Introdução à Compilação: Linguagem *Straight-line*

José Romildo Malaquias

Departamento de Computação
Universidade Federal de Ouro Preto

2020.1

1 A linguagem *straight-line*

Tópicos

Straight-line

- ***Straight-line*** é uma micro linguagem de programação usada na série de livros *Modern Compiler Implementation* escritos por Andrew Appel.
- É uma linguagem de comandos e expressões muito simples, sem laços e estruturas condicionais.
- A sintaxe é indicada por uma gramática livre de contexto.
- Um programa é um comando.
- Exemplo de programa:

```
a := 5+3;
b := (print(a, a-1), 10*a);
print(b)
```

- Quando executado, este programa produz a saída:

```
8 7
80
```

Sintaxe de *straight-line*

Stm → *Stm* `;` *Stm*	**CompoundStm**
Stm → `id` `:=` *Exp*	**AssignStm**
Stm → `print` `(` *ExpList* `)`	**PrintStm**
Exp → `id`	**IdExp**
Exp → `num`	**NumExp**
Exp → *Exp* *Binop* *Exp*	**OpExp**
Exp → `(` *Stm* `,` *Exp* `)`	**EseqExp**
ExpList → *Exp* `,` *ExpList*	**PairExpList**
ExpList → *Exp*	**LastExpList**
Binop → `+`	**Plus**
Binop → `-`	**Minus**
Binop → `*`	**Times**
Binop → `/`	**Div**

Sintaxe de *straight-line* (cont.)

- O operador `;` é associativo à direita.
- Os operadores aritméticos `+`, `-`, `*` e `/` são associativos à esquerda.
- Os operadores `*` e `/` têm maior precedência, seguidos dos operadores `+` e `-`.

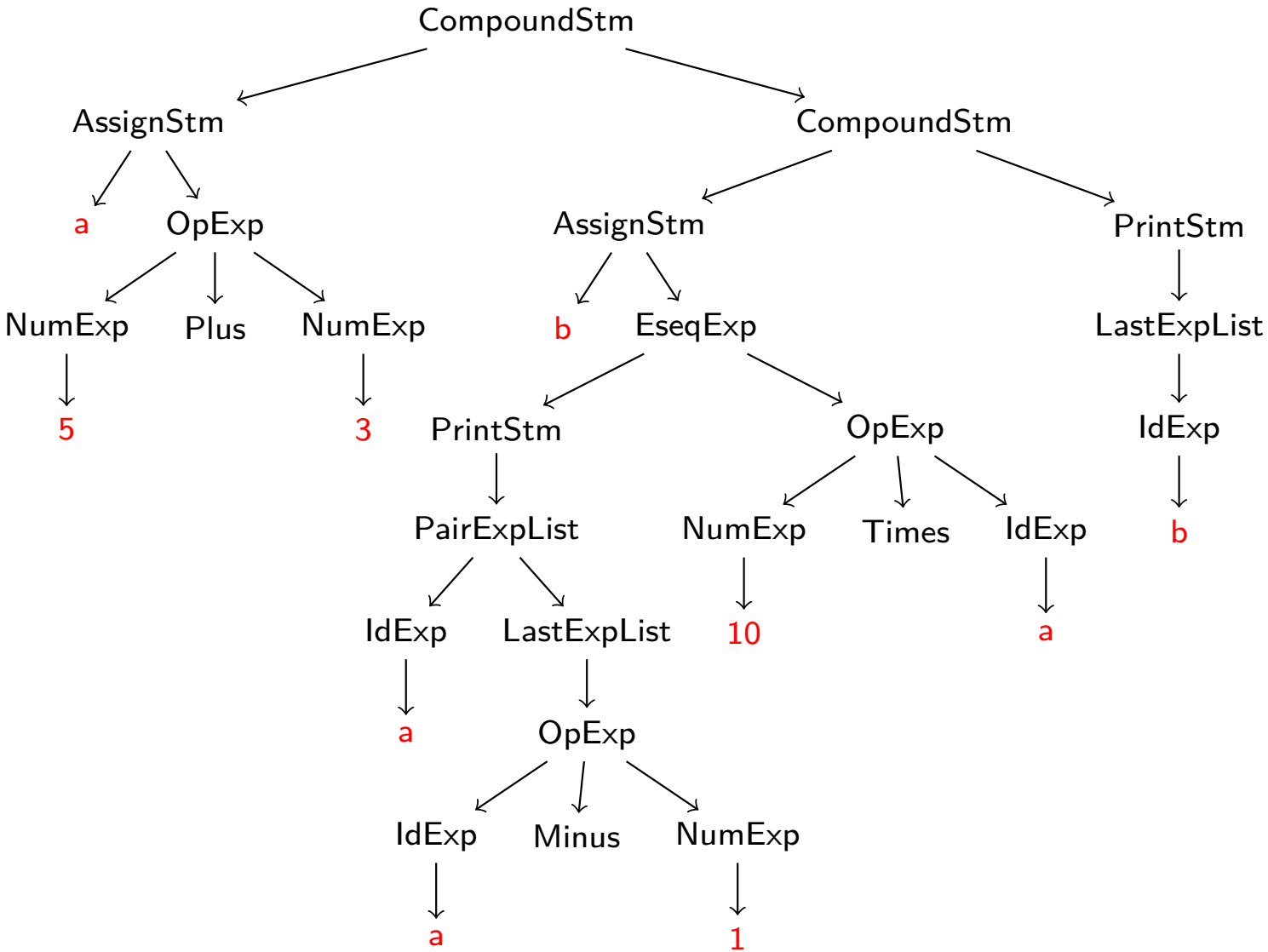
Semântica informal de *straight-line*

- **Comando composto** s_1 ; s_2
  executa os comandos s_1 e s_2 em sequência
- **Comando de atribuição** i := e
  avalia a expressão e, e então armazena o resultado na variável i
- **Comando print** print(e_1, e_2, $\cdots$, e_n)
  exibe os valores de todas as expressões avaliadas da esquerda para a direita, separados por espaço, terminando com uma mudança de linha
- **Variável** i
  valor atual da variável i
- **Constante** n
  o próprio valor numérico n
- **Operação binária** e_1 op e_2
  avalia e_1, e então avalia e_2, e então aplica a operação indicada aos valores obtidos
- **Expressão sequência** (s, e)
  executa o comando s (pelos seus efeitos colaterais), e então avalia a expressão e.

Representação de programas internamente no compilador

- Código fonte (sequência linear de caracteres): inconveniente
- Estrutura de dados **árvore**, com um nó para cada frase no programa: conveniente
  - comandos: *Stm*
  - expressões: *Exp*
- Os símbolos do lado direito das regras de produção correspondem aos nós das árvores.
- A gramática pode ser traduzida diretamente para definições de estruturas de dados:
  - A cada símbolo gramatical corresponde um tipo de dados.
  - Para cada regra de produção há um construtor de dados que pertence ao tipo correspondente ao seu lado esquerdo.

Árvore sintática



Tipos na linguagem OCaml

```
type id = string

type binop = Plus | Minus | Times | Div

type stm = CompoundStm of stm * stm
         | AssignStm   of id * exp
         | PrintStm    of exp list

and exp = IdExp    of id
        | NumExp   of int
        | OpExp    of exp * binop * exp
        | EseqExp of stm * exp
```

Exemplos de representação de programas

```
(*
  peso := 73
 *)

let prog1 = AssignStm ("peso", NumExp 73)
```

Exemplos de representação de programas (cont.)

```
(*
  print(43, 7, 0)
 *)

let prog2 = PrintStm [ NumExp 43;
                       NumExp 7;
                       NumExp 0
                     ]
```

Exemplos de representação de programas (cont.)

```
(*
  x := 2 + 3;
  print(x)
 *)

let prog3 =
  CompoundStm (AssignStm ("x",
                          OpExp (NumExp 2, Plus, NumExp 3)),
               PrintStm [IdExp "x"])
```

Exemplos de representação de programas (cont.)

```
(*
  x := 2 + 3 * 4;
  print(x)

 *)

let prog4 =
  CompoundStm (AssignStm ("x",
                          OpExp (NumExp 2,
                                 Plus,
                                 OpExp (NumExp 3,
                                        Times,
                                        NumExp 4))),
               PrintStm [IdExp "x"])
```

Processando programas

1. Definir uma função `maxargs` que recebe um comando e resulta no número máximo de argumentos fornecidos em algum `print` neste comando.
2. Será necessária uma função auxiliar `maxargs_exp` que recebe uma expressão e resulta no número máximo de argumentos fornecidos em algum `print` nesta expressão.

Interpretador de *straight-line*

1. Para representar a memória use uma tabela hash. Consulte a documentação do módulo Hashtbl no manual da linguagem OCaml.
   - defina o tipo `memory` usando o construtor de tipo `Hashtbl.t`
   - a função `Hashtbl.replace` será usada para atribuir um valor a uma variável na memória
   - a função `Hashtbl.find_opt` será usada para pesquisar uma variável na memória
2. Definir uma função `run` que recebe uma memória e um comando como argumentos, e executa o comando, resultando na tupla vazia.
3. Será necessária uma função auxiliar `eval` que recebe uma memória e uma expressão como argumentos, e avalia a expressão, resultando no valor da mesma.

Acrescentando comando de leitura

1. Estenda a linguagem *straight-line* para incluir o **comando de entrada** de dados, da forma

   `read(`v`)`

   que, quando executado, lê um valor inteiro da entrada padrão e armazena-o na variável v.
2. Modifique os tipos de dados usados para representar programas para incluir este comando.
3. Modifique as funções para o cálculo de número maximo de argumentos do `print` para incluir este comando.
4. Modifique as funções que implementam o interpretador da linguagem para incluir este comando.

Acrescentando comando de bloco

1. Considere que a linguagem *straight-line* tenha o **comando de bloco**, da forma

   `begin` *s* `end`

   que, é equivalente ao comando *s*.
2. Não é necessária nenhuma modificação no projeto para tratar este comando, pois ele é equivalente ao seu subcomando.

Acrescentando comando condicional

1. Estenda a linguagem *straight-line* para incluir o **comando condicional**, da forma

   `if` e `then` s_1 `else` s_2

   que, quando executado, avalia a expressão e e executa o comando s_1 se o valor da expressão for diferente de zero, ou o comando s_2 em caso contrário.
2. Modifique os tipos de dados usados para representar programas para incluir este comando.
3. Modifique as funções para o cálculo de número maximo de argumentos do `print` para incluir este comando.
4. Modifique as funções que implementam o interpretador da linguagem para incluir este comando.

Acrescentando comando de repetição

1. Estenda a linguagem *straight-line* para incluir o **comando de repetição**, da forma

   `while` *e* `do` *s*

   que, quando executado, executa o comando *s* enquanto o valor da expressão *e* for diferente de zero.
2. Modifique os tipos de dados usados para representar programas para incluir este comando.
3. Modifique as funções para o cálculo de número maximo de argumentos do `print` para incluir este comando.
4. Modifique as funções que implementam o interpretador da linguagem para incluir este comando.

Cálculo do fatorial

1. Faça um programa em *straight-line* que leia um número da entrada padrão, e calcule e imprima o seu fatorial.
2. Escreva a estrutura de dados que representa o programa.
3. Calcule `maxargs` para este programa.
4. Execute este programa usando o interpretador.

Trabalho

- Completar as atividades propostas.
- Código usado na aula:
  https://github.com/romildo/straightline-start
- Entregar até o dia 22/04/2020 (domingo) através de repositório git.