



# LINGUAGENS FORMAIS E AUTÓMATOS / COMPILADORES

## GRAMÁTICAS DE ATRIBUTOS

Artur Pereira / Miguel Oliveira e Silva <{artur,mos}@ua.pt>

DETI, Universidade de Aveiro

# DEFINIÇÃO SEMÂNTICA

- A análise sintática requer a atribuição de um significado às produções de uma gramática
- Os atributos permitem atribuir um significado aos símbolos (terminais ou não terminais)
  - Cada símbolo terminal ou não terminal pode ter associado um conjunto de zero ou mais atributos
  - Um atributo pode ser uma palavra, um número, um tipo, uma posição de memória, ...
- Às produções estão associadas regras semânticas que:
  - Determinam os valores de atributos de símbolos não terminais em função de outros atributos
  - Podem ter efeitos laterais (alteração de uma estrutura de dados, ...)
- Uma **definição semântica** é composta por
  - uma gramática independente de contexto
  - um conjunto de atributos associados aos seus símbolos
  - um conjunto de regras semânticas associadas às suas produções
- Usaremos de forma equivalente o termo **gramática de atributos**

# EXEMPLO — EXPRESSÃO ARITMÉTICA

- Considere a gramática

$$E \rightarrow T + E \mid T$$

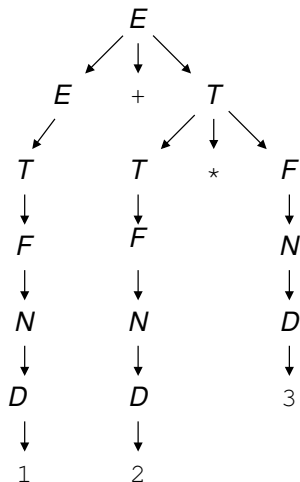
$$T \rightarrow F * T \mid F$$

$$F \rightarrow N \mid ( E )$$

$$N \rightarrow D \mid N D$$

$$D \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3$$

- Desenhe-se a árvore de derivação da palavra  $1+2*3$



# EXEMPLO — EXPRESSÃO ARITMÉTICA

- Considere a gramática

$$E \rightarrow T + E \mid T$$

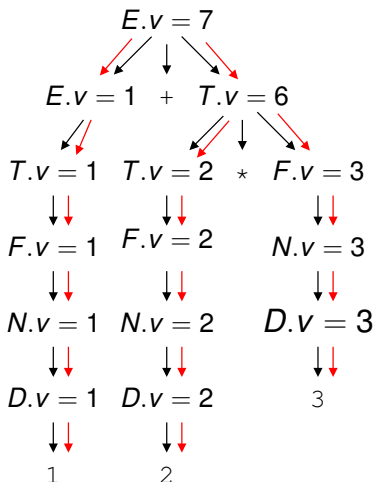
$$T \rightarrow F * T \mid F$$

$$F \rightarrow N \mid ( E )$$

$$N \rightarrow D \mid N D$$

$$D \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3$$

- Desenhe-se a árvore de derivação da palavra  $1+2*3$
- Associe-se a cada símbolo não terminal um atributo que guarde o valor que a sub-árvore representa



- As setas vermelhas representam dependências entre atributos

# EXEMPLO — DECLARAÇÃO

- Considere a gramática

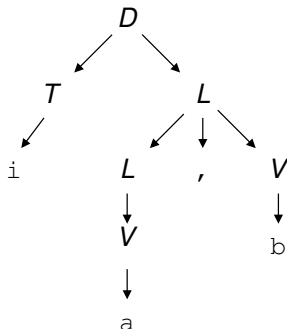
$$D \rightarrow T L$$

$$T \rightarrow i \mid f$$

$$L \rightarrow V \mid L , V$$

$$V \rightarrow a \mid b \mid c \mid d$$

- desenhe-se a árvore de derivação da palavra  $i a, b$



# EXEMPLO — DECLARAÇÃO

- Considere a gramática

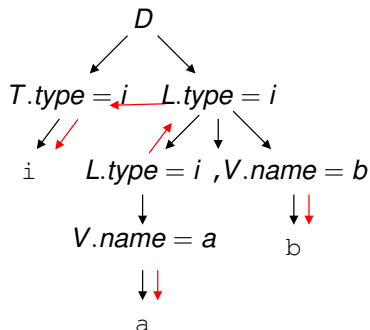
$$D \rightarrow T L$$

$$T \rightarrow i \mid f$$

$$L \rightarrow V \mid L, V$$

$$V \rightarrow a \mid b \mid c \mid d$$

- desenhe-se a árvore de derivação da palavra  $i a, b$
- Associe-se a  $T$  e  $L$  um atributo que armazene o tipo e a  $V$  um que armazene o nome da variável



- As setas vermelhas representam dependências entre atributos

# ATRIBUTOS E REGRAS SEMÂNTICAS

Seja  $G = (T, N, S, P)$  uma gramática independente do contexto

- Cada símbolo terminal pode ter atributos
- A cada produção  $X \rightarrow u \in P$ , com  $u \in (T \cup N)^*$ , podem associar-se regras semânticas para o cálculo dos valores dos atributos dos símbolos não terminais

$$b = f(c_1, c_2, \dots, c_n)$$

onde

- $c_1, c_2, \dots, c_n$  são atributos dos símbolos que ocorrem na produção
- $b$  é um atributo do símbolo  $X$  ou de um dos símbolos não terminais presentes em  $u$
- Podem ainda associar-se regras semânticas com efeitos colaterais

$$g(c_1, c_2, \dots, c_n)$$

- $c_1, c_2, \dots, c_n$  são atributos dos símbolos que ocorrem na produção
- Este caso pode considerar-se o caso anterior atuando sobre um atributo fictício

# TIPO DE ATRIBUTOS

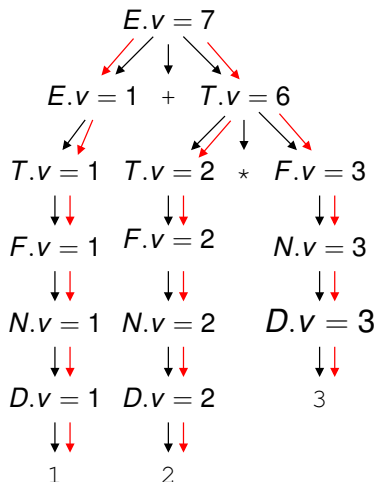
- Os atributos podem ser classificados como sintetizados ou herdados
- Considere-se uma produção  $X \rightarrow u \in P$ , com  $u \in (T \cup N)^*$ , e uma função de cálculo de um atributo associada a essa produção

$$b = f(c_1, c_2, \dots, c_n)$$

- O atributo  $b$  diz-se **sintetizado** se  $b$  está associado a  $X$  e todos os  $c_i$ , com  $i = 1, 2, \dots, n$ , estão associados a símbolos de  $u$
- O atributo  $b$  diz-se **herdado** se  $b$  está associado a um dos símbolos não terminais de  $u$

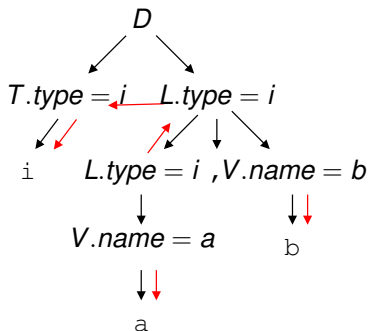


# TIPO DE ATRIBUTOS: EXEMPLO



- Neste exemplo (slide 3.2), todos os atributos são sintetizados

# TIPO DE ATRIBUTOS: EXEMPLO



- Neste exemplo (slide 4.2), há atributos sintetizados e herdados
- $T.type$  e  $V.name$  são sintetizados
- $L.type$  é herdado

# REPRESENTAÇÃO DE UMA GRAMÁTICA DE ATRIBUTOS

- Uma gramática de atributos pode ser representada por uma tabela em que se associam as regras semânticas às produções da gramática
- Para o exemplo das expressões aritméticas, tem-se

Produções	Regras semânticas
$D \rightarrow 0$	$D.v = 0;$
$D \rightarrow 1$	$D.v = 1;$
$D \rightarrow 2$	$D.v = 2;$
$D \rightarrow 3$	$D.v = 3;$
$N \rightarrow D$	$N.v = D.v$
$N_1 \rightarrow N_2 D$	$N_1.v = N_2.v * 4 + D.v$
$F \rightarrow N$	$F.v = N.v$
$F \rightarrow ( E )$	$F.v = E.v$
$T \rightarrow F$	$T.v = F.v$
$T_1 \rightarrow T_2 * F$	$T_1.v = T_2.v * F.v$
$E \rightarrow T$	$E.v = T.v$
$E_1 \rightarrow E_2 + T$	$E_1.v = E_2.v + T.v$

# REPRESENTAÇÃO DE UMA GRAMÁTICA DE ATRIBUTOS

- Para o exemplo da declaração de variáveis, tem-se

<b>Produções</b>	<b>Regras semânticas</b>
$T \rightarrow i$	$T.type = \text{int}$
$T \rightarrow f$	$T.type = \text{float}$
$D \rightarrow T L$	$L.type = T.type$
$L_1 \rightarrow L_2 , V$	$L_2.type = L_1.type$ $\text{addsym}(V.name, L_1.type)$
$L \rightarrow V$	$\text{addsym}(V.name, L.type)$
$V \rightarrow a$	$V.name = a$
$V \rightarrow b$	$V.name = b$
$V \rightarrow c$	$V.name = c$
$V \rightarrow d$	$V.name = d$

- Neste caso, para além do cálculo de atributos, faz-se a inserção numa tabela de símbolos ( $\text{addsym}$ )

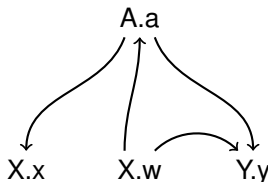
# AValiação DIRIGIDA PELA SINTAXE

- Numa **avaliação dirigida pela sintaxe** o cálculo dos atributos é feito à medida que é feita a análise sintática.
- Num analisador sintático ascendente (caso do bison) todos os atributos têm de ser sintetizados
- Num analisador sintático descendente além de sintetizados os atributos podem ser herdados, desde que de símbolos à esquerda ou do símbolo pai
- No caso geral, é necessário definir a ordem de cálculo dos atributos: o **grafo de dependências** é usado para esse fim

$$A \rightarrow X \ Y$$

$$A.a = f(X.x, Y.y)$$

$$X.w = g(A.a, Y.y)$$



# GRAFO DE DEPENDÊNCIAS

- Para o caso das expressões aritméticas, para a palavra  $1+2*13$ , tem-se

