Compiladores - Análise LL(1)

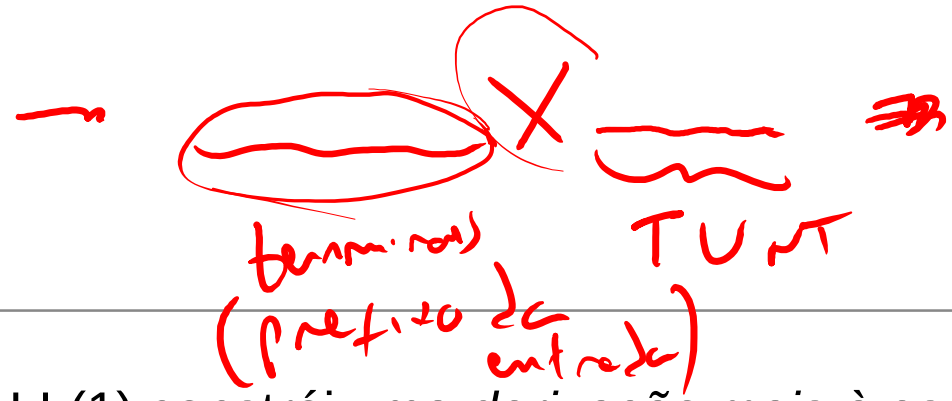
Fabio Mascarenhas – 2017.2

http://www.dcc.ufrj.br/~fabiom/comp

Gramáticas LL(1)

- Uma gramática é LL(1) se toda predição pode ser feita examinando um único token à frente
- Muitas construções em gramáticas de linguagens de programação são LL(1), ou podem ser tornadas LL(1) com alguns “jeitinhos”
- A vantagem é que um analisador LL(1) é bastante fácil de construir, e muito eficiente
- Como a análise LL(1) funciona?

Análise LL(1)



- Conceitualmente, o analisador LL(1) constrói uma *derivação mais à esquerda* para o programa, partindo do símbolo inicial

- A cada passo da derivação, o prefixo de terminais da forma sentencial tem que casar com um prefixo da entrada

- Caso exista mais de uma regra para o não-terminal que vai gerar o próximo passo da derivação, o analisador usa o primeiro token após esse prefixo para escolher qual regra usar

- Esse processo continua até todo o programa ser derivado ou acontecer um erro (o prefixo de terminais da forma sentencial não casa com um prefixo do programa)

Exemplo

- Uma gramática LL(1) simples:

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

- Vamos analisar id = (num + id) ; print num ;

Exemplo

- O terminal entre || é o *lookahead*, usado para escolher qual regra usar

PROG

|id| = (num + id) ; print num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- O terminal entre || é o *lookahead*, usado para escolher qual regra usar

```
PROG -> CMD ; PROG
```

|id| = (num + id) ; print num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Um prefixo de terminais na forma sentencial desloca o lookahead

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG
```

id = |(| num + id) ; print num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Um prefixo de terminais na forma sentencial desloca o lookahead

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG
```

id = (|num| + id) ; print num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Um prefixo de terminais na forma sentencial desloca o lookahead

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG -> id = ( num + EXP ) ; PROG
```

id = (num + |id|) ; print num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Um prefixo de terminais na forma sentencial desloca o lookahead

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG -> id = ( num + EXP ) ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; PROG
```

id = (num + id) ; |print| num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Um prefixo de terminais na forma sentencial desloca o lookahead

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG -> id = ( num + EXP ) ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; PROG -> id = ( num + id ) ; CMD ; PROG
```

id = (num + id) ; |print| num ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Um prefixo de terminais na forma sentencial desloca o lookahead

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG -> id = ( num + EXP ) ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; PROG -> id = ( num + id ) ; CMD ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; print EXP ; PROG
```

id = (num + id) ; print |num| ;

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- O lookahead agora está no final da entrada (EOF)

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG -> id = ( num + EXP ) ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; PROG -> id = ( num + id ) ; CMD ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; print EXP ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; print num ; PROG
```

id = (num + id) ; print num ; ||

EOF

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

Exemplo

- Chegamos em uma derivação para o programa, sucesso!

```
PROG -> CMD ; PROG -> id = EXP ; PROG ->
   id = ( EXP + EXP ) ; PROG -> id = ( num + EXP ) ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; PROG -> id = ( num + id ) ; CMD ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; print EXP ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; print num ; PROG ->
   id = ( num + id ) ; print num ;
```

id = (num + id) ; print num ; | |

```
PROG -> CMD ; PROG
PROG ->
CMD  -> id = EXP
CMD  -> print EXP
EXP  -> id
EXP  -> num
EXP  -> ( EXP + EXP )
```

FIRST, FOLLOW e FIRST+

- Como o analisador LL(1) sabe qual regra aplicar, dado o lookahead?
- Examinando os *conjuntos de lookahead* (FIRST+) de cada regra

```
FIRST+(A -> w) = | FIRST(w) U FOLLOW(A) - { '' }, se '' em FIRST(w)
                 | FIRST(w), caso contrário
```

- E quem são os conjuntos FIRST e FOLLOW? Revisão de linguagens formais!

```
FIRST(w) = { x é terminal | w -*-> xv, para alguma string v } U
  { '' | w -*-> '' }
FOLLOW(A) = { x é terminal | S -*-> wAxv para algum w e v } U
            { EOF | S -*-> wA para algum w }
```

A condição LL(1)

- Uma gramática é LL(1) se os conjuntos FIRST+ das regras de cada não-terminal são *disjuntos*

- Por que isso faz a análise LL(1) funcionar? Vejamos a consequência de uma escolha LL(1):

```
...At... -*-> ...t...  ou
...A...  -*-> ...tw...
```

- No primeiro caso isso quer dizer que `t` está no FOLLOW(A)

- No segundo caso, `t` está no FIRST do lado direito da regra de A que foi usada

- A derivação é mais à esquerda, então o primeiro ... é um prefixo de terminais, logo `t` é o lookahead!