

PROCESADORES DE LENGUAJES

TEMA V: ANÁLISIS ASCENDENTE

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba

Introducción

1 Introducción

Introducción

Descripción general

- 1 **Introducción**
 - Descripción general
 - Concepto de pivote
 - Conflictos
 - Conflicto desplazamiento-reducción
 - Conflicto reducción-reducción
 - Tipos de análisis sintáctico ascendente
 - Métodos basados en reglas de precedencia
 - Métodos de análisis LR
 - Justificación de los métodos LR
 - Gramáticas LR
 - Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Introducción

Descripción general

Análisis sintáctico ascendente

- **Objetivo**
 - Construir de forma **ascendente** un árbol sintáctico asociado a la cadena de entrada.
 - Comienza por las **hojas** y termina en la **raíz**.
- Objetivo equivalente
 - Obtener una derivación por la **derecha** en orden **inverso**.
- Se fundamenta en los conceptos de **desplazamiento** y **reducción**.

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Análisis sintáctico ascendente)

1 de 4)

$$P = \{$$

- (1) $S \rightarrow T \text{ id } (L) ;$
- (2) $T \rightarrow T *$
- (3) $T \rightarrow \text{int}$
- (4) $L \rightarrow L , T$
- (5) $L \rightarrow T$

$$\}$$

Nota

Esta gramática genera algunos prototipos de funciones del lenguaje de programación C.

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Análisis sintáctico ascendente)

2 de 4)

| Pila | Entrada | Acción |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|
| | int * id (int) ; \$ | <i>desplazar int</i> |
| int | * id (int) ; \$ | <i>reducir (3) T → int</i> |
| <i>T</i> | * id (int) ; \$ | <i>desplazar *</i> |
| <i>T *</i> | id (int) ; \$ | <i>reducir (2) T → T *</i> |
| <i>T</i> | id (int) ; \$ | <i>desplazar id</i> |
| <i>T id</i> | (int) ; \$ | <i>desplazar (</i> |
| <i>T id (</i> | int) ; \$ | <i>desplazar int</i> |
| <i>T id (int</i> |) ; \$ | <i>reducir (3) T → int</i> |

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Análisis sintáctico ascendente)

4 de 4)

| Pila | Entrada | Acción |
|------------------------------|---------|---|
| $T \text{ id } (\text{int}$ |) ; \$ | <i>reducir</i> (3) $T \rightarrow \text{int}$ |
| $T \text{ id } (T$ |) ; \$ | <i>reducir</i> (5) $L \rightarrow T$ |
| $T \text{ id } (L$ |) ; \$ | <i>desplazar</i>) |
| $T \text{ id } (L)$ | ; \$ | <i>desplazar</i> ; |
| $T \text{ id } (L) ;$ | \$ | <i>reducir</i> (1) $S \rightarrow T \text{ id } (L);$ |
| S | \$ | Aceptar |

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Derivación por la derecha)

$$\begin{aligned} S &\xRightarrow{1} \underline{T \text{ id } (L)}; \\ &\xRightarrow{5} T \text{ id } (\underline{T}); \\ &\xRightarrow{3} T \text{ id } (\underline{\text{int}}); \\ &\xRightarrow{2} \underline{T} * \text{ id } (\text{int}); \\ &\xRightarrow{3} \underline{\text{int}} * \text{ id } (\text{int}); \end{aligned}$$

Nota

La derivación por la *derecha* se ha obtenido en orden *inverso*.

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 1 de 6)

int * *id* (*int*) ;

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 2 de 6)

T

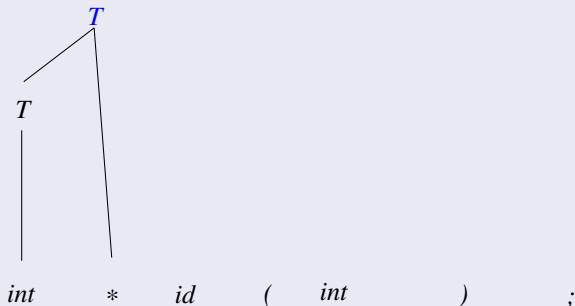
|

int * *id* (*int*) ;

Introducción

Descripción general

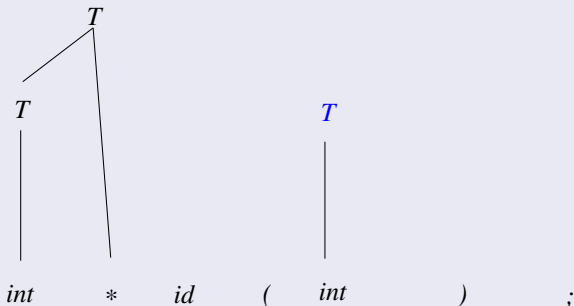
Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 3 de 6)



Introducción

Descripción general

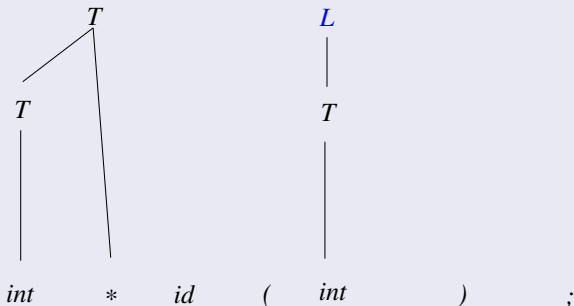
Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 4 de 6)



Introducción

Descripción general

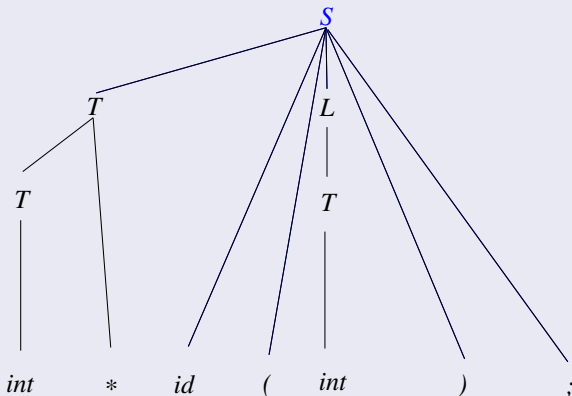
Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 5 de 6)



Introducción

Descripción general

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 6 de 6)



Introducción

Descripción general

Nota (Acciones del análisis ascendente)

- **Desplazar:** *traslada* el primer símbolo de la entrada a la pila.
- **Reducir:**
 - *sustituye*, en la pila, los símbolos de la alternativa de una regla por el símbolo de su parte izquierda.
 - Se utiliza el concepto de *pivote*.
- **Aceptar:** la cadena de entrada es *reconocida*.
- **Error:** la cadena de entrada es *rechazada*.

Introducción

Descripción general

Nota (Acciones del análisis ascendente)

- **Desplazar:** *traslada* el primer símbolo de la entrada a la pila.
- **Reducir:**
 - *sustituye*, en la pila, los símbolos de la alternativa de una regla por el símbolo de su parte izquierda.
 - Se utiliza el concepto de *pivote*.
- **Aceptar:** *la cadena de entrada es reconocida.*
- **Error:** *la cadena de entrada es rechazada.*

Introducción

Descripción general

Nota (Acciones del análisis ascendente)

- **Desplazar:** *traslada* el primer símbolo de la entrada a la pila.
- **Reducir:**
 - *sustituye*, en la pila, los símbolos de la alternativa de una regla por el símbolo de su parte izquierda.
 - Se utiliza el concepto de *pivote*.
- **Aceptar:** la cadena de entrada es *reconocida*.
- **Error:** la cadena de entrada es *rechazada*.

Introducción

Descripción general

Nota (Acciones del análisis ascendente)

- **Desplazar:** *traslada* el primer símbolo de la entrada a la pila.
- **Reducir:**
 - *sustituye*, en la pila, los símbolos de la alternativa de una regla por el símbolo de su parte izquierda.
 - Se utiliza el concepto de *pivote*.
- **Aceptar:** la cadena de entrada es *reconocida*.
- **Error:** la cadena de entrada es *rechazada*.

Introducción

Concepto de pivote

- 1 **Introducción**
 - Descripción general
 - **Concepto de pivote**
 - Conflictos
 - Conflicto desplazamiento-reducción
 - Conflicto reducción-reducción
 - Tipos de análisis sintáctico ascendente
 - Métodos basados en reglas de precedencia
 - Métodos de análisis LR
 - Justificación de los métodos LR
 - Gramáticas LR
 - Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Introducción

Concepto de pivote

Definición (Concepto de pivote)

1 de 2

Si $G = (V_N, V_T, P, S)$ es gramática de contexto libre y

$$S \xRightarrow[D]{k} \gamma$$

entonces

- un **pivote** se define como
 - una **regla de producción** de la forma $A \rightarrow \beta$
 - y una **posición** en γ , en la cual se encuentra β .
- de forma que,
 - al sustituir β por A en γ ,
 - se obtiene el paso **anterior** de una derivación por la **derecha**.

Introducción

Concepto de pivote

Definición (Concepto de pivote)

2 de 2)

Si $\gamma = \alpha \beta z$ entonces

$$S \xrightarrow[D]{*} \alpha A z \xRightarrow{A \rightarrow \beta} \alpha \beta z = \gamma$$

| Pila | Entrada | Acción |
|----------------|---------|--------------------------------------|
| ... | ... | ... |
| $\alpha \beta$ | $z \$$ | <i>reducir</i> $A \rightarrow \beta$ |
| αA | $z \$$ | ... |
| ... | ... | ... |

donde $\alpha, \beta \in V^* = (V_N \cup V_T)^*$, $z \in V_T^*$

Introducción

Concepto de pivote

Ejemplo (Pivote)

$$S \xRightarrow[D]{*} Tid(T); \quad T \xRightarrow{T \rightarrow int} Tid(int); = \gamma$$

| Pila | Entrada | Acción |
|--------------------------|------------------------------|--|
| | int * id (int) ; \$ | <i>desplazar</i> int |
| ... | ... | ... |
| <i>T</i> id (int |) ; \$ | <i>reducir</i> (3) <i>T</i> \rightarrow int |
| <i>T</i> id (<i>T</i> |) ; \$ | ... |
| ... | ... | ... |

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Análisis sintáctico ascendente)

- El análisis **ascendente** intenta obtener una *derivación* por la derecha en orden *inverso*.
- Un *pivote* es una *regla de producción* y una *posición*.
- El *pivote* siempre debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.
- Al realizar la reducción, se genera el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Al aplicar las reducciones, se alcanza el *símbolo inicial* de la gramática (*raíz* del árbol sintáctico) y la **cadena de entrada** es reconocida.

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Análisis sintáctico ascendente)

- El análisis **ascendente** intenta obtener una *derivación* por la derecha en orden *inverso*.
- Un *pivote* es una *regla de producción* y una *posición*.
- El *pivote* siempre debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.
- Al realizar la reducción, se genera el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Al aplicar las reducciones, se alcanza el *símbolo inicial* de la gramática (*raíz* del árbol sintáctico) y la **cadena de entrada** es reconocida.

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Análisis sintáctico ascendente)

- El análisis **ascendente** intenta obtener una *derivación* por la derecha en orden *inverso*.
- Un *pivote* es una *regla de producción* y una *posición*.
- El *pivote* **siempre** debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.
- Al realizar la reducción, se genera el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Al aplicar las reducciones, se alcanza el *símbolo inicial* de la gramática (*raíz* del árbol sintáctico) y la **cadena de entrada** es reconocida.

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Análisis sintáctico ascendente)

- El análisis **ascendente** intenta obtener una *derivación* por la derecha en orden *inverso*.
- Un *pivote* es una *regla de producción* y una *posición*.
- El *pivote* **siempre** debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.
- Al realizar la reducción, se genera el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Al aplicar las reducciones, se alcanza el *símbolo inicial* de la gramática (*raíz* del árbol sintáctico) y la **cadena de entrada** es reconocida.

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Análisis sintáctico ascendente)

- El análisis **ascendente** intenta obtener una *derivación* por la derecha en orden *inverso*.
- Un *pivote* es una *regla de producción* y una *posición*.
- El *pivote* **siempre** debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.
- Al realizar la reducción, se genera el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Al aplicar las reducciones, se alcanza el *símbolo inicial* de la gramática (*raíz* del árbol sintáctico) y la **cadena de entrada** es reconocida.

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Análisis sintáctico ascendente)

- El análisis **ascendente** intenta obtener una *derivación* por la derecha en orden *inverso*.
- Un *pivote* es una *regla de producción* y una *posición*.
- El *pivote* **siempre** debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.
- Al realizar la reducción, se genera el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Al aplicar las reducciones, se alcanza el *símbolo inicial* de la gramática (*raíz* del árbol sintáctico) y la **cadena de entrada es reconocida**.

Introducción

Concepto de pivote

Ejemplo (Pivote en la cima de la pila

1 de 2)

En este caso, la elección del pivote es *correcta*.

| Pila | Entrada | Acción |
|------------------------------|----------|-----------------------------------|
| ... | ... | ... |
| $\alpha \beta \delta$ | $y z \$$ | reducir $B \rightarrow \delta$ |
| $\alpha \beta \underline{B}$ | $y z \$$ | desplazar y |
| $\alpha \beta B y$ | $z \$$ | reducir $A \rightarrow \beta B y$ |
| $\alpha \underline{A}$ | $z \$$ | ... |

$$S \xrightarrow[D]{*} \alpha \underline{A} z \xrightarrow{A \rightarrow \beta B y} \alpha \beta \underline{B} y z \xrightarrow{B \rightarrow \delta} \alpha \beta \delta y z$$

Introducción

Concepto de pivote

Ejemplo (Pivote en el interior de la pila 2 de 2)

La elección del pivote *no es correcta*: no se genera una derivación por la derecha en orden inverso

| Pila | Entrada | Acción |
|-------------------------------------|---------|--------------------------------|
| ... | ... | ... |
| $\alpha \beta \gamma \delta$ | $yz \$$ | reducir $B \rightarrow \delta$ |
| $\alpha \beta \gamma \underline{B}$ | $yz \$$ | se busca en el <i>interior</i> |
| $\alpha \underline{\beta} \gamma B$ | $yz \$$ | reducir $C \rightarrow \beta$ |
| $\alpha \underline{C} \gamma B$ | $yz \$$ | ... |

$$S \xrightarrow[D]{*} \alpha \underline{C} \gamma B y z \xRightarrow{C \rightarrow \beta} \alpha \underline{\beta} \gamma B y z \xRightarrow{B \rightarrow \delta} \alpha \beta \delta y z$$

Introducción

Conflictos

- 1 **Introducción**
 - Descripción general
 - Concepto de pivote
 - **Conflictos**
 - Conflicto desplazamiento-reducción
 - Conflicto reducción-reducción
 - Tipos de análisis sintáctico ascendente
 - Métodos basados en reglas de precedencia
 - Métodos de análisis LR
 - Justificación de los métodos LR
 - Gramáticas LR
 - Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Introducción

Conflictos

Definición (Conflictos en el Análisis Sintáctico Ascendente)

Un **conflicto** representa una situación en la cual el análisis sintáctico ascendente *puede elegir* entre acciones diferentes

Introducción

Conflictos

Definición (Tipos de conflictos)

Los conflictos pueden ser de dos tipos:

- **Desplazamiento-reducción:**
 - Se puede *desplazar* un símbolo a la pila o *reducir* con una regla de producción.
- **Reducción-reducción:**
 - Se puede elegir una regla de producción entre *varias* para hacer la reducción.

Introducción

Conflictos

Definición (Tipos de conflictos)

Los conflictos pueden ser de dos tipos:

- **Desplazamiento-reducción:**
 - Se puede *desplazar* un símbolo a la pila o *reducir* con una regla de producción.
- **Reducción-reducción:**
 - Se puede elegir una regla de producción entre *varias* para hacer la reducción.

Introducción

Conflictos

Nota (Tipos de conflictos)

- En el caso de conflicto de *desplazamiento-reducción*, se suele elegir el *desplazamiento*.
- Los conflictos *reducción-reducción*
 - Son mucho *más graves* y no se suelen permitir.
 - Se debe *reescribir* la gramática para eliminar el conflicto.

Introducción

Conflictos

Tipos de conflictos

- **Desplazamiento-reducción**
- **Reducción-reducción**

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

1 de 8)

$$P = \{$$

- (1) $E \rightarrow E + E$
- (2) $E \rightarrow E * E$
- (3) $E \rightarrow (E)$
- (4) $E \rightarrow \mathbf{id}$
- (5) $E \rightarrow \mathbf{número}$

$$\}$$

Nota

Esta gramática genera algunas expresiones aritméticas.

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción 2 de 8)

- *La expresión $\text{id} + \text{id} * \text{id}$ provoca un conflicto de desplazamiento-reducción*

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

3 de 8

| Pila | Entrada | Acción |
|----------------------|------------------------|--|
| | id + id * id \$ | <i>desplazar</i> id |
| id | + id * id \$ | <i>reducir</i> (4) $E \rightarrow id$ |
| <i>E</i> | + id * id \$ | <i>desplazar</i> + |
| <i>E</i> + | id * id \$ | <i>desplazar</i> id |
| <i>E</i> + id | * id \$ | <i>reducir</i> (4) $E \rightarrow id$ |
| <i>E</i> + <i>E</i> | * id \$ | Conflicto: <i>desplazar</i> * <i>reducir</i> (1) $E \rightarrow E + E$ |

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción) 4 de 8)

Si se elige la *reducción*, el análisis continúa de la siguiente forma:

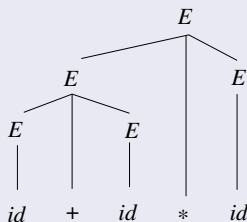
| Pila | Entrada | Acción |
|----------|---------|--|
| $E + E$ | * id \$ | <i>reducir</i> (1) $E \rightarrow E + E$ |
| E | * id \$ | <i>desplazar</i> * |
| $E *$ | id \$ | <i>desplazar</i> id |
| $E * id$ | \$ | <i>reducir</i> (4) $E \rightarrow id$ |
| $E * E$ | \$ | <i>reducir</i> (2) $E \rightarrow E * E$ |
| E | \$ | ACEPTAR |

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

5 de 8)



Nota

La expresión es *reconocida*, pero el árbol sintáctico asociado a la derivación *no respeta* la precedencia de los operadores aritméticos

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción) 6 de 8)

Si se elige el *desplazamiento*, el análisis continúa de la siguiente forma:

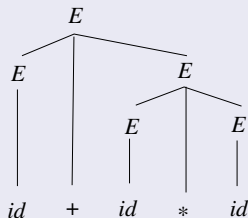
| Pila | Entrada | Acción |
|-----------------------|----------------|--|
| $E + E$ | * id \$ | <i>desplazar</i> * |
| $E + E *$ | id \$ | <i>desplazar</i> id |
| $E + E * \mathbf{id}$ | \$ | <i>reducir</i> (4) $E \rightarrow \mathbf{id}$ |
| $E + E * E$ | \$ | <i>reducir</i> (2) $E \rightarrow E * E$ |
| $E + E$ | \$ | <i>reducir</i> (1) $E \rightarrow E + E$ |
| E | \$ | ACEPTAR |

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

7 de 8)



Nota

Si se elige el *desplazamiento* entonces el árbol sintáctico *sí respeta* la precedencia de los operadores aritméticos

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción 8 de 8)

- *La gramática utilizada es **ambigua** y no admite un análisis sintáctico ascendente.*
- *Se pueden utilizar otras gramáticas que no sean ambiguas y que sí admiten un análisis sintáctico ascendente.*

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción

8 de 8)

Ambigüedad: dos derivaciones por la derecha diferentes.

- Primera derivación

$$\begin{aligned}
 S &\xRightarrow{2} \underline{E * E} \\
 &\xRightarrow{4} E * \underline{id} \\
 &\xRightarrow{1} \underline{E + E} * id \\
 &\xRightarrow{4} E + \underline{id} * id \\
 &\xRightarrow{4} \underline{id} + id * id
 \end{aligned}$$

- Segunda derivación

$$\begin{aligned}
 S &\xRightarrow{1} \underline{E + E} \\
 &\xRightarrow{2} E + \underline{E * E} \\
 &\xRightarrow{4} E + E * \underline{id} \\
 &\xRightarrow{4} E + \underline{id} * id \\
 &\xRightarrow{4} \underline{id} + id * id
 \end{aligned}$$

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Gramática sin conflictos)

1 de 4)

$$P = \{$$

- (1) $E \rightarrow T + E$
- (2) $E \rightarrow T$
- (3) $T \rightarrow F * T$
- (4) $T \rightarrow F$
- (5) $F \rightarrow (E)$
- (6) $F \rightarrow \mathbf{id}$
- (7) $F \rightarrow \mathbf{número}$

$$\}$$

Nota

*Esta gramática **no** es ambigua.*

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Gramática sin conflictos)

2 de 4)

| Pila | Entrada | Acción |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| | id + id * id \$ | <i>desplazar id</i> |
| id | + id * id \$ | <i>reducir (6) F → id</i> |
| F | + id * id \$ | <i>reducir (4) T → F</i> |
| T | + id * id \$ | <i>desplazar +</i> |
| T + | id * id \$ | <i>desplazar id</i> |
| T + id | * id \$ | <i>reducir (6) F → id</i> |
| T + F | * id \$ | <i>desplazar *</i> |

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Gramática sin conflictos)

3 de 4)

| Pila | Entrada | Acción |
|---------------------|--------------|---|
| $T + F^*$ | id \$ | <i>desplazar id</i> |
| $T + F^*$ id | \$ | <i>reducir (6) $F \rightarrow \text{id}$</i> |
| $T + F^*$ F | \$ | <i>reducir (4) $T \rightarrow F$</i> |
| $T + F^*$ T | \$ | <i>reducir (3) $T \rightarrow F^* T$</i> |
| $T + T$ | \$ | <i>reducir (2) $E \rightarrow T$</i> |
| $T + E$ | \$ | <i>reducir (1) $E \rightarrow T + E$</i> |
| E | \$ | ACEPTAR |

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Derivación por la derecha)

4 de 4

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow_1 \underline{T + E} \\ &\Rightarrow_2 T + \underline{T} \\ &\Rightarrow_3 T + \underline{F * T} \\ &\Rightarrow_4 T + F * \underline{F} \\ &\Rightarrow_6 T + F * \underline{id} \\ &\Rightarrow_6 T + \underline{id} * id \\ &\Rightarrow_4 \underline{F} + id * id \\ &\Rightarrow_6 \underline{id} + id * id \end{aligned}$$

Introducción

Conflictos

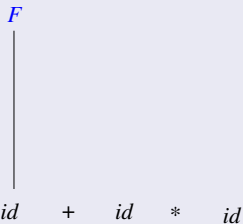
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 1 de 9)

id + *id* * *id*

Introducción

Conflictos

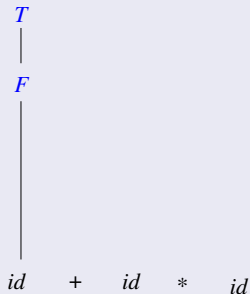
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 2 de 9)



Introducción

Conflictos

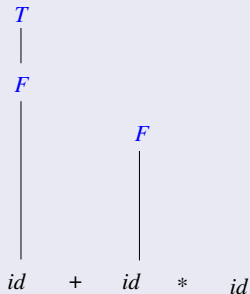
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 3 de 9)



Introducción

Conflictos

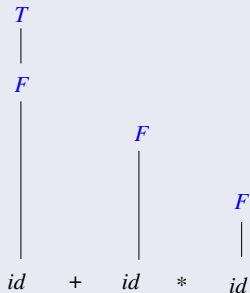
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 4 de 9)



Introducción

Conflictos

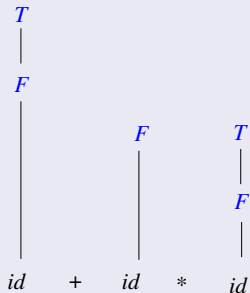
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 5 de 9)



Introducción

Conflictos

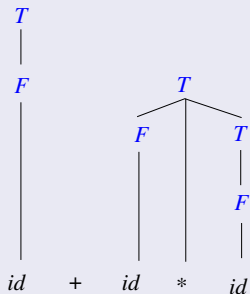
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 6 de 9)



Introducción

Conflictos

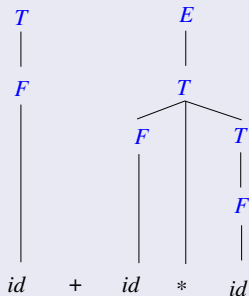
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 7 de 9)



Introducción

Conflictos

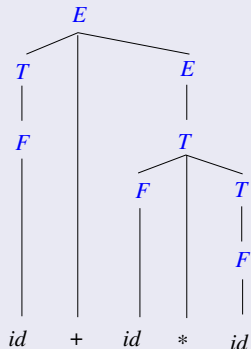
Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 8 de 9)



Introducción

Conflictos

Ejemplo (Creación ascendente del árbol sintáctico 9 de 9)



Introducción

Conflictos

Nota (Conflicto desplazamiento-reducción: else danzante)

- *Otro ejemplo clásico que genera un conflicto es el denominado **problema del else danzante** (V. Aho, A. et al, 2008).*

Introducción

Conflictos

Tipos de conflictos

- **Desplazamiento-reducción**
- **Reducción-reducción**

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto reducción-reducción

1 de 2)

| Pila | Entrada | Acción |
|----------------|---------|--|
| $\alpha \beta$ | $z \$$ | <i>reducir</i> $A \rightarrow \beta$ <i>reducir</i> $B \rightarrow \beta$ |

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto reducción-reducción 2 de 2)

En Fortran, una gramática mal diseñada puede generar el siguiente conflicto

| Pila | Entrada | Acción |
|-------------|---------|--|
| ... $id(E)$ | ... \$ | <i>reducir</i> $F \rightarrow id(E)$ <i>reducir</i> $A \rightarrow id(E)$ |

donde F genera funciones y A , componentes de "array".

Nota

*La solución es **reescribir** la gramática que genera el lenguaje Fortran para que tenga en cuenta el tipo del identificador*

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

- 1 **Introducción**
 - Descripción general
 - Concepto de pivote
 - Conflictos
 - Conflicto desplazamiento-reducción
 - Conflicto reducción-reducción
 - Tipos de análisis sintáctico ascendente
 - Métodos basados en reglas de precedencia
 - Métodos de análisis LR
 - Justificación de los métodos LR
 - Gramáticas LR
 - Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Tipos de análisis sintáctico ascendente

- Métodos basados en reglas de precedencia.
- Métodos de análisis LR.

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Métodos basados en reglas de precedencia

Establecen **reglas de precedencia** entre los **símbolos** de la gramática.

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Métodos basados en reglas de precedencia

- Métodos de precedencia **simple**.
- Métodos de precedencia **débil**.
- Métodos de precedencia **extendida**.
- Métodos de precedencia **de estrategia mixta**.
- Métodos de precedencia **de operadores**.

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Métodos de análisis LR

El significado de **LR** es el siguiente

- **L** (*left*): se lee la cadena de entrada de **izquierda** a derecha.
- **R** (*right*): se obtiene la derivación por la **derecha** en orden **inverso**.

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Métodos de análisis LR

- Método SLR.
- Método LR-canónico.
- Método LALR.

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Justificación de los métodos LR

- 1 Se pueden construir analizadores sintácticos **LR** para la mayoría de las gramáticas.
- 2 El análisis **LR** es el método de desplazamiento-reducción más eficiente.
- 3 Si una gramática admite un análisis descendente predictivo, también admite un análisis **LR** (lo contrario **no es cierto**).
- 4 El análisis **LR** puede detectar un error tan pronto como sea posible, analizando la cadena de izquierda a derecha.
- 5 Existen generadores automáticos de analizadores sintácticos **LR** (v.gr.: Yacc o Bison).

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Justificación de los métodos LR

- 1 Se pueden construir analizadores sintácticos **LR** para la mayoría de las gramáticas.
- 2 El análisis **LR** es el método de **desplazamiento-reducción** más eficiente.
- 3 Si una gramática admite un análisis **descendente predictivo**, también admite un **análisis LR** (lo contrario **no es cierto**).
- 4 El análisis LR puede detectar un error **tan pronto** como sea posible, analizando la cadena de **izquierda a derecha**.
- 5 Existen **generadores automáticos** de **analizadores sintácticos LR** (v.gr.: Yacc o Bison).

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Justificación de los métodos LR

- 1 Se pueden construir analizadores sintácticos **LR** para la mayoría de las gramáticas.
- 2 El análisis **LR** es el método de **desplazamiento-reducción** más eficiente.
- 3 Si una gramática admite un análisis **descendente predictivo**, también admite un **análisis LR** (lo contrario **no es cierto**).
- 4 El análisis LR puede detectar un error **tan pronto** como sea posible, analizando la cadena de **izquierda a derecha**.
- 5 Existen **generadores automáticos** de **analizadores sintácticos LR** (v.gr.: Yacc o Bison).

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Justificación de los métodos LR

- 1 Se pueden construir analizadores sintácticos **LR** para la mayoría de las gramáticas.
- 2 El análisis **LR** es el método de **desplazamiento-reducción** más eficiente.
- 3 Si una gramática admite un análisis **descendente predictivo**, también admite un **análisis LR** (lo contrario **no es cierto**).
- 4 El análisis LR puede detectar un error **tan pronto** como sea posible, analizando la cadena de **izquierda** a **derecha**.
- 5 Existen **generadores automáticos** de **analizadores sintácticos LR** (v.gr.: Yacc o Bison).

Introducción

Tipos de análisis sintáctico ascendente

Justificación de los métodos LR

- 1 Se pueden construir analizadores sintácticos **LR** para la mayoría de las gramáticas.
- 2 El análisis **LR** es el método de **desplazamiento-reducción** más eficiente.
- 3 Si una gramática admite un análisis **descendente predictivo**, también admite un **análisis LR** (lo contrario **no es cierto**).
- 4 El análisis LR puede detectar un error **tan pronto** como sea posible, analizando la cadena de **izquierda** a **derecha**.
- 5 Existen **generadores automáticos** de **analizadores sintácticos LR** (v.gr.: Yacc o Bison).

Introducción

Gramáticas LR

1 Introducción

- Descripción general
- Concepto de pivote
- Conflictos
 - Conflicto desplazamiento-reducción
 - Conflicto reducción-reducción
- Tipos de análisis sintáctico ascendente
 - Métodos basados en reglas de precedencia
 - Métodos de análisis LR
 - Justificación de los métodos LR
- Gramáticas LR
- Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Introducción

Gramáticas LR

Definición (Gramática LR

1 de 3)

$G = (V_N, V_T, P, S)$ es una **gramática LR(k)** si se verifica;

- 1 Se amplía G de forma que el símbolo inicial no esté en la parte derecha de ninguna regla de producción

$$G' = (V'_N, V'_T, P', S')$$

$$S' \in V'_N - V_N$$

$$V'_N = V_N \cup \{S'\}$$

$$P' = P \cup \{S' \rightarrow S\}$$

Introducción

Gramáticas LR

Definición (Gramática LR)

2 de 3

- 2 *si existen dos derivaciones por la derecha*

$$S' \xRightarrow{*}_D \alpha \underline{A} w \Rightarrow_{A \rightarrow \beta} \alpha \beta w$$

$$S' \xRightarrow{*}_D \gamma \underline{B} x \Rightarrow_{B \rightarrow \beta} \alpha \beta y$$

- 3 *donde los primeros k símbolos de w y x son iguales.*

$$w = \sigma_{i1} \dots \sigma_{ik} \gamma_1 \dots \gamma_p$$

$$y = \sigma_{i1} \dots \sigma_{ik} \eta'_1 \dots \eta'_q$$

Introducción

Gramáticas LR

Definición (Gramática LR)

3 de 3)

entonces se verifica que

$$\alpha Ay = \gamma Bx$$

es decir

$$\alpha = \gamma$$

$$A = B$$

$$x = y$$

Introducción

Gramáticas LR

Nota (Gramática LR)

Configuración correspondiente a $S' \xrightarrow{*D} \alpha Aw \xRightarrow{A \rightarrow \beta} \alpha \beta w$

| Pila | Entrada | Acción |
|----------------|---------|--------------------------------------|
| ... | ... | |
| $\alpha \beta$ | $w \$$ | <i>reducir</i> $A \rightarrow \beta$ |
| αA | $w \$$ | |
| ... | ... | |

Introducción

Gramáticas LR

Nota (Gramática LR)

Configuración correspondiente a $S' \xRightarrow{*}_D \gamma Bx \xRightarrow{B \rightarrow \beta} \alpha \beta y$

| Pila | Entrada | Acción |
|----------------|---------|--------------------------------------|
| ... | ... | |
| $\gamma \beta$ | $y \$$ | <i>reducir</i> $B \rightarrow \beta$ |
| γB | $y \$$ | |
| ... | ... | |

Introducción

Gramáticas LR

Nota (Gramática LR)

- *LR(k): utiliza los k primeros símbolos de la entrada para determinar qué acción se debe realizar.*
- *Generalmente $k = 1$ y se utiliza una tabla de análisis sintáctico LR.*

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

- 1 **Introducción**
 - Descripción general
 - Concepto de pivote
 - Conflictos
 - Conflicto desplazamiento-reducción
 - Conflicto reducción-reducción
 - Tipos de análisis sintáctico ascendente
 - Métodos basados en reglas de precedencia
 - Métodos de análisis LR
 - Justificación de los métodos LR
 - Gramáticas LR
 - **Tabla de análisis sintáctico ascendente LR**

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla de análisis LR

1 de 2)

- *Permite comprobar si una gramática de contexto libre admite un análisis sintáctico ascendente LR.*
- *Consta de dos partes:*
 - *Parte Acción.*
 - *Parte lr-a.*

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla de análisis LR)

2 de 2)

| | Acción | | | | | lr-a | | |
|-------|------------|------------|-----|------------|------|-------|-----|-------|
| | σ_1 | σ_2 | ... | σ_n | $\$$ | A_1 | ... | A_m |
| s_0 | | | | | | | | |
| s_1 | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | |
| s_k | | | | | | | | |

donde

- $\forall i \in \{1, \dots, k\}$ s_i es un estado del analizador sintáctico
- $\forall i \in \{1, \dots, n\}$ $\sigma_i \in V_T$
- $\forall i \in \{1, \dots, m\}$ $A_i \in V_N$

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla Acción: estructura

1 de 2)

- **Columnas**
 - *Símbolos terminales y \$ (final de cadena).*
- **Filas**
 - *Estados generados a partir de la [colección de elementos LR](#)*
- **Celdas:** *acciones que se pueden realizar*
 - *Desplazar*
 - *Reducir*
 - *Aceptar*
 - *Error*

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla Acción: acciones

2 de 2)

1 *Desplazar:*

- Se desplaza el primer símbolo de la entrada a la cima de la pila
- y se indica a qué estado pasa el analizador.

2 *Reducir:*

- Se basa en el concepto de **pivote**
- Utiliza una regla de producción para *sustituir*, en la pila, la alternativa de la regla por el símbolo de su parte izquierda

3 *Aceptar:* la cadena de entrada es **reconocida**.

4 *Error:* se llama a una función de control de errores.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla Acción: acciones

2 de 2)

1 *Desplazar:*

- Se desplaza el primer símbolo de la entrada a la cima de la pila
- y se indica a qué estado pasa el analizador.

2 *Reducir:*

- Se basa en el concepto de **pivote**
- Utiliza una regla de producción para *sustituir*, en la pila, la *alternativa* de la regla por el *símbolo de su parte izquierda*

3 *Aceptar:* la cadena de entrada es **reconocida**.

4 *Error:* se llama a una función de control de errores.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla Acción: acciones

2 de 2)

① *Desplazar:*

- Se desplaza el primer símbolo de la entrada a la cima de la pila
- y se indica a qué estado pasa el analizador.

② *Reducir:*

- Se basa en el concepto de **pivote**
- Utiliza una regla de producción para *sustituir*, en la pila, la *alternativa* de la regla por el *símbolo de su parte izquierda*

③ *Aceptar:* la cadena de entrada es **reconocida**.

④ *Error:* se llama a una función de control de errores.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla Acción: acciones

2 de 2)

1 *Desplazar:*

- Se desplaza el primer símbolo de la entrada a la cima de la pila
- y se indica a qué estado pasa el analizador.

2 *Reducir:*

- Se basa en el concepto de **pivote**
- Utiliza una regla de producción para *sustituir*, en la pila, la *alternativa* de la regla por el *símbolo de su parte izquierda*

3 *Aceptar:* la cadena de entrada es **reconocida**.

4 *Error:* se llama a una función de control de errores.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Gramática de prototipos de funciones en C)

$$P = \{$$

- (1') $S' \rightarrow S$
- (1) $S \rightarrow T \text{ id } (L) ;$
- (2) $T \rightarrow T *$
- (3) $T \rightarrow \text{int}$
- (4) $L \rightarrow L, T$
- (5) $L \rightarrow T$

$$\}$$

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Tabla LR)

| | Acción | | | | | | | | lr-a | | |
|----|--------|----|----|-----|----|-----|-----|---------|------|----|---|
| | id | (|) | ; | * | int | , | \$ | S | T | L |
| 0 | | | | | | d3 | | | 1 | 2 | |
| 1 | | | | | | | | Aceptar | | | |
| 2 | d4 | | | | d5 | | | | | | |
| 3 | r3 | | r3 | | r3 | | r3 | | | | |
| 4 | | d6 | | | | | | | | | |
| 5 | r2 | | r2 | | r2 | | r2 | | | | |
| 6 | | | | | | d3 | | | | 8 | 7 |
| 7 | | | d9 | | | | d10 | | | | |
| 8 | | | r5 | | d5 | | r5 | | | | |
| 9 | | | | d11 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | d3 | | | | 12 | |
| 11 | | | | | | | | r1 | | | |
| 12 | | | r4 | | d5 | | r4 | | | | |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Nota (Tabla Acción: abreviaturas)

- $d n$
 - Se desplaza el primer símbolo σ de la entrada a la pila y se pasa al estado n
- $r k$
 - Se reduce con la regla de producción número k

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Definición (Tabla Ir-a: estructura)

- **Columnas:**
 - *Símbolos no terminales de la gramática.*
- **Filas**
 - *Estados generados a partir de la **colección de elementos LR***
- **Celdas**
 - *Indican las transiciones entre estados*

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Nota (lr-a)

- La parte *lr-a* sólo se consultará cuando se produzca una *reducción*.
- Las celdas *vacías nunca* se consultarán.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejercicio (Ir-a)

- *Demostrar que las celdas **vacías** de la **tabla Ir-a** **nunca** se consultarán.*

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Funcionamiento del análisis sintáctico LR

1 de 4

- 1 Si **acción** $[s, \sigma] = d j$ entonces
- se **desplaza** el primer símbolo de la entrada a la pila
 - y se pasa al estado **j**

| Pila | Entrada | Acción |
|-----------------|---------------------------|--------------------|
| ...s | $\sigma \sigma' \dots \$$ | desplazar j |
| ...s σj | $\sigma' \dots \$$ | ... |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Funcionamiento del análisis sintáctico LR

2 de 4

- ② Si **acción** $[s, \sigma] = r k$ entonces
 - se **reduce** con la regla número k : $A \rightarrow \beta$, donde $\beta = X_{i_1} \dots X_{i_h}$
 - y se pasa al estado indicado por **ir-a** $[s', A] = j$

| Pila | Entrada | Acción |
|--|-------------------|--|
| $\dots s' \underline{X_{i_1} s_{j_1} \dots X_{i_{h-1}} s_{j_{h-1}} X_{i_h} s}$ | $\sigma \dots \$$ | reducir (k) $A \rightarrow \beta$ |
| $\dots s' A j$ | $\sigma \dots \$$ | ... |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Funcionamiento del análisis sintáctico LR

3 de 4

- ③ Si **acción**[$s, \$$] = **Aceptar** entonces
- la **cadena de entrada** es **reconocida**
 - y el análisis sintáctico ascendente **finaliza**.

| Pila | Entrada | Acción |
|------|---------|---------|
| ...s | \$ | Aceptar |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Funcionamiento del análisis sintáctico LR

4 de 4

- 4 Si **acción** $[s, \sigma] = E n$ entonces llama a la función de control de errores número n

| Pila | Entrada | Acción |
|------|-------------------|--------|
| ...s | $\sigma \dots \$$ | $E n$ |

Nota

Los métodos de recuperación de errores se describirán al final del tema.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Comparación de los métodos de análisis LR

| Método | Potencia | Tamaño de tabla |
|-------------|----------|-----------------|
| SLR | 3° | 1° |
| LR-canónico | 1° | 2° |
| LALR | 2° | 1° |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Gramática de prototipos de funciones en C 1 de 4)
$$P = \{$$

- (1') $S' \rightarrow S$
- (1) $S \rightarrow T \text{ id } (L) ;$
- (2) $T \rightarrow T *$
- (3) $T \rightarrow \text{int}$
- (4) $L \rightarrow L, T$
- (5) $L \rightarrow T$

$$\}$$

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Tabla LR

2 de 4)

| | Acción | | | | | | | | lr-a | | |
|----|--------|----|----|-----|----|-----|-----|---------|------|----|---|
| | id | (|) | ; | * | int | , | \$ | S | T | L |
| 0 | | | | | | d3 | | | 1 | 2 | |
| 1 | | | | | | | | Aceptar | | | |
| 2 | d4 | | | | d5 | | | | | | |
| 3 | r3 | | r3 | | r3 | | r3 | | | | |
| 4 | | d6 | | | | | | | | | |
| 5 | r2 | | r2 | | r2 | | r2 | | | | |
| 6 | | | | | | d3 | | | | 8 | 7 |
| 7 | | | d9 | | | | d10 | | | | |
| 8 | | | r5 | | d5 | | r5 | | | | |
| 9 | | | | d11 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | d3 | | | | 12 | |
| 11 | | | | | | | | r1 | | | |
| 12 | | | r4 | | d5 | | r4 | | | | |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Análisis sintáctico ascendente LR 3 de 4)

| Pila | Entrada | Acción |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0 | int * id (int) ; \$ | <i>desplazar 3</i> |
| 0 int 3 | * id (int) ; \$ | <i>reducir (3) T → int</i> |
| 0 T 2 | * id (int) ; \$ | <i>desplazar 5</i> |
| 0 T 2 * 5 | id (int) ; \$ | <i>reducir (2) T → T *</i> |
| 0 T 2 | id (int) ; \$ | <i>desplazar 4</i> |
| 0 T 2 id 4 | (int) ; \$ | <i>desplazar 6</i> |
| 0 T 2 id 4 (6 | int) ; \$ | <i>desplazar 3</i> |
| 0 T 2 id 4 (6 int 3 |) ; \$ | <i>reducir (3) T → int</i> |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Análisis sintáctico ascendente LR) 4 de 4)

| Pila | Entrada | Acción |
|-----------------------------|---------|--|
| 0 T 2 id 4 (6 <u>int</u> 3 |) ; \$ | <i>reducir</i> (3) $T \rightarrow \text{int}$ |
| 0 T 2 id 4 (6 <u>T</u> 8 |) ; \$ | <i>reducir</i> (5) $L \rightarrow T$ |
| 0 T 2 id 4 (6 L 7 |) ; \$ | <i>desplazar</i> 9 |
| 0 T 2 id 4 (6 L 7) 9 | ; \$ | <i>desplazar</i> 11 |
| 0 T 2 id 4 (6 L 7) 9 ; 11 | \$ | <i>reducir</i> (1) $S \rightarrow T \text{ id } (L)$; |
| 0 S 1 | \$ | Aceptar |

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Derivación por la derecha)

$$\begin{aligned} S &\xRightarrow{1} \underline{T \text{ id } (L)}; \\ &\xRightarrow{5} T \text{ id } (\underline{T}); \\ &\xRightarrow{3} T \text{ id } (\underline{\text{int}}); \\ &\xRightarrow{2} \underline{T} * \text{ id } (\text{int}); \\ &\xRightarrow{3} \underline{\text{int}} * \text{ id } (\text{int}); \end{aligned}$$

Nota

La derivación por la *derecha* se ha obtenido en orden *inverso*.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 1 de 6)

int * *id* (*int*) ;

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 2 de 6) T

|

int

*

id

(

int

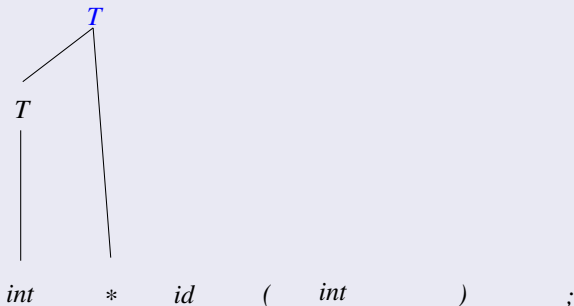
)

;

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

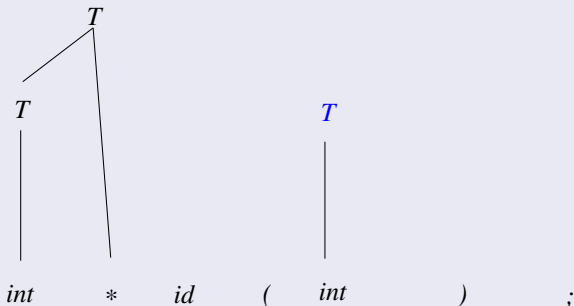
Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 3 de 6)



Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

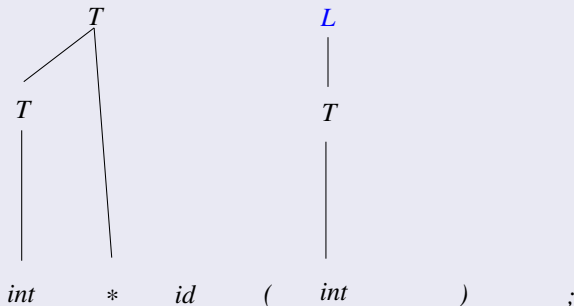
Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 4 de 6)



Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

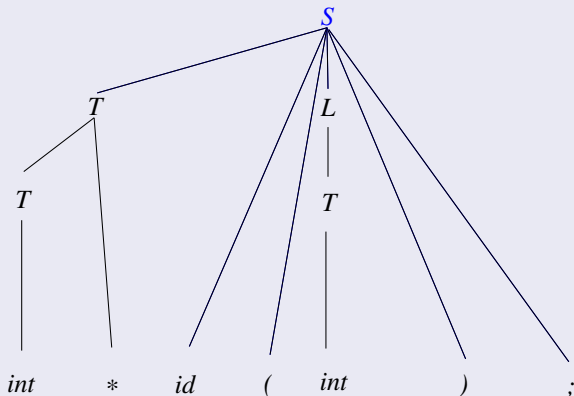
Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 5 de 6)



Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación 6 de 6)



PROCESADORES DE LENGUAJES

TEMA V: ANÁLISIS ASCENDENTE

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba