



Nomi, binding e regole di scope

1



Nomi

- Un nome in un linguaggio di programmazione è... esattamente quello che immaginate
 - la maggior parte dei nomi sono definiti dal programma (gli identificatori)
 - ma anche i simboli speciali (come '+' o 'sqrt') sono nomi
- Un nome è una sequenza di caratteri usata per denotare simbolicamente un oggetto

Nomi e astrazioni



- L'uso dei nomi realizza un primo meccanismo elementare di **astrazione**
- **Astrazione sui dati**
 - ✓ la dichiarazione di una variabile permette di introdurre un nome simbolico per una locazione di memoria, astraendo sui dettagli della gestione della memoria
- **Astrazione sul controllo**
 - ✓ la dichiarazione del nome di una funzione (procedura) permette di associare un nome simbolico a una sequenza di comandi. Questa possibilità è essenziale nel processo di astrazione procedurale

Entità denotabili



- **Entità denotabili:** elementi di un linguaggio di programmazione a cui posso assegnare un nome
 - Entità i cui nomi sono **definiti dal linguaggio** di programmazione (tipi primitivi, operazioni primitive, ...)
 - Entità i cui nomi sono **definiti dall'utente** (variabili, parametri, procedure, tipi, costanti simboliche, classi, oggetti, ...)

Binding e scope



- Un **binding** è una associazione tra un nome e un oggetto
- Lo **scope** di un binding definisce quella parte del programma nella quale il binding è attivo

Binding time



- Il **binding time** definisce il momento temporale nel quale viene definita una associazione
 - il binding time definisce il momento nel quale vengono prese le decisioni relative alla gestione delle associazioni

Esempi di binding time



- **Language design time** – progettazione del linguaggio
 - binding delle operazioni primitive, tipi, costanti
- **Program writing time** – tempo di scrittura del programma
 - binding dei sottoprogrammi, delle classi, ...
- **Compile time** – tempo di compilazione
 - associazioni per le variabili globali
- **Run time** – tempo di esecuzione
 - associazioni tra variabili e locazioni, associazioni per le entità dinamiche

Domanda



- In Java, qual'è il binding time per l'associazione tra il nome di un metodo e il codice effettivo del metodo?
 - program time?
 - compile time?
 - run time?

Statico & dinamico



- Il termine **static (dynamic) binding** è solitamente utilizzato per fare riferimento a una associazione attivata *prima* di mandare (*dopo* aver mandato) il programma in esecuzione
 - **Molte delle caratteristiche dei linguaggi di programmazione dipendono dalla scelta del binding time statico o dinamico**
- I linguaggi “compilati” **cercano** di risolvere il binding staticamente
- I linguaggi “interpretati” **devono** risolvere il binding dinamicamente

Ambiente



- L’ambiente è definito come l’insieme delle associazioni nome-oggetto esistenti a run time in uno specifico punto del programma e in uno specifico momento dell’esecuzione
- ***Nella macchina astratta del linguaggio, per ogni nome e per ogni sezione del programma l’ambiente determina l’associazione corretta***

Ambiente e dichiarazioni



- Le dichiarazioni sono il costrutto linguistico che permette di introdurre associazioni nell'ambiente



Ambiente e dichiarazioni



```
{ int x;
  x = 22;
  { char x;
    x = 'a';
  }
}
```

lo stesso nome, la variabile `x`,
denota due oggetti differenti

Ambiente e dichiarazioni



```
Class A { ... }
```

```
A a1 = new A( );  
A a2 = new A( );  
:  
a1 = a2;
```

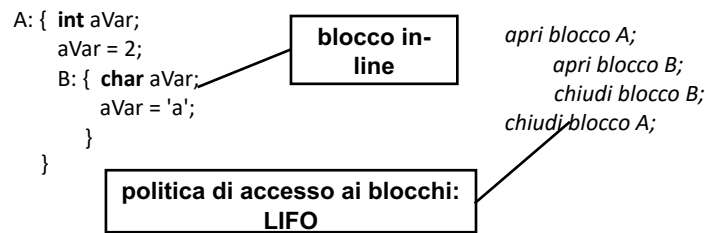
**Aliasing: nomi diversi
per lo stesso oggetto**

Blocchi



- Un blocco è una regione testuale del programma che può contenere dichiarazioni
 - **C, Java:** { ... }
 - **OCaml:** let ... in
- **Blocco associato a una procedura:** corpo della procedura con le dichiarazioni dei parametri formali
- **Blocco in-line:** meccanismo per raggruppare comandi

Blocchi



I cambiamenti dell'ambiente avvengono all'entrata e all'uscita dai blocchi (anche annidati)

Tipi di ambiente



- ***Ambiente locale***: l'insieme delle associazioni dichiarate localmente, compreso le eventuali associazioni relative ai parametri
- ***Ambiente non locale***: associazioni dei nomi che sono visibili all'interno del blocco ma non dichiarati nel blocco stesso
- ***Ambiente globale***: associazioni per i nomi usabili da tutte le componenti che costituiscono il programma

Tipi di ambiente: esempio in C



```
#include <stdio.h>

int main( ){
  A:{ int a = 1 ;
    B:{ int b = 2;
      int c = 2;
      C:{ int c = 3;
        int d;
        d = a + b + c;
        printf("%d\n", d);
      }
      D:{ int e;
        e = a + b + c;
        printf("%d\n", e);
      }
    }
  }
}
```

Ambiente locale di C
associazioni per **c** e **d**

Ambiente non locale per C
associazione per **b** ereditata da **B**
associazione globale per **a**

Ambiente Globale
associazione per **a**

Cosa stampa?

Tipi di ambiente: esempio in Java



```
public class Prova {
  public static void main(String[ ] args) {
    A:{ int a =1 ;
      B:{ int b = 2;
        int c = 2;
        C:{ int c = 3;
          int d;
          d = a + b + c;
          System.out.println(d);
        }
      D:{ int e;
        e = a + b + c;
        System.out.println(e);
      }
    } } }
```

NB. in Java non è possibile ri-dichiarare una variabile già dichiarata in un blocco più esterno

```
$ javac Prova.java
Prova.java:7: c is already defined in main(java.lang.String[])
  C:{ int c = 3;
      ^
```

Cambiamenti dell'ambiente



- L'ambiente può cambiare a **run time**, ma i cambiamenti avvengono di norma in precisi momenti
 - **entrando in un blocco**
 - creazione delle associazioni fra i nomi locali al blocco e gli oggetti denotati
 - disattivazione delle associazioni per i nomi ridefiniti
 - **uscendo dal blocco**
 - distruzione delle associazioni fra i nomi locali al blocco e gli oggetti denotati
 - riattivazione delle associazioni per i nomi che erano stati ridefiniti

Operazioni su ambienti



- **Naming**: creazione di associazione fra nome e oggetto denotato (dichiarazione locale al blocco o parametro)
- **Referencing**: riferimento a un oggetto denotato mediante il suo nome (uso del nome per accedere all'oggetto denotato)
- **Disattivazione** di associazione fra nome e oggetto denotato (la nuova associazione per un nome maschera la vecchia associazione, che rimane disattivata fino all'uscita dal blocco)
- **Riattivazione** di associazione fra nome e oggetto denotato (una vecchia associazione che era mascherata è riattivata all'uscita da un blocco)
- **Unnaming**: distruzione di associazione fra nome e oggetto denotato (esempio: ambiente locale all'uscita di un blocco)
- **Il tempo di vita degli oggetti denotati non è necessariamente uguale al tempo di vita di un'associazione**



Implementazione dell'ambiente

21



Ambiente (env)

- Tipo (polimorfo) utilizzato sia in fase di progettazione del linguaggio che nelle implementazioni per mantenere il binding tra nomi e valori di un opportuno tipo

22

Ambiente



- Un ambiente **env** è una collezione di binding
- Esempio **env = {x -> 25, y -> 6}**
- L'ambiente **env** contiene due "binding"
 - l'associazione tra l'identificatore **x** e il valore **25**
 - l'associazione tra l'identificatore **y** e il valore **6**
 - l'identificatore **z** non è legato nell'ambiente
- Astrattamente un ambiente è una funzione di tipo

Ide → Value + Unbound
- L'uso della costante **Unbound** permette di rendere la funzione totale

Ambiente



- Dato un ambiente **env: Ide → Value + Unbound**
- **env(x)** denota il valore **v** associato a **x** nell'ambiente oppure il valore speciale **Unbound**
- **env[v/x]** indica l'ambiente così definito
 - **env[v/x](y) = v** se **y = x**
 - **env[v/x](y) = env(y)** se **y != x**
- Esempio: se **env = {x -> 25, y -> 7}** allora

env[5/x] = {x -> 5, y -> 7}

Implementazione (semplice)



```

let emptyenv = []
(* the empty environment *)

let rec lookup env x =
  match env with
  | []          -> failwith ("not found")
  | (y, v)::r  -> if x = y then v else lookup r x

```

Ambiente = Tipo di dato di sistema



Quali sono le operazioni significative per operare su ambienti?

Create()

//EFFECTS: crea l'ambiente vuoto

void Bind(x: Ide, v: Value)

//EFFECTS: estende this con il legame tra x e v

Value Lookup(x : Ide) throw UnboundException

//EFFECTS: restituisce il valore associato a x in this.

Sollewa l'eccezione se this non contiene legami per x



Ambiente

Una versione estesa



Ambiente: interfaccia

```
# module type ENV =
sig
  type 't env
  val emptyenv : 't -> 't env
  val bind : 't env * string * 't -> 't env
  val bindlist : 't env * (string list) * ('t list)
    -> 't env
  val applyenv : 't env * string -> 't
  exception WrongBindlist
end
```

28

Ambiente: semantica



```
# module Funenv: ENV =
  struct
    type 't env = string -> 't
    exception WrongBindlist
    let emptyenv(x) = function (y: string) -> x
      (* x: valore default *)
    let applyenv(x, y) = x y
    let bind(r, l, e) =
      function lu -> if lu = l then e else applyenv(r, lu)
    let rec bindlist(r, il, el) = match (il, el) with
      | ([], []) -> r
      | (i::il1, e::el1) -> bindlist (bind(r, i, e), il1, el1)
      | _ -> raise WrongBindlist
  end
```

29

Ambiente: implementazione



```
# module Listenv: ENV =
  struct
    type 't env = (string * 't) list
    exception WrongBindlist
    let emptyenv(x) = [("", x)]
    let rec applyenv(x, y) = match x with
      | [(_, e)] -> e
      | (il, e1) :: x1 -> if y = il then e1
        else applyenv(x1, y)
      | [] -> failwith("wrong env")
    let bind(r, l, e) = (l, e) :: r
    let rec bindlist(r, il, el) = match (il, el) with
      | ([], []) -> r
      | (i::il1, e::el1) -> bindlist (bind(r, i, e), il1, el1)
      | _ -> raise WrongBindlist
  end
```

30

Scope



- Lo *scope* di un binding definisce quella parte del programma nella quale il binding è attivo
 - **scope statico o lessicale**: è determinato dalla struttura sintattica del programma
 - **scope dinamico**: è determinato dalla struttura a tempo di esecuzione
- Come vedremo, differiscono solo per l'**ambiente non locale**

Regole di scope (scoping statico)



```
A: {  int x = 0;
      void proc( ){ x = x + 1; }
      B: {  int x = 5;
           proc( );
         }
      printf("%d\n", x);
}
```

quale valore di x viene stampato?

Cscope statico: la variabile **x** nel corpo di **proc** è legata alla dichiarazione che la precede sintatticamente, cioè quella in **A**

Regole di visibilità



- Una dichiarazione locale in un blocco è visibile
 - in quel blocco
 - in tutti i blocchi in esso annidati
 - salvo ri-dichiarazioni dello stesso nome (mascheramento, *shadowing*)
- La regola di visibilità (cioè l'annidamento) è basata
 - sul testo del programma (**scope statico**)
 - sul flusso di esecuzione (**scope dinamico**)

Scope statico



- Le dichiarazioni locali in un blocco includono solo quelle presenti nel blocco, e non quelle dei blocchi in esso annidati
- Se si usa un nome in un blocco, l'associazione valida è quella locale al blocco; se non esiste, si prende la prima associazione valida a partire dal blocco immediatamente esterno, dal più vicino al più lontano; se non esiste, si considera l'ambiente predefinito del linguaggio; se non esiste, errore
- Se il blocco ha un nome, allora il nome fa parte dell'ambiente locale del blocco immediatamente esterno (come per le procedure)

Scope statico: esempio



```

int main( ) {
    int x = 0;
    void proc(int n) { x = n+1; }
    proc(2);
    printf("%d\n", x);
    { int x = 0;
      proc(3);
      printf("%d\n", x);
    }
    printf("%d\n", x);
}

```

Cosa stampa?

_____ Stampa 3

_____ Stampa 0

_____ Stampa 4

Esempio OCAML



```

let x = 5;;
let f z = let w = x + z in w + 1 ;;
let x = 10;;
f 25;

```

Quale è l'ambiente locale dell'invocazione di f?
 Quale è l'ambiente non locale dell'invocazione di f?



Scope statico: discussione

37



Due esempi...

```
type lista = ptr^elemento;
type elemento = record
  informazione: intero;
  successivo: lista
end
```

errore: elemento è usato prima di essere definito; in Pascal si può fare, ma solo con i puntatori

```
type elemento;
type lista = access elemento;
type elemento is record
  informazione: intero;
  successivo: lista
end
```

in ADA si usano dichiarazioni incomplete

...più uno!



```
procedure pippo (A: integer); forward;
```

```
procedure pluto (B: integer)
begin
  pippo(3);
end
```

```
procedure pippo
begin
  pluto(4)
end
```

in Pascal si usano definizioni incomplete per le funzioni mutuamente ricorsive; in C si può fare liberamente

Discussione



- Lo scope statico permette di determinare tutti gli ambienti di un programma staticamente, osservando la struttura sintattica del programma
 - controlli di correttezza a compile time
 - ottimizzazione del codice a compile time
 - possibile il controllo statico dei tipi
- Gestione a run time articolata
 - gli ambienti non locali di funzioni e procedure evolvono diversamente dal flusso di attivazione e disattivazione dei blocchi

OCAML (Esempio)



```
let x = 5;;
let f z = let w = x + z in w + 1 ;;
let x = 10;;
let p n = if n > 0 then (fun m -> n+m+x) else (fun m -> m+x);;
let x = 125;;
let g = p 1;;
g 10;;
```

Scope dinamico



- L'associazione valida per un nome **x**, in un punto **P** di un programma, è la più recente associazione creata (in senso temporale) per **x** che sia ancora attiva quando il flusso di esecuzione arriva a **P**
- Come vedremo, lo scope dinamico ha una gestione a run time semplice
 - vantaggi: flessibilità nei programmi
 - svantaggi: difficile comprensione delle chiamate delle procedure e controllo statico dei tipi non possibile