

Construção de Compiladores

Período Especial

Aula 21: Análise SLR(1)

Bruno Müller Junior

Departamento de Informática
UFPR

2020

O problema

- A gramática G_2 vista na aula anterior apresentava conflitos nos estados e_2 e e_9 .
- A existência destes conflitos implica dizer que $G_2 \notin SLR(0)$.
- Vamos primeiro entender quando apareceram os conflitos o analisando passo a passo o algoritmo $SLR(0)$.

Passo 1: tabela de estados

- Obviamente não gera conflitos pois não inclui ações

Tabela de Desvios									
	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	5			4		
1					6				
2						7			
3									
4	8	2	3	5			4		
5									
6		9	3	5			4		
7			10	5			4		
8					6				11
9						7			
10									
11									

Passo 2: Tabela de Ações - Algoritmo

- Para cada estado e_x , faça:
 - 1 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet a\beta]$ então coloque um “empilha” na interseção de e_x com a .
 - 2 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet]$ então coloque um “reduz” (com o número da produção correspondente) em toda linha de e_x .
 - 3 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet \#]$ então coloque um “aceita” na interseção de x com $\#$.

Passo 2.1: Ações de empilhar

- ① Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet a\beta]$ então coloque um “empilha” na interseção de e_x com a .

Tabela de Desvios+{empilha}

	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	e_5			e_4		
1					e_6				
2						e_7			
3									
4	8	2	3	e_5			e_4		
5									
6		9	3	e_5			e_4		
7			10	e_5			e_4		
8					e_6				e_{11}
9						e_7			
10									
11									

Passo 2.2: Ações de reduzir

- 2 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet]$ então coloque um “reduz” (com o número da produção correspondente) **em toda linha de e_x** .

Tabela de Desvios + {empilha, reduz}

	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	e_5			e_4		
1					e_6				A
2				r_2	r_2	$\overset{e_7}{r_2}$	r_2	r_2	r_2
3				r_4	r_4	r_4	r_4	r_4	r_4
4	8	2	3	e_5			e_4		
5				r_6	r_6	r_6	r_6	r_6	r_6
6		9	3	e_5			e_4		
7			10	e_5			e_4		
8					e_6				e_{11}
9				r_1	r_1	$\overset{e_7}{r_1}$	r_1	r_1	r_1
10				r_3	r_3	r_3	r_3	r_3	r_3
11				r_5	r_5	r_5	r_5	r_5	r_5

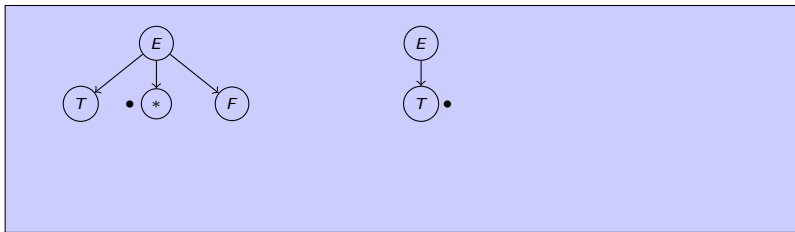
$$e_2 = \{ [E \rightarrow T \bullet], [E \rightarrow T \bullet * F] \}$$

$$e_9 = \{ [E \rightarrow E + T \bullet], [E \rightarrow T \bullet * F] \}$$

Motivo do problema

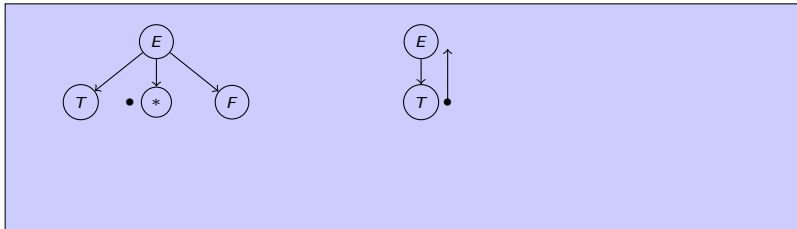
- Vamos agora analisar o problema;
- Considere o estado e_2 :

$$e_2 = \{ [E \rightarrow T \bullet], \\ [E \rightarrow T \bullet * F] \}$$



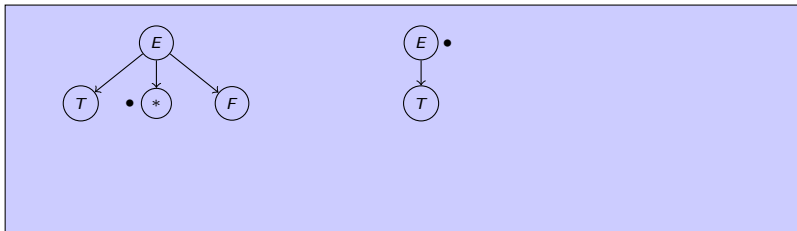
Motivo do problema

- Observe o item $[E \rightarrow T\bullet]$
- Após a redução, teríamos...



Motivo do problema

- Ou seja, a redução só precisa ser feita para os símbolos terminais que sucederem E .



Solução do problema

- Quais terminais podem suceder E ?

$G_2 = \{ E \rightarrow E + T$
 $E \rightarrow T$
 $T \rightarrow T * F$
 $T \rightarrow F$
 $F \rightarrow (E)$
 $F \rightarrow a$

Tabela de Desvios + {empilha, reduz}

	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	e ₅			e ₄		
1					e ₆				A
2				r ₂	r ₂	r₂ e ₇	r ₂	r ₂	r ₂
3				r ₄	r ₄	r ₄	r ₄	r ₄	r ₄
4	8	2	3	e ₅			e ₄		
5				r ₆	r ₆	r ₆	r ₆	r ₆	r ₆
6		9	3	e ₅			e ₄		
7			10	e ₅			e ₄		
8					e ₆				e ₁₁
9				r ₁	r ₁	r₁ e ₇	r ₁	r ₁	r ₁
10				r ₃	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃
11				r ₅	r ₅	r ₅	r ₅	r ₅	r ₅

Solução do problema

- Quais terminais podem suceder E ?
- $\{+,)\}$

$G_2 = \{E \rightarrow E + T$
 $E \rightarrow T$
 $T \rightarrow T * F$
 $T \rightarrow F$
 $F \rightarrow (E)$
 $F \rightarrow a$

Tabela de Desvios $\{empilha, reduz\}$

	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	e_5			e_4		
1					e_6				A
2				r_2	r_2	$\frac{e_7}{r_2}$	r_2	r_2	r_2
3				r_4	r_4	r_4	r_4	r_4	r_4
4	8	2	3	e_5			e_4		
5				r_6	r_6	r_6	r_6	r_6	r_6
6		9	3	e_5			e_4		
7			10	e_5			e_4		
8					e_6				e_{11}
9				r_1	r_1	$\frac{e_7}{r_1}$	r_1	r_1	r_1
10				r_3	r_3	r_3	r_3	r_3	r_3
11				r_5	r_5	r_5	r_5	r_5	r_5

Solução do problema

- Quais terminais podem suceder E ?
- $\{+,)\}$
- A redução não dever ser aplicada ao $*$

$$G_2 = \{ E \rightarrow E + T$$

$$E \rightarrow T$$

$$T \rightarrow T * F$$

$$T \rightarrow F$$

$$F \rightarrow (E)$$

$$F \rightarrow a$$

Tabela de Desvios $\{empilha, reduz\}$

	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	e_5			e_4		
1					e_6				A
2				r_2	r_2	$\frac{e_7}{r_2}$	r_2	r_2	r_2
3				r_4	r_4	r_4	r_4	r_4	r_4
4	8	2	3	e_5			e_4		
5				r_6	r_6	r_6	r_6	r_6	r_6
6		9	3	e_5			e_4		
7			10	e_5			e_4		
8					e_6				e_{11}
9				r_1	r_1	$\frac{e_7}{r_1}$	r_1	r_1	r_1
10				r_3	r_3	r_3	r_3	r_3	r_3
11				r_5	r_5	r_5	r_5	r_5	r_5

Solução do problema

- Quais terminais podem suceder E ?
- $\{+,)\}$
- Logo, o conflito foi eliminado!

$$G_2 = \{ E \rightarrow E + T$$

$$E \rightarrow T$$

$$T \rightarrow T * F$$

$$T \rightarrow F$$

$$F \rightarrow (E)$$

$$F \rightarrow a$$

Tabela de Desvios+{empilha, reduz}

	E	T	F	a	+	*	()	#
0	1	2	3	e ₅			e ₄		
1					e ₆				A
2					r ₂	e ₇		r ₂	
3				r ₄	r ₄	r ₄	r ₄	r ₄	r ₄
4	8	2	3	e ₅			e ₄		
5				r ₆	r ₆	r ₆	r ₆	r ₆	r ₆
6		9	3	e ₅			e ₄		
7			10	e ₅			e ₄		
8					e ₆				e ₁₁
9				r ₁	r ₁	r₁	r ₁	r ₁	r ₁
10				r ₃	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃	r ₃
11				r ₅	r ₅	r ₅	r ₅	r ₅	r ₅

Estado 9

- Ao aplicar o mesmo procedimento ao estado 9,

$$e_9 = \{ [E \rightarrow E + T\bullet], [E \rightarrow T\bullet * F] \}$$

Estado 9

- Ao aplicar o mesmo procedimento ao estado 9,

$$e_9 = \{ [E \rightarrow E + T\bullet], [E \rightarrow T\bullet * F] \}$$

- observamos que a redução só deve ser aplicada aos terminais que $Seguem(E) = \{+,)\}$

Estado 9

- Ao aplicar o mesmo procedimento ao estado 9,

$$e_9 = \{ [E \rightarrow E + T\bullet], [E \rightarrow T\bullet *F] \}$$

- observamos que a redução só deve ser aplicada aos terminais que $Seguem(E) = \{+, \bullet\}$
- e que o conflito também é eliminado.

Algoritmo SLR(1)

- O algoritmo SLR(0) assume que as reduções devem ser realizadas para todos os terminais de entrada (não analisa nenhum token à frente)

Algoritmo SLR(1)

- O algoritmo SLR(0) assume que as reduções devem ser realizadas para todos os terminais de entrada (não analisa nenhum token à frente)
- O algoritmo SLR(1) é um pouco mais inteligente, pois verifica para quais tokens as reduções de cada estado são válidas;

Algoritmo SLR(1)

- O algoritmo SLR(0) assume que as reduções devem ser realizadas para todos os terminais de entrada (não analisa nenhum token à frente)
- O algoritmo SLR(1) é um pouco mais inteligente, pois verifica para quais tokens as reduções de cada estado são válidas;
- É um algoritmo mais amplo que SLR(0).

Algoritmo SLR(1)

- O algoritmo SLR(0) assume que as reduções devem ser realizadas para todos os terminais de entrada (não analisa nenhum token à frente)
- O algoritmo SLR(1) é um pouco mais inteligente, pois verifica para quais tokens as reduções de cada estado são válidas;
- É um algoritmo mais amplo que SLR(0).
- Utiliza o procedimento “Segue(<variável>)”

Algoritmo Segue

- Algoritmo Segue(V)
 - Para cada produção da gramática, faça:
 - 1 Nas produções do tipo $X \rightarrow \alpha Va\beta$, faça $Segue(V) = Segue(V) \cup a$;

Algoritmo Segue

- Algoritmo Segue(V)
 - Para cada produção da gramática, faça:
 - 1 Nas produções do tipo $X \rightarrow \alpha VA\beta$, faça
 $Segue(V) = Segue(V) \cup Primeiro(A)$;

Algoritmo Segue

- Algoritmo Segue(V)
 - Para cada produção da gramática, faça:
 - ③ Nas produções do tipo $X \rightarrow \alpha V$, faça
 $Segue(V) = Segue(V) \cup Segue(X)$;

Algoritmo Segue

- Obtém todos os tokens que seguem cada variável.
- Algoritmo Segue(V)
 - Para cada produção da gramática, faça:
 - 1 Nas produções do tipo $X \rightarrow \alpha Va\beta$, faça $Segue(V) = Segue(V) \cup a$;
 - 2 Nas produções do tipo $X \rightarrow \alpha V\beta$, faça $Segue(V) = Segue(V) \cup Primeiro(A)$;
 - 3 Nas produções do tipo $X \rightarrow \alpha V$, faça $Segue(V) = Segue(V) \cup Segue(X)$;
 - Uma vez obtida a tabela, a redução só pode ser aplicada nos tokens que seguem a variável reduzida (e não para todos os tokens, como era no caso SLR(0)).

Algoritmo SLR(1)

- Crie a tabela de estados para G ;
- Ações: Para cada estado e_x , faça:
 - 1 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet a\beta]$ então coloque um “empilha” na interseção de e_x com a .
 - 2 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet]$ então coloque um “reduz” (com o número da produção correspondente) **somente nas colunas onde token \in Segue(A)**.
 - 3 Se houver um item do tipo $[A \rightarrow \alpha \bullet \#]$ então coloque um “aceita” na interseção de x com $\#$.

Exemplo

$c_9 = \{ [E \rightarrow E + T \cdot E], [E \rightarrow \cdot E + TE], [E \rightarrow \cdot T], [T \rightarrow \cdot + * F], [T \rightarrow \cdot F], [F \rightarrow \cdot (E)], [F \rightarrow \cdot a] \}$
 $c_{10} = \{ [E \rightarrow E + T \cdot E] \}$

- $G_2 = \{$
- $E' \rightarrow E \#$
 - $\textcircled{1} E \rightarrow E + T E$
 - $\textcircled{2} E \rightarrow T$
 - $\textcircled{3} T \rightarrow T * F$
 - $\textcircled{4} T \rightarrow F$
 - $\textcircled{5} F \rightarrow (E)$
 - $\textcircled{6} F \rightarrow a$

• Resultados após aplicação das regras 1 e 2:

$Segue(E) = \{ \#, +,) \}$
 $Segue(T) = \{ * \} \cup \{ \#, + \} = \{ *, \#, + \}$
 $Segue(F) = \{ \}$

• Resultados após aplicação da regra 3:

$Segue(E) = \{ \#, +,) \}$
 $Segue(T) = \{ *, \# \} \cup Segue(E) = \{ *, \#, +,) \}$
 $Segue(F) = \{ Segue(T) \} = \{ *, \#, +,) \}$

$c_0 = \{ [E' \rightarrow \cdot E \#], [E \rightarrow \cdot E + TE], [E \rightarrow \cdot T] \}$
 $c_1 = \{ [E' \rightarrow E \cdot \#] \}$
 $c_2 = \{ [E \rightarrow E \cdot + TE] \}$
 $c_3 = \{ [E \rightarrow E + \cdot TE], [T \rightarrow \cdot + * F], [T \rightarrow \cdot F], [F \rightarrow \cdot (E)], [F \rightarrow \cdot a] \}$

Exemplo

$$G_3 = \{ S' \rightarrow S\#$$

$$\textcircled{1} S \rightarrow L = R$$

$$\textcircled{2} S \rightarrow R$$

$$\textcircled{3} L \rightarrow *R$$

$$\textcircled{4} L \rightarrow a$$

$$\textcircled{5} R \rightarrow L$$

$$\}$$

- Resultados após aplicação das regras 1 e 2:

$$\text{Segue}(S) = \{ \# \}$$

$$\text{Segue}(L) = \{ = \}$$

$$\text{Segue}(R) = \{ \}$$

- Resultados após aplicação da regra 3:

$$\text{Segue}(S) = \{ \# \}$$

$$\text{Segue}(L) = \{ = \} \cup \{ \text{Segue}(R) \} =$$

$$= \{ = \# \}$$

$$\text{Segue}(R) = \{ \} \cup \{ \text{Segue}(S) \} \cup \{ \text{Segue}(L) \}$$

$$= \{ = \# \}$$

Exercício

- Construa as tabelas de ação e desvio para G_3 do slide anterior;

Exercício

- Construa as tabelas de ação e desvio para G_3 do slide anterior;
- Compare com o exemplo 3.15 da página 47 do livro do Tomasz;

Exercício

- Construa as tabelas de ação e desvio para G_3 do slide anterior;
- Compare com o exemplo 3.15 da página 47 do livro do Tomasz;
- É a mesma gramática numa “roupagem” diferente.

Exercício

- Construa as tabelas de ação e desvio para G_3 do slide anterior;
- Compare com o exemplo 3.15 da página 47 do livro do Tomasz;
- É a mesma gramática numa “roupagem” diferente.
- A gramática não é SLR(1), pois os conflitos não serão eliminados com a técnica descrita aqui.

Exercício

- Construa as tabelas de ação e desvio para G_3 do slide anterior;
- Compare com o exemplo 3.15 da página 47 do livro do Tomasz;
- É a mesma gramática numa “roupagem” diferente.
- A gramática não é SLR(1), pois os conflitos não serão eliminados com a técnica descrita aqui.
- O conflito pode ser eliminado com a técnica LR(1)/LALR(1) que será o objeto da próxima aula.

- Página para anotações

Licença

- Slides desenvolvidos somente com software livre:
 - \LaTeX usando beamer;
 - Inkscape.
- Licença:
 - Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/br/>