

COMPILADORES

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe – Parte 01

Prof. Geovane Griesang
geovanegriesang@unisc.br

Sumário

Data	Conteúdo
18/11/2013	Análise sintática – Parte 01
25/11/2013	Análise sintática – Parte 02
02/12/2013	Síntese
09/12/2013	Prova 03
16/12/2013	EXAME

Sumário

Análise semântica

Introdução

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe

Atributo herdados e sintetizados

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Análise semântica

Analizador léxico



Analizador sintático



Analizador semântico



Gerador de código intermediário



Otimizador de código



Gerador de código

“*Scanning*” do código-fonte em *tokens*.

Agrupamento dos *tokens* (símbolos) do programa em uma árvore gramatical

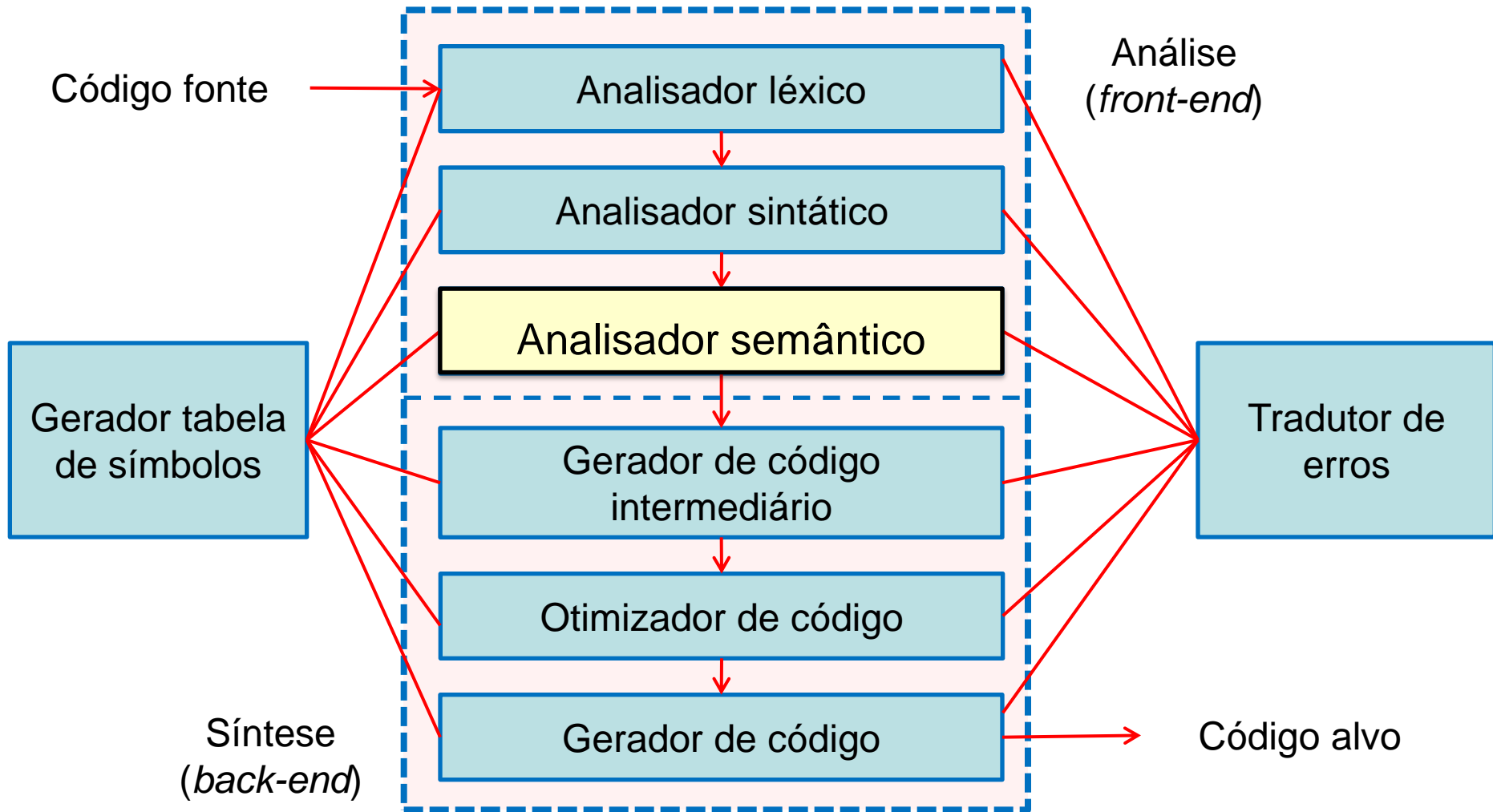
Utiliza a estrutura da análise sintática p/ identificar os operadores e operandos. Verifica se cada operador recebe os operandos dos tipos que são permitidos.

Gera um código mais fácil de traduzir.

Melhora o código intermediário para gerar um código de máquina mais rápido.

Instruções intermediárias são traduzidas em uma sequência de instruções de máquina

Análise semântica



Análise semântica



Análise semântica

O analisador semântico utiliza a árvore sintática para:

- identificar operadores e operandos das expressões,
- reconhecer erros semânticos,
- fazer verificações de compatibilidade de tipo,
- analisar o escopo das variáveis,
- fazer verificações de correspondência entre parâmetros atuais e formais.

Análise semântica

Análise semântica

Por exemplo: para o comando de atribuição `SOMA := SOMA + 35`, é necessário fazer a seguinte análise:

- o identificador SOMA foi declarado? em caso negativo, erro semântico.
- identificador SOMA é uma variável? em caso negativo, erro semântico.
- qual o escopo da declaração da variável SOMA: local ou global?
- qual o tipo da variável SOMA? o valor atribuído no lado direito do comando de atribuição é compatível?

Análise semântica

Análise semântica

A análise semântica trata os aspectos sensíveis ao contexto da [sintaxe](#) das linguagens de programação.

Exemplo: **não** é possível representar em uma gramática livre de contexto uma regra como "[Todo identificador deve ser declarado antes de ser usado.](#)", e a verificação de que essa regra foi aplicada cabe à análise semântica.

Uma gramática livre de contexto também pode ser usada como guia na tradução de programas.

Esta técnica é conhecida como:

Tradução dirigida pela sintaxe

Sumário

Análise semântica

Introdução

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe

Atributo herdados e sintetizados

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

- É uma técnica que permite realizar tradução (geração de código) junto com a análise sintática.
- **Ações semânticas** são associadas às **regras de produção** da gramática de modo que, quando uma dada produção é processada, essas ações sejam executadas.
- A execução das ações semânticas pode:
 - ✓ gerar código intermediário.
 - ✓ gerar ou interpretar código.
 - ✓ armazenar informações na tabela de símbolos.
 - ✓ checar a semântica dos comandos.
 - ✓ Emitir mensagens de erro, etc.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

- P/ tornar as ações semânticas mais efetivas, pode-se **associar variáveis** aos símbolos (terminais e não terminais) da gramática.
- Os símbolos gramaticais passam a conter **atributos** (ou parâmetros) capazes de **armazenar valores** durante o processo de reconhecimento.
- Na tradução dirigida pela sintaxe, esses atributos são associados aos símbolos gramaticais da linguagem.
- Se **X** for um símbolo gramatical (terminal ou não terminal), e **a** for um atributo associado a **X**, escrevemos **X.a** p/ o valor de **a** associado a **X**.
- Há 2 notações: **definição dirigida pela sintaxe** e **esquema de tradução**.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Notações para associar regras semânticas às produções:

- **Definições dirigidas pela sintaxe:**
 - Especificações de alto nível
 - Escondem detalhes de implementação
 - Não é preciso especificar a ordem de execução das traduções
- **Esquemas de tradução:**
 - Indicam a ordem na qual as regras semânticas são avaliadas
 - Detalhes de implementação sejam evidenciados

Análise semântica

Tradução dirigida
pela sintaxe

```
graph TD; A(Tradução dirigida pela sintaxe) --> B(Definição dirigida pela sintaxe); A --> C(Esquemas de tradução);
```

Definição dirigida
pela sintaxe

Esquemas de
tradução

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Uma **definição dirigida pela sintaxe** especifica os **valores dos atributos**, associando **regras semânticas às produções da gramática**.

Ex., um **tradutor** da forma infixada para a forma pós-fixada poderia ter uma produção e regra:

PRODUÇÃO

$$E \rightarrow E_1 + T$$

REGRA SEMÂNTICA

$$E.code = E_1.code \parallel T.code \parallel '+'$$

A notação tradicional para expressões aritméticas, que representa uma operação binária na forma **x + y**, ou seja, com o operador entre seus dois operandos, é conhecida como notação **infixada**. Uma notação alternativa para esse tipo de expressão é a notação **pós-fixada**.

Infixada: 1*2/3

Pós-fixada: 12*3/

Análise semântica

PRODUÇÃO

$E \rightarrow E_1 + T$

REGRA SEMÂNTICA

$E.code = E_1.code \parallel T.code \parallel '+'$

Tradução dirigida pela sintaxe

Um **esquema de tradução dirigido pela sintaxe** que incorpora fragmentos de programa, chamado **ações** (ou rotinas) **semânticas**, pode ser visto no corpo das produções, como em:

$E \rightarrow E_1 + T \{ \textit{print '+'} \}$

Por conversão, as **ações semânticas** são delimitadas por **chaves**.

Caso as chaves façam parte da gramática, elas devem ser definidas entre apóstrofos: '{' e '}'.

A **posição** de uma **ação semântica** no corpo de uma produção **determina a ordem em que ela é executada**, no **exemplo**, a ação semântica **ocorre no fim**, depois de todos os símbolos da gramática.

→ Será visto na próxima aula.

Análise semântica

PRODUÇÃO

$E \rightarrow E_1 + T$

$E.code = E_1.code \parallel T.code \parallel '+'$

$E \rightarrow E_1 + T \{ \textit{print '+'} \}$

Tradução dirigida pela sintaxe

Comparando as 2 notações, as **definições dirigidas pela sintaxe** podem ser **mais legíveis**, e por isso são **mais úteis para as especificações**.

Entretanto, os **esquemas de tradução** podem ser **mais eficientes**, e por isso mais **úteis para as implementações**.

A abordagem mais geral para a **tradução dirigida pela sintaxe** consiste em construir uma **árvore de derivação** ou uma **árvore de sintaxe**, e então **calcular os valores dos atributos nos nós da árvore** durante a visitação.

A **tradução** pode ser feita durante a **análise sintática**, **sem** a **criação explícita da árvore**.

Sumário

Análise semântica

Introdução

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe

Atributo herdados e sintetizados

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Análise semântica

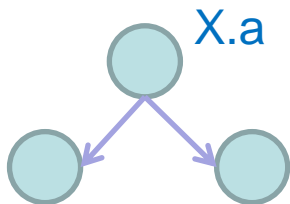
Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe (SDD)

Uma **definição dirigida pela sintaxe** (*SDD – Syntax-Directed Definition*) é uma **gramática livre de contexto** acrescida de **atributos e regras**.

- Os **atributos** são associados aos **símbolos da gramática**.
- As **regras**, são associados às **produções**.

Se **X** é um **símbolo** e **a** é um de seus **atributos**, então escrevemos **X.a** para denotar o **valor de a** em um determinado **nó da árvore de derivação rotulado com X**.



Se implementarmos os nós da árvore de derivação usando **registros**, os **atributos de X** podem ser implementados como **campos de dados desses registros**.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe (SDD)

Os **atributos** podem ser de qualquer tipo, por exemplo, números, tipos, referências para tabela ou **cadeias**.

- **Variáveis adicionadas** aos símbolos de uma gramática.
- **Armazenamento de valores** durante o reconhecimento.
- Os nós da árvore sintática passam a **conter campos** capazes de armazenar valores.

As **cadeias** podem ser **longas sequências de código**, digamos, código na linguagem intermediária usada por um compilador.

Sumário



Análise semântica

Introdução

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe

Atributo herdados e sintetizados

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

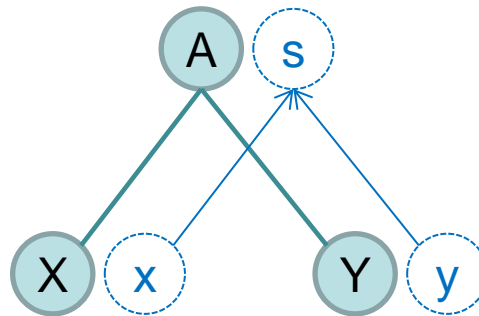
Definições dirigidas pela sintaxe: Atributos herdados e sintetizados

Vamos tratar de **dois tipos de atributos** para os **não-terminais**:

1. O **atributo sintetizado** somente depende dos atributos de seus filhos.

$A \rightarrow XY$

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



Atributos sintetizados são computados/processados à partir dos atributos dos nós-filhos (abaixo do próprio nó).

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

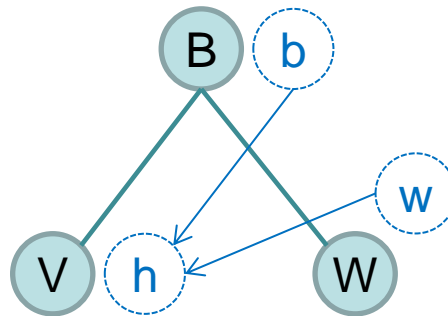
Definições dirigidas pela sintaxe: Atributos herdados e sintetizados

Vamos tratar de **dois tipos de atributos** para os **não-terminais**:

2. O **atributo herdado** depende de pelos menos um atributo do pai (ou de um dos irmãos).

$B \rightarrow VW$

$B.b := g(V.h, W.w)$



Atributos herdados são computados/processados à partir de nós-pais ou nós-irmãos (acima ou ao lado do próprio nó).

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe: Atributos herdados e sintetizados

Embora **não permitimos** que um **atributo herdado** no **nó N** seja definido em termos dos **valores dos atributos de seus filhos...**

... **permitimos** que um **atributo sintetizado** no **nó N** seja definido em termos dos **valores herdados do próprio nó N.**

Terminais podem ter **atributos sintetizados**, mas **não atributos herdados.**

- **atributos dos terminais são valores léxicos** retornados da análise léxica.
- **não** existem **regras semânticas** na SDD para computar o **valor de um atributo para um terminal.**

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe: Atributos herdados e sintetizados

A **SDD** da tabela é baseada na gramática para expressões aritméticas com os operadores **+** e *****.

Ela avalia expressões terminadas por um **marcador de fim de entrada n**.

Na **SDD**, cada um dos **não-terminais** possui um único **atributo sintetizado**, chamado **val**.

Já o **terminal digit** possui um **atributo sintetizado lexval**, o qual é um valor inteiro retornado pelo analisador léxico.

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E \mathbf{n}$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow \mathbf{digit}$	$F.val = \mathbf{digit.lexval}$

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe:
Atributos herdados e sintetizados

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E n$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

A regra para a **produção 1**, $L \rightarrow E n$, atribui a $L.val$ o valor de $E.val$, que corresponde ao valor numérico da expressão inteira.

A **produção 2**, $E \rightarrow E_1 + T$, também possui uma regra, que avalia o atributo val associado à cabeça E como a soma dos valores em E_1 e T .

- Em qualquer **nó N** rotulado com E na árvore de derivação, o valor de val atribuído a E é a **soma dos valores de val** dos filhos do **nó N** rotulados com E e T .

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe:
Atributos herdados e sintetizados

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E \mathbf{n}$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow \mathbf{digit}$	$F.val = \mathbf{digit}.lexval$

A **produção 3**, $E \rightarrow T$,

possui uma única regra que define o valor de *val* associado a E como sendo o mesmo de *val* do seu filho T .

A **produção 4** é semelhante à segunda, entretanto sua regra multiplica os valores dos filhos em vez de somá-los.

As regras p/ as **produções 5 e 6** copiam os valores do filho.

A **produção 7** associa a $F.val$ o valor de um dígito, que é o valor numérico do *token digit* retornado pelo analisador léxico.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe:
Atributos herdados e sintetizados

Uma SDD que envolve apenas atributos sintetizados é chamada de definição S-atribuída;

A SDD da tabela acima possui esta propriedade.

Numa SDD S-atribuída, cada regra calcula o atributo p/ o não-terminal da cabeça de uma produção a partir dos atributos do corpo desta produção.

Por simplicidade, os exemplos de regras semânticas desta aula não possuem efeitos colaterais.

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E n$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow digit$	$F.val = digit.lexval$

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe:
Atributos herdados e sintetizados

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E n$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

SDDs podem possuir **efeitos colaterais**

limitados, como imprimir o resultado calculado por uma calculadora de mesa ou interagir com uma tabela de símbolos.

A **SDD S-atribuída** pode ser implementada naturalmente, em conjunto com um **analisador sintático LR**. A **diferença** é que, na regra da **produção 1**, o programa imprime o **valor $E.val$** como **efeito colateral**, em vez de **definir o atributo $L.val$** .

A SDD **sem efeitos colaterais** pode ser chamada de **gramática de atributo**, que definem o valor de um atributo com base no valor de outros atributos e constantes.

Sumário



Análise semântica

Introdução

Tradução dirigida pela sintaxe

Definições dirigidas pela sintaxe

Atributo herdados e sintetizados

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

P/ visualizar a tradução especificada por uma SDD, é importante trabalhar com **árvores de derivação**, embora, na realidade, um tradutor **não** precise construí-la.

Imagine, portanto, que as **regras** de uma SDD são aplicadas, primeiro, na construção de uma **árvore de derivação** e, então usadas p/ **avaliar todos os atributos** em cada um dos nós da árvore de derivação.

Uma árvore de derivação, mostrando os valores de seus atributos, é denominada **árvore de derivação anotada**.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Como construímos uma árvore de derivação anotada?
Qual é a ordem de avaliação dos atributos?

Antes de avaliar um atributo em um nó de uma árvore de derivação, temos de **avaliar todos os atributos dos quais depende o seu valor**.

Por **exemplo**, se todos os **atributos forem sintetizados**, como no exemplo, então precisamos **avaliar os atributos *val* de todos os filhos** de um nó antes de avaliar o atributo ***val*** do próprio nó.

Com **atributos sintetizados**, podemos avaliar atributos em qualquer ordem ascendente, por exemplo, por um caminhamento pós-ordem na árvore de derivação.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

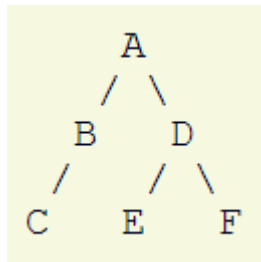
Para lembrar:

Pré-ordem: visitar primeiro a raiz, depois a sub-árvore esquerda e por último a sub-árvore direita.

Em-ordem: visitar primeiro a sub-árvore esquerda, depois a raiz e por último a sub-árvore direita.

Pós-ordem: visitar primeiro a sub-árvore esquerda, depois a sub-árvore direita e por último a raiz.

Exemplo:



Pré-ordem: ABCDEF

Em-ordem: CBAEDF

Em-ordem: CBEFDA

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Para SDDs com atributos herdados e sintetizados, **não** há garantias de que sequer exista uma ordem para avaliar os atributos nos nós.

Exemplo: considere os não-terminais A e B , com atributos sintetizados e herdados $A.s$ e $B.i$, respectivamente, a produção e as regras semânticas:

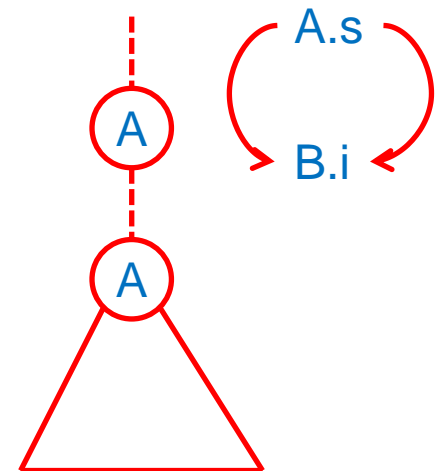
PRODUÇÃO

$A \rightarrow B A.s = B.i$

REGRA SEMÂNTICA

$B.i = A.s + 1$

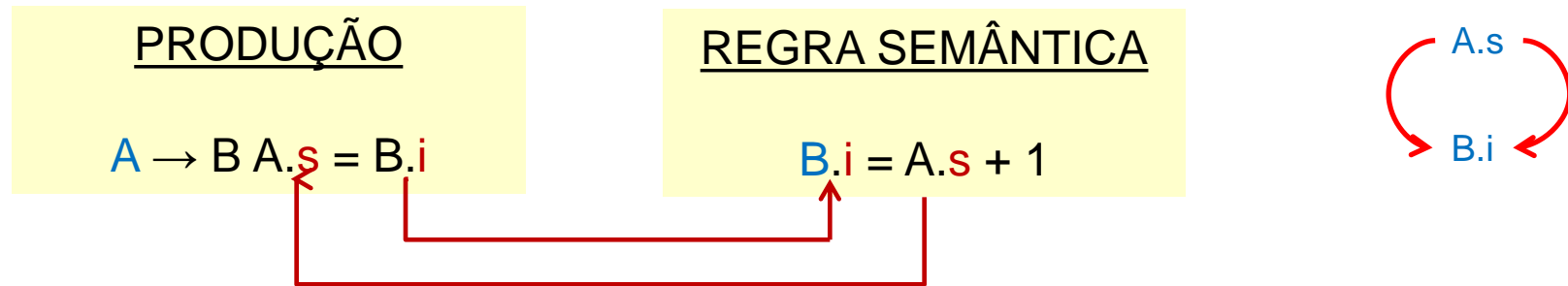
Essas regras são
circulares.



Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação



Dependência circular entre $A.s$ e $B.i$.

É **impossível** avaliar $A.s$ em um nó ou $B.i$ com filho de N , pois, para avaliar o atributo $A.s$ precisamos do valor do atributo $B.i$ e, para avaliar $B.i$, precisamos do valor de $A.s$.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

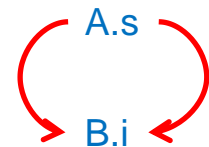
Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

PRODUÇÃO

$A \rightarrow B$ $A.s = B.i$

REGRA SEMÂNTICA

$B.i = A.s + 1$



É computacionalmente difícil determinar se existe alguma circularidade em qualquer uma das árvores de derivação que uma SDD poderia ter de traduzir.

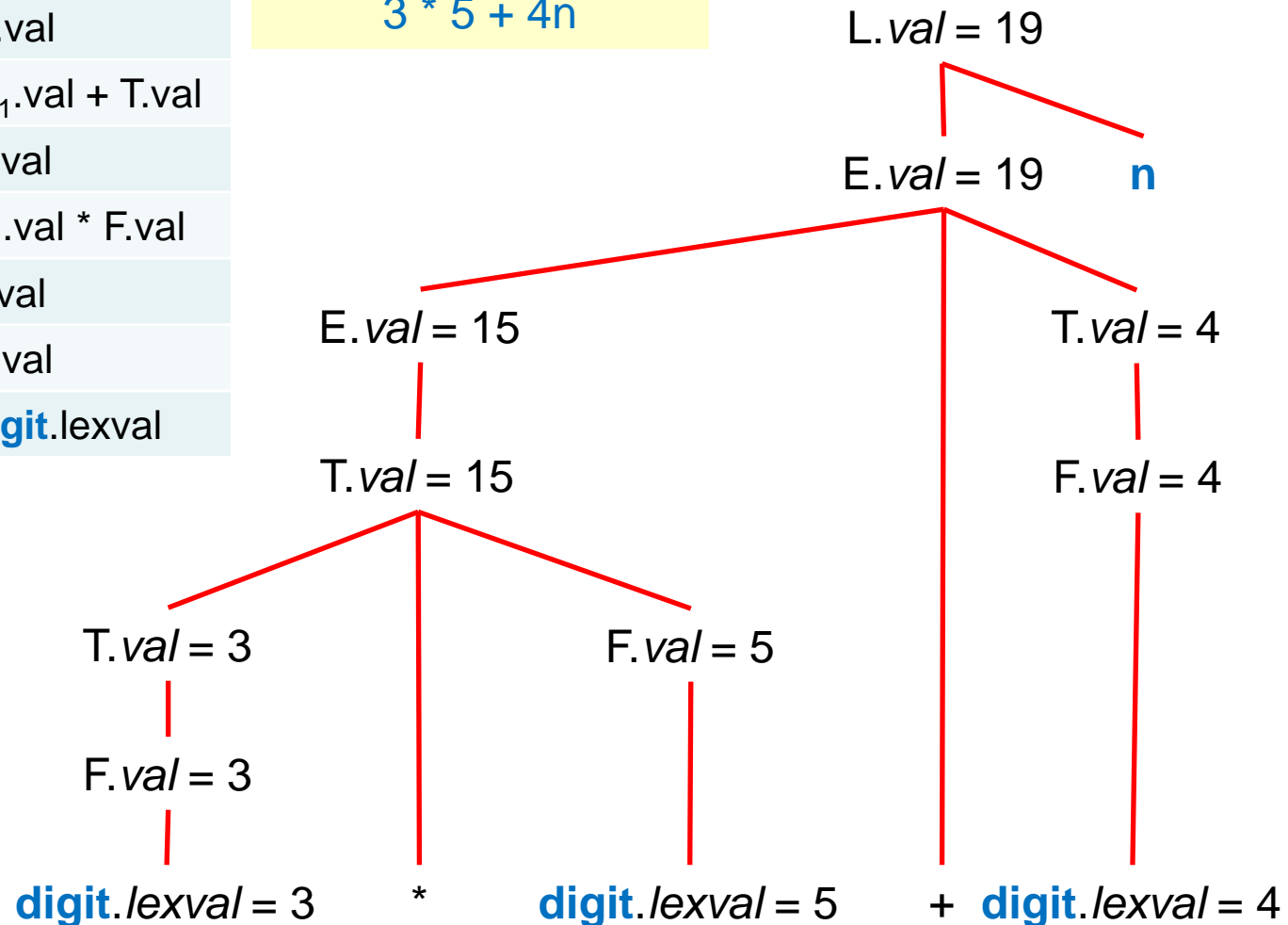
Felizmente, existem subclasses úteis das SDDs que são suficientes para garantir uma ordem de avaliação (veremos isto mais adiante, em “ordens de avaliação para SDDs”).

→ Será visto na próxima aula.

Análise semântica

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E n$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

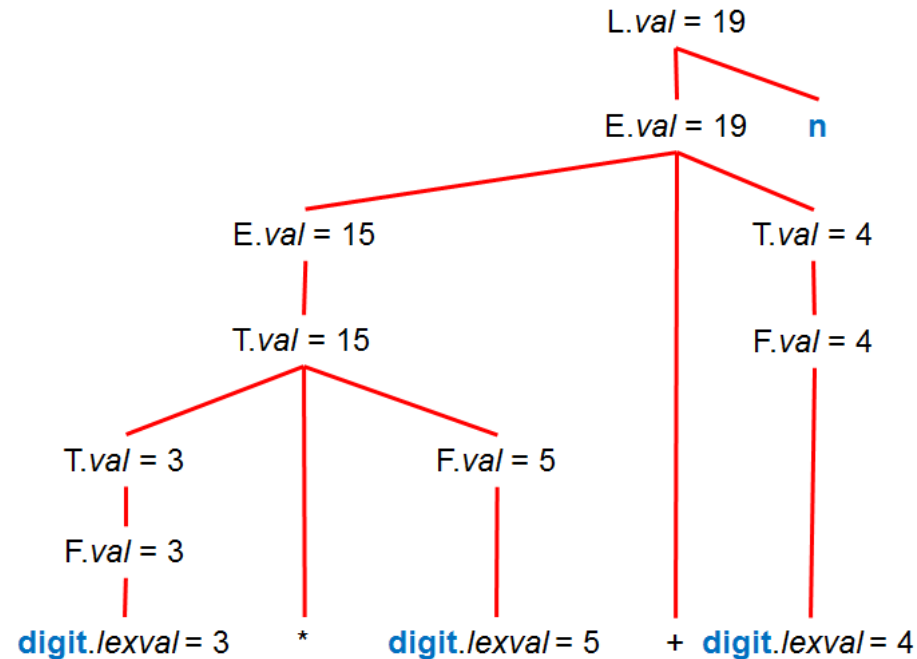
Cadeia de entrada:
 $3 * 5 + 4n$



Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação



Presume-se que os valores *lexval* são fornecidos pelo analisador léxico.

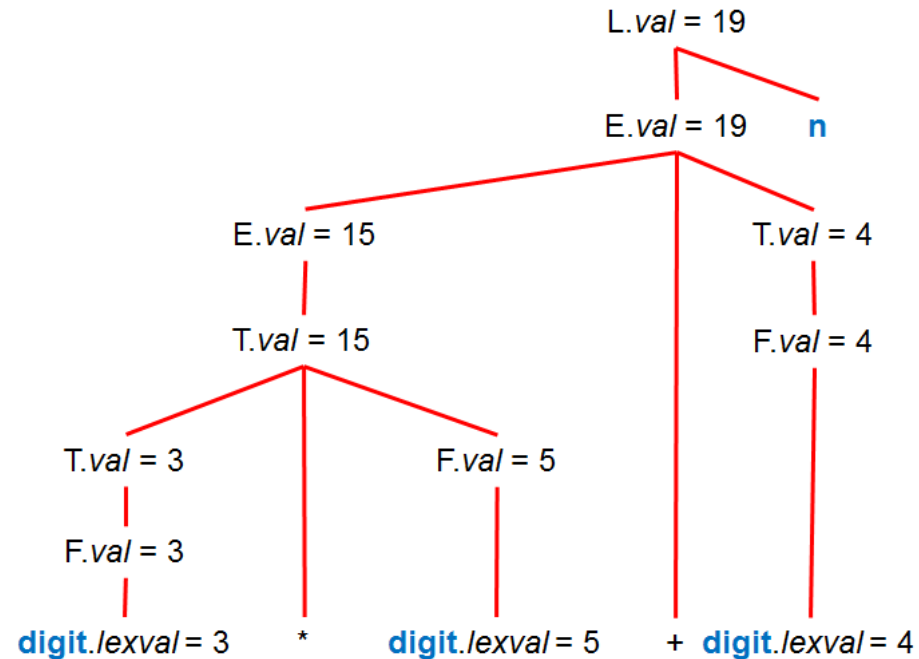
Cada um dos nós para os não-terminais possui um atributo *val* calculado em uma ordem ascendente, e vemos os valores resultantes associados a cada nó.

Exemplo, no nó com um rotulado *, depois de calcular $T.val = 3$ e $F.val = 5$ em seu primeiro e terceiro filhos, aplicamos a regra que diz que $T.val$ é o produto desses dois valores, ou 15.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação



Atributos herdados são úteis quando a estrutura da árvore de derivação **não** “casa” com a sintaxe abstrata do código fonte.

O próximo **exemplo** mostra como os **atributos herdados** podem ser usados para contornar tal **divergência** quando uma gramática é projetada para ser reconhecida sintaticamente, em vez de traduzida.

Análise semântica

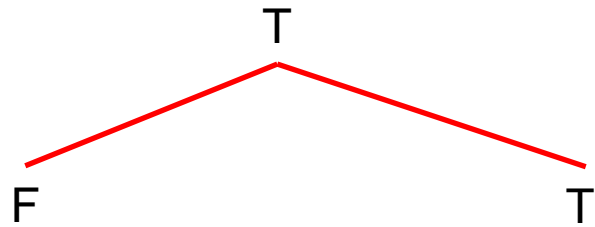
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

A SDD acima (tabela) calcula termos como $3 * 5$ e $3 * 5 * 7$.

A análise sintática descendente da entrada $3 * 5$ começa pela produção 1, com $T \rightarrow FT'$.



Análise semântica

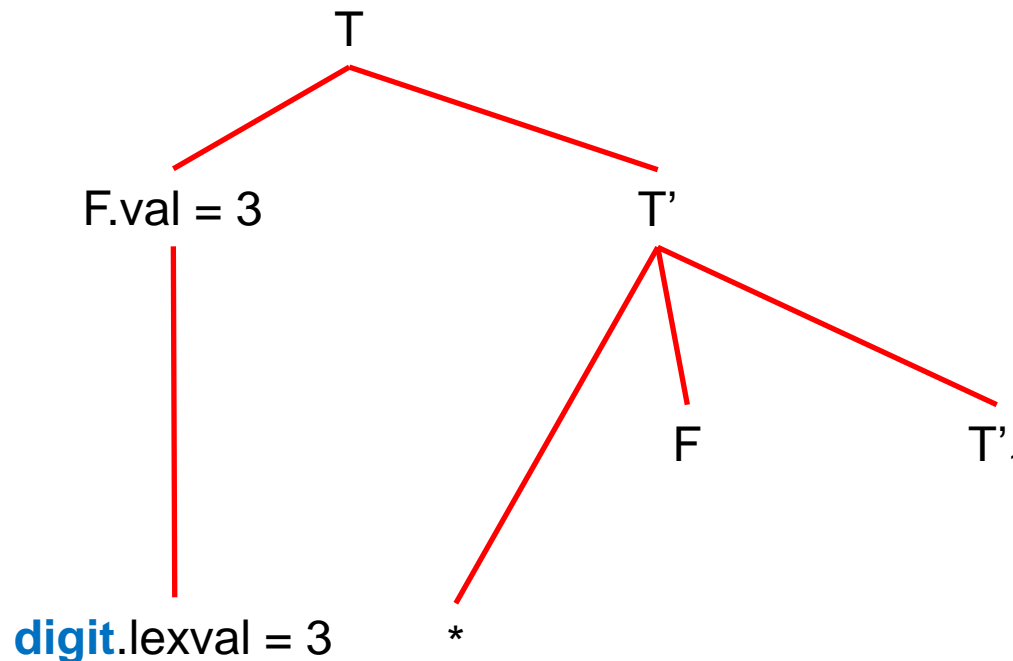
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

F gera o dígito 3 (produção 4).

Mas o operador *
é gerado por T'
(produção 2).



Entrada: 3 * 5

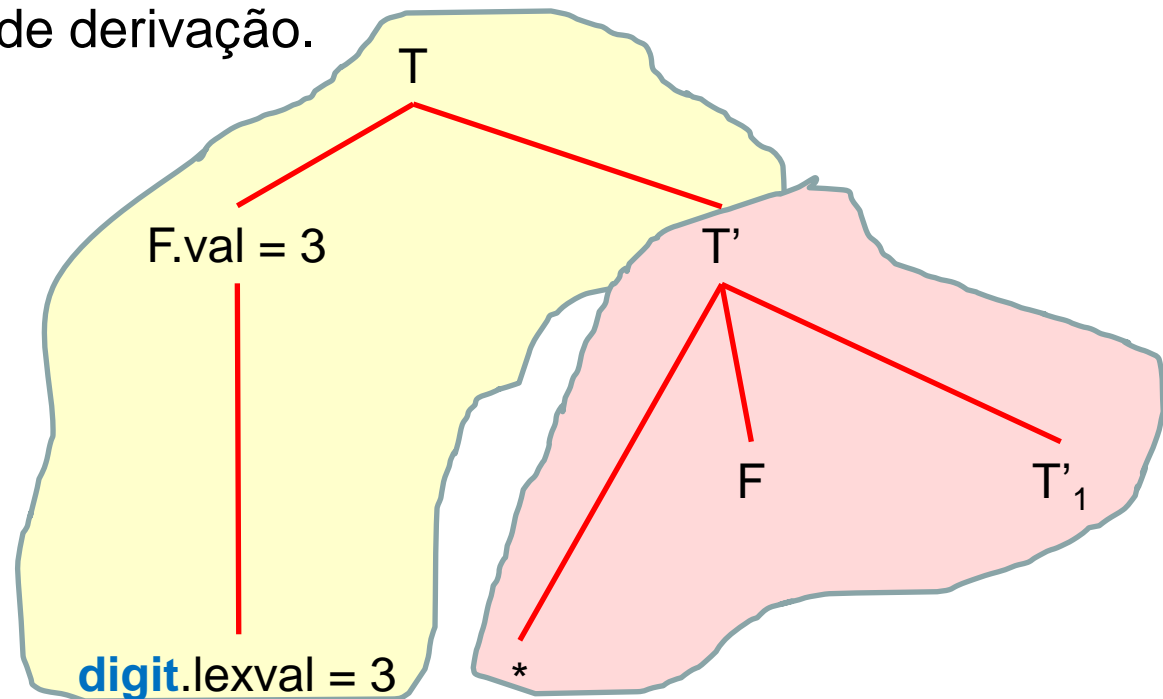
Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

O operando da esquerda **3** aparece em uma sub-árvore diferente daquela para ***** na árvore de derivação.



Entrada: 3 * 5

Análise semântica

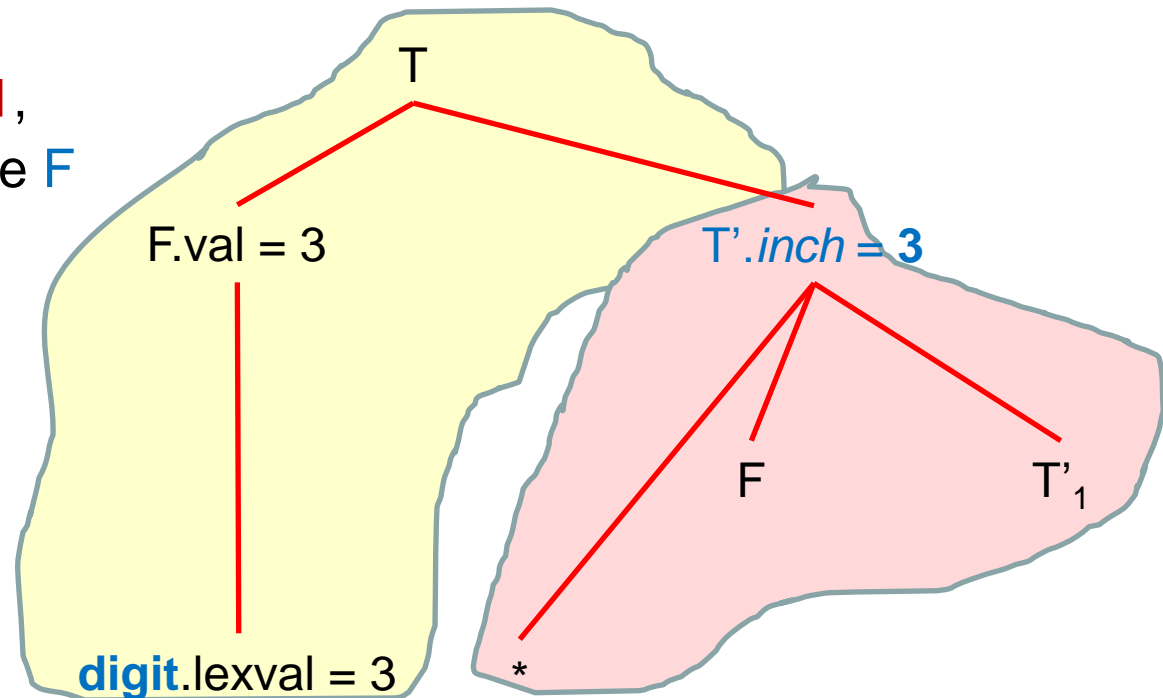
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Um atributo herdado, portanto, é usado p/ passar o operando ao operador.

T' , da produção 1, herda o valor 3 de F ($T'.inh = F.val$).



Entrada: 3 * 5

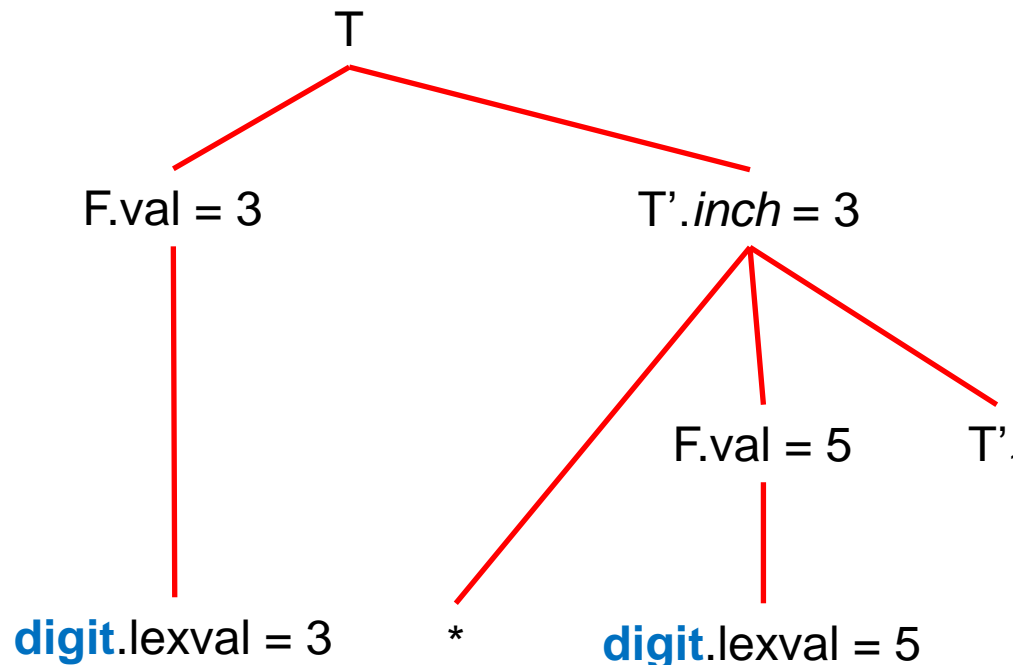
Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Executa-se a **produção 4** ($F \rightarrow \text{digit}$), onde F gera o valor **5**.



Entrada: 3 * 5

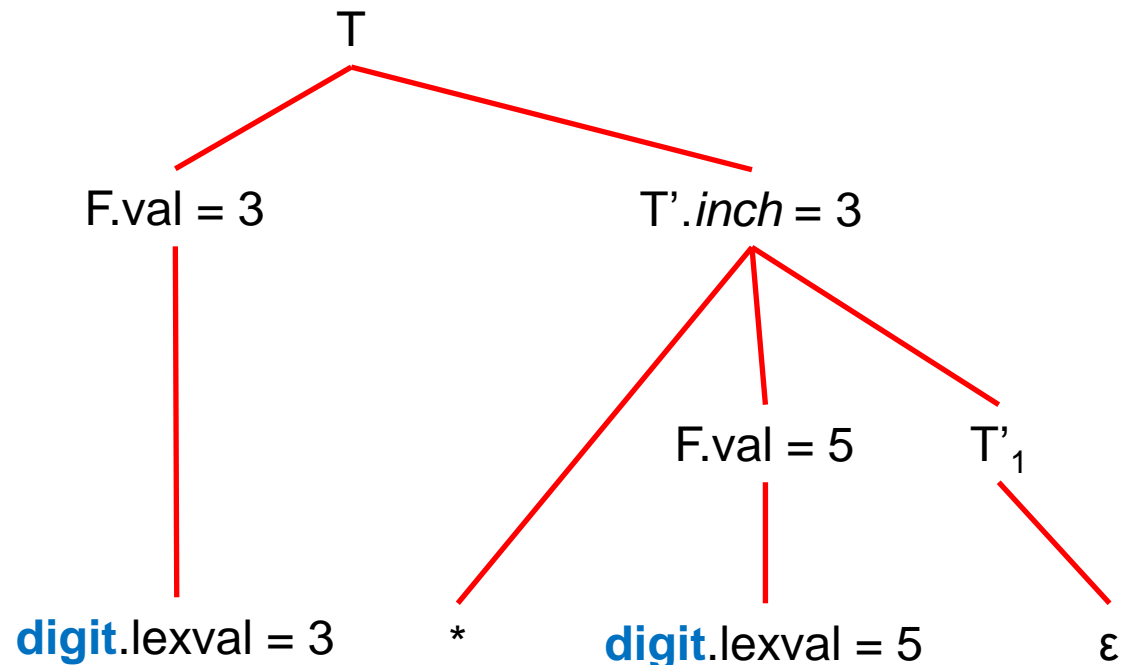
Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Executa-se a produção 3 ($T' \rightarrow \epsilon$).



Entrada: 3 * 5

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

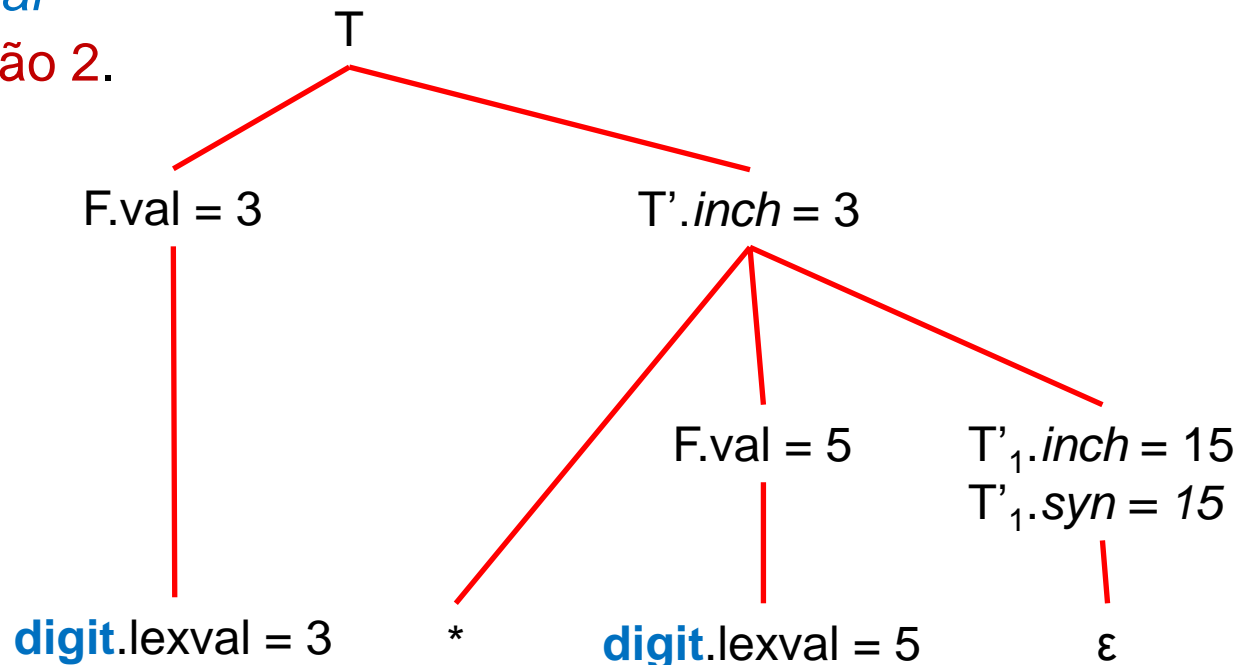
O atributo herdado $T'_1.inh$ é definido pela regra semântica

$$T'_1.inh = T'.inh * F.val$$

associada à produção 2.

Então, $T'_1 = 3 * 5$.

$T'_1 = 15$.



Entrada: 3 * 5

Análise semântica

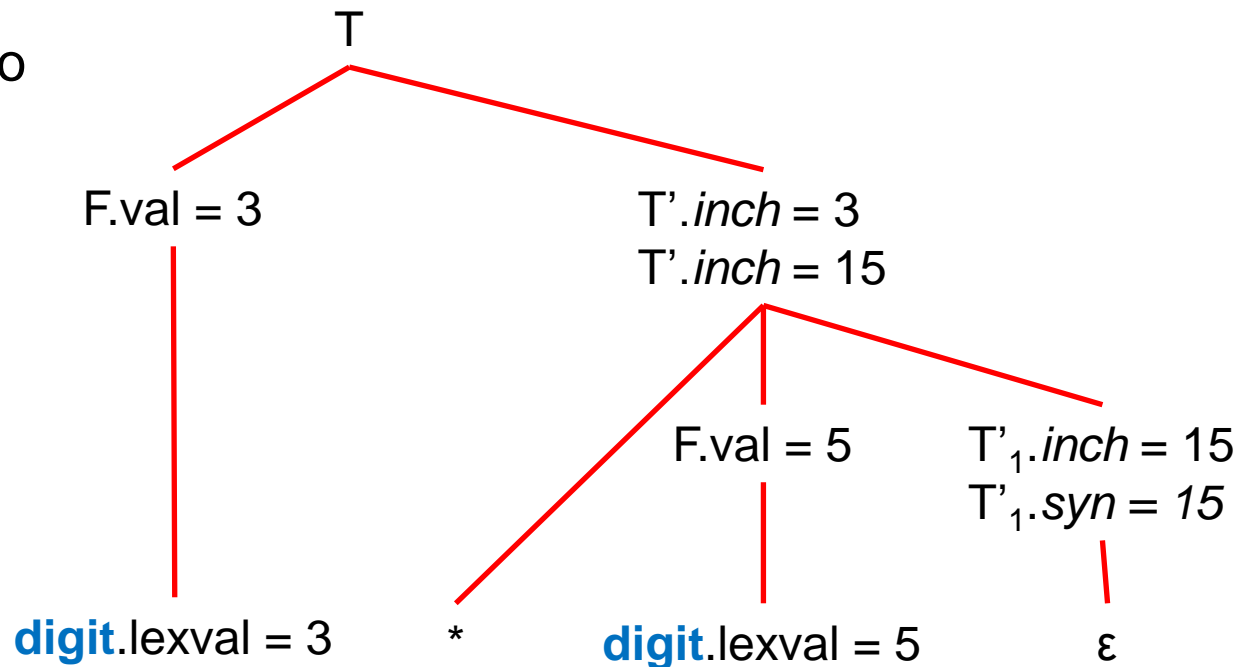
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Ainda na **produção 2** é realizado a sincronização, $T.syn = T'_1.syn$.

Com isso, T' herda o valor de T'_1 (15).



Entrada: 3 * 5

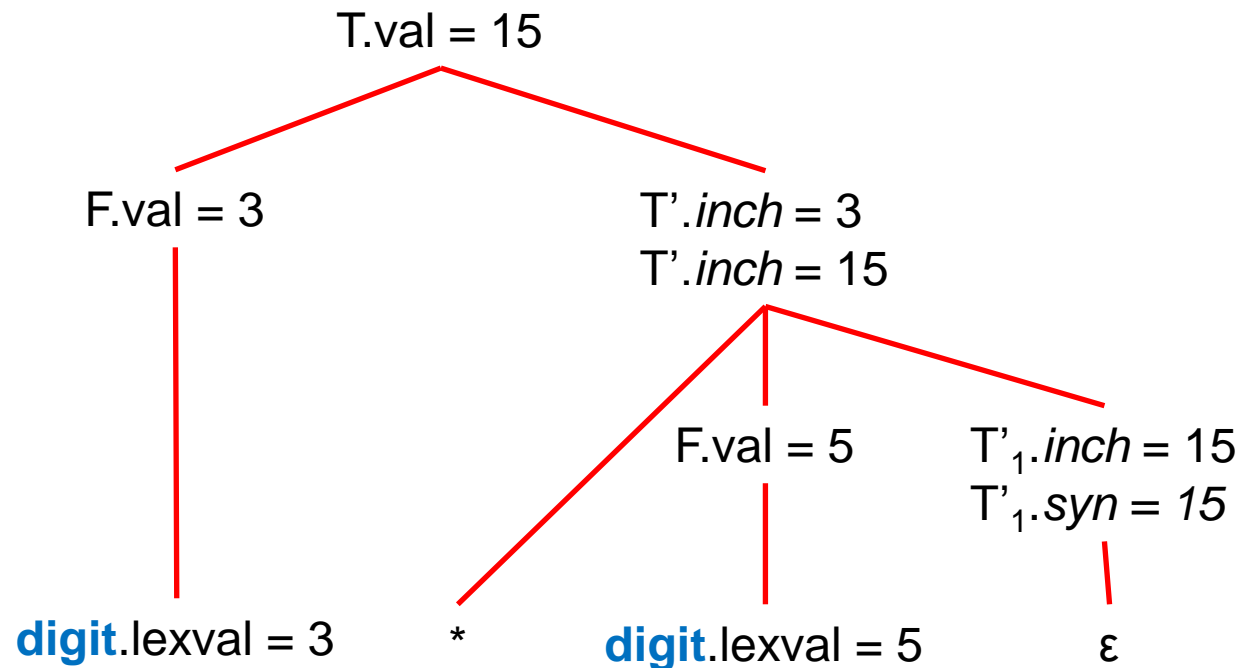
Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Por fim, na produção 1, $T.val = T'.syn$.



Entrada: 3 * 5

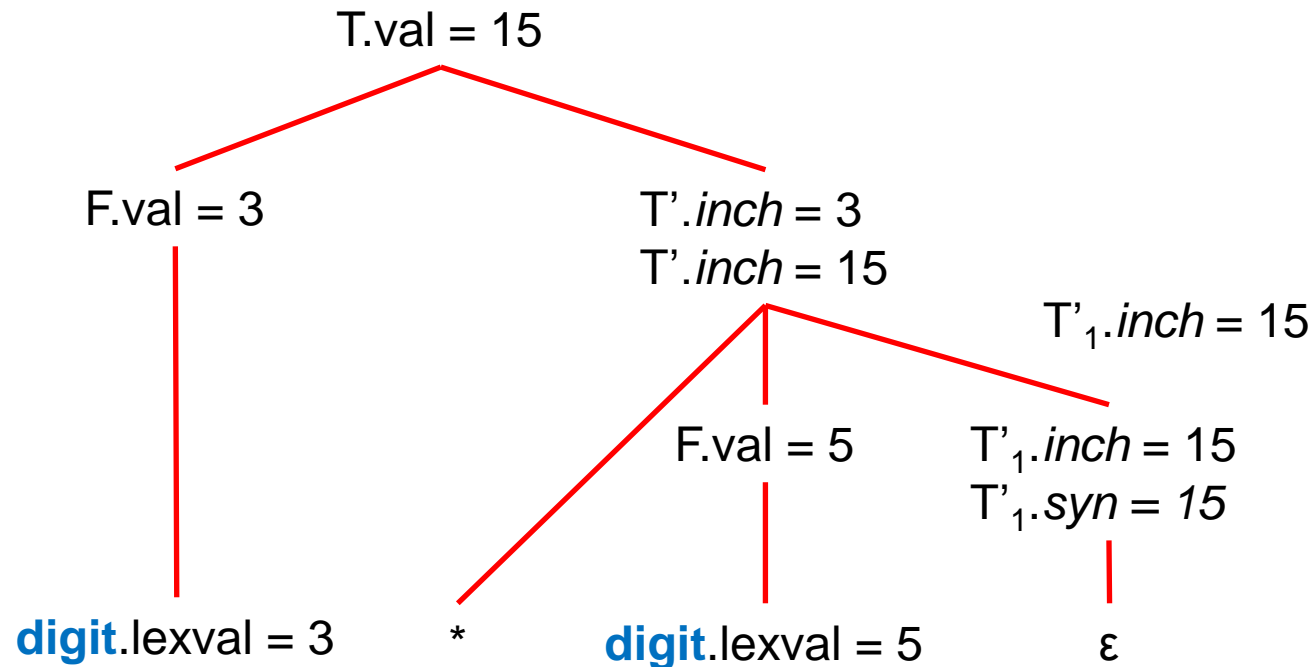
Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Qndo todos os fatores tiverem sido acumulados, o resultado é propagado p/ cima na árvore usando atributos sintetizados.



Entrada: 3 * 5

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Cada um dos não-terminais **T** e **F** possui um atributo sintetizado *val*;

O terminal **digit** tem um atributo sintetizado *lexval*.

O não-terminal **T'** possui dois atributos:

um atributo herdado *inh* e,
um atributo *syn*.

to *inherit* = herdar
to *synchronize* = sincronizar

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.inh$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Regras semânticas do exemplo são baseadas na ideia de que operando à esquerda do operador $*$ é herdado.

Mais precisamente, a cabeça T' da produção $T' \rightarrow *FT'_1$ herda o operando à esquerda de $*$ no corpo da produção.

Dado um termo $x*y*z$, a raiz da sub-árvore para $*y*z$ herda x .

Então, a raiz da sub-árvore p/ $*z$ herda o valor de $x*y$, e assim por adiante, se houver mais fatores no termo.

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

Análise semântica

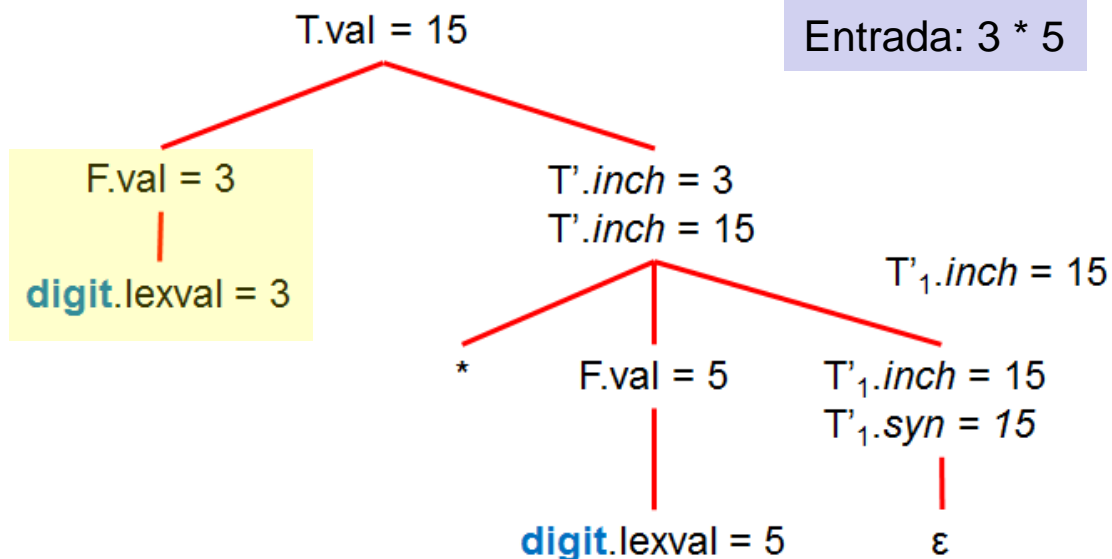
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

A folha mais à esquerda na árvore de derivação, rotulada com **digit**, possui atributo do tipo valor **lexval = 3**, onde o **3** é fornecido pelo analisador léxico.

Seu pai é representado pela **produção número 4**, $F \rightarrow \text{digit}$. A única regra semântica associada a essa produção define: $F.val = \text{digit.lexval}$, que é igual a **3**.

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.inh$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$



Análise semântica

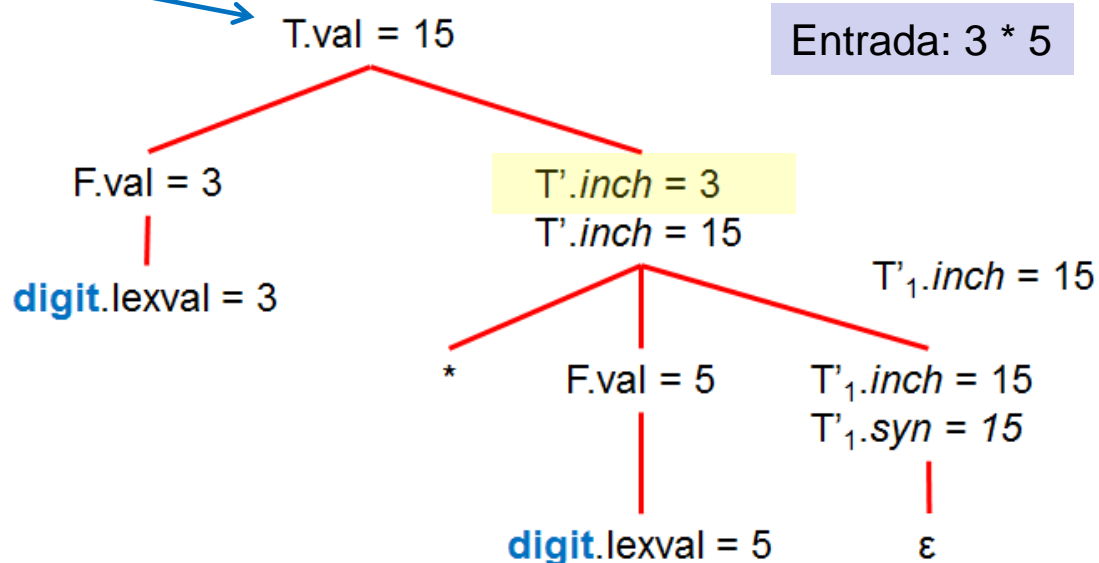
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

No 2º filho da raiz, o **atributo herdado** é definido pela regra semântica $T'.inh = F.val$ associada a **produção 1**.

Assim, o operando da esquerda, **3**, para o operador ***** é passado da esquerda para a direita pelos filhos da raiz.

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T'.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.inh$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$



Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

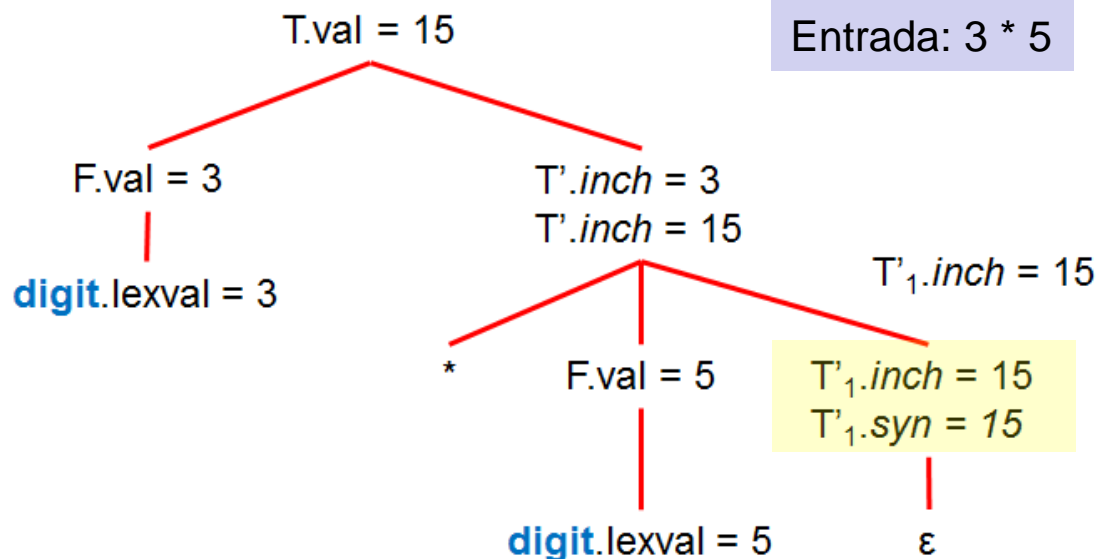
Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

A produção no nó para T' é $T' \rightarrow *FT'_1$.

Observação: Retemos o “ $_1$ ” p/ entre os dois nós para T' .

O atributo herdado $T'_1.inh$ é definido pela regra semântica $T'_1.inh = T'.inh * F.val$ associada à produção 2.

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T'.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.inh$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$



Análise semântica

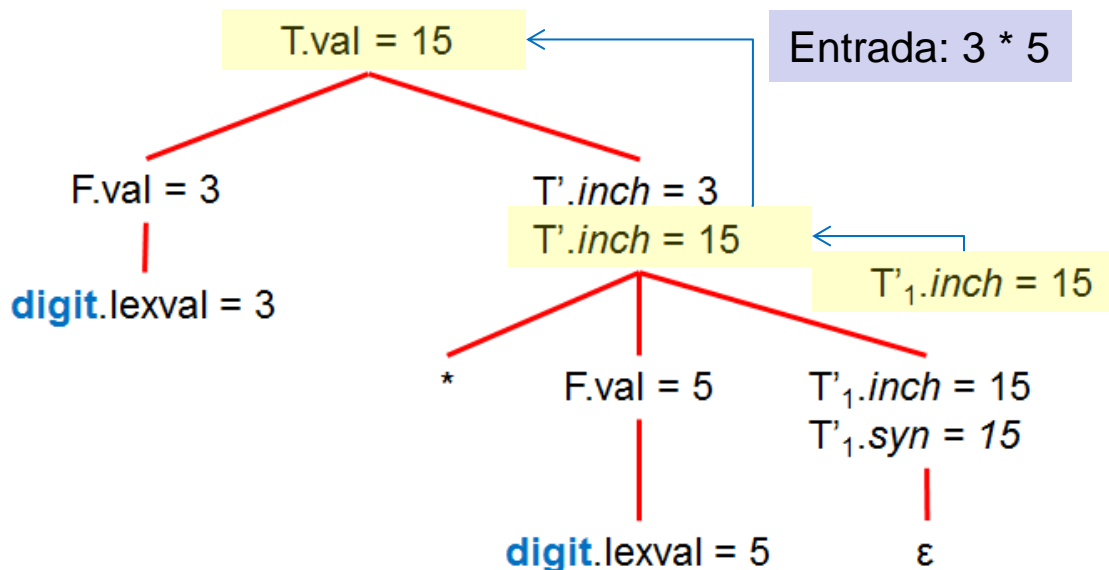
Tradução dirigida pela sintaxe

Avaliando uma SDD nos nós de uma árvore de derivação

Com $T'.inh = 3$ e $F.val = 5$, obtemos $T'_1.inh = 15$. No nó inferior para T'_1 , a produção é $T' \rightarrow \epsilon$.

A regra semântica $T'.syn = T'.ihn$ define $T'.syn = 15$. Os atributos syn nos nós para T' propagam o valor 15 para cima na árvore, até o nó T , onde $T.val = 15$.

Produção	Regras semânticas
1) $T \rightarrow FT'$	$T'.inh = F.val$ $T.val = T'.syn$
2) $T' \rightarrow *FT'_1$	$T'_1.inh = T'.inh * F.val$ $T'.syn = T'_1.syn$
3) $T' \rightarrow \epsilon$	$T'.syn = T'.ihn$
4) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$



Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Ordens de avaliação para SDDs

Grafos de dependência são uma forma útil para determinar uma ordem de avaliação para as instâncias dos atributos em dada árvores de derivação.

Enquanto a árvore de derivação anotada mostra os valores dos atributos, um grafo de dependência nos ajuda a determinar como esses valores podem ser avaliados.

Veremos os gráficos de dependência na próxima aula.

Análise semântica

Tradução dirigida pela sintaxe

Exercício

P/ a SDD abaixo, construa a **árvore de derivação anotada** para a seguinte expressão: $(3 + 4) * (5 + 6) n$

Produção	Regras semânticas
1) $L \rightarrow E n$	$L.val = E.val$
2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
7) $F \rightarrow \text{digit}$	$F.val = \text{digit.lexval}$

COMPILADORES

Obrigado!!

Prof. Geovane Griesang
geovanegriesang@unisc.br