

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
- 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** un árbol sintáctico asociado a la cadena de entrada.
- La construcción del árbol sintáctico es **ascendente**: 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

Análisis Sintáctico Ascendente

- Objetivo: **construir** un árbol sintáctico asociado a la cadena de entrada.
- La construcción del árbol sintáctico es **ascendente**: 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

Análisis Sintáctico Ascendente

- Objetivo: **construir** un árbol sintáctico asociado a la cadena de entrada.
- La construcción del árbol sintáctico es **ascendente**: 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

Análisis Sintáctico Ascendente

- Objetivo: **construir** un árbol sintáctico asociado a la cadena de entrada.
- La construcción del árbol sintáctico es **ascendente**: 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 (Ejemplo de Análisis Ascendente)

$$P = \{$$

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

$$\}$$

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Ejemplo de Análisis Ascendente)

- *Esta gramática genera **prototipos** de funciones del lenguaje de programación C.*
- *Un ejemplo de estos prototipos podría ser:*

```
int * reservarMemoria (int);
```

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Ejemplo de Análisis sintáctico Ascendente (1 de 2))

Pila	Entrada	Acción
	int * id (int) ; \$	<i>desplazar</i> int
int	* id (int) ; \$	<i>reducir</i> (3) $T \rightarrow \text{int}$
<i>T</i>	* id (int) ; \$	<i>desplazar</i> *
<i>T</i> *	id (int) ; \$	<i>reducir</i> (2) $T \rightarrow T *$
<i>T</i>	id (int) ; \$	<i>desplazar</i> id
<i>T</i> id	(int) ; \$	<i>desplazar</i> (
<i>T</i> id (	int) ; \$	<i>desplazar</i> int
<i>T</i> id (int	) ; \$	<i>reducir</i> (3) $T \rightarrow \text{int}$

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Ejemplo de Análisis sintáctico Ascendente (2 de 2))

Pila	Entrada	Acción
$T \text{ id } (T$	) ; \$	<i>reducir</i> (7) $P \rightarrow T$
$T \text{ id } (P$	) ; \$	<i>reducir</i> (4) $L \rightarrow P$
$T \text{ id } (L$	) ; \$	<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)

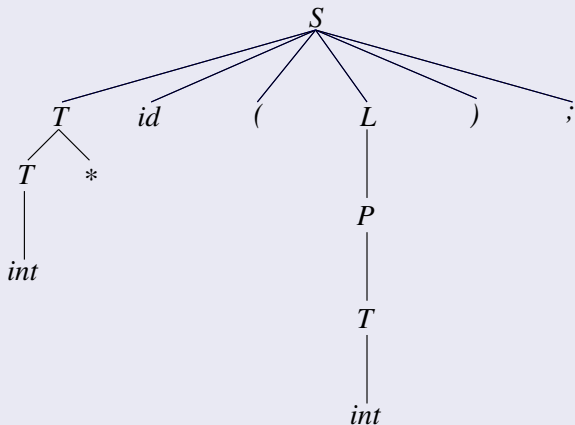
La derivación por la *derecha* se ha obtenido en orden *inverso*.

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow_1 T \text{ id } (L) ; \\ &\Rightarrow_4 T \text{ id } (P) ; \\ &\Rightarrow_7 T \text{ id } (T) ; \\ &\Rightarrow_3 T \text{ id } (\text{int}) ; \\ &\Rightarrow_2 T * \text{ id } (\text{int}) ; \\ &\Rightarrow_3 \text{int} * \text{ id } (\text{int}) ; \end{aligned}$$

Introducción

Descripción general

Ejemplo (Árbol sintáctico asociado a la derivación)



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
 - 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 (1/2))

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 (2/2))

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) T \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*.
- Al obtener el pivote, se puede generar el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Cada paso anterior se genera mediante una *reducción* del pivote.
- 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*.
- Al obtener el pivote, se puede generar el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Cada paso anterior se genera mediante una *reducción* del pivote.
- 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*.
- Al obtener el pivote, se puede generar el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Cada paso anterior se genera mediante una *reducción* del pivote.
- 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*.
- Al obtener el pivote, se puede generar el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Cada paso anterior se genera mediante una *reducción* del pivote.
- 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*.
- Al obtener el pivote, se puede generar el paso *anterior* de una derivación por la *derecha*.
- Cada paso anterior se genera mediante una *reducción* del pivote.
- 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 (Características de los pivotes)

- El *pivote* siempre debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.

Introducción

Concepto de pivote

Nota (Características de los pivotes)

- El *pivote* siempre debe aparecer en la *cima* de la pila.
- Se realizará una *reducción* cuando se encuentre un pivote.

Introducción

Concepto de pivote

Ejemplo (Pivote en la cima de la pila)

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)

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**
 - 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 conflicto)

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 conflicto)

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 conflicto)

- 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

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

Supóngase la siguiente gramática:

$$P = \left\{ \begin{array}{l} (1) \ E \longrightarrow E + E; \\ (2) \ E \longrightarrow E * E \\ (3) \ E \longrightarrow (E) \\ (4) \ E \longrightarrow \mathbf{id} \\ (5) \ E \longrightarrow \mathbf{número} \\ \} \end{array} \right.$$

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

- *Esta gramática genera expresiones aritméticas.*
- *La expresión $\text{id} + \text{id} * \text{id}$ provoca un conflicto de desplazamiento-reducción*

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

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> + <i>id</i>	* 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)

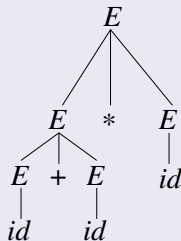
Si se elige la *reducción*, el análisis continúa de la siguiente forma:

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	\$	<i>ACEPTAR</i>

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)



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)

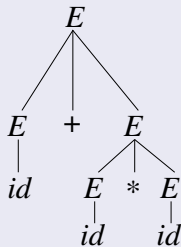
Si se elige el *desplazamiento*, el análisis continúa de la siguiente forma:

Pila	Entrada	Acción
\$ E + E	* id \$	<i>desplazar</i> *
\$ E + E *	id \$	<i>desplazar</i> id
\$ E + E * id	\$	<i>reducir</i> (4) $E \rightarrow id$
\$ 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)



Nota

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

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto desplazamiento-reducción)

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

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto reducción-reducción)

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

Introducción

Conflictos

Ejemplo (Conflicto reducción-reducción)

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
- 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

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

Existen los siguientes tipos:

- 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 basados en reglas de precedencia

Existen los siguientes tipos:

- 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 basados en reglas de precedencia

Existen los siguientes tipos:

- 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 basados en reglas de precedencia

Existen los siguientes tipos:

- 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 basados en reglas de precedencia

Existen los siguientes tipos:

- 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 siguientes

- **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

Métodos de análisis LR

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

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
 - 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 (1/3))

$G = (V_N, V_T, P, S)$ 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 (2/3))

- 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 (3/3))

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)

- *Los métodos de análisis sintáctico ascendente $LR(k)$ utilizan 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
 - 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)

- *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 (Estructura de la parte Acción)

- **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

Acciones de la parte acción

- ➊ **Desplazar:**
 - Se desplaza el primer símbolo de la entrada a la cima de la pila
 - y se indica a qué estado pasa el analizador.
- ➋ **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**
- ➌ **Aceptar:** la cadena de entrada es **reconocida**.
- ➍ **Error:** se llama a una función de control de errores.

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Acciones de la parte acción

- 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

Acciones de la parte acción

- 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

Acciones de la parte acción

- 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

Nota (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 (Estructura de la parte lr-a)

- **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

Estructura de la tabla LR

	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

Funcionamiento del análisis sintáctico LR (1/4)

- 1 Si **acción** $[s, \sigma] = \mathbf{d j}$ 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 (2/4)

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

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Funcionamiento del análisis sintáctico LR (3/4)

- 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 (4/4)

- 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 que genera 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 para la gramática de los prototipos)

	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 (1 de 2))

Pila	Entrada	Acción
0	int * id (int) ; \$	<i>desplazar</i> 3
0 int 3	* id (int) ; \$	<i>reducir</i> (3) $T \rightarrow \text{int}$
0 T 2	* id (int) ; \$	<i>desplazar</i> 5
0 T 2 * 5	id (int) ; \$	<i>reducir</i> (2) $T \rightarrow T *$
0 T 2	id (int) ; \$	<i>desplazar</i> 4
0 T 2 id 4	(int) ; \$	<i>desplazar</i> 6
0 T 2 id 4 (6	int) ; \$	<i>desplazar</i> 3
0 T 2 id 4 (6 int 3	) ; \$	<i>reducir</i> (3) $T \rightarrow \text{int}$

Introducción

Tabla de análisis sintáctico ascendente LR

Ejemplo (Análisis sintáctico ascendente LR (2 de 2))

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> 7
0 T 2 id 4 (6 L 7) 9	; \$	<i>desplazar</i> 11
0 T 2 id 4 (6 L 7) 9 ; <u>11</u>	\$	<i>reducir</i> (1) $S \rightarrow T \text{ id } (L);$
0 S 1	\$	Aceptar

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