

Ao implementar um analisador sintático descendente, é importante avaliar certas propriedades da gramática tratada pelo analisador. O *nullable*, o *first* e o *follow* são três dessas propriedades que devem ser consideradas.

1. Nullable

O *nullable* de uma cadeia X avalia se é possível produzir a cadeia vazia ϵ a partir de X . Assim, o

$$\text{Nullable}(X)$$

tem, como resultado, dois valores possíveis:

- **V** (verdadeiro), se é possível obter ϵ a partir de X , ou
- **F** (falso), caso contrário

Exemplo: Considere a gramática

$Z \rightarrow aYb\$$ /* Regra 1 */
 $Y \rightarrow cYW$ /* Regra 2 */
 $Y \rightarrow \epsilon$ /* Regra 3 */
 $W \rightarrow a$ /* Regra 4 */

Para calcular se Z é nullable, basta considerar as regras que apresentam Z na "cabeça". É uma única regra, anotada como Regra 1. Note que esta regra especifica que toda palavra derivada de Z deve começar com a letra a e terminar com as letras $b\$$. Ou seja

$$\text{Nullable}(Z) = \text{F}.$$

Por sua vez, para calcular se Y é nullable, devemos considerar as regras 2 e 3. Pela regra 2, derivamos uma palavra que, obrigatoriamente, começa com a letra c ; logo não é possível derivar a cadeia vazia a partir dela. Por outro lado, pela regra 3, produzimos, diretamente, a cadeia vazia. Por isso, devido à regra 3

$$\text{Nullable}(Y) = \text{V}.$$

Finalmente, para calcular se W é nullable, devemos considerar que, a partir de W , produzimos letra a somente. Logo,

$$\text{Nullable}(W) = \text{F}.$$

OBS: Podemos generalizar o conceito de nullable e aplicá-lo a cadeias que não sejam, simplesmente, não-terminais isolados. Assim, por exemplo, considerando a gramática do exemplo anterior:

- $\text{Nullable}(a) = \text{F}$, pois a cadeia a define uma palavra com exatamente uma letra.
- $\text{Nullable}(Ya) = \text{F}$, pois a cadeia Ya define uma palavra que termina com a .
- $\text{Nullable}(YW) = \text{F}$, pois a cadeia YW produz uma palavra que sempre termina com a letra a .

2. First

O *first* de uma cadeia X define o *conjunto* de todas as letras que podem iniciar uma cadeia derivada de X . Adicionalmente, se X for nullable, devemos acrescentar ϵ a $\text{first}(X)$.

Exemplo: Considere a gramática

$Z \rightarrow aYb\$$ /* Regra 1 */
 $Y \rightarrow cYW$ /* Regra 2 */
 $Y \rightarrow \epsilon$ /* Regra 3 */
 $W \rightarrow a$ /* Regra 4 */

Para se calcular o first de Z , basta observar que, pela regra 1, toda cadeia derivada de Z começa com a letra a , obrigatoriamente. Por isso,

$$\text{First}(Z) = \{ a \}.$$

Por sua vez, para se calcular o first de Y , devemos considerar as regras 2 e 3, que têm Y na sua cabeça.

Pela regra 2, temos que Y produz uma cadeia iniciada pela letra c . Por outro lado, pela regra 3, produzimos uma cadeia vazia. Como Y é nullable, temos

$$\text{First}(Y) = \{ c, \epsilon \}.$$

Finalmente, para se calcular first de W , devemos olhar para a regra 4. Ela indica que W produz a letra a isoladamente. Ou seja,

$$\text{First}(W) = \{ a \}.$$

OBS: Podemos generalizar o conceito de nullable e aplicá-lo a cadeias que não sejam, simplesmente, não-terminais isolados. Assim, por exemplo,

- $\text{First}(c) = \{ c \}$, pois a cadeia c sempre começa com a letra c .
- $\text{First}(Yb) = \{ c, b \}$, pois a cadeia Yb começa com a primeira letra de Y . É possível obter uma palavra começando com b , pois Y é nullable. Como Yb não é nullable, não adicionamos ϵ .

3. Follow

O *follow* de um não-terminal **K** é o conjunto de todas as letras que podem seguir imediatamente depois de uma palavra derivada de **K**. Para calculá-lo, devemos olhar para todas as ocorrências de **K** no lado direito das regras da gramática.

OBS: ϵ nunca faz parte do follow.

Exemplo: Considere a gramática

$Z \rightarrow aYb\$$ /* Regra 1 */
 $Y \rightarrow cYW$ /* Regra 2 */
 $Y \rightarrow \epsilon$ /* Regra 3 */
 $W \rightarrow a$ /* Regra 4 */

Para se calcular o follow de **Z**, basta observar que **Z** é o símbolo inicial da gramática. Neste caso, basta indicar o **\$** como seu follow:

$\text{Follow}(Z) = \{ \$ \}$.

No caso do follow de **Y**, basta observar que suas ocorrências estão nas regras 1 e 2. A regra 1 indica que uma palavra derivada de **Y** é imediatamente seguida da letra **b**. A regra 3 indica que uma palavra derivada de **Y** é seguida pela primeira letra derivada a partir de **W**,

$\text{Follow}(Y) = \{ b, a \}$.

Para se calcular o follow de **W**, devemos apenas tratar da regra 2, pois é a única regra com **W** no lado direito. Como **W** é o último símbolo do lado direito, o follow de **W** inclui todas as letras do follow da cabeça da regra, no caso, **Y**. Ou seja,

$\text{Follow}(W) = \{ b, a \}$.

Este caso relativo ao follow de **W** pode ser percebido com os seguintes passos iniciais da derivação:

$Z \Rightarrow aYb\$ \Rightarrow acWb\$ \Rightarrow \dots$

Note que, nesta derivação, teremos uma letra **b** seguindo uma palavra derivada de **W**.

4. Observação geral sobre o First e o Follow

Considere uma regra genérica da forma

$X \rightarrow ABC$

Ao usar tal regra para fazer o cálculo de $\text{First}(X)$, devemos considerar:

- $\text{First}(X)$ incluirá as letras do $\text{First}(A)$, pois **A** é o primeiro símbolo do lado direito da regra.
- no entanto, se **A** for nullable, $\text{First}(X)$ também incluirá as letras do $\text{First}(B)$, pois **B** segue o **A** que pode produzir a cadeia vazia.
- e se tanto **A** quanto **B** forem nullable, o $\text{First}(X)$ também incluirá as letras do $\text{First}(C)$.
- se **A**, **B** e **C** forem todos nullable, **X** também será nullable e, portanto, seu first deverá incluir ϵ .

Para se calcular o follow de **A**, devemos considerar:

- Como, no lado direito da regra, o símbolo **A** é seguido imediatamente de **B**, segue que $\text{Follow}(A)$ inclui as letras de $\text{First}(B)$.
- No entanto, se **B** for nullable, $\text{Follow}(A)$ incluirá também as letras de $\text{First}(C)$.
- Se tanto **B** quanto **C** forem nullable, neste caso, ao se produzir a cadeia vazia de **B** e de **C**, teremos uma situação similar àquela em que o **A** ocuparia a posição final do lado direito da regra. Portanto, nesta situação, $\text{Follow}(A)$ incluirá $\text{Follow}(X)$, que é a cabeça da regra.

OBS: Uma frase como "as letras de $\text{First}(C)$ " quer dizer que, caso $\text{First}(C)$ contenha ϵ , tal símbolo ϵ deve ser desconsiderado, pois o follow de um símbolo nunca incluirá ϵ .