

LR(0). Ejemplo 1

Gramática original

- (1) $E ::= T$
- (2) $E ::= E + T$
- (3) $T ::= i$
- (4) $T ::= (E)$

Gramática extendida

- (0) $E' ::= E\$$
- (1) $E ::= T$
- (2) $E ::= E + T$
- (3) $T ::= i$
- (4) $T ::= (E)$

Estado inicial

El estado inicial del autómata de análisis es el **cierre** de la configuración $\{E' ::= .E\$ \}$, es decir el siguiente conjunto de configuraciones:

S_0

$E' ::= .E\$$

$E ::= .T$

$E ::= .E + T$

$T ::= .i$

$T ::= .(E)$

Estados S_1 y S_2

El autómata salta al estado S_1 desde el estado inicial al desplazar el símbolo “E” en la entrada. En S_1 hay dos configuraciones posibles, $\{E' ::= E.\$\}$ y $\{E ::= E.+T\}$, que no es necesario cerrar ya que en ambas el punto está delante de un símbolo terminal:

S_1

$E' ::= E.\$$

$E ::= E.+T$

Desde S_1 el autómata salta a S_2 con el símbolo “+”. En este caso obtenemos la configuración $\{E ::= E+.T\}$, a la que hay que aplicar la operación de cierre para obtener el siguiente conjunto de configuraciones:

S_2

$E ::= E+.T$

$T ::= .i$

$T ::= .(E)$

Estados S_3 y S_{acc}

Desde S_2 el autómata salta a S_3 con el símbolo “T”. La configuración resultante es $\{E ::= E + T.\}$. En este caso el punto se encuentra al final de la regla. Esto significa que el estado debe ser un **estado final** y por tanto hay que aplicar una reducción.

S_3 [estado final]

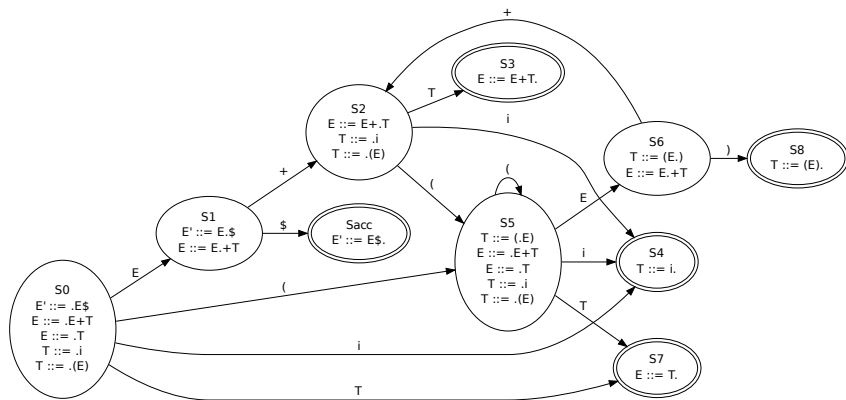
$E ::= E + T.$

Desde S_1 el autómata salta a S_{acc} con el símbolo “\$”. La configuración resultante es $\{E' ::= E\$.\}$. Se trata también de un estado final, en particular aquel en el que se reduce la regla del axioma. Si el autómata alcanza este estado la cadena de entrada se acepta.

S_{acc} [estado de aceptación]

$E' ::= E\$.$

Autómata de análisis completo



Ejemplo de análisis usando el autómata (a lo bruto)

| Instante | Estado | Entrada | Pila | Acción |
|----------|--------|-----------|-------|-----------------------------------|
| 0 | S_0 | $i+i+i\$$ | | Desplazar i y saltar a S_4 |
| 1 | S_4 | $+i+i\$$ | i | Reducir la regla 3, $T ::= i$ |
| 2 | S_0 | $T+i+i\$$ | | Desplazar T y saltar a S_7 |
| 3 | S_7 | $+i+i\$$ | T | Reducir la regla 1, $E ::= T$ |
| 4 | S_0 | $E+i+i\$$ | | Desplazar E y saltar a S_1 |
| 5 | S_1 | $+i+i\$$ | E | Desplazar $+$ y saltar a S_2 |
| 6 | S_2 | $i+i\$$ | $E+$ | Desplazar i y saltar a S_4 |
| 7 | S_4 | $+i\$$ | $E+i$ | Reducir la regla 3, $T ::= i$ |
| 8 | S_0 | $E+T+i\$$ | | Desplazar E y saltar a S_1 |
| 9 | S_1 | $+i+i\$$ | E | Desplazar $+$ y saltar a S_2 |
| 10 | S_2 | $T+i\$$ | $E+$ | Desplazar T y saltar a S_3 |
| 11 | S_3 | $+i\$$ | $E+T$ | Reducir la regla 2, $E ::= E + T$ |
| 12 | S_0 | $E+i\$$ | | Desplazar E y saltar a S_1 |

Ejemplo de análisis usando el autómata (a lo bruto)

| Instante | Estado | Entrada | Pila | Acción |
|----------|-----------|---------|------|-----------------------------------|
| 13 | S_1 | +i\$ | E | Desplazar + y saltar a S_2 |
| 14 | S_2 | i\$ | E+ | Desplazar i y saltar a S_4 |
| 15 | S_4 | \$ | E+i | Reducir la regla 3, $T ::= i$ |
| 16 | S_0 | E+T\$ | | Desplazar E y saltar a S_1 |
| 17 | S_1 | +T\$ | E | Desplazar + y saltar a S_2 |
| 18 | S_2 | T\$ | E+ | Desplazar T y saltar a S_3 |
| 19 | S_3 | \$ | E+T | Reducir la regla 2, $E ::= E + T$ |
| 20 | S_0 | E\$ | | Desplazar E y saltar a S_1 |
| 21 | S_1 | \$ | E | Desplazar \$ y saltar a S_{acc} |
| 22 | S_{acc} | | E\$ | ¡¡Aceptar!! |

En todas las reducciones hacemos lo siguiente:

- 1 Sacar de la pila la parte derecha de la regla
- 2 Añadir a la entrada la parte izquierda de la regla
- 3 Si la pila no está vacía, vaciarla añadiendo su contenido a la entrada
- 4 Saltar al estado S_0

- Si metemos el estado en la pila evitamos tener que volver a empezar después de cada reducción.
- El estado actual está siempre en la cima de la pila.
- Con cada desplazamiento introducimos en la pila el símbolo desplazado y el estado al que transita el autómat.
- Con cada reducción sacamos de la pila la parte derecha de la regla (incluyendo estados) y añadimos a la entrada el no terminal de la parte izquierda.

Ejemplo de análisis usando el autómata (con truco)

| Instante | Estado | Entrada | Pila | Acción |
|----------|--------|-----------|-----------|-----------------------------------|
| 0 | S_0 | $i+i+i\$$ | 0 | Desplazar i y saltar a S_4 |
| 1 | S_4 | $+i+i\$$ | $0i4$ | Reducir la regla 3, $T ::= i$ |
| 2 | S_0 | $T+i+i\$$ | 0 | Desplazar T y saltar a S_7 |
| 3 | S_7 | $+i+i\$$ | $0T7$ | Reducir la regla 1, $E ::= T$ |
| 4 | S_0 | $E+i+i\$$ | 0 | Desplazar E y saltar a S_1 |
| 5 | S_1 | $+i+i\$$ | $0E1$ | Desplazar $+$ y saltar a S_2 |
| 6 | S_2 | $i+i\$$ | $0E1+2$ | Desplazar i y saltar a S_4 |
| 7 | S_4 | $+i\$$ | $0E1+2i4$ | Reducir la regla 3, $T ::= i$ |
| 8 | S_2 | $T+i\$$ | $0E1+2$ | Desplazar T y saltar a S_3 |
| 9 | S_3 | $+i\$$ | $0E1+2T3$ | Reducir la regla 2, $E ::= E + T$ |
| 10 | S_0 | $E+i\$$ | 0 | Desplazar E y saltar a S_1 |

Ejemplo de análisis usando el autómata (con truco)

| Instante | Estado | Entrada | Pila | Acción |
|----------|-----------|---------|----------|-------------------------------------|
| 11 | S_1 | $+i\$$ | 0E1 | Desplazar $+$ y saltar a S_2 |
| 12 | S_2 | $i\$$ | 0E1+2 | Desplazar i y saltar a S_4 |
| 13 | S_4 | $\$$ | 0E1+2i4 | Reducir la regla 3, $T ::= i$ |
| 14 | S_2 | $T\$$ | 0E1+2 | Desplazar T y saltar a S_3 |
| 15 | S_3 | $\$$ | 0E1+2T3 | Reducir la regla 2, $E ::= E + T$ |
| 16 | S_0 | $E\$$ | 0 | Desplazar E y saltar a S_1 |
| 17 | S_1 | $\$$ | 0E1 | Desplazar $\$$ y saltar a S_{acc} |
| 18 | S_{acc} | | 0E1\$Acc | ¡¡Aceptar!! |

Tabla de análisis LR(0)

| | + | i | (|) | \$ | E | T |
|---|----|----|----|----|-----|---|---|
| 0 | | d4 | d5 | | | 1 | 7 |
| 1 | d2 | | | | acc | | |
| 2 | | d4 | d5 | | | | 3 |
| 3 | r2 | r2 | r2 | r2 | r2 | | |
| 4 | r3 | r3 | r3 | r3 | r3 | | |
| 5 | | d4 | d5 | | | 6 | 7 |
| 6 | d2 | | | d8 | | | |
| 7 | r1 | r1 | r1 | r1 | r1 | | |
| 8 | r4 | r4 | r4 | r4 | r4 | | |

- Se construye a partir del autómata.
- Cada fila es un estado.
- Las columnas representan los posibles símbolos de entrada.
- Cada casilla representa la acción a realizar cuando en un determinado estado se recibe un determinado símbolo de entrada.
- Las casillas vacías son situaciones de error.

- Inicialmente la pila contiene sólo el símbolo 0.
- **Desplazar:** Avanzar un símbolo en la entrada, introduciéndolo en la pila junto con el estado al que saltas.
- **Reducir:** Sacar de la pila la parte derecha de la regla (doble de símbolos de los que tiene la parte derecha). Considerar el símbolo de la parte izquierda como siguiente entrada.
- **Ir a:** (“Desplazar” un no terminal) Saltar al estado indicado, introduciendo en la pila el no terminal y el estado. No se avanza en la entrada.
- **Aceptar:** Aceptar la cadena de entrada y terminar.
- **Casilla en blanco:** Error, cadena no se acepta.

Ejemplo de análisis usando la tabla

| Instante | Entrada | Pila | Acción |
|----------|---------|---------|-------------------|
| 0 | i+i+i\$ | 0 | d4 |
| 1 | +i+i\$ | 0i4 | r3, $T ::= i$ |
| 2 | +i+i\$ | 0 | 7 |
| 3 | +i+i\$ | 0T7 | r1, $E ::= T$ |
| 4 | +i+i\$ | 0 | 1 |
| 5 | +i+i\$ | 0E1 | d2 |
| 6 | i+i\$ | 0E1+2 | d4 |
| 7 | +i\$ | 0E1+2i4 | r3, $T ::= i$ |
| 8 | +i\$ | 0E1+2 | 3 |
| 9 | +i\$ | 0E1+2T3 | r2, $E ::= E + T$ |
| 10 | +i\$ | 0 | 1 |

Ejemplo de análisis usando la tabla

| Instante | Entrada | Pila | Acción |
|----------|---------|---------|-------------------|
| 11 | +i\$ | 0E1 | d2 |
| 12 | i\$ | 0E1+2 | d4 |
| 13 | \$ | 0E1+2i4 | r3, $T ::= i$ |
| 14 | \$ | 0E1+2 | 3 |
| 15 | \$ | 0E1+2T3 | r2, $E ::= E + T$ |
| 16 | \$ | 0 | 1 |
| 17 | \$ | 0E1 | ¡¡Aceptar!! |

- Después de cada reducción viene un “ir a”, en el que se “desplaza” el símbolo no terminal reducido.
- No se considera el estado de aceptación, cuando se desplaza el símbolo \$ se acepta la cadena.
- Las reducciones se hacen con independencia del símbolo que haya en la entrada.

Ejemplo con una entrada incorrecta

| Instante | Entrada | Pila | Acción |
|----------|---------|---------|-------------------|
| 0 | i+i+\$ | 0 | d4 |
| 1 | +i+\$ | 0i4 | r3, $T ::= i$ |
| 2 | +i+\$ | 0 | 7 |
| 3 | +i+\$ | 0T7 | r1, $E ::= T$ |
| 4 | +i+\$ | 0 | 1 |
| 5 | +i+\$ | 0E1 | d2 |
| 6 | i+\$ | 0E1+2 | d4 |
| 7 | +\$ | 0E1+2i4 | r3, $T ::= i$ |
| 8 | +\$ | 0E1+2 | 3 |
| 9 | +\$ | 0E1+2T3 | r2, $E ::= E + T$ |
| 10 | +\$ | 0 | 1 |
| 11 | +\$ | 0E1 | d2 |
| 12 | \$ | 0E1+2 | ¡¡ERROR!! |

Lo que hace bison

(Ver material, demo lr, en moodle)



The screenshot shows a text editor window titled 'lr0.y'. The editor has a dark toolbar at the top with icons for file operations (Open, Save, Print) and editing (Undo, Redo, Cut). The main text area contains the following Yacc grammar rules:

```
%{  
    #include <stdio.h>  
%}  
  
%start E  
  
%%  
  
E: T  
E: E '+' T  
T: 'i'  
T: '(' E ')'  
  
%%
```

At the bottom of the editor window, a status bar displays 'Yacc', 'Tab Width: 8', 'Ln 7, Col 3', and 'INS'.

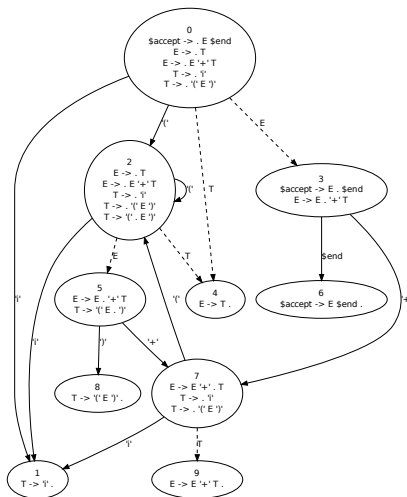
Lo que hace bison

```
bison -d -g -r all lr0.y
```

- **-d:** Genera el fichero *lr0.tab.h*
- **-g:** Genera el fichero *lr0.dot*
- **-r all:** Genera el fichero *lr0.output*

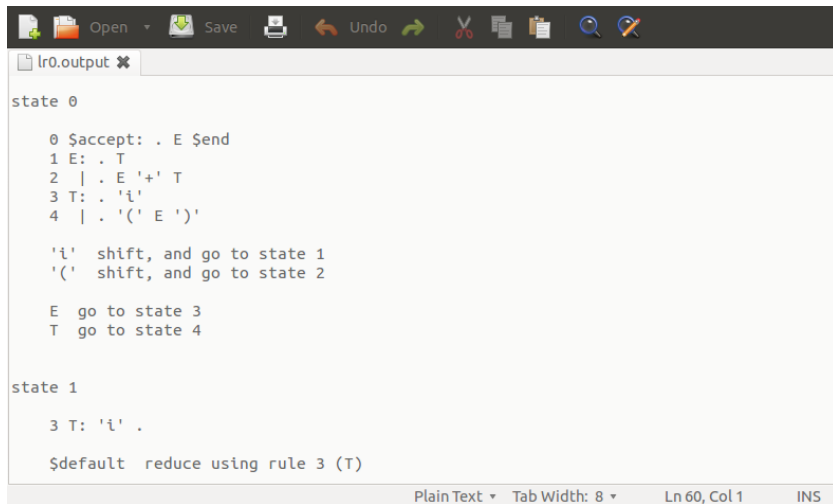
Generando el autómata con dot

```
dot -Tpdf lr0.dot -o lr0.pdf
```



Analizando el fichero lr0.output

El fichero lr0.output contiene todos los detalles acerca del autómata de análisis.



```
state 0
  0 $accept: . E $end
  1 E: . T
  2 | . E '+' T
  3 T: . 'i'
  4 | . '(' E ')'

  'i' shift, and go to state 1
  '(' shift, and go to state 2

  E go to state 3
  T go to state 4

state 1
  3 T: 'i' .

$default reduce using rule 3 (T)
```

Creando la tabla de análisis

```
awk -f proc_output.awk < lr0.output
```

| # | \$end | '(' | ')' | '+' | 'i' | S' | E | T |
|---|-------|------|------|------|------|----|-----|-----|
| 0 | | s 2 | | | s 1 | | g 3 | g 4 |
| 1 | r 3 | r 3 | r 3 | r 3 | r 3 | | | |
| 2 | | s 2 | | | s 1 | | g 5 | g 4 |
| 3 | s 6 | | | s 7 | | | | |
| 4 | r 1 | r 1 | r 1 | r 1 | r 1 | | | |
| 5 | | | s 8 | s 7 | | | | |
| 6 | ACCP | ACCP | ACCP | ACCP | ACCP | | | |
| 7 | | s 2 | | | s 1 | | | g 9 |
| 8 | r 4 | r 4 | r 4 | r 4 | r 4 | | | |
| 9 | r 2 | r 2 | r 2 | r 2 | r 2 | | | |

LR(0). Ejemplo 2. Conflictos

Gramática extendida

- (0) $B' ::= B\$$
- (1) $B ::= bD;E f$
- (2) $D ::= d$
- (3) $D ::= D;d$
- (4) $E ::= e$
- (5) $E ::= e;E$

Autómata de análisis

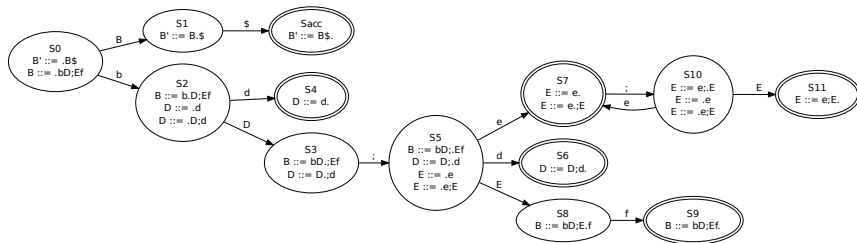


Tabla de análisis LR(0)

| | b | ; | f | d | e | \$ | B | D | E |
|----|----|--------|----|----|----|-----|---|---|----|
| 0 | d2 | | | | | | 1 | | |
| 1 | | | | | | acc | | | |
| 2 | | | | d4 | | | | 3 | |
| 3 | | d5 | | | | | | | |
| 4 | r2 | r2 | r2 | r2 | r2 | r2 | | | |
| 5 | | | | d6 | d7 | | | | 8 |
| 6 | r3 | r3 | r3 | r3 | r3 | r3 | | | |
| 7 | r4 | r4/d10 | r4 | r4 | r4 | r4 | | | |
| 8 | | | d9 | | | | | | |
| 9 | r1 | r1 | r1 | r1 | r1 | r1 | | | |
| 10 | | | | | d7 | | | | 11 |
| 11 | r5 | r5 | r5 | r5 | r5 | r5 | | | |

Análisis SLR(1) para el ejemplo 2

- $\text{siguiente}(B) = \{\$, \}$, las reducciones de B sólo se pueden realizar delante del símbolo \$
- $\text{siguiente}(D) = \{;, \}$, las reducciones de D sólo se pueden realizar delante del símbolo ;
- $\text{siguiente}(E) = \{f, \}$, las reducciones de E sólo se pueden realizar delante del símbolo f
- La tabla de análisis resultante no presenta conflictos

Tabla de análisis SLR(1) para el ejemplo 2

| | b | ; | f | d | e | \$ | B | D | E |
|----|----|-----|----|----|----|-----|---|---|----|
| 0 | d2 | | | | | | 1 | | |
| 1 | | | | | | acc | | | |
| 2 | | | | d4 | | | | 3 | |
| 3 | | d5 | | | | | | | |
| 4 | | r2 | | | | | | | |
| 5 | | | | d6 | d7 | | | | 8 |
| 6 | | r3 | | | | | | | |
| 7 | | d10 | r4 | | | | | | |
| 8 | | | d9 | | | | | | |
| 9 | | | | | | r1 | | | |
| 10 | | | | | d7 | | | | 11 |
| 11 | | | r5 | | | | | | |

Conflictos en SLR(1). Ejemplo 3

Gramática extendida

- (0) $E' ::= E\$$
- (1) $E ::= E + E$
- (2) $E ::= E * E$
- (3) $E ::= i$

Autómata de análisis

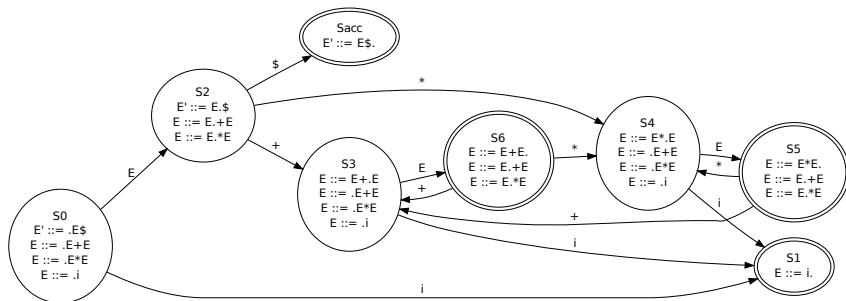


Tabla de análisis SLR(1)

| | * | + | i | \$ | E |
|---|-------|-------|----|-----|---|
| 0 | | | d1 | | 2 |
| 1 | r3 | r3 | | r3 | |
| 2 | d4 | d3 | | acc | |
| 3 | | | d1 | | 6 |
| 4 | | | d1 | | 5 |
| 5 | r2/d4 | r2/d3 | | r2 | |
| 6 | r1/d4 | r1/d3 | | r1 | |

- $\text{siguiente}(E) = \{\$, +, *\}$