Fundamentos de lenguajes de programación

Semántica de los Conceptos Fundamentales de Lenguajes de Programación

carlos.andres.delgado@correounivalle.edu.co

Carlos Andrés Delgado S. Carlos Alberto Ramírez R.

Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle

Septiembre de 2016

Contenido

Contenido

Contenido

Contenido

Un interpretador más complejo

- Nuestro lenguaje será extendido para incorporar condicionales y ligadura local (asignación).
- El lenguaje consistirá de las expresiones especificadas anteriormente y de expresiones para condicionales `if ... then ... else` y para el operador de ligadura local `let`.
- Para este lenguaje se extiende el conjunto de valores expresados y denotados de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Valor Expresado} &= \text{Número} + \text{Booleano} \\ \text{Valor Denotado} &= \text{Número} + \text{Booleano} \end{aligned}$$

Un interpretador más complejo

Gramática

La gramática para el lenguaje será la siguiente:

$\langle \text{programa} \rangle ::= \langle \text{expresión} \rangle$

```
a-program (exp)
```

$\langle \text{expresión} \rangle ::= \langle \text{número} \rangle$

```
lit-exp (datum)
```

$::= \langle \text{identificador} \rangle$

```
var-exp (id)
```

$::= \langle \text{primitiva} \rangle \ (\{\langle \text{expresión} \rangle\}^{*(,)})$

```
primapp-exp (prim rands)
```

Un interpretador más complejo

Gramática

$$\langle \text{expresión} \rangle ::= \texttt{if}\ \langle \text{expresión} \rangle\ \texttt{then}\ \langle \text{expresión} \rangle\ \texttt{else}\ \langle \text{expresión} \rangle$$

```
if-exp (test-exp true-exp false-exp)
```

$$\langle \text{expresión} \rangle ::= \texttt{let}\ \{\langle \text{identificador} \rangle = \langle \text{expresión} \rangle\}^*\ \texttt{in}\ \langle \text{expresión} \rangle$$

```
let-exp (ids rands body)
```

$$\langle \text{primitiva} \rangle ::= \texttt{+} \mid \texttt{-} \mid \texttt{*} \mid \texttt{add1} \mid \texttt{sub1}$$

Un interpretador más complejo

Especificación Léxica

La especificación léxica será la misma del lenguaje anterior:

```
(define scanner-spec-simple-interpreter
  '((white-sp
     (whitespace)                                    skip)
    (comment
     ("%" (arbno (not #\newline)))                   skip)
    (identifier
     (letter (arbno (or letter digit "?")))          symbol)
    (number
     (digit (arbno digit))                           number)))
```

Un interpretador más complejo

Especificación de la Gramática

La especificación de la gramática es la siguiente:

```
(define grammar-simple-interpreter
  '((program (expression) a-program)
    (expression (number) lit-exp)
    (expression (identifier) var-exp)
    (expression (primitive "(" (separated-list expression
         ",")")")
        primapp-exp)
    (expression ("if" expression "then" expression "else"
         expression)
        if-exp)
    (expression ("let" (arbno identifier "=" expression)
        "in" expression)
        let-exp)
    (primitive ("+") add-prim)
    (primitive ("-") subtract-prim)
    (primitive ("*") mult-prim)
    (primitive ("add1") incr-prim)
    (primitive ("sub1") decr-prim)
))
```

Un interpretador más complejo

Sintaxis Abstracta

La sintaxis abstracta está construida de la siguiente manera.

```
(define-datatype program program?
  (a-program
    (exp expression?)))
```

Un interpretador más complejo

Sintaxis Abstracta


```
(define-datatype expression expression?
  (lit-exp
    (datum number?))
  (var-exp
    (id symbol?))
  (primapp-exp
    (prim primitive?)
    (rands (list-of expression?)))
  (if-exp
    (test-exp expression?)
    (true-exp expression?)
    (false-exp expression?))
  (let-exp
    (ids (list-of symbol?))
    (rans (list-of expression?))
    (body expression?)))
```

Un interpretador más complejo

Sintaxis Abstracta


```
(define-datatype primitive primitive?
  (add-prim)
  (substract-prim)
  (mult-prim)
  (incr-prim)
  (decr-prim))
```

Contenido

Semántica de los condicionales

- Para determinar el valor de una expresión condicional (`if-exp` exp_1 exp_2 exp_3) es necesario determinar el valor de la subexpresión exp_1.
- Si este valor corresponde al valor booleano *true*, el valor de toda la expresión `if-exp` debe ser el valor de la subexpresión exp_2.
- En caso contrario, el valor de la expresión `if-exp` debe ser el valor de la subexpresión exp_3.

Semántica de los condicionales

- Para poder determinar si el valor de una expresión es un valor booleano (verdadero o falso), es necesario dar alguna representación a este tipo de dato.
- Para no tener que definir un nuevo tipo de dato que maneje booleanos, falso se representará con cero y cualquier otro valor representará verdadero (como en C).

Semántica de los condicionales

Para esto se implementa la función `true-value?`. Esta función recibe un argumento y determina si corresponde al valor booelano falso (es igual a cero) o al valor booelano verdadero (cualquier otro valor).

```
(define true-value?
  (lambda (x)
    (not (zero? x))))
```

Semántica de los condicionales

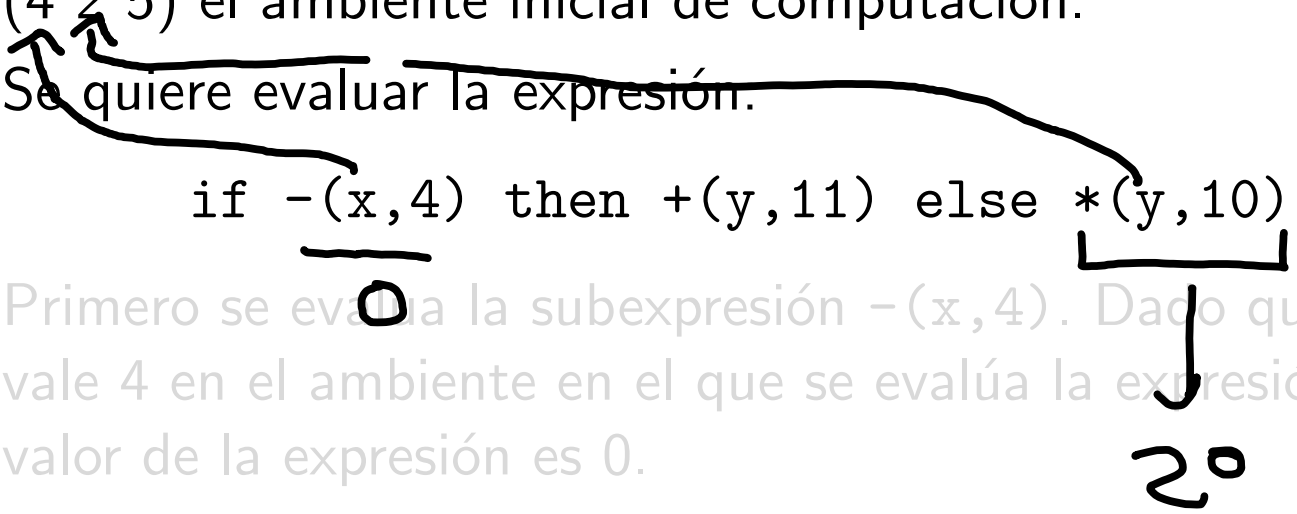
De esta manera, el comportamiento de los condicionales en el interpretador, se obtiene agregando la siguiente clausula en el procedimiento `eval-expression`:

```
(if-exp (test-exp true-exp false-exp)
   (if (true-value? (eval-expression test-exp env))
       (eval-expression true-exp env)
       (eval-expression false-exp env)))
```

Semántica de los condicionales
Ejemplo

- Sea el ambiente env_0 con símbolos $(x\ y\ z)$ y valores $(4\ 2\ 5)$ el ambiente inicial de computación.
- Se quiere evaluar la expresión:

```
if -(x,4) then +(y,11) else *(y,10)
```



- Primero se evalúa la subexpresión `-(x,4)`. Dado que x vale 4 en el ambiente en el que se evalúa la expresión, el valor de la expresión es 0.
- Como el valor de la subexpresión `-(x,4)` es 0, se evalúa la subexpresión `*(y,10)`.
- Finalmente, el valor de toda la expresión `if` es 20.

Semántica de los condicionales
Ejemplo

- Sea el ambiente env_0 con símbolos (x y z) y valores (4 2 5) el ambiente inicial de computación.
- Se quiere evaluar la expresión:

```
if -(x,4) then +(y,11) else *(y,10)
```

- Primero se evalua la subexpresión `-(x,4)`. Dado que x vale 4 en el ambiente en el que se evalúa la expresión, el valor de la expresión es 0.
- Como el valor de la subexpresión `-(x,4)` es 0, se evalúa la subexpresión `*(y,10)`.
- Finalmente, el valor de toda la expresión `if` es 20.

Semántica de los condicionales
Ejemplo

- Sea el ambiente env_0 con símbolos (x y z) y valores (4 2 5) el ambiente inicial de computación.
- Se quiere evaluar la expresión:

```
if -(x,4) then +(y,11) else *(y,10)
```

- Primero se evalua la subexpresión `-(x,4)`. Dado que x vale 4 en el ambiente en el que se evalúa la expresión, el valor de la expresión es 0.
- Como el valor de la subexpresión `-(x,4)` es 0, se evalúa la subexpresión `*(y,10)`.
- Finalmente, el valor de toda la expresión `if` es 20.

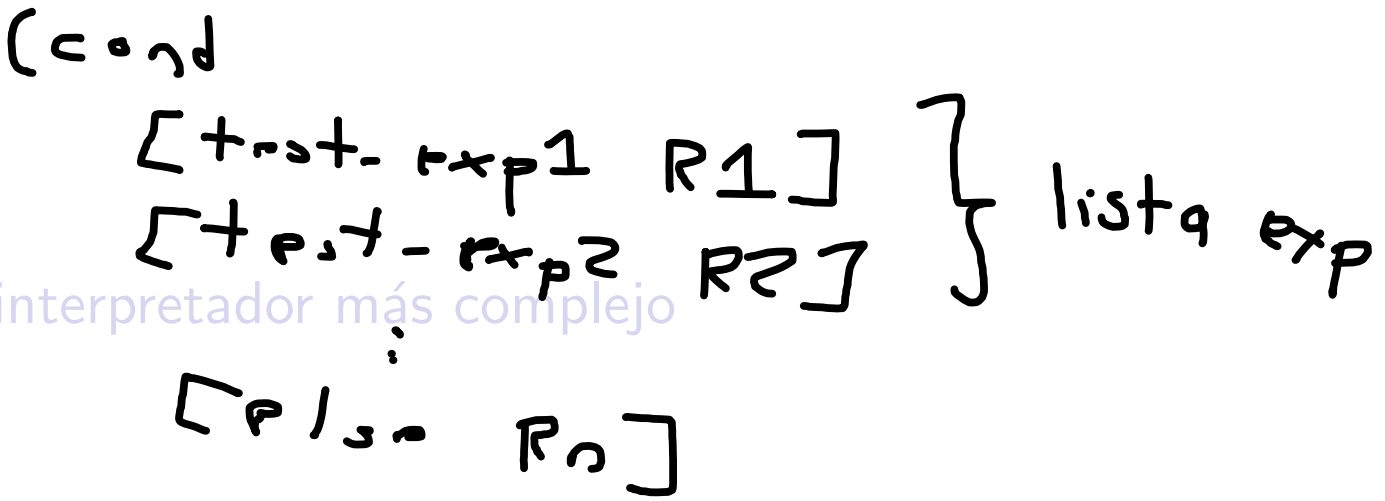
Semántica de los condicionales
Ejemplo

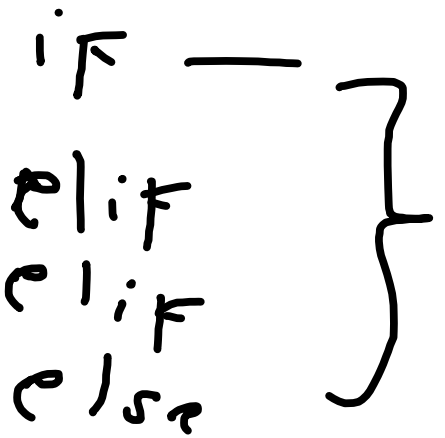
- Sea el ambiente env_0 con símbolos (x y z) y valores (4 2 5) el ambiente inicial de computación.
- Se quiere evaluar la expresión:

```
if -(x,4) then +(y,11) else *(y,10)
```

- Primero se evalua la subexpresión `-(x,4)`. Dado que x vale 4 en el ambiente en el que se evalúa la expresión, el valor de la expresión es 0.
- Como el valor de la subexpresión `-(x,4)` es 0, se evalúa la subexpresión `*(y,10)`.
- Finalmente, el valor de toda la expresión `if` es 20.

Contenido





Semántica de la ligadura local

- Hasta el momento, todas las expresiones del lenguaje se evalúan en el mismo ambiente (el ambiente inicial).
- La expresión `let` permite la creación de ligaduras locales a variables nuevas.
- Típicamente, la expresión `let` crea un nuevo ambiente que extiende el ambiente principal (sobre el que se evalúa el `let`) con las variables y valores especificados en el contenido de la expresión.

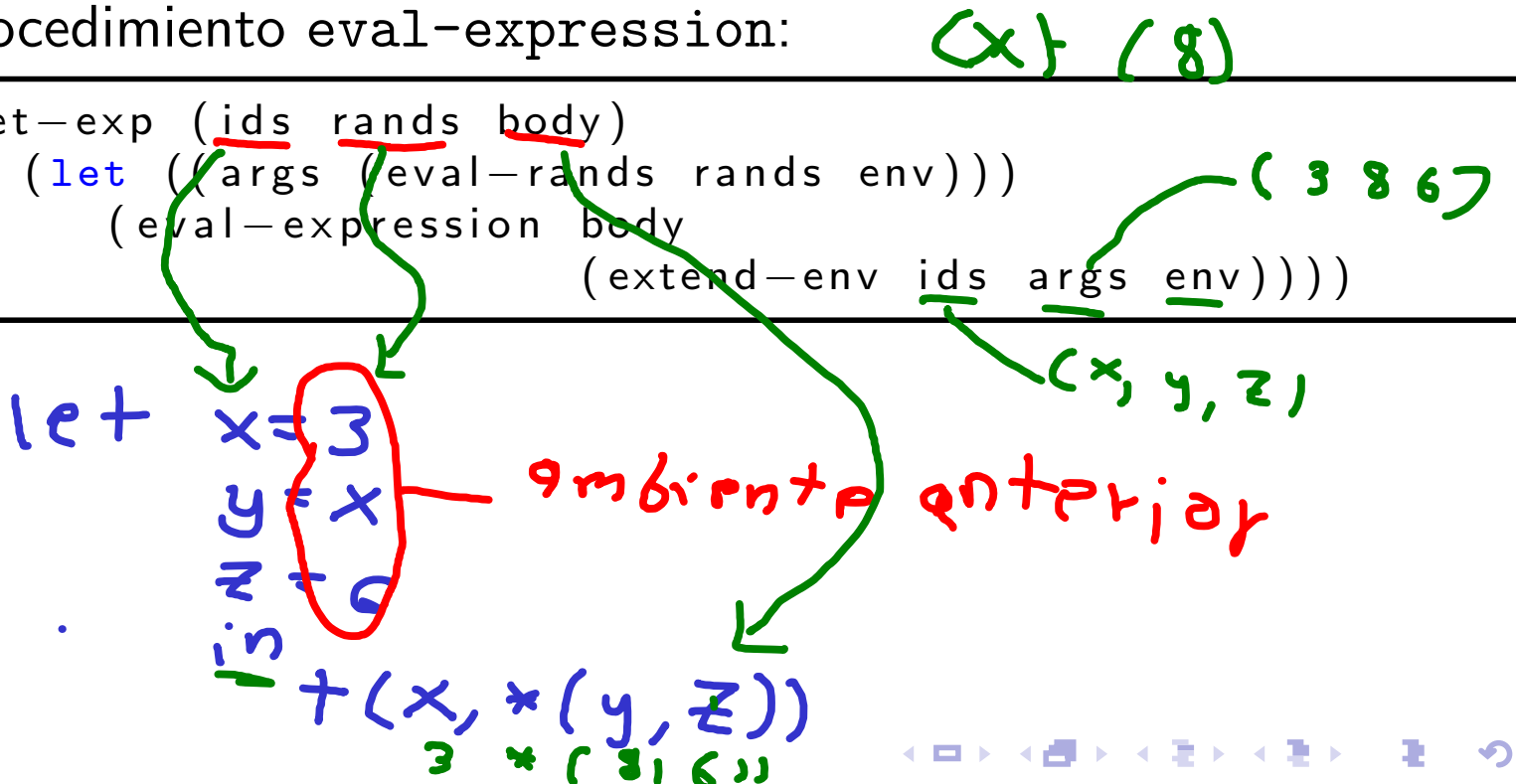
Semántica de la ligadura local

- Para determinar el valor de una expresión (`let-exp` *ids exps body*) es necesario evaluar las partes derechas de las declaraciones (correspondientes a las expresiones `exps`) en el ambiente ~~original~~ anterior.
- Posteriormente, debe crearse un nuevo ambiente extendiendo el ambiente anterior con las variables de la declaración y sus valores (obtenidos al evaluar las expresiones `exps`).
- Finalmente, se evalúa la expresión `body` en el nuevo ambiente extendido.

Semántica de la ligadura local

De esta manera, el comportamiento del operador de ligadura local, se obtiene agregando la siguiente clausula en el procedimiento `eval-expression`:

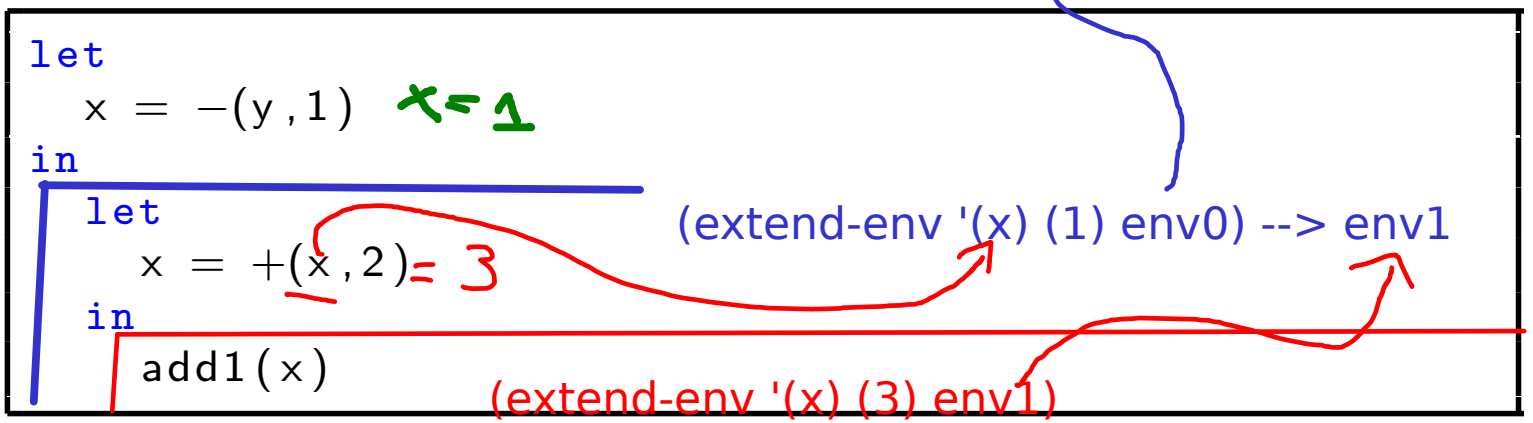
```
(let-exp (ids rands body)
   (let ((args (eval-rands rands env)))
      (eval-expression body
                       (extend-env ids args env))))
```



Semántica de la ligadura local

Ejemplo

- Sea el ambiente env_0 con símbolos (x y z) y valores (4 2 5) el ambiente inicial de computación.
- Se quiere evaluar la expresión:



Semántica de la ligadura local

Ejemplo

- Primero se evalua la subexpresión `-(y,1)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` exterior.
- El valor de la subexpresión `-(y,1)` es 1 por lo que se crea un ambiente env_1 que extiende el ambiente original env_0 con la variable x y el valor 1.
- Posteriormente se evalúa la expresión:

```
let
  x = +(x,2)
in
  add1(x)
```

en el ambiente env_1.

Semántica de la ligadura local

Ejemplo

- Primero se evalua la subexpresión `-(y,1)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` exterior.
- El valor de la subexpresión `-(y,1)` es 1 por lo que se crea un ambiente env_1 que extiende el ambiente original env_0 con la variable x y el valor 1.
- Posteriormente se evalúa la expresión:

```
let
  x = +(x,2)
in
  add1(x)
```

en el ambiente env_1.

Semántica de la ligadura local

Ejemplo

- Primero se evalua la subexpresión `-(y,1)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` exterior.
- El valor de la subexpresión `-(y,1)` es 1 por lo que se crea un ambiente env_1 que extiende el ambiente original env_0 con la variable x y el valor 1.
- Posteriormente se evalúa la expresión:

```
let
  x = +(x,2)
in
  add1(x)
```

en el ambiente env_1.

Semántica de la ligadura local
Ejemplo

- Se evalua la subexpresión `+(x,2)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` interior.
- El valor de la subexpresión `+(x,2)` es 3 por lo que se crea un ambiente env_2 que extiende el ambiente env_1 con la variable x y el valor 3.
- Posteriormente se evalúa la expresión `add1(x)` en el ambiente env_2.
- Finalmente, el valor de la expresión original es 4.

Semántica de la ligadura local

Ejemplo

- Se evalua la subexpresión `+(x,2)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` interior.
- El valor de la subexpresión `+(x,2)` es 3 por lo que se crea un ambiente env_2 que extiende el ambiente env_1 con la variable x y el valor 3.
- Posteriormente se evalúa la expresión `add1(x)` en el ambiente env_2.
- Finalmente, el valor de la expresión original es 4.

Semántica de la ligadura local
Ejemplo

- Se evalua la subexpresión `+(x,2)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` interior.
- El valor de la subexpresión `+(x,2)` es 3 por lo que se crea un ambiente env_2 que extiende el ambiente env_1 con la variable x y el valor 3.
- Posteriormente se evalúa la expresión `add1(x)` en el ambiente env_2.
- Finalmente, el valor de la expresión original es 4.

Semántica de la ligadura local

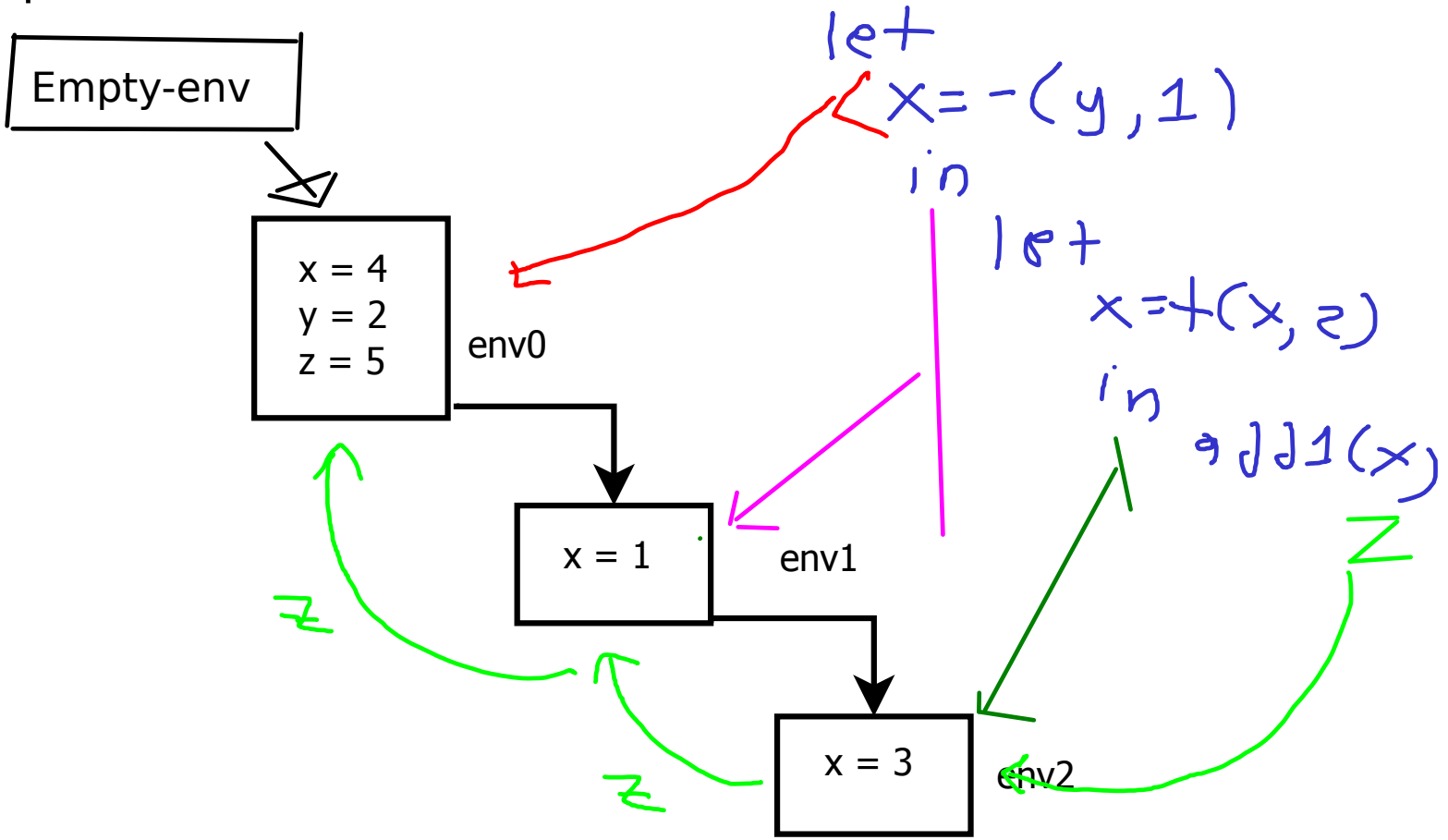
Ejemplo

- Se evalua la subexpresión `+(x,2)` correspondiente a la parte derecha de la única declaración en el `let` interior.
- El valor de la subexpresión `+(x,2)` es 3 por lo que se crea un ambiente env_2 que extiende el ambiente env_1 con la variable x y el valor 3.
- Posteriormente se evalúa la expresión `add1(x)` en el ambiente env_2.
- Finalmente, el valor de la expresión original es 4.

Semántica de la ligadura local

Ejemplo

Los ambientes creados en la evaluación de la expresión anterior se pueden visualizar así:



Interpretador

Finalmente, el procedimiento `eval-expression` se define así:

```
(define eval-expression
  (lambda (exp env)
    (cases expression exp
      (lit-exp (datum) datum)
      (var-exp (id) (apply-env env id))
      (primapp-exp (prim rands)
                   (let ((args (eval-rands rands env)))
                     (apply-primitive prim args)))
      (if-exp (test-exp true-exp false-exp)
              (if (true-value? (eval-expression test-exp
                                 env))
                  (eval-expression true-exp env)
                  (eval-expression false-exp env)))
      (let-exp (ids rands body)
               (let ((args (eval-rands rands env)))
                 (eval-expression body
                                  (extend-env ids args
                                    env)))))))
```

Semántica de la ligadura local

Ejemplo

Sea el ambiente env_0 con símbolos (x y z) y valores (4 2 5) el ambiente inicial de computación. Evaluar:

```
let
    z=5
    t=sub1(x)
in
  let
    x= -( t , 1)
  in
    let
      y= 4
    in
      *(t , -(z , -(x,y)))
```

Semántica de la ligadura local

Ejemplo

Sea el ambiente env_0 con símbolos $(x\ y\ z)$ y valores $(4\ 2\ 5)$ el ambiente inicial de computación. Evaluar:

```
let
    z=5
    t= let
          p = 5
          q = 2
       in
        +(p,q)
in
  let
    x= add1(z)
  in
    *(t, *(y,x))
```

Semántica de la ligadura local

Ejercicio para entregar

Sea el ambiente env_0 con símbolos (x y z) y valores (3 7 1) el ambiente inicial de computación. Evaluar:

```
let
    y=5
    m= let
         t = sub1(y)
       in
        *(t,x)
in
  let
    y= if sub1(y) then +(add1(y), m) else sub1(+(y,m))
  in
    let
      t = -(y,m)
    in
      +(t, +(y, -(z, 3)))
```

Dibuje los ambientes creados en la evaluación de la expresión.

Preguntas

?

Próxima sesión

- Semántica de la creación y aplicación de procedimientos.