

Análise SLR

Construção de compiladores I

Objetivos

Objetivos

- Apresentar o algoritmo de análise sintática SLR.

Introdução

Introdução

- Nas aulas anteriores, vimos o as funções de fechamento e goto, utilizadas para a construção de itens LR(0), do autômato LR(0) e do algoritmo de análise sintática LR(0).

Introdução

- Nesta aula, vamos conhecer outro algoritmo de análise ascendente: SLR
- O algoritmo SLR consiste de uma pequena modificação na construção de tabela usada pelo algoritmo LR(0).

Construção da tabela SLR

Construção da tabela SLR

- Seja G a gramática original. Estenda G com uma nova variável inicial. Chamaremos essa nova gramática de G' .
- Calcule $\text{follow}(A)$ para cada não terminal A de G' .

Construção da tabela SLR

- Construção do AFD LR(0).
- Construção da tabela SLR.

Construção da tabela SLR

- Construa o conjunto $C = \{I_1, \dots, I_n\}$ de itens canônicos para a gramática G' .
- Cada item I_i produz o estado i . As ações da tabela são determinadas como se segue.

Construção da tabela SLR

- Se $A \rightarrow \alpha.a\beta \in I_i$ e $\text{goto}(I_i, a) = I_j$, marque a entrada $A[i, a] = \text{shift } j$.

Construção da tabela SLR

- Se $A \rightarrow \alpha. \in I_i$, marque $A[i, a] = \text{reduce } A \rightarrow \alpha$, para todo $a \in \text{follow}(A) - \{S'\}$.

Construção da tabela SLR

- Se $S' \rightarrow S. \in I_i$, marque $A[i, \$] = \text{accept}$.

Construção da tabela SLR

- Se $\text{goto}(I_i, a) = I_j$, marque $G[i, a] = \text{goto } j$.
- Qualquer entrada não marcada, são consideradas como rejeitar.

Exemplo

Exemplo

- Vamos considerar a gramática de exemplo:

$$\begin{array}{lcl} S & \rightarrow & (L) \mid x \\ L & \rightarrow & L, S \mid S \end{array}$$

Exemplo

- Inicialmente, vamos criar uma nova variável inicial.

$$\begin{array}{lcl} S' & \rightarrow & S. \\ S & \rightarrow & (L) \mid \mathbf{x} \\ L & \rightarrow & L, S \mid S \end{array}$$

Exemplo

- Vamos construir o AFD LR(0).

Exemplo

- Inicializando $C \leftarrow closure(\{S' \rightarrow .S\})$.

– Chamaremos esse conjunto de I_1

$$\left\{ \begin{array}{l} S \rightarrow .S \\ S \rightarrow .(L) \\ S \rightarrow .\mathbf{x} \end{array} \right\}$$

Exemplo

- Processando $goto(I_1, x)$:

– Criando um estado I_2

$$S \rightarrow \mathbf{x}.$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2)\}$$

Exemplo

- Processando $goto(I_1, ()$:

– Criando um estado I_3

$$\begin{array}{lcl} S & \rightarrow & (.L) \\ L & \rightarrow & .L, S \\ L & \rightarrow & .S \\ S & \rightarrow & .(L) \\ S & \rightarrow & .\mathbf{x} \end{array}$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3))\}$$

Exemplo

- Processando $\text{goto}(I_1, S)$:
 - Criando um estado I_4

$$S' \rightarrow S.$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4))\}$$

Exemplo

- Com isso, concluímos as transições sobre I_1 .

Exemplo

- Agora, vamos considerar o conjunto I_2 :

$$S \rightarrow \mathbf{x}.$$

Exemplo

- Nenhuma transição pode ser construída a partir de

$$S \rightarrow \mathbf{x}.$$

Exemplo

- Agora, vamos considerar o conjunto I_3 :

$$\begin{aligned} S &\rightarrow (.L) \\ L &\rightarrow .L,S \\ L &\rightarrow .S \\ S &\rightarrow .(L) \\ S &\rightarrow .\mathbf{x} \end{aligned}$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_3, x)$
- Única produção a ser considerada:

$$S \rightarrow \cdot \mathbf{x}$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), (I_3, x, I_2)\}$$

Exemplo

- Logo, obtemos o estado I_2 :

$$S \rightarrow \mathbf{x} \cdot$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_3, ($.
- Produção base

$$S \rightarrow \cdot (L)$$

Exemplo

- Calculando o $closure(\{S \rightarrow (\cdot L)\})$.

– Incluindo produções L

$$S \rightarrow (\cdot L)$$

$$L \rightarrow \cdot L, S$$

$$L \rightarrow \cdot S$$

Exemplo

- Calculando o *closure*($\{S \rightarrow (.L)\}$).
 - Incluindo produções S
 - Estado I_3

$S \rightarrow (.L)$
 $S \rightarrow .x$
 $L \rightarrow .L, S$
 $L \rightarrow .S$
 $S \rightarrow .(L)$

Exemplo

- Atualizando arestas:
$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3)\}$$

Exemplo

- Calculando *goto*(I_3, L)
 - Vamos chamar esse estado de I_5

$S \rightarrow (L.)$
 $S \rightarrow L., S$

Exemplo

- Atualizando arestas:
$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5)\}$$

Exemplo

- Calculando *goto*(I_3, S):
 - Chamaremos esse estado de I_6

$L \rightarrow S.$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), \\ (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5), \\ (I_3, S, I_6)\}$$

Exemplo

- Agora, vamos considerar o estado I_4
 - Não há transições possíveis.

$$S' \rightarrow S.$$

Exemplo

- Agora, vamos considerar o estado I_5

$$S \rightarrow (L.) \\ S \rightarrow L., S$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_5,)$
 - Chamaremos esse estado de I_7 .

$$S \rightarrow (L).$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), \\ (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5), \\ (I_3, S, I_6), (I_5,), I_7)\}$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_5, ,)$
 - Chamaremos esse estado de I_8

- Produção base

$$S \rightarrow L, .S$$

Exemplo

- Calculando $\text{closure}(\{S \rightarrow L, .S\})$:
 - Chamaremos esse estado de I_8

$$S \rightarrow L, .S$$

$$S \rightarrow .(L)$$

$$S \rightarrow .x$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), \\ (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5), \\ (I_3, S, I_6), (I_5,), I_7), (I_5, , , I_8)\}$$

Exemplo

- Agora, vamos considerar o estado I_6 :
 - Não há transições possíveis.

$$L \rightarrow S.$$

Exemplo

- Agora vamos considerar o estado I_7 :
 - Não há transições possíveis.

$$S \rightarrow (L).$$

Exemplo

- Agora vamos considerar o estado I_8 :

$$S \rightarrow L, .S$$

$$S \rightarrow .(L)$$

$$S \rightarrow .x$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_8, x)$
- Produção base: $S \rightarrow .x$
- Resultado: estado I_2

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$\begin{aligned} E = \{ & (I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), \\ & (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5), \\ & (I_3, S, I_6), (I_5,), I_7), (I_5, , , I_8), \\ & (I_8, x, I_2) \} \end{aligned}$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_8, ($
- Produção base: $S \rightarrow (.S)$
- Resultado: estado I_3 .

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$\begin{aligned} E = \{ & (I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), \\ & (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5), \\ & (I_3, S, I_6), (I_5,), I_7), (I_5, , , I_8), \\ & (I_8, x, I_2), (I_8, (, I_3)) \} \end{aligned}$$

Exemplo

- Calculando $goto(I_8, S)$
 - Vamos chamar esse estado de I_9 .
- Produção base: $S \rightarrow L, S$.

$$S \rightarrow L, S.$$

Exemplo

- Atualizando arestas:

$$E = \{(I_1, x, I_2), (I_1, (, I_3), (I_1, S, I_4), \\ (I_3, x, I_2), (I_3, (, I_3), (I_3, L, I_5), \\ (I_3, S, I_6), (I_5,), I_7), (I_5, , , I_8), \\ (I_8, x, I_2), (I_8, (, I_3), (I_8, S, I_9)\}$$

Exemplo

- Agora vamos considerar o estado I_9

– Não há transições possíveis.

$$S \rightarrow L, S.$$

Exemplo

- Como não há modificações, o algoritmo termina
- Agora, temos o AFD LR(0) para a gramática.

Exemplo

- Desenho do AFD LR(0) para a gramática na lousa.

Exemplo

- Construção dos conjuntos follow(A)

Exemplo

- Primeiro calculando os conjuntos first.

$$- \text{first}(S') = \text{first}(S) = \text{first}((L)) \cup \text{first}(x) = \{(, x\}.$$

$$- \text{first}(L) = \text{first}(S) = \{(, x\}.$$

Exemplo

- Calculando follow:

$$- \text{follow}(S') = \{\$, (, , \}$$

$$- \text{follow}(S) = \{), , \}$$

$$- \text{follow}(L) = \{), , \}$$

Exemplo

- Agora vamos construir a tabela de análise.
- Primeiro, considerando o estado I_1 .

Exemplo

- Produção $S \rightarrow x$:
 - Como $\text{goto}(I_1, x) = I_2$, temos que $A[1, x] = \text{shift } 2$.

Exemplo

- Produção $S \rightarrow (L)$:
 - Como $\text{goto}(I_1, () = I_3$, temos que $A[1, (] = \text{shift } 3$.

Exemplo

- Como $\text{goto}(I_1, S) = I_4$, temos que $G[1, S] = \text{goto } 4$.

Exemplo

- Considerando o estado I_2 .
- Como $S \rightarrow x$. e $\text{follow}(S) = \{), \},$, temos que
 - $A[2,)] = A[2, \}] = \text{reduce } S \rightarrow x$.

Exemplo

- Considerando o estado I_3 .
 - Como $\text{goto}(I_3, x) = I_2$, temos que $A[3, x] = \text{shift } 2$.
 - Como $\text{goto}(I_3, () = I_3$, temos que $A[3, (] = \text{shift } 3$.

Exemplo

- Como $\text{goto}(I_3, L) = I_5$, temos que $G[3, L] = \text{goto } 5$.
- Como $\text{goto}(I_3, S) = I_6$, temos que $G[3, S] = \text{goto } 6$.

Exemplo

- Considerando o estado I_4 .
 - Como $S' \rightarrow S$, temos que $A[4, \$] = \text{accept}$.

Exemplo

- Considerando o estado I_5 .
 - Como $\text{goto}(I_5,)) = I_7$, temos que $A[5,)] = \text{shift } 7$.
 - Como $\text{goto}(I_5, ,) = I_8$, temos que $A[5, ,] = \text{shift } 8$.

Exemplo

- Considerando o estado I_6 .
 - Como $L \rightarrow S$ e $\text{follow}(L) = \{), ,\}$, temos que:
 - * $A[6,)] = A[6, ,] = \text{reduce } L \rightarrow S$.

Exemplo

- Considerando o estado I_7 .
 - Como $S \rightarrow (L)$ e $\text{follow}(S) = \{), ,\}$, temos que:
 - * $A[7,)] = A[7, ,] = \text{reduce } S \rightarrow (L)$

Exemplo

- Considerando o estado I_8 .
 - Como $\text{goto}(I_8, () = I_3$, temos que $A[8, (] = \text{shift } 3$
 - Como $\text{goto}(I_8, x) = I_2$, temos que $A[8, x] = \text{shift } 2$

Exemplo

- Como $\text{goto}(I_8, S) = I_9$, temos que $G[8, S] = \text{goto } 9$.

Exemplo

- Considerando o estado I_9 .
 - Como $L \rightarrow L, S$ e $\text{follow}(L) = \{), ,\}$, temos que:
 - * $A[9,)] = A[9, ,] = \text{reduce } L \rightarrow L, S$.

Exemplo

- Desenho da tabela na lousa.
- Uso da tabela para análise sintática de (x,x).

Concluindo

Concluindo

- Nesta aula apresentamos a construção de tabelas SLR.
- Próxima aula: Analisadores sintáticos LR(1).

Exercícios

Exercícios

- Determine se a seguinte gramática possui conflitos, utilizando o algoritmo de construção de tabelas SLR.

$$\begin{aligned} E &\rightarrow T + E \mid T \\ T &\rightarrow \mathbf{x} \end{aligned}$$