Análisis Sintáctico Ascendente

CI4721 – Lenguajes de Programación II

Ernesto Hernández-Novich
<emhn@usb.ve>

Universidad "Simón Bolívar"

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Expresiones, de nuevo

La gramática determinística

$$
\begin{aligned}
E &\to E + T \\
E &\to T \\
T &\to T * F \\
T &\to F \\
F &\to (E) \\
F &\to \mathbf{id}
\end{aligned}
$$

- Establece las precedencias y asociatividades *sintácticamente*
  - Asociatividad izquierda – es $LR(1)$ pero no $LL(1)$.
  - La asociativa por izquierda para $LL(1)$ resulta poco natural.
- Reconocedor pasa mucho tiempo en reglas encadenadas.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Expresiones, de nuevo

La gramática ambigua

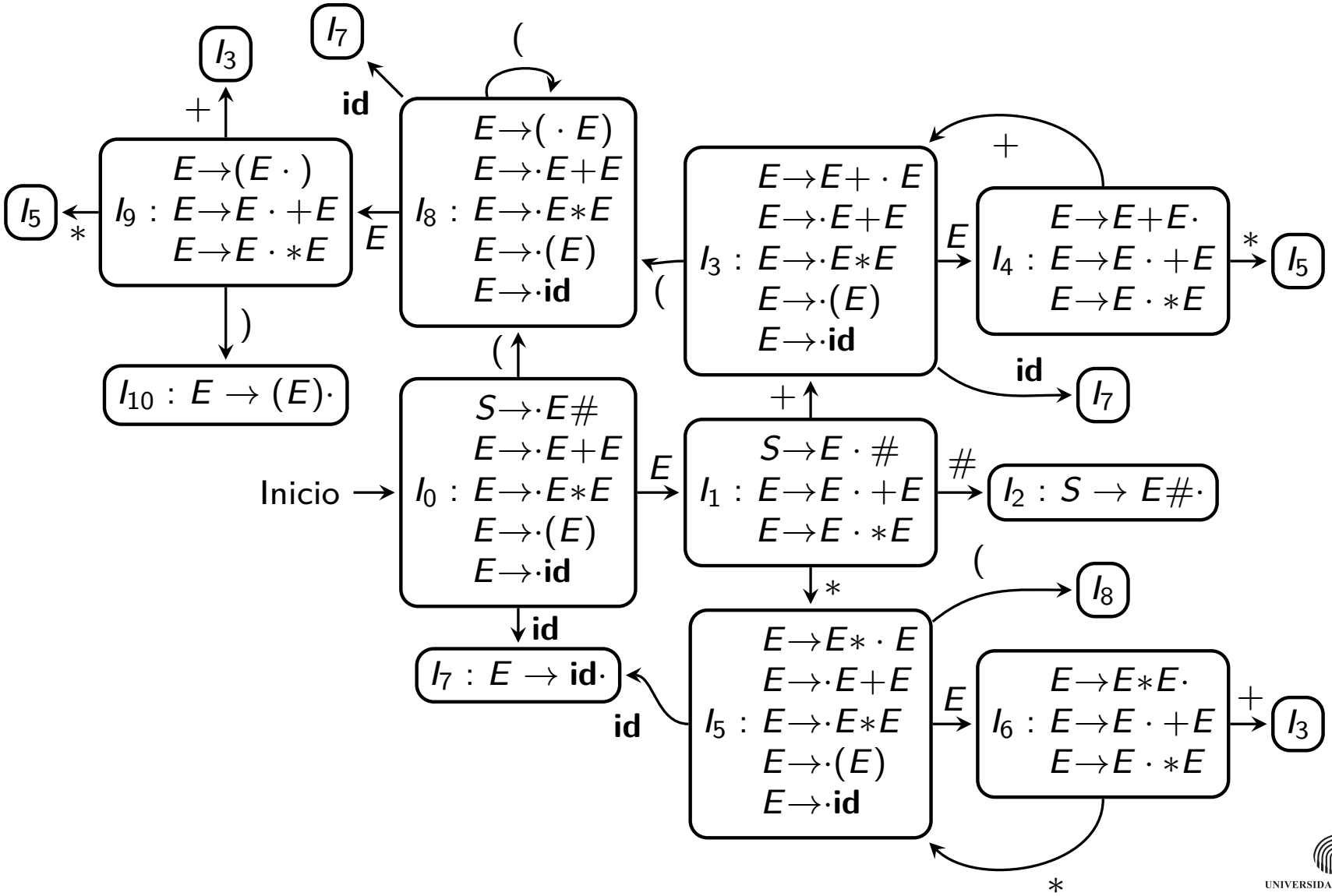
$$E \to E+E$$
$$E \to E*E$$
$$E \to (E)$$
$$E \to \mathbf{id}$$

- No establece precedencias y asociatividades – es ambigua, ¡doh!
- Reconocedor genera un árbol menos profundo.

¿Cómo podemos "hacer que nos obedezca"?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Podemos resolver los conflictos “manualmente”?



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Multiplicaciones dominan a sumas

¿Cuál es el comportamiento adecuado?

- Si se procesa **id** $+$ **id** $*$ **id** el reconocedor alcanzará

$$I_4 : \begin{array}{l} E \to E + E \cdot \\ E \to E \cdot + E \\ E \to E \cdot * E \end{array}$$

teniendo **id** $+$ **id** en el tope de la pila – **conviene** que ocurra el *shift*.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Multiplicaciones dominan a sumas

¿Cuál es el comportamiento adecuado?

- Si se procesa **id** $+$ **id** $*$ **id** el reconocedor alcanzará

$$I_4 : \begin{array}{l} E \to E + E \cdot \\ E \to E \cdot + E \\ E \to E \cdot * E \end{array}$$

  teniendo **id** $+$ **id** en el tope de la pila – **conviene** que ocurra el *shift*.

- Si se procesa **id** $*$ **id** $+$ **id** el reconocedor alcanzará

$$I_6 : \begin{array}{l} E \to E * E \cdot \\ E \to E \cdot + E \\ E \to E \cdot * E \end{array}$$

  teniendo **id** $*$ **id** en el tope de la pila – **conviene** que ocurra el *reduce*.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Asociatividad

¿Cuál es el comportamiento adecuado?

- Si se procesa **id** + **id** + **id** el reconocedor alcanzará

$$I_4 : \begin{array}{l} E \to E + E \cdot \\ E \to E \cdot + E \\ E \to E \cdot * E \end{array}$$

teniendo **id** + **id** en el tope de la pila

- Para asociatividad a la izquierda, **conviene** que ocurra el *reduce*.
- Para asociatividad a la derecha, **conviene** que ocurra el *shift*.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Asociatividad

¿Cuál es el comportamiento adecuado?

- Si se procesa **id** $+$ **id** $+$ **id** el reconocedor alcanzará

$$I_4 : \begin{array}{l} E \to E + E \cdot \\ E \to E \cdot + E \\ E \to E \cdot * E \end{array}$$

teniendo **id** $+$ **id** en el tope de la pila

  - Para asociatividad a la izquierda, **conviene** que ocurra el *reduce*.
  - Para asociatividad a la derecha, **conviene** que ocurra el *shift*.

- Si se procesa **id** $*$ **id** $*$ **id** el reconocedor alcanzará

$$I_6 : \begin{array}{l} E \to E * E \cdot \\ E \to E \cdot + E \\ E \to E \cdot * E \end{array}$$

teniendo **id** $*$ **id** en el tope de la pila

  - Para asociatividad a la izquierda, **conviene** que ocurra el *reduce*.
  - Para asociatividad a la derecha, **conviene** que ocurra el *shift*.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Resolvemos los conflictos en la tabla manualmente

There, I fixed it!

	id	+	*	(	)	#	E
I_0	s7			s8			1
I_1		s3	s5			s2	
I_2						acc	
I_3	s7			s8			4
I_4		**r1**	**s5**		r1	r1	
I_5	s7			s8			6
I_6		**s3**	**r2**		r2	r2	
I_7		r4	r4		r4	r4	
I_8	s7			s8			9
I_9		s3	s5		s10		
I_{10}		r3	r3		r3	r3	

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Resolvemos los conflictos en la tabla manualmente

There, I fixed it!

	id	+	*	(	)	#	E
I_0	s7			s8			1
I_1		s3	s5			s2	
I_2						acc	
I_3	s7			s8			4
I_4		**r1**	**s5**		r1	r1	
I_5	s7			s8			6
I_6		**s3**	**r2**		r2	r2	
I_7		r4	r4		r4	r4	
I_8	s7			s8			9
I_9		s3	s5		s10		
I_{10}		r3	r3		r3	r3	

¿Cómo generalizar el método?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Gramática de Operadores

Sea $G = (N, \Sigma, P, S)$ una gramática libre de contexto tal que

- No tiene λ-producciones, salvo quizás $S \to \lambda$
- $\forall A \to \alpha \in P$, nunca ocurren en α dos no terminales adyacentes.

diremos que G es una **Gramática de Operadores**.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Relaciones de Precedencia

Sea $G = (N, \Sigma, P, S)$ una Gramática de Operadores.
Definiremos tres *relaciones de precedencia* sobre $\mathbf{a}, \mathbf{b} \in \Sigma \cup \{\#\}$

- $\mathbf{a} \lessdot \mathbf{b}$ – **a** ("cede") tiene menos precedencia que **b**.
- $\mathbf{a} \doteq \mathbf{b}$ – tienen igual precedencia.
- $\mathbf{a} \gtrdot \mathbf{b}$ – **a** ("domina") tiene más precedencia que **b**.

No son como las relaciones mayor que, igual, ni menor que.
Reflexividad, simetría y transitividad no siempre ocurren.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Construyendo las relaciones

¿Cuál es la intención?

Queremos que las relaciones nos ayuden a escoger el item $LR(0)$ asociado al lado derecho de la producción que nos conviene. Entonces, suponiendo

$$S \stackrel{*}{\Rightarrow} \alpha A x \Rightarrow \alpha\beta x \stackrel{*}{\Rightarrow} w$$

- Usaremos $\lessdot$ para "marcar" la frontera entre α y β.
- Usaremos $\gtrdot$ para "marcar" la frontera entre β y x.
- $\doteq$ ocurrirá cero o más veces en el interior de β.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Aprovechando las relaciones

Manipulación de la forma sentencial

- Nunca hay dos no terminales adyacentes en las producciones – ¡tampoco los hay en la forma sentencial! Son de la forma

$$\alpha_0 a_0 \alpha_1 a_1 \ldots a_n \alpha_n$$

donde $a_i \in \Sigma$ y $\alpha_i \in N \cup \{\lambda\}$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Aprovechando las relaciones

Manipulación de la forma sentencial

- Nunca hay dos no terminales adyacentes en las producciones – ¡tampoco los hay en la forma sentencial! Son de la forma

$$\alpha_0 a_0 \alpha_1 a_1 \ldots a_n \alpha_n$$

donde $a_i \in \Sigma$ y $\alpha_i \in N \cup \{\lambda\}$

- Ahora podemos
  1. Delimitar la forma sentencial con # en ambos extremos.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Aprovechando las relaciones

Manipulación de la forma sentencial

- Nunca hay dos no terminales adyacentes en las producciones – ¡tampoco los hay en la forma sentencial! Son de la forma

$$\alpha_0 a_0 \alpha_1 a_1 \ldots a_n \alpha_n$$

donde $a_i \in \Sigma$ y $\alpha_i \in N \cup \{\lambda\}$

- Ahora podemos
  1. Delimitar la forma sentencial con $\#$ en ambos extremos.
  2. Definir $\forall \mathbf{a} \in \Sigma, \# \lessdot \mathbf{a}$ y $\mathbf{a} \gtrdot \#$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Aprovechando las relaciones

Manipulación de la forma sentencial

- Nunca hay dos no terminales adyacentes en las producciones – ¡tampoco los hay en la forma sentencial! Son de la forma

$$\alpha_0 a_0 \alpha_1 a_1 \ldots a_n \alpha_n$$

donde $a_i \in \Sigma$ y $\alpha_i \in N \cup \{\lambda\}$

- Ahora podemos
  1. Delimitar la forma sentencial con $\#$ en ambos extremos.
  2. Definir $\forall \mathbf{a} \in \Sigma, \# \lessdot \mathbf{a}$ y $\mathbf{a} \gtrdot \#$
  3. Eliminar los no terminales α de la forma sentencial.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Aprovechando las relaciones

Manipulación de la forma sentencial

- Nunca hay dos no terminales adyacentes en las producciones – ¡tampoco los hay en la forma sentencial! Son de la forma

$$\alpha_0 a_0 \alpha_1 a_1 \ldots a_n \alpha_n$$

donde $a_i \in \Sigma$ y $\alpha_i \in N \cup \{\lambda\}$

- Ahora podemos
  1. Delimitar la forma sentencial con $\#$ en ambos extremos.
  2. Definir $\forall \mathbf{a} \in \Sigma, \# \lessdot \mathbf{a}$ y $\mathbf{a} \gtrdot \#$
  3. Eliminar los no terminales α de la forma sentencial.
  4. Reemplazarlos por la relación entre a_i y a_{i+1} – denotada $rel_{i,i+1}$.

para terminar con algo como

$$\# \lessdot \mathbf{a_0}\ rel_{0,1}\ \mathbf{a_1}\ rel_{1,2}\ \mathbf{a_2} \ldots \mathbf{a_n} \gtrdot \#$$

Las relaciones en nuestra gramática

. . . y un ejemplo

	id	$+$	$*$	$\#$
id		$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$+$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$
$*$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$\#$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	

Nos permite transformar

$$\mathbf{id}+\mathbf{id}*\mathbf{id}$$

en

$$\# \lessdot \mathbf{id} \gtrdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it . . .

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \rightarrow \mathbf{id}$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \gtrdot \#$	reemplazar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot * \gtrdot} \#$	ubicar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot * \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + E \#$	reducir $E \to E * E$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot * \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + E \#$	reducir $E \to E * E$
$\# \lessdot + \gtrdot \#$	reemplazar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it . . .

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot * \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + E \#$	reducir $E \to E * E$
$\# \lessdot + \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \underline{\lessdot + \gtrdot} \#$	ubicar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

When you see it ...

1. Avanzar hacia la derecha hasta encontrar $\gtrdot$ – frontera derecha.
2. Regresar hacia la izquierda hasta encontrar $\lessdot$ – frontera izquierda.
3. Reducir con la regla apropiada.

Forma Sentencial	Operación
$\#\underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\#E + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot \mathbf{id} \gtrdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	ubicar
$\# \lessdot + E * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \lessdot \mathbf{id} \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \lessdot * \underline{\lessdot \mathbf{id} \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + \lessdot * E \#$	reducir $E \to \mathbf{id}$
$\# \lessdot + \lessdot * \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \lessdot + \underline{\lessdot * \gtrdot} \#$	ubicar
$\# \lessdot + E \#$	reducir $E \to E * E$
$\# \lessdot + \gtrdot \#$	reemplazar
$\# \underline{\lessdot + \gtrdot} \#$	ubicar
$\# E \#$	reducir $E \to E + E$

Y se puede hacer en una sola pasada

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Reconocedor por Precedencia de Operadores

Inicialización

input: $w \in \Sigma^*$ y la tabla de precedencia

{Empilar el centinela}
push(#)
{Preparar el *lookahead*}
$e \leftarrow$ primer símbolo de w

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Reconocedor por Precedencia de Operadores

Procesamiento

while true do
  if top() $=$ # **and** $e =$ # **then**
    return
  else
    $p \leftarrow$ **top**()
    if $p \lessdot e$ **or** $p \doteq e$ **then**
      push(e)
      $e \leftarrow$ siguiente símbolo de entrada
    else if $p \gtrdot e$ **then**
      repeat
        $x \leftarrow$ **pop**()
      until top() $\lessdot x$
      emitir producción reducida
    else
      error()
    end if
  end if
end while

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo construir la tabla de precedencia?

- Técnica “con mucho cuidado”
  - Establecer relaciones manualmente en la forma que resulte conveniente.
  - Comprobar que el reconocedor acepta el lenguaje de interés.

¿Cómo construir la tabla de precedencia?

- Técnica "con mucho cuidado"
  - Establecer relaciones manualmente en la forma que resulte conveniente.
  - Comprobar que el reconocedor acepta el lenguaje de interés.
- Heurística a partir de precedencias y asociatividades algebráicas

¿Cómo construir la tabla de precedencia?

- Técnica "con mucho cuidado"
  - Establecer relaciones manualmente en la forma que resulte conveniente.
  - Comprobar que el reconocedor acepta el lenguaje de interés.
- Heurística a partir de precedencias y asociatividades algebráicas
  - Si el operador θ_1 tiene precedencia sobre θ_2, hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo construir la tabla de precedencia?

- Técnica "con mucho cuidado"
  - Establecer relaciones manualmente en la forma que resulte conveniente.
  - Comprobar que el reconocedor acepta el lenguaje de interés.
- Heurística a partir de precedencias y asociatividades algebráicas
  - Si el operador θ_1 tiene precedencia sobre θ_2, hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$.
  - Si θ_1 y θ_2 tienen igual precedencia:
    - Hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \gtrdot \theta_1$ si asocian hacia la izquierda.
    - Hacer $\theta_1 \lessdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$ si asocian hacia la derecha.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo construir la tabla de precedencia?

- Técnica "con mucho cuidado"
  - Establecer relaciones manualmente en la forma que resulte conveniente.
  - Comprobar que el reconocedor acepta el lenguaje de interés.
- Heurística a partir de precedencias y asociatividades algebráicas
  - Si el operador θ_1 tiene precedencia sobre θ_2, hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$.
  - Si θ_1 y θ_2 tienen igual precedencia:
    - Hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \gtrdot \theta_1$ si asocian hacia la izquierda.
    - Hacer $\theta_1 \lessdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$ si asocian hacia la derecha.
  - $\forall \theta$ hacer

$$\begin{array}{cccc} \theta \lessdot \mathbf{id} & \mathbf{id} \gtrdot \theta & \theta \lessdot (& (\lessdot \theta \\ \theta \gtrdot) &) \gtrdot \theta & \theta \gtrdot \# & \# \lessdot \theta \end{array}$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo construir la tabla de precedencia?

- Técnica "con mucho cuidado"
  - Establecer relaciones manualmente en la forma que resulte conveniente.
  - Comprobar que el reconocedor acepta el lenguaje de interés.
- Heurística a partir de precedencias y asociatividades algebráicas
  - Si el operador θ_1 tiene precedencia sobre θ_2, hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$.
  - Si θ_1 y θ_2 tienen igual precedencia:
    - Hacer $\theta_1 \gtrdot \theta_2$ y $\theta_2 \gtrdot \theta_1$ si asocian hacia la izquierda.
    - Hacer $\theta_1 \lessdot \theta_2$ y $\theta_2 \lessdot \theta_1$ si asocian hacia la derecha.
  - $\forall \theta$ hacer

$$\begin{array}{cccc} \theta \lessdot \mathbf{id} & \mathbf{id} \gtrdot \theta & \theta \lessdot (& (\lessdot \theta \\ \theta \gtrdot) &) \gtrdot \theta & \theta \gtrdot \# & \# \lessdot \theta \end{array}$$

  - Hacer

$$\begin{array}{ccc} (\doteq) & \# \lessdot (& \# \lessdot \mathbf{id} \\ (\lessdot (& \mathbf{id} \gtrdot \# &) \gtrdot \# \\ (\lessdot \mathbf{id} & \mathbf{id} \gtrdot) &) \gtrdot) \end{array}$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Para una gramática completa

$E \to E+E$

$E \to E-E$

$E \to E*E$

$E \to E/E$

$E \to E\hat{}E$

$E \to (E)$

$E \to \mathbf{id}$

	$+$	$-$	$*$	$/$	$\hat{}$	**id**	$($	$)$	$\#$
$+$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$-$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$*$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$/$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$\hat{}$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
id	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$			$\gtrdot$	$\gtrdot$
$($	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\doteq$	
$)$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$			$\gtrdot$	$\gtrdot$
$\#$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$		

- Exponenciación de máxima precedencia, asocia a la derecha.
- Producto y cociente, asocian a la izquierda.
- Suma y resta de mínima precedencia, asocian a la izquierda.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Los operadores unarios

- En una gramática para operadores booleanos, además de los operadores binarios **and** y **or**, tenemos al operador unario prefijo **not**.
  - $\forall \theta$ hacemos $\theta \lessdot$ **not**
  - Si queremos **not** con precedencia superior, $\forall \theta$ hacemos **not** $\gtrdot \theta$.
  - Si queremos **not** con precedencia inferior, $\forall \theta$ hacemos **not** $\lessdot \theta$.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Los operadores unarios

- En una gramática para operadores booleanos, además de los operadores binarios **and** y **or**, tenemos al operador unario prefijo **not**.
  - $\forall\theta$ hacemos $\theta \lessdot$ **not**
  - Si queremos **not** con precedencia superior, $\forall\theta$ hacemos **not** $\gtrdot \theta$.
  - Si queremos **not** con precedencia inferior, $\forall\theta$ hacemos **not** $\lessdot \theta$.
- En una gramática para operadores aritméticos, además del operador binario - tenemos el operador unario -.
  - No puede construirse la tabla de precedencias porque cada caso requiere relaciones diferentes.
  - Solución parcial haciendo que el lexicográfico retorne dos tokens diferentes – ¿cómo reconocer la diferencia?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Consideraciones de Eficiencia

Las tablas no hacen falta

La tabla se codifica con un par de *funciones de precedencia*

$$f, g : \Sigma \cup \{\#\} \to \mathbb{N}$$

que son escogidas de manera tal que, para $\mathbf{a}, \mathbf{b} \in \Sigma \cup \{\#\}$

1. $f(\mathbf{a}) < g(\mathbf{b})$ cuando $\mathbf{a} \lessdot \mathbf{b}$
2. $f(\mathbf{a}) = g(\mathbf{b})$ cuando $\mathbf{a} \doteq \mathbf{b}$
3. $f(\mathbf{a}) > g(\mathbf{b})$ cuando $\mathbf{a} \gtrdot \mathbf{b}$

- No es posible encontrar f y g para todas las tablas de precedencia – para las que se usan en la práctica, si.
- Reemplazar la tabla por funciones impide detectar los errores inmediatamente – se difieren para el *reduce*.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo determinar f y g?

. . . suponiendo que existen

1. $\forall \mathbf{a} \in \Sigma$ definir nodos $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{a}}$.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo determinar f y g?

. . . suponiendo que existen

1. $\forall \mathbf{a} \in \Sigma$ definir nodos $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{a}}$.
2. Particionar los nodos, considerando que si $\mathbf{a} \doteq \mathbf{b}$ entonces $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{b}}$ están en el mismo grupo.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo determinar f y g?

. . . suponiendo que existen

1. $\forall \mathbf{a} \in \Sigma$ definir nodos $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{a}}$.
2. Particionar los nodos, considerando que si $\mathbf{a} \doteq \mathbf{b}$ entonces $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{b}}$ están en el mismo grupo.
3. Para cualesquiera $\mathbf{a}$ y $\mathbf{b}$:
   - Si $\mathbf{a} \lessdot \mathbf{b}$, agregar arista con origen en el grupo $g_{\mathbf{b}}$ dirigida al grupo $f_{\mathbf{a}}$.
   - Si $\mathbf{a} \gtrdot \mathbf{b}$, agregar arista con origen en el grupo $f_{\mathbf{a}}$ hacia el grupo $g_{\mathbf{b}}$.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

¿Cómo determinar f y g?

. . . suponiendo que existen

1. $\forall \mathbf{a} \in \Sigma$ definir nodos $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{a}}$.
2. Particionar los nodos, considerando que si $\mathbf{a} \doteq \mathbf{b}$ entonces $f_{\mathbf{a}}$ y $g_{\mathbf{b}}$ están en el mismo grupo.
3. Para cualesquiera **a** y **b**:
   - Si $\mathbf{a} \lessdot \mathbf{b}$, agregar arista con origen en el grupo $g_{\mathbf{b}}$ dirigida al grupo $f_{\mathbf{a}}$.
   - Si $\mathbf{a} \gtrdot \mathbf{b}$, agregar arista con origen en el grupo $f_{\mathbf{a}}$ hacia el grupo $g_{\mathbf{b}}$.
4. Si el grafo tiene un ciclo, no existen funciones de precedencia asociadas. En caso contrario
   - $f(\mathbf{a})$ es la longitud del camino más largo que comienza en $f_{\mathbf{a}}$.
   - $g(\mathbf{a})$ es la longitud del camino más largo que comienza en $g_{\mathbf{a}}$.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Construcción del grafo

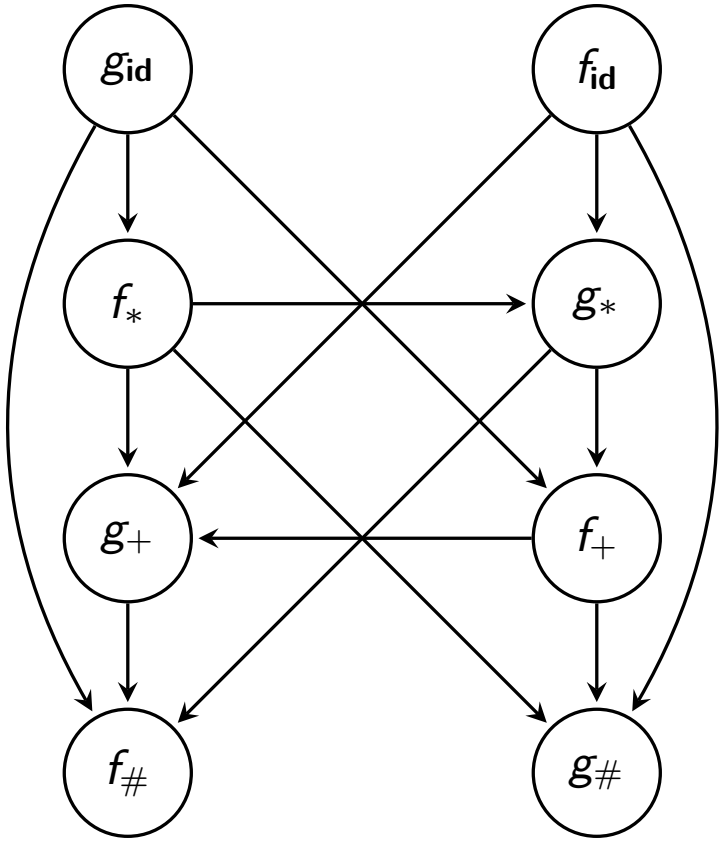
	id	$+$	$*$	$\#$
id		$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$+$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$
$*$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$\#$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Construcción del grafo

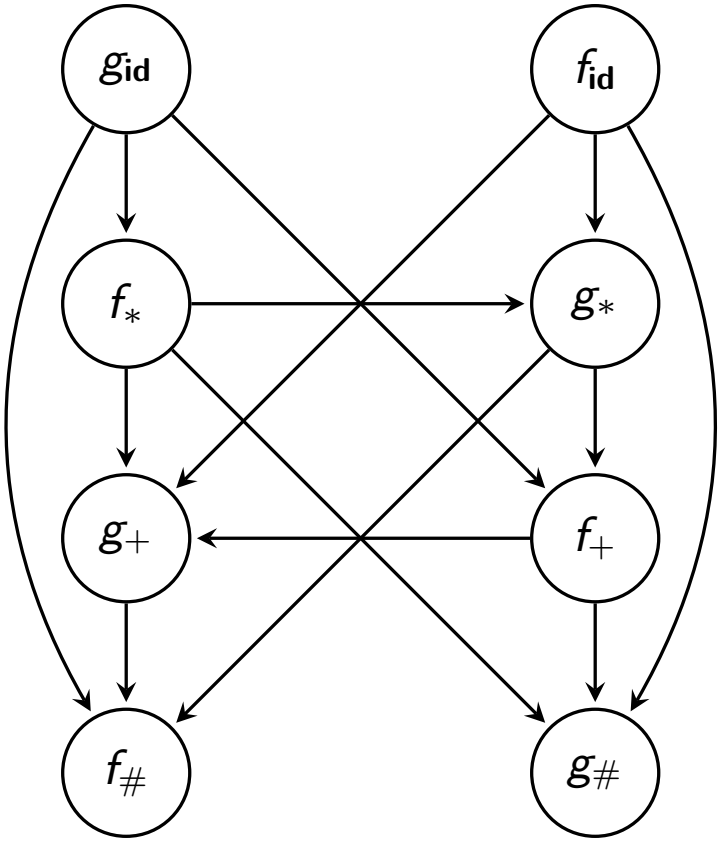
	id	$+$	$*$	$\#$
id		$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$+$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\lessdot$	$\gtrdot$
$*$	$\lessdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$\#$	$\lessdot$	$\lessdot$	$\lessdot$	



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

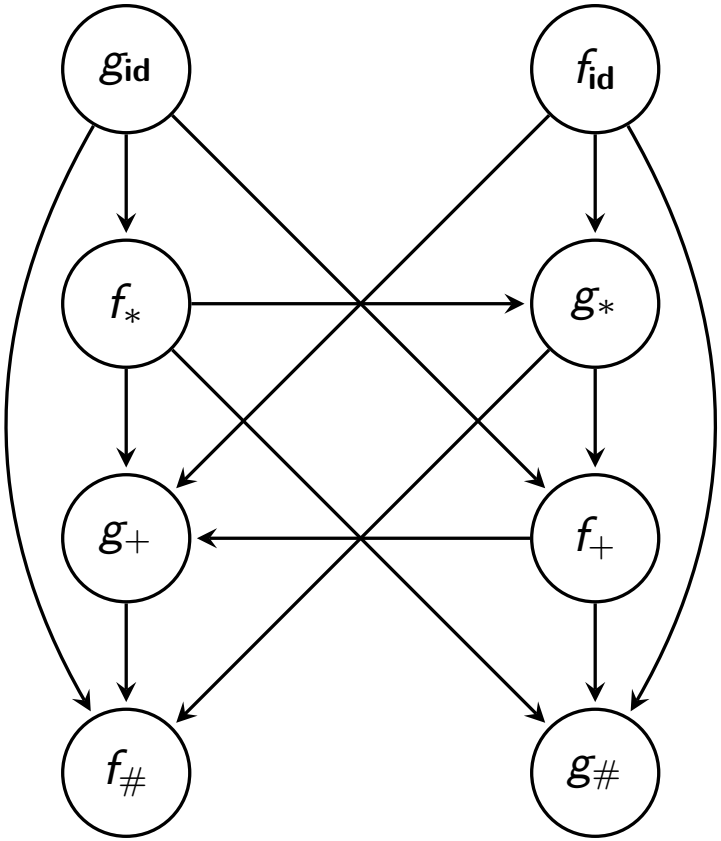
Cálculo de las funciones



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

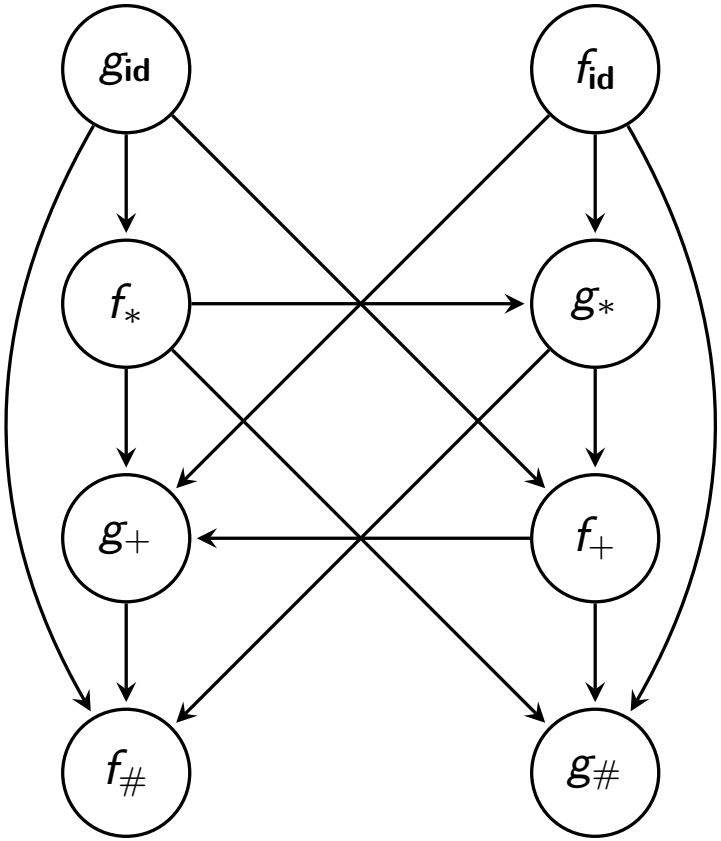
Cálculo de las funciones



	id	+	*	#
f				

Cálculo de f y g

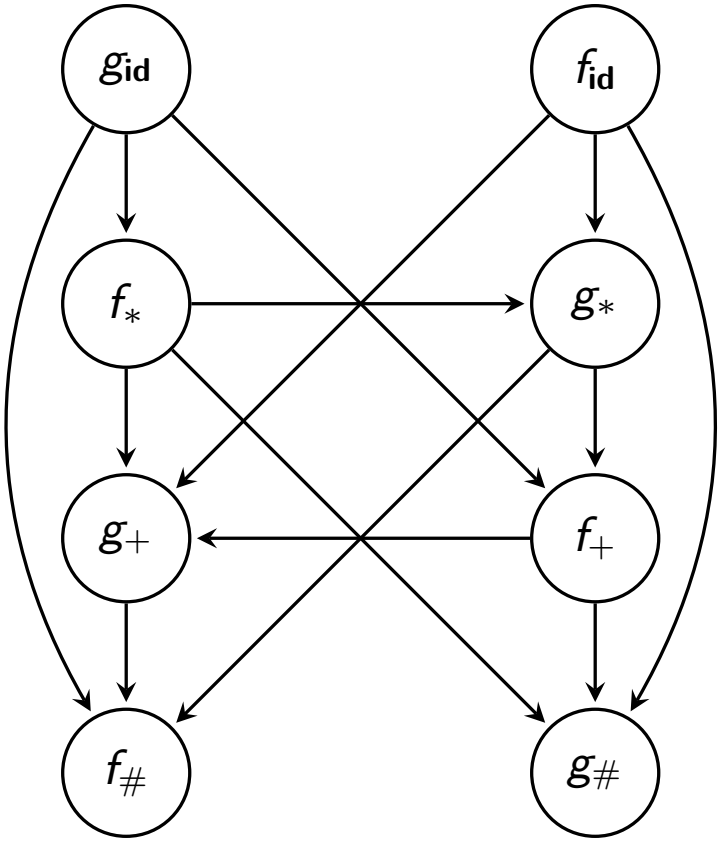
Cálculo de las funciones



	id	+	*	#
f	4			

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones

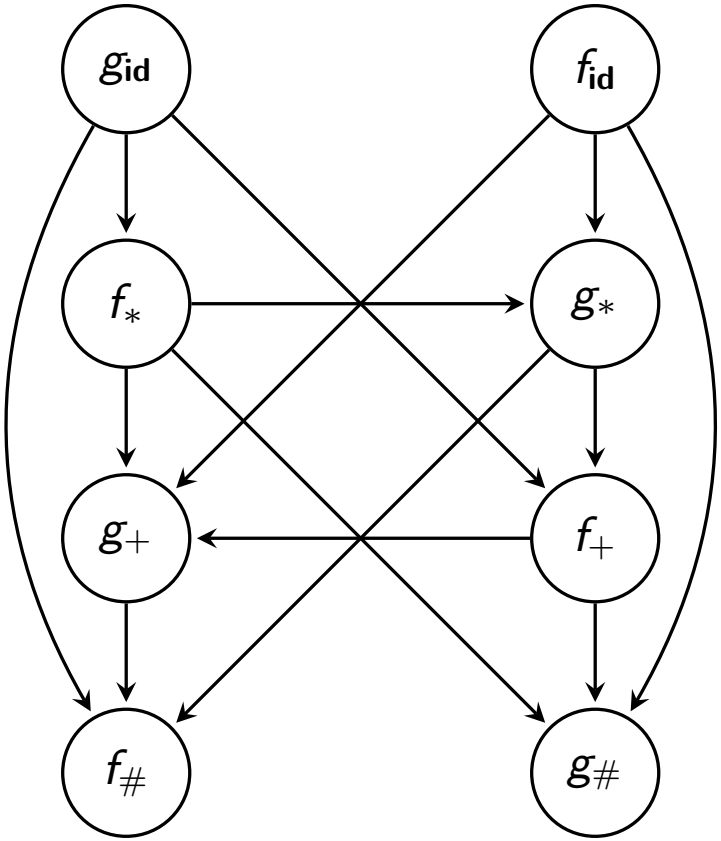


	id	+	*	#
f	4	2		

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones

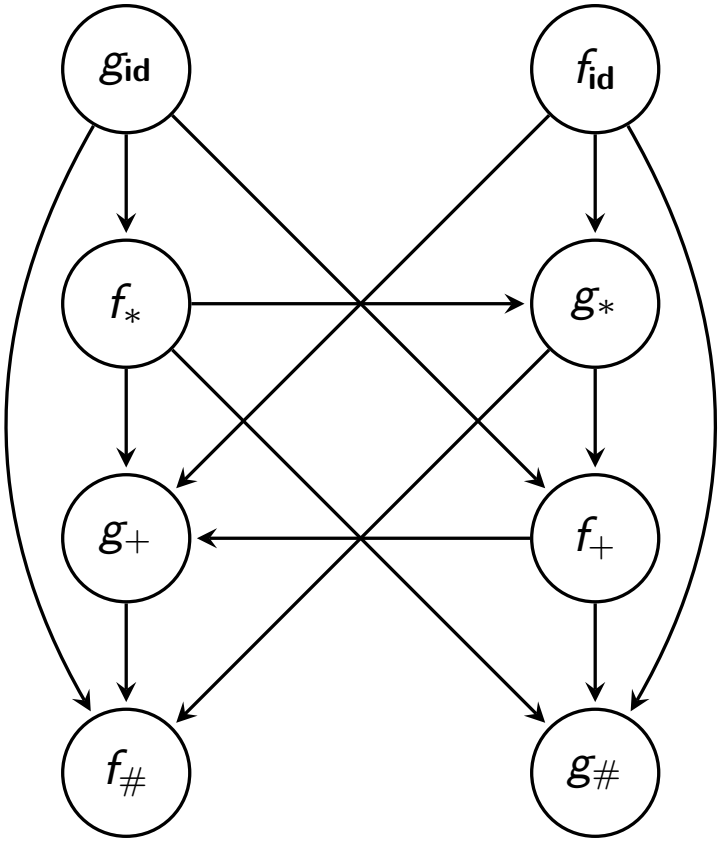


	id	+	*	#
f	4	2	4	

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones

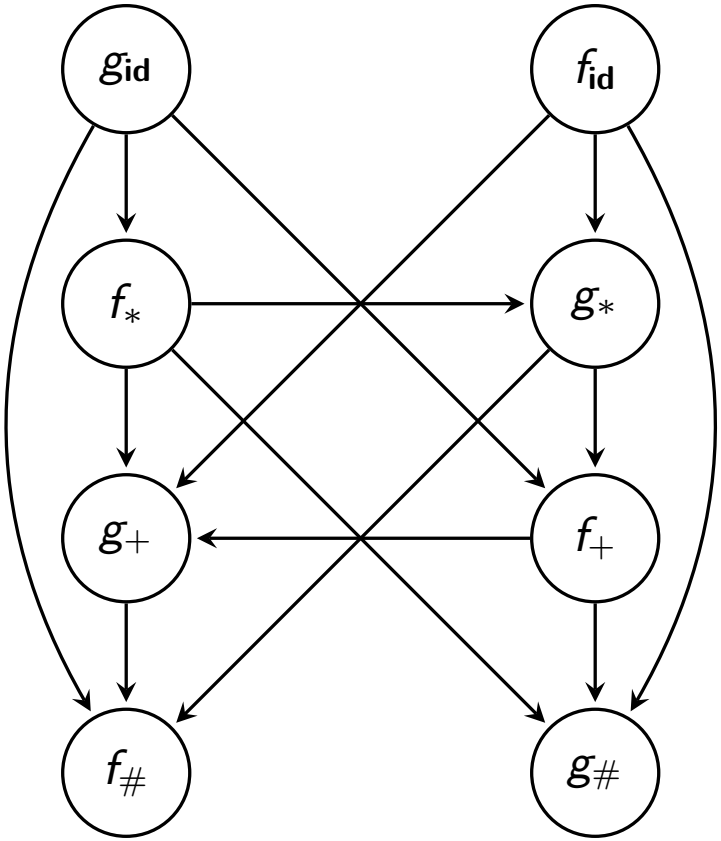


	id	+	*	#
f	4	2	4	0
g				

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones

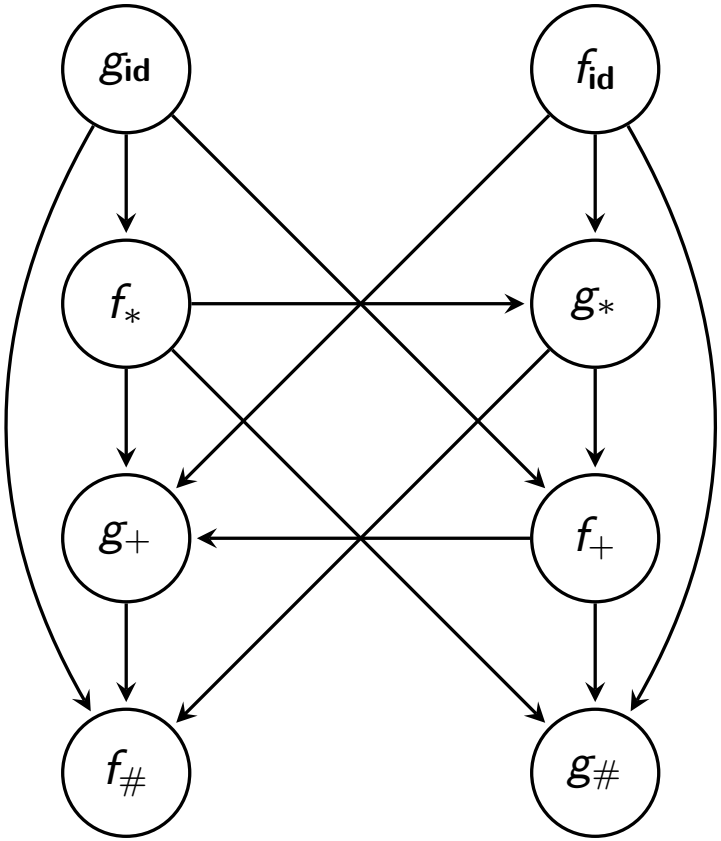


	id	+	*	#
f	4	2	4	0
g	5			

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones

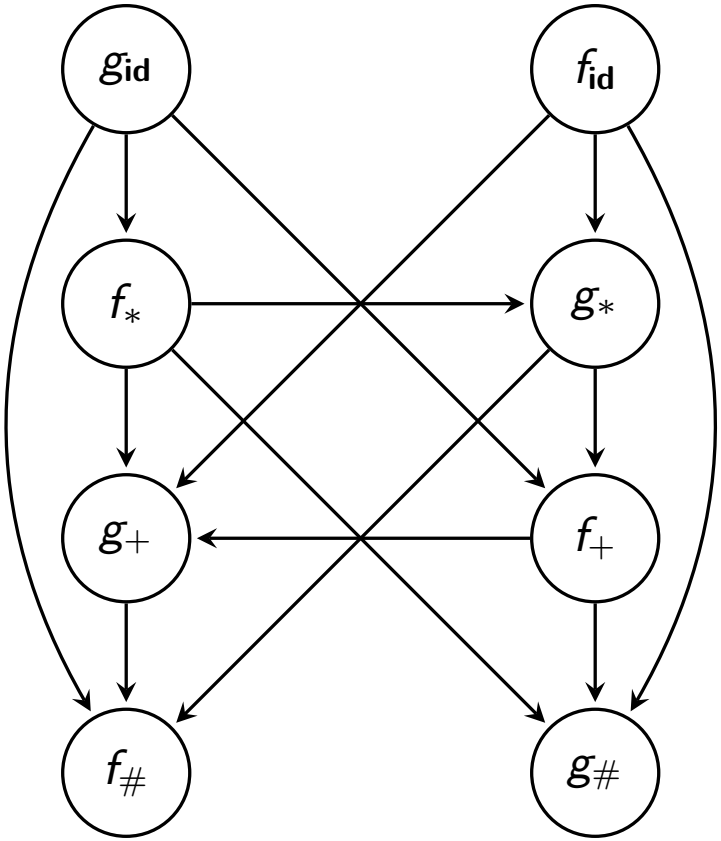


	id	+	*	#
f	4	2	4	0
g	5	1		

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones

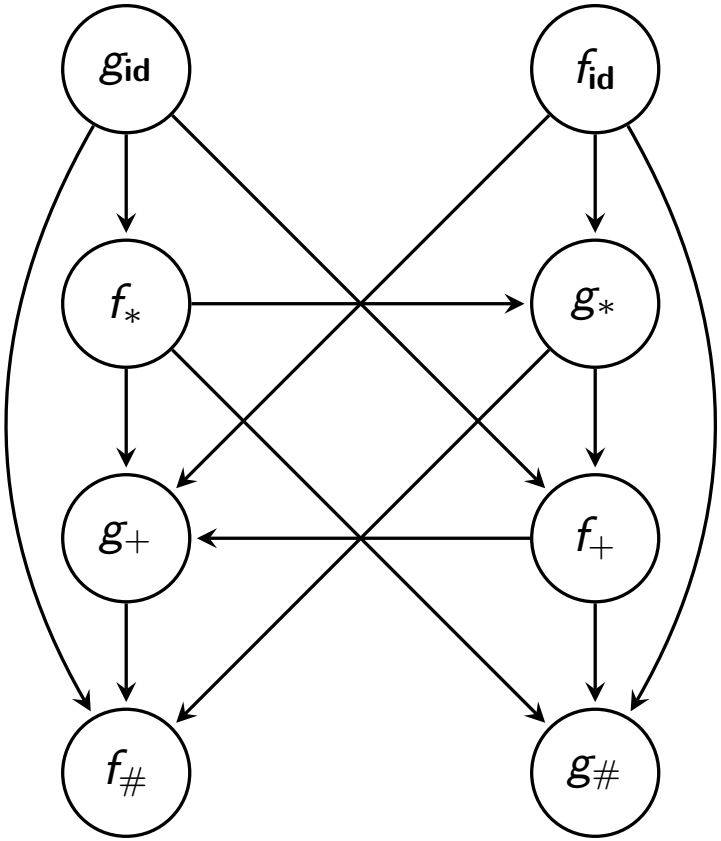


	id	+	*	#
f	4	2	4	0
g	5	1	3	

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Cálculo de f y g

Cálculo de las funciones



	id	+	*	#
f	4	2	4	0
g	5	1	3	0

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Detección y recuperación de errores

- Los errores se detectan cuando
  - No hay relación de precedencia entre el tope de la pila y la entrada – solamente disponible con la tabla completa.
  - Se detectó un item reducible, pero no hay regla con lado derecho correspondiente.
- La tabla contiene apuntadores a las rutinas que manejarán los errores.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Recuperación de errores al reducir

Sólo aplica la técnica del engaño

- Al extraer elementos de la pila, no se encontró una regla cuyo lado derecho corresponda.
- En base a los elementos extraídos, identificar la regla que más se parece y ajustar para continuar.
  - Supongamos que se extrajo **abc** de la pila.
  - Si hay una regla $E \rightarrow \mathbf{a}E\mathbf{c}E$ se puede reportar que *sobra* la **b**.
  - Si hay una regla $E \rightarrow \mathbf{a}E\mathbf{bc}E\mathbf{d}$ se puede reportar que *falta* la **d**.
- Muy complejo y depende de la estructura del lenguaje.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

La ambigüedad del `if-then-else`

Consideremos la gramática

$$S \to F$$
$$F \to \mathbf{i}F\mathbf{e}F$$
$$F \to \mathbf{i}F$$
$$F \to \mathbf{x}$$

que abstrae las instrucciones condicionales `if-then-else`.

- El terminal **i** representa **if** $\cdots$ **then**.
- El terminal **x** representa el resto de las instrucciones del lenguaje.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

La ambigüedad del `if-then-else`

No es $LL(k)$

Factorizando por izquierda, nos queda

$$S \to F\#$$
$$F \to \mathbf{i}FR$$
$$F \to \mathbf{x}$$
$$R \to \mathbf{e}F$$
$$R \to \lambda$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

La ambigüedad del `if-then-else`

No es $LL(k)$

Factorizando por izquierda, nos queda

$$S \to F\#$$
$$F \to \mathbf{i}FR$$
$$F \to \mathbf{x}$$
$$R \to \mathbf{e}F$$
$$R \to \lambda$$

$$FOLLOW(S) = \{\#\}$$
$$FOLLOW(F) = \{\mathbf{e}, \#\}$$
$$FOLLOW(R) = \{\mathbf{e}, \#\}$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

La ambigüedad del `if-then-else`

No es $LL(k)$

Factorizando por izquierda, nos queda

$$S \to F\#$$
$$F \to \mathbf{i}FR$$
$$F \to \mathbf{x}$$
$$R \to \mathbf{e}F$$
$$R \to \lambda$$

	i	**x**	**e**	**#**
S	$S \to F\#$			
F	$F \to \mathbf{i}FR$	$F \to \mathbf{x}$		
R			$R \to \mathbf{e}F$ $R \to \lambda$	$R \to \lambda$

$$FOLLOW(S) = \{\#\}$$
$$FOLLOW(F) = \{\mathbf{e}, \#\}$$
$$FOLLOW(R) = \{\mathbf{e}, \#\}$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

La ambigüedad del `if-then-else`

No es $LL(k)$

Factorizando por izquierda, nos queda

$$S \to F\#$$
$$F \to \mathbf{i}FR$$
$$F \to \mathbf{x}$$
$$R \to \mathbf{e}F$$
$$R \to \lambda$$

	i	**x**	**e**	**#**
S	$S \to F\#$			
F	$F \to \mathbf{i}FR$	$F \to \mathbf{x}$		
R			$R \to \mathbf{e}F$ $R \to \lambda$	$R \to \lambda$

- Conflicto al expandir R con entrada **e**.
- Resolución manual
  - Avanzar hacia el **e**
  - Asociarlo con el **i** más cercano.

$$FOLLOW(S) = \{\#\}$$
$$FOLLOW(F) = \{\mathbf{e}, \#\}$$
$$FOLLOW(R) = \{\mathbf{e}, \#\}$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

La ambigüedad del `if-then-else`

No es $LR(k)$

Al calcular los items $LR(1)$ encontraremos

$$\begin{array}{l} F \to \mathbf{i} F \cdot \mathbf{e} F, \{\mathbf{e}, \#\} \\ F \to \mathbf{i} F \cdot \quad\quad, \{\mathbf{e}, \#\} \end{array}$$

- Conflicto *shift/reduce* con **e** en la entrada.
- Resolución manual
  - Conviene hacer el *shift* para avanzar hacia el **e**.
  - Asocia el **e** con el **i** más cercano.

Otras soluciones

- Usar gramáticas con bloques explícitos **begin** $\cdots$ **end** o llaves.
- Reescriba la gramática para que no sea ambigua

$$F \to B$$
$$F \to U$$
$$B \to \mathbf{i} B \mathbf{e} B$$
$$B \to \mathbf{x}$$
$$U \to \mathbf{i} F$$
$$U \to \mathbf{i} B \mathbf{e} U$$

  - Más difícil de comprender.
  - Trabajo repetido en las acciones semánticas.
- Es una gramática de operadores – defina las relaciones para **e** y **i**.

Consideraciones

- Existe una variedad de Gramáticas de Precedencia
  - Precedencia simple – exactamente una entre $\lessdot$ y $\doteq$.
  - Precedencia extendida – cadenas en lugar de símbolos.
  - Precedencia débil – relaciones no disjuntas.
  - Precedencia de operadores – a lo sumo una relación.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Consideraciones

- Existe una variedad de Gramáticas de Precedencia
  - Precedencia simple – exactamente una entre $\lessdot$ y $\doteq$.
  - Precedencia extendida – cadenas en lugar de símbolos.
  - Precedencia débil – relaciones no disjuntas.
  - Precedencia de operadores – a lo sumo una relación.
- ¿Por qué se puede asegurar que se intentará al menos **una** reducción?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Consideraciones

- Existe una variedad de Gramáticas de Precedencia
  - Precedencia simple – exactamente una entre $\lessdot$ y $\doteq$.
  - Precedencia extendida – cadenas en lugar de símbolos.
  - Precedencia débil – relaciones no disjuntas.
  - Precedencia de operadores – a lo sumo una relación.
- ¿Por qué se puede asegurar que se intentará al menos **una** reducción?
- ¿Por qué **siempre** se encontrará un $\lessdot$ al buscar en la pila?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Consideraciones

- Existe una variedad de Gramáticas de Precedencia
  - Precedencia simple – exactamente una entre $\lessdot$ y $\doteq$.
  - Precedencia extendida – cadenas en lugar de símbolos.
  - Precedencia débil – relaciones no disjuntas.
  - Precedencia de operadores – a lo sumo una relación.
- ¿Por qué se puede asegurar que se intentará al menos **una** reducción?
- ¿Por qué **siempre** se encontrará un $\lessdot$ al buscar en la pila?
- Verifique que la tabla es correcta procesando

$$\mathbf{id} * (\mathbf{id} \hat{} \mathbf{id}) - \mathbf{id}/\mathbf{id}$$

- Modifique la tabla de precedencias considerando que se agrega la regla $E \to \mathbf{num}$ a la gramática?
- Calcule f y g para la tabla de precedencias.

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Bibliografía

- [*Aho*]
  - Sección 4.6 (Primera Edición)
  - Ejercicios 4.8.1 y 4.8.2
- [*AU*1972]
  Aho, A. y Ullman, A.
  The Theory of Parsing, Translation and Compiling: Volume I
  Prentice Hall
- WikiPedia – Operator Precedence Grammar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR