

– INF01147 –  
Compiladores

Análise Sintática  
Parser LR(1)

Prof. Lucas M. Schnorr  
– Universidade Federal do Rio Grande do Sul –



# Autômato para Parser SLR(1)

(Revisão da aula anterior)

- ▶ Gramática de listas com colchetes

$$\begin{aligned} S &\rightarrow a \mid [ L ] \\ L &\rightarrow L ; S \mid S \end{aligned}$$

- ▶ Construa o autômato determinístico LR(0) e a tabela SLR(1)
- ▶ Regras de construção da parte Ação
  - ▶ Se  $[A \rightarrow \alpha \bullet a \beta] \in E0$  e  $\text{Transição}(E0, a) = E1$ 
    - ▶ defina  $\text{Ação}(E0, a)$  como “Empilha j”
  - ▶ Se  $[A \rightarrow \alpha \bullet] \in E0$ 
    - ▶ defina  $\text{Ação}(E0, a)$  como “Reduz  $A \rightarrow \alpha$ ”  $\forall a \in \text{Sequencia}(A)$
  - ▶ Se  $[S' \rightarrow S \bullet] \in E0$ 
    - ▶ defina  $\text{Ação}(E0, \$)$  como “Aceita”
  - ▶ Para todos os não-terminais A, se  $\text{Transição}(E0, A) = E1$ 
    - ▶ defina  $\text{Transição}(E0, A) = E1$
- ▶ Estado inicial é aquele construído a partir de  $[S' \rightarrow \bullet S]$

# Parser SLR(1) – Limitações

## ► Gramática de declarações

declaração	→	ativação   atribuição
ativação	→	<b>identificador</b>
atribuição	→	variável = expressão
variável	→	variável [ expressão ]   <b>identificador</b>
expressão	→	variável   <b>número</b>

## ► Simplificando esta gramática

S	→	<b>id</b>   V = E
V	→	<b>id</b>
E	→	V   n

- Veja o estado inicial do autômato LR(0) e transição com **id**
- Perceber o conflito Reduz-Reduz
  - A redução por  $V \rightarrow \text{id}$  *nunca* deveria ser efetuada com **\$**
  - V *nunca* pode ocorrer no final antes de = ser visto e empilhado

## ► Como tratar este problema?

# Plano da Aula de Hoje

- ▶ Parser LR(1)
- ▶ Fechamento da Análise Sintática

# Parser LR(1)

- ▶ Donald Knuth propõem parser LR(1) (em 1965) LR Canônico
  - ▶ Primeiro algoritmo ascendente
- ▶ Resolve a limitação da análise SLR(1)
- ▶ Custo: aumento substancial da complexidade
  - ▶ Não é utilizada na prática
- ▶ Parser LALR(1)
  - ▶ Preserva as vantagens da análise LR(1)
  - ▶ Com a eficiência do método SLR(1)
- ▶ Autômato LR(1) - composto de Itens LR(1)

# Itens LR(0) Lembrete

- ▶ O ponto  $\bullet$  indica a posição em uma produção
  - ▶ Diferencia o que já foi lido do que ainda é esperado
- ▶ Supondo a produção  $A \rightarrow \beta\gamma$   
Três itens são possíveis
  - ▶  $A \rightarrow \bullet\beta\gamma$   
Um item que é uma **possibilidade**
  - ▶  $A \rightarrow \beta \bullet \gamma$   
(Progredimos reconhecendo  $\beta$ )  
Um item **parcialmente completo**
  - ▶  $A \rightarrow \beta\gamma \bullet$   
 $\beta\gamma$  estão empilhados  
Um item **completo**

# Itens LR(1)

- ▶ Analisadores LR(1) necessitam de um token de *lookahead*
- ▶ Item LR(1)
  - ▶ Produção com o ponto  $\bullet$
  - ▶ Símbolo de *lookahead*
- ▶ Supondo a produção  $A \rightarrow \beta\gamma$  e um token  $a$  de *lookahead*  
Três itens são possíveis
  - ▶  $[A \rightarrow \bullet\beta\gamma, a]$
  - ▶  $[A \rightarrow \beta \bullet \gamma, a]$
  - ▶  $[A \rightarrow \beta\gamma \bullet, a]$   
 $\beta\gamma$  estão empilhados, podemos reduzir se  $a = \textit{lookahead}$

# Itens LR(1) importantes

- Considerando a gramática de listas de parênteses balanceados

$$\begin{aligned} S &\rightarrow L \\ L &\rightarrow L P \mid P \\ P &\rightarrow ( P ) \mid ( ) \end{aligned}$$

- Item LR(1) que representa o **estado inicial** do autômato

$$[ S \rightarrow \bullet L, \$ ]$$

- Item LR(1) que representa o **estado final** do autômato

$$[ S \rightarrow L \bullet, \$ ]$$

# Autômato de Itens LR(1)

- ▶ Começa no estado inicial do analisador

$$[ S \rightarrow \bullet L, \$ ]$$

- ▶ Constrói um modelo de todas as transições possíveis
  
- ▶ Cada estado é representado por um conjunto de itens
- ▶ Transições entre estados definidas por duas operações
  - ▶ Calculando uma **Transição**
  - ▶ Obtendo um **Fechamento**

# Transição LR(1) Parte #1

- Dado um item LR(1)

$$[ A \rightarrow \alpha \bullet X \gamma, a ]$$

- Existe uma transição em X (terminal ou não) para

$$[ A \rightarrow \alpha X \bullet \gamma, a ]$$

# Fechamento LR(1) Parte #2

- ▶ Dado um item LR(1) onde B é não-terminal

$$[ A \rightarrow \alpha \bullet B \gamma, a ]$$

- ▶ Existem transições vazias para

$$[ B \rightarrow \bullet \beta, b ]$$

- ▶ Para cada produção  $B \rightarrow \beta$  e cada token  $b \in \text{Primeiro}(\gamma a)$

# Fechamento LR(1) – Análise

- ▶ Fechamento- $\epsilon$  em LR(1) leva o contexto de B junto a si

$$[ A \rightarrow \alpha \bullet B \gamma, a ]$$

- ▶ Reconhecer B apenas se lookahead  $\in \text{Primeiro}(\gamma a)$
- ▶ Contraponto com SLR(1)
  - ▶  $\text{Primeiro}(\gamma a) \subset \text{Sequência}(B)$

- ▶ Caso especial com  $\gamma = \epsilon$

$$[ A \rightarrow \alpha \bullet B, a ]$$

- ▶ Como  $\text{Primeiro}(a) = a$ , teremos somente o Fechamento- $\epsilon$  para

$$[ B \rightarrow \bullet \beta, a ]$$

# Fechamento LR(1) – Exemplo

- Considerando a gramática exemplo

$$S \rightarrow L$$
$$L \rightarrow L P \mid P$$
$$P \rightarrow ( P ) \mid ( )$$

- Calcular o fechamento de  $[ S \rightarrow \bullet L, \$ ]$
- Solução

$$[ S \rightarrow \bullet L, \$ ]$$
$$[ L \rightarrow \bullet L P, \$ ]$$
$$[ L \rightarrow \bullet P, \$ ]$$
$$[ L \rightarrow \bullet L P, ( ]$$
$$[ L \rightarrow \bullet P, ( ]$$
$$[ P \rightarrow \bullet ( P ), \$ ]$$
$$[ P \rightarrow \bullet ( ), \$ ]$$
$$[ P \rightarrow \bullet ( P ), ( ]$$
$$[ P \rightarrow \bullet ( ), ( ]$$

# Transição LR(1) – Exemplo

- Considerando o estado

[  $S \rightarrow \bullet L, \$$  ]  
[  $L \rightarrow \bullet L P, \$$  ]  
[  $L \rightarrow \bullet P, \$$  ]  
[  $L \rightarrow \bullet L P, ($  ]  
[  $L \rightarrow \bullet P, ($  ]  
[  $P \rightarrow \bullet ( P ), \$$  ]  
[  $P \rightarrow \bullet ( ), \$$  ]  
[  $P \rightarrow \bullet ( P ), ($  ]  
[  $P \rightarrow \bullet ( ), ($  ]

- Calcular a transição com o símbolo (
- Solução

[  $P \rightarrow ( \bullet P ), \$$  ]  
[  $P \rightarrow ( \bullet ), \$$  ]  
[  $P \rightarrow ( \bullet P ), ($  ]  
[  $P \rightarrow ( \bullet ), ($  ]  
[  $P \rightarrow \bullet ( P ), )$  ]  
[  $P \rightarrow \bullet ( ), )$  ]

## Exemplo 1 (completo)

- ▶ Considerando a gramática

$$A \rightarrow ( A ) \mid a$$

- ▶ Calcule o autômato LR(1)
- ▶ Construa a tabela LR(1) baseada no autômato

# Exercícios LR(1)

# Exercício 1 com LR(1)

- ▶ Considere a gramática para lista de termos **a**

$$\begin{aligned} S &\rightarrow \mathbf{a} ( L ) \mid \mathbf{a} \\ L &\rightarrow S , L \mid S \end{aligned}$$

- ▶ Construir os estados do autômato LR(1)
- ▶ Definir a tabela LR(1)
  
- ▶ Mostrar a análise de **a(a,a)**

## Exercício 2 com LR(1)

- ▶ Considere a gramática do **else** opcional

$$S \rightarrow i S e S \mid i S \mid a$$

- ▶ Construir os estados do autômato LR(1)
- ▶ Construir a tabela LR(1)

- ▶ Mostrar a análise de **iaiaiaea**

## Exercício 3 com LR(1)

- ▶ Considerando a gramática

$$\begin{aligned}L &\rightarrow L P \mid P \\P &\rightarrow ( P ) \mid ( )\end{aligned}$$

- ▶ Calcule o autômato LR(1)
- ▶ Construa a tabela LR(1) baseada no autômato

## Exercício 3 Tabela LR(1)

- A gramática com produções identificadas por números

$$\begin{array}{lll} 1 & S' & \rightarrow L \\ 2 & L & \rightarrow L P \\ 3 & L & \rightarrow P \\ 4 & P & \rightarrow ( P ) \\ 5 & P & \rightarrow ( ) \end{array}$$

- Tabela resultante

	\$	(	)	Lista	Par
0		e3		1	2
1	a	e3			4
2	r3	r3			
3		e6	e7		5
4	r2	r2			
5			e8		
6		e6	e10		9
7	r5	r5			
8	r4	r4			
9			e11		
10			r5		
11			r4		

# Parser LR(1) – Além das limitações de SLR(1)

## ► Gramática de declarações

declaração	→	ativação   atribuição
ativação	→	<b>identificador</b>
atribuição	→	variável = expressão
variável	→	variável [ expressão ]   <b>identificador</b>
expressão	→	variável   <b>número</b>

## ► Simplificando esta gramática

S	→	<b>id</b>   V = E
V	→	<b>id</b>
E	→	V   <b>n</b>

## ► Como fica em LR(1)?

- Não há conflito Reduz-Reduz (como havia em SLR(1))

# Fechamento

## Análise Sintática

# Conclusão

- ▶ Leituras Recomendadas
  - ▶ Livro do Dragão
    - ▶ Seções 4.6 até 4.8
  - ▶ Série Didática
    - ▶ Seções 3.3 (3.3.3 contém SLR) e 3.4
  - ▶ Keith Cooper
    - ▶ Seções 3.4 até 3.4.2 – somente LR(1)
- ▶ Próxima Aula
  - ▶ Apresentação da Etapa 3
    - ▶ Sala 102 do Prédio 67 (Turma A)
    - ▶ Sala 103 do Prédio 67 (Turma B)