

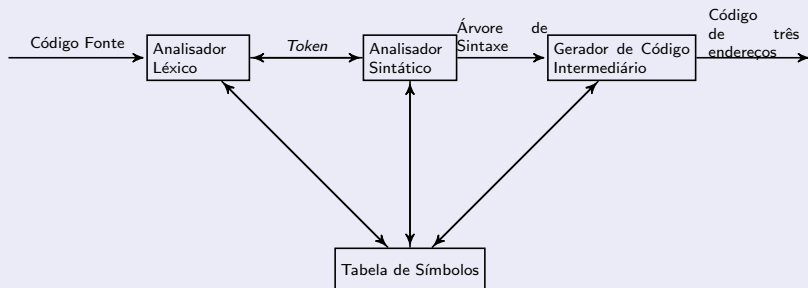
# Compiladores

## Análise Sintática

Bruno Lopes

- Lida com a linguagem de entrada
- Teste de pertinência: código fonte  $\in$  linguagem fonte?
- Programa está bem formado?
  - Sintaticamente?
  - Semanticamente?
- Cria um código intermediário

# Front-end



## Construção

Converter uma especificação de linguagem em código.

- 1 Gramática Livre de Contexto
- 2 Autômato de Pilha
- 3 Transformar em código

# Análise Sintática

Determina a estrutura sintática

Verifica se a entrada está bem formada

Entrada

Sequência de *tokens*

Árvore sintática

Representação intermediária

# Análise Sintática

Determina a estrutura sintática

Verifica se a entrada está bem formada

Entrada

Sequência de *tokens*

Árvore sintática

Representação intermediária

# Análise Sintática

Determina a estrutura sintática

Verifica se a entrada está bem formada

Entrada

Sequência de *tokens*

Árvore sintática

Representação intermediária

# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$

Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação



# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$

Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação
1	\$S	()\$	$S \rightarrow (S) S$

# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$   
Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação
1	$\$S$	$()\$$	$S \rightarrow (S) S$
2	$\$S)S($	$()\$$	match

# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$   
Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação
1	$\$S$	$()\$$	$S \rightarrow (S) S$
2	$\$S)S($	$()\$$	match
3	$\$S)S$	$)\$$	$S \rightarrow \epsilon$

# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$

Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação
1	\$S	()\$	$S \rightarrow (S) S$
2	\$S)S(	()\$	match
3	\$S)S	)\$	$S \rightarrow \epsilon$
4	\$S)	)\$	match

# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$

Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação
1	\$S	()\$	$S \rightarrow (S) S$
2	\$S)S(	()\$	match
3	\$S)S	)\$	$S \rightarrow \epsilon$
4	\$S)	)\$	match
5	\$S	\$	$S \rightarrow \epsilon$

# Análise Sintática usando pilha

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$

Entrada ()

	Pilha de AS	Entrada	Ação
1	$\$S$	$()\$$	$S \rightarrow (S) S$
2	$\$S)S($	$()\$$	match
3	$\$S)S$	$)\$$	$S \rightarrow \epsilon$
4	$\$S)$	$)\$$	match
5	$\$S$	$\$$	$S \rightarrow \epsilon$
6	$\$$	$\$$	aceita

# Escolha da produção correta

- *Lookahead*
- O quão à frente é necessário olhar?
  - Depende da gramática!
    - LL(k)
    - *Lookahead* limitado
    - Subclasses interessantes: gramáticas LL(1) e LR(1)
- $M[V, T + 1]$

# Escolha da produção correta

- *Lookahead*
- O quão à frente é necessário olhar?
  - Depende da gramática!
  - LL(k)
  - *Lookahead* limitado
  - Subclasses interessantes: gramáticas LL(1) e LR(1)
- $M[V, T + 1]$



# Escolha da produção correta

- *Lookahead*
- O quão à frente é necessário olhar?
  - Depende da gramática!
  - LL(k)
  - *Lookahead* limitado
  - Subclasses interessantes: gramáticas LL(1) e LR(1)
- $M[V, T + 1]$

# Escolha da produção correta

- *Lookahead*
- O quão à frente é necessário olhar?
  - Depende da gramática!
  - LL(k)
  - *Lookahead* limitado
  - Subclasses interessantes: gramáticas LL(1) e LR(1)
- $M[V, T + 1]$

$S \rightarrow (S) S \mid \epsilon$

Entrada ()

---

(		)		\$
---	--	---	--	----

---

$S \rightarrow (S) S$		$S \rightarrow \epsilon$		$S \rightarrow \epsilon$
-----------------------	--	--------------------------	--	--------------------------

---

```
insere símbolo inicial no topo da pilha
enquanto topo da pilha for <> $ e próximo token for <> $
  se topo da pilha = terminal a e próximo token de entrada = a
    match();
    desempilha;
    avança entrada;
  senão
    se topo da pilha = não terminal A e próximo token de
    entrada = a e  $M[A,a] = \text{produção } A \rightarrow X_1X_2\dots X_n$ 
      gera produção();
      desempilha;
      para i de n até 1 empilha  $X_i$ 
    senão erro();
se topo da pilha = $ e próximo token de entrada = $
  aceita;
senão erro();
```

# Gramática LL(1)

Uma gramática é LL(1) se a tabela de análise sintática tiver no máximo uma produção em cada célula.

- 1  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \langle \text{if-stmt} \rangle$
- 2  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \text{other}$
- 3  $\langle \text{if-stmt} \rangle ::= \text{if} (\langle \text{exp} \rangle) \langle \text{stmt} \rangle \langle \text{else-stmt} \rangle$
- 4  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \text{else} \langle \text{stmt} \rangle$
- 5  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \epsilon$
- 6  $\langle \text{exp} \rangle ::= 0$
- 7  $\langle \text{exp} \rangle ::= 1$

	if	other	else	0	1	\$

- 1  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \langle \text{if-stmt} \rangle$
- 2  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \text{other}$
- 3  $\langle \text{if-stmt} \rangle ::= \text{if} (\langle \text{exp} \rangle) \langle \text{stmt} \rangle \langle \text{else-stmt} \rangle$
- 4  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \text{else} \langle \text{stmt} \rangle$
- 5  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \epsilon$
- 6  $\langle \text{exp} \rangle ::= 0$
- 7  $\langle \text{exp} \rangle ::= 1$

	if	other	else	0	1	\$
$\langle \text{stmt} \rangle$	1	2				

- 1  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \langle \text{if-stmt} \rangle$
- 2  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \text{other}$
- 3  $\langle \text{if-stmt} \rangle ::= \text{if} (\langle \text{exp} \rangle) \langle \text{stmt} \rangle \langle \text{else-stmt} \rangle$
- 4  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \text{else} \langle \text{stmt} \rangle$
- 5  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \epsilon$
- 6  $\langle \text{exp} \rangle ::= 0$
- 7  $\langle \text{exp} \rangle ::= 1$

	if	other	else	0	1	\$
$\langle \text{stmt} \rangle$	1	2				
$\langle \text{if-stmt} \rangle$	3					



- 1  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \langle \text{if-stmt} \rangle$
- 2  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \text{other}$
- 3  $\langle \text{if-stmt} \rangle ::= \text{if} (\langle \text{exp} \rangle) \langle \text{stmt} \rangle \langle \text{else-stmt} \rangle$
- 4  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \text{else} \langle \text{stmt} \rangle$
- 5  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \epsilon$
- 6  $\langle \text{exp} \rangle ::= 0$
- 7  $\langle \text{exp} \rangle ::= 1$

	if	other	else	0	1	\$
$\langle \text{stmt} \rangle$	1	2				
$\langle \text{if-stmt} \rangle$	3					
$\langle \text{else-stmt} \rangle$			4, 5			5

- 1  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \langle \text{if-stmt} \rangle$
- 2  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \text{other}$
- 3  $\langle \text{if-stmt} \rangle ::= \text{if} (\langle \text{exp} \rangle) \langle \text{stmt} \rangle \langle \text{else-stmt} \rangle$
- 4  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \text{else} \langle \text{stmt} \rangle$
- 5  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \epsilon$
- 6  $\langle \text{exp} \rangle ::= 0$
- 7  $\langle \text{exp} \rangle ::= 1$

	if	other	else	0	1	\$
$\langle \text{stmt} \rangle$	1	2				
$\langle \text{if-stmt} \rangle$	3					
$\langle \text{else-stmt} \rangle$			4, 5			5
$\langle \text{exp} \rangle$				6	7	

- 1  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \langle \text{if-stmt} \rangle$
- 2  $\langle \text{stmt} \rangle ::= \text{other}$
- 3  $\langle \text{if-stmt} \rangle ::= \text{if} (\langle \text{exp} \rangle) \langle \text{stmt} \rangle \langle \text{else-stmt} \rangle$
- 4  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \text{else} \langle \text{stmt} \rangle$
- 5  $\langle \text{else-stmt} \rangle ::= \epsilon$
- 6  $\langle \text{exp} \rangle ::= 0$
- 7  $\langle \text{exp} \rangle ::= 1$

	if	other	else	0	1	\$
$\langle \text{stmt} \rangle$	1	2				
$\langle \text{if-stmt} \rangle$	3					
$\langle \text{else-stmt} \rangle$			4, 5			5
$\langle \text{exp} \rangle$				6	7	

if (0) if (1) other else other

# Fatoração à esquerda

$$A \rightarrow \alpha\beta \mid \alpha\gamma$$

```
<stmt-sequence> ::= <stmt> ; <stmt-sequence> | <stmt>  
<stmt> ::= s
```

# Funções auxiliares

- $\text{First}(\alpha)$
- $\text{Follow}(A)$

Como calcular  $\text{First}(\alpha)$ ?

Como calcular  $\text{Follow}(A)$ ?

# Funções auxiliares

- $\text{First}(\alpha)$
- $\text{Follow}(A)$

Como calcular  $\text{First}(\alpha)$ ?

Como calcular  $\text{Follow}(A)$ ?

# Funções auxiliares

- $\text{First}(\alpha)$
- $\text{Follow}(A)$

Como calcular  $\text{First}(\alpha)$ ?

Como calcular  $\text{Follow}(A)$ ?

# Construção da Tabela para o Reconhecedor Sintático Preditivo

Para cada produção na forma  $A \rightarrow \alpha$

- 1 Para cada  $a \in \text{First}(\alpha)$ , inclua  $A \rightarrow \alpha$  em  $M[A, a]$
- 2 Se  $\epsilon \in \text{First}(\alpha)$ , para cada  $b \in \text{Follow}(A)$  inclua  $A \rightarrow \alpha$  em  $M[A, b]$
- 3 Se  $\epsilon \in \text{First}(\alpha)$  e  $\$ \in \text{Follow}(A)$ , inclua  $A \rightarrow \alpha$  em  $M[A, \$]$



- $\langle \text{exp} \rangle ::= \langle \text{exp} \rangle \langle \text{addop} \rangle \langle \text{term} \rangle$
- $\langle \text{exp} \rangle ::= \langle \text{term} \rangle$
- $\langle \text{addop} \rangle ::= +$
- $\langle \text{addop} \rangle ::= -$
- $\langle \text{term} \rangle ::= \langle \text{term} \rangle \langle \text{multop} \rangle \langle \text{factor} \rangle$
- $\langle \text{term} \rangle ::= \langle \text{factor} \rangle$
- $\langle \text{multop} \rangle ::= *$
- $\langle \text{factor} \rangle ::= ( \langle \text{exp} \rangle )$
- $\langle \text{factor} \rangle ::= \text{number}$