

# 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				$r_5$	$r_5$	$r_5$	$r_5$	$r_5$	$r_5$

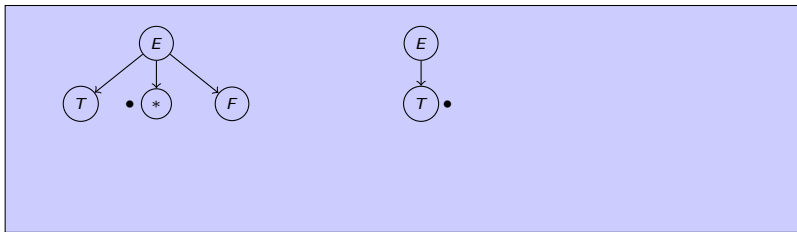
$$e_2 = \{ [E \rightarrow T \bullet], [E \rightarrow T \bullet * F] \}$$

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

## Motivo do problema

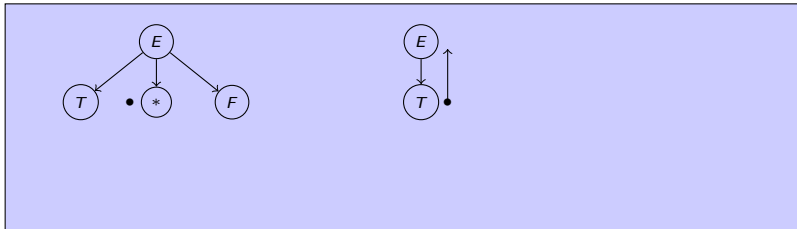
- Vamos agora analisar o problema;
- Considere o estado  $e_2$ :

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



# Motivo do problema

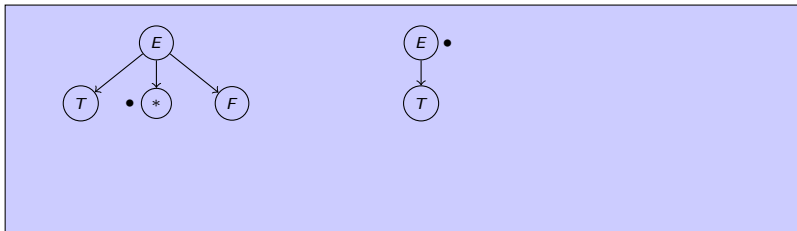
- Observe o item  $[E \rightarrow T\bullet]$
- Após a redução, teríamos...





## 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 <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
1					e <sub>6</sub>				A
2				r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	<del>r<sub>2</sub></del> e <sub>7</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>
3				r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>
4	8	2	3	e <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
5				r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>
6		9	3	e <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
7			10	e <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
8					e <sub>6</sub>				e <sub>11</sub>
9				r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	<del>r<sub>1</sub></del> e <sub>7</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>
10				r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>
11				r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>

# 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 <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
1					e <sub>6</sub>				A
2					r <sub>2</sub>	e <sub>7</sub>		r <sub>2</sub>	
3				r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>
4	8	2	3	e <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
5				r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>6</sub>
6		9	3	e <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
7			10	e <sub>5</sub>			e <sub>4</sub>		
8					e <sub>6</sub>				e <sub>11</sub>
9				r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	<del>r<sub>1</sub></del>	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>
10				r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>
11				r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>

## 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  $Seguem(E) = \{+, )\}$
- 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  $X \rightarrow \alpha VA\beta$ , 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  $\in \text{Segue}(A)$** .
  - 3 Se houver um item do tipo  $[A \rightarrow \alpha \bullet \#]$  então coloque um “aceita” na interseção de  $x$  com  $\#$ .

## Exemplo

$$G_2 = \{ E' \rightarrow E\#$$

$$\textcircled{1} E \rightarrow E + T$$

$$\textcircled{2} E \rightarrow T$$

$$\textcircled{3} T \rightarrow T * F$$

$$\textcircled{4} T \rightarrow F$$

$$\textcircled{5} F \rightarrow (E)$$

$$\textcircled{6} F \rightarrow a$$

$$\}$$

- Resultados após aplicação das regras 1 e 2:

$$\text{Segue}(E) = \{ \#, +, ) \}$$

$$\text{Segue}(T) = \{ * \}$$

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

- Resultados após aplicação da regra 3:

$$\text{Segue}(E) = \{ \#, +, ) \}$$

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

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

## 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:
  - $\text{\LaTeX}$  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/>