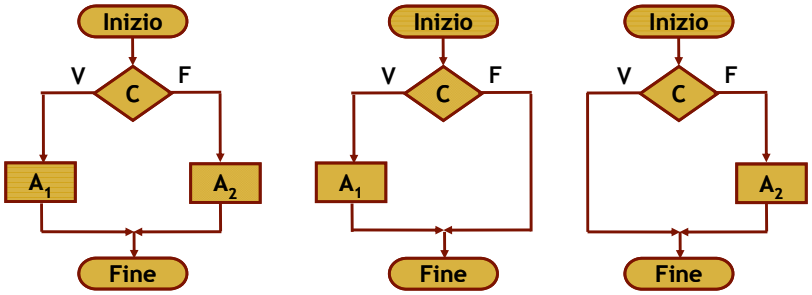
  è strutturato.
- Sequenza: Se A1, …, An sono strutturati,



  è strutturato

Diagrammi Strutturati (2)

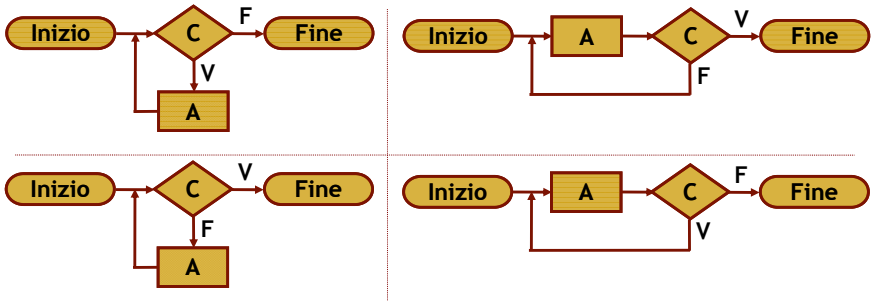
- Selezione: Se A1 e A2 sono strutturati,



sono strutturati

Diagrammi Strutturati (3)

- Iterazione: Se A è strutturato allora...

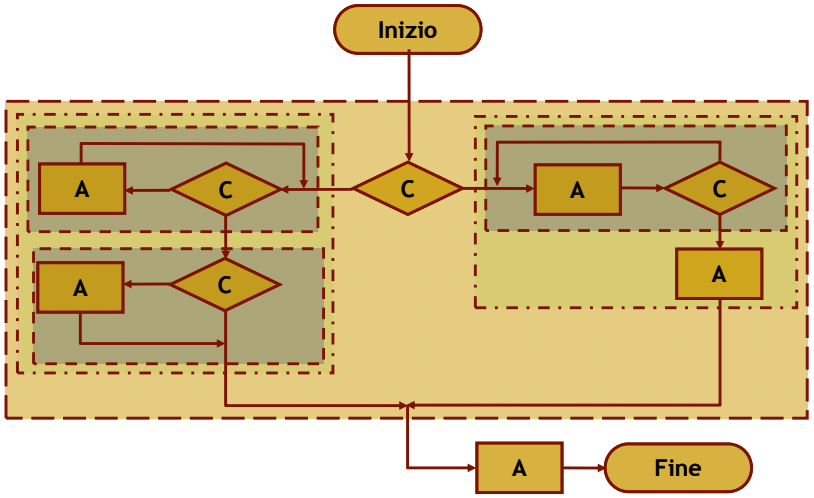


sono diagrammi strutturati

Diagrammi Strutturati (4)

- Nessun altro diagramma è strutturato
- Note:
  - La definizione è ricorsiva

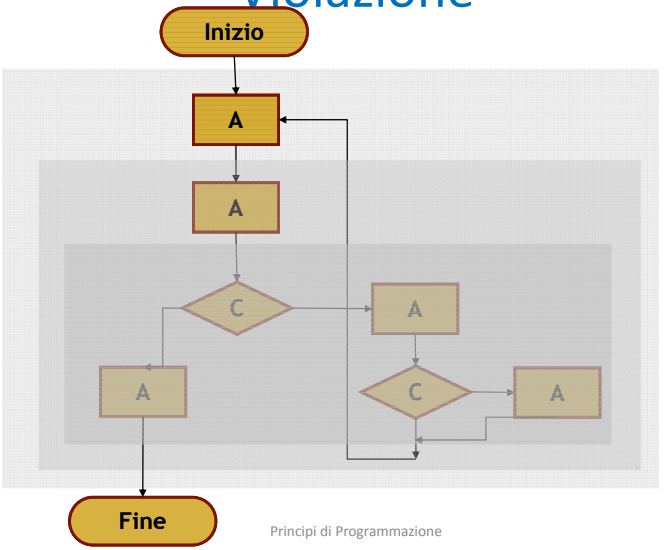
Diagrammi Strutturati Esempio



Teorema di Böhm-Jacopini

- Dato un processo sequenziale P e un diagramma che lo descrive, è sempre possibile determinare un processo Q, equivalente a P, che sia descrivibile mediante un diagramma strutturato
  - Si definiscono equivalenti due processi che producono lo stesso effetto
- Un processo o metodo solutivo può essere sempre descritto tramite diagrammi strutturati

Diagmammi Strutturati Violazione



DIVIETO dell'uso di istruzioni di salto

- Non necessarie
  - Teorema di Böhm-Jacopini
- Potenzialmente dannose
  - Difficoltà a seguire il flusso del controllo
    - Scarsa modificabilità
    - Interazioni impreviste
  - Goto statement considered harmful [Dijkstra, 1968]

Linguaggio Lineare

- Atto alla descrizione di algoritmi
  - Costrutti linguistici non ambigui
- Usa esclusivamente schemi strutturati
- Simile ad un linguaggio di programmazione
  - Sparks [Horowitz, 1978]
    - Corrispondente italiano

Linguaggio Lineare
Sequenza

- Costrutto base:

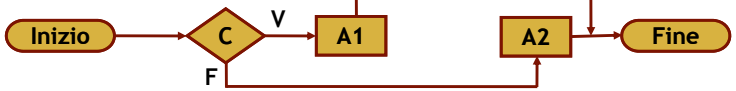
begin A end

- Inoltre, ogni blocco di azione si può sostituire con uno dei seguenti costrutti

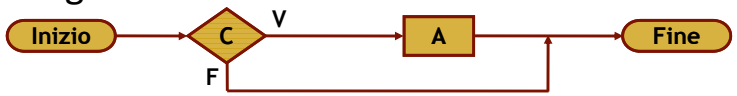
begin A1; … ; An end

Linguaggio Lineare
Selezione

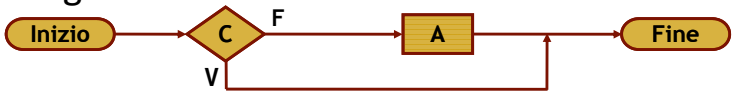
- begin if C then A1 else A2 end



- begin if C then A end



- begin if not C then A end



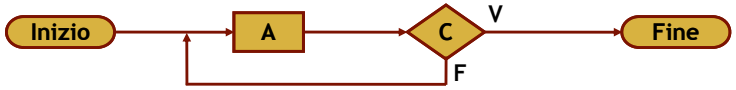
Linguaggio Lineare
Iterazione (while…do)

- begin while C do A end

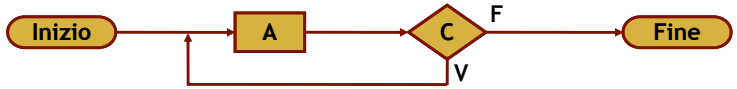
- begin while not C do A end

Linguaggio Lineare
Iterazione (repeat…until)

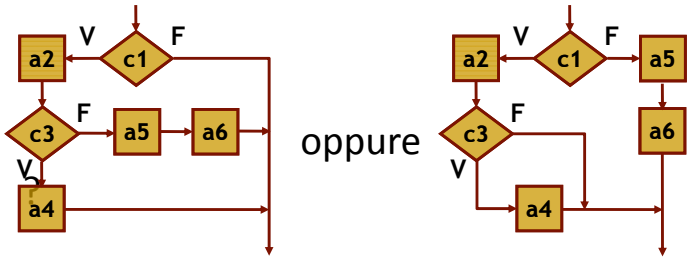
- begin repeat A until C end



- begin repeat A until not C end



Linguaggio Lineare
Ambiguità

- if c1 then a2; if c3 then a4 else a5; a6
- 

oppure

- Uso dell'indentazione
  - Aiuta ma non risolve

Risoluzione delle Ambiguità
Convenzioni aggiuntive

- Ogni descrizione di un sottoprocesso che sia composizione in sequenza di descrizioni di azioni elementari o sottoprocessi deve essere racchiuso tra le parole begin – end
  - Vale, in particolare, per le descrizione di un sottoprocesso che segue le parola chiave
    - then
    - else
    - while
  - quando non è un'azione basica

Risoluzione delle Ambiguità
Convenzioni aggiuntive

- In alternativa:
  aggiungere i seguenti terminatori di istruzione
  - Selezione: endif
  - Iterazione di tipo while: endwhile
    - Non necessario per l'iterazione di tipo repeat
      - È già presente la clausola until come delimitatore

Esempio
Algoritmo Euclideo per il MCD

- Leggi la coppia di numeri
- Fintantoché i numeri sono diversi ripeti
  - Se il primo numero è minore del secondo allora
    - Scambiali
  - Sottrai il secondo dal primo
  - Rimpiazza i due numeri col sottraendo e con la differenza, rispettivamente
- Il risultato è il valore dei due numeri della coppia (uguali)

Esempio
Algoritmo Euclideo per il MCD

```
begin
   leggi a, b
   while (a <> b) do
        if (a > b) then
                a ← a – b
        else
                a ← b – a
   MCD ← a
end
```