

# Construção de um analisador sintático para reconhecimento de uma linguagem hipotética

Eliton Traverssini<sup>1</sup>, Igor Beilner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)  
Curso de Ciência da Computação – Chapecó – SC – Brasil

{eliton.traverssini, igor.beilner}@gmail.com

**Resumo.** A análise sintática é a tarefa executada pelo compilador que tem como objetivo dizer se determinada sequência de tokens pertence ou não a uma linguagem. Com este propósito, este trabalho implementou um algoritmo de mapeamento de uma tabela de parsing LALR para realizar o reconhecimento sintático de uma linguagem hipotética aqui proposta.

## 1. Introdução

Um compilador está internamente dividido em diversas etapas, como mostra a Figura 1, essa subdivisão de funcionalidades agrega a cada uma das fases a capacidade de modularização de cada tarefa, ou seja, a divisão das etapas de compilação faz com que se otimize ao máximo cada funcionalidade [2].

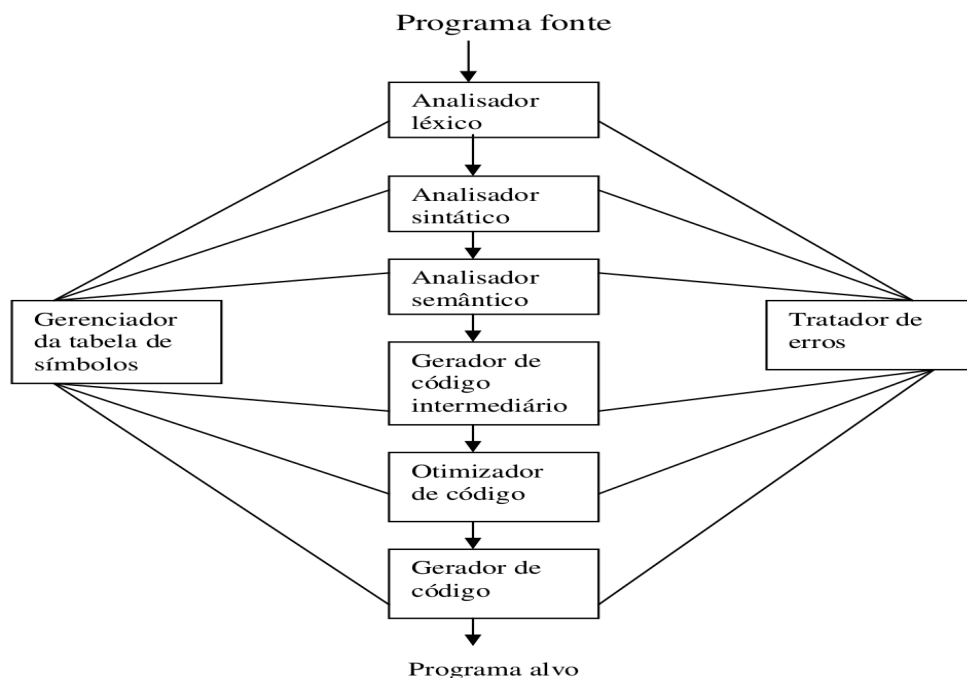


Figura 1. Etapas de um processo de compilação.

Conforme ilustra a Figura 1, a análise sintática é a segunda fase no processo de compilação, logo após a análise léxica. O analisador sintático, tem como entrada a fita de saída do analisador léxico que contém os *tokens* da linguagem. A responsabilidade

do analisador sintático é fazer a verificação do programa quanto aos aspectos sintáticos definidos na gramática livre de contexto (GLC).

Para a implementação do analisador sintático proposto pelo trabalho, foi utilizada a ferramenta *Gold Parser* para a geração do conjunto de itens válidos e da tabela de parsing LALR e, também foi utilizado o analisador léxico contruído no trabalho um para gerar o *tokens* a serem analisados. Mais detalhes sobre a implementação do reconhecedor serão apresentados nas seções seguintes.

## 2. Fundamentação Teórica

A análise sintática é a segunda etapa realizado por um compilador. Sua função é analisar se as estruturas usadas no programa estão gramaticalmente corretas [1]. O analisador sintático recebe do analisador léxico uma sequência de tokens e é responsável por responder se essa sequência pertence ou não a linguagem.

O analisador sintático vê a sentença gerada pelo analisador léxico como uma sentença que deve satisfazer as regras gramaticais da linguagem [1]. O analisador sintático construído neste trabalho fez uso da tabela LALR, que será apresentada na subseção seguinte.

### 2.1. Tabela de parsing LALR

A abordagem de reconhecimento sintático Look Ahead Left to right with Rightmost derivation (LALR) é uma técnica que utiliza análise redutiva [1] baseada no conceito de autômato de pilha. O algoritmo de parser LALR executa duas ações para reconhecer a sentença: *SHIFT* e *REDUCE*, a primeira consiste em colocar o primeiro token da fita no topo da pilha, já a segunda, escolhe a regra  $X ::= A B C$ , retira C, B, A da pilha e coloca X na pilha.

Neste trabalho, a tabela LALR foi construída com o auxílio do software *GOLD Parser* que, através da gramática da linguagem constrói o conjunto de itens válidos e a tabela LALR.

## 3. Implementação e Resultados

O analisador sintático foi implementado com o mapeamento da tabela de parsing LALR para o reconhecimento sintático. Inicialmente, o analisador sintático toma como entrada a fita de saída gerada pela análise léxica, em seguida, analisa um token de cada vez, usando o conceito de autômato de pilha para empilhar e desempilhar os tokens e os estados na pilha do analisador. A linguagem implementada possui nove palavras reservadas, onze operadores e três separadores, o fragmento de código a seguir apresenta um exemplo de aplicação.

O exemplo de código apresentado será inicialmente submetido ao analisador léxico, que irá gerar na sua fita de saída os tokens reconhecidos no código fonte, feito isso, o analisador sintático fará uso da fita de saída para reconhecer a sintaxe da sentença.

```

MAIN
  VAR i = 10;
  WHILE i > 0 DO
    i = i - 1;
    IF i = 2 THEN
      BREAK
    END
  END
  IF i ! 2 THEN
    i = 40;
  ELSE
    i = 20;
  END
  RETURN 0;

```

Para fazer o mapeamento da tabela de parsing LALR para o reconhecimento sintático, foi implementado, em linguagem C, um programa capaz de abrir o arquivo que contém a tabela de parsing LALR, apresentada no Anexo 2, de modo a realizar os respectivos *SHIFT* e *REDUCE* para o reconhecimento, ou não, da sentença apresentada, quanto à sua sintaxe.

A saída do analisador sintático implementado é um arquivo *saida.txt* com as operações realizadas e o marcador de *ACEITA* se a sentença foi aceite pelo reconhecedor, ou o marcador de *SYNTAX ERROR* caso contrário.

Token	Símbolo	Token	Símbolo
MAIN	1	+	13
IF	3	-	14
THEN	6	*	16
ELSE	5	/	15
END	4	=	19
WHILE	2	!	20
VAR	8	<	21
BREAK	9	;	23
RETURN	7	[erro]	12
(	L	)	18
[0 - 9] <sup>+</sup>	11	[a - z] <sup>+</sup>	10
>	22		

**Tabela 1. Mapeamento de tokens para um símbolo de saída.**

A tabela 1 apresenta o token que representa cada palavra reservada, utilizada na análise léxica implementada no primeiro trabalho, entretanto, foram necessárias algumas alterações no projeto proposto inicialmente, na etapa anterior, os tokens produzidos na análise léxica eram caracteres mas, para executar o mapeamento dos tokens na tabela de parser, foi optado por substituir os caracteres por valores inteiros, que representam sua respectiva posição na tabela de parser. Esta abordagem permitiu uma implementação mais otimizada.

Na seção seguinte é apresentado o formalismo da linguagem na qual é aplicado o analisador sintático.

### 3.1. Linguagem de Programação

A linguagem hipotética utilizada neste trabalho é uma Linguagem Livre do Contexto. Uma linguagem é dita livre do contexto se pode ser gerada a partir de uma Gramática Livre do Contexto (GLC)  $G$ , cuja formalidade é apresentada abaixo:

$$G = (N, T, P, S)$$

onde:

$N$  é o conjunto dos símbolos não-terminais;

$T$  é o conjunto dos símbolos terminais que correspondem ao alfabeto da linguagem;

$P$  é o conjunto das regras de produção;

$S$  denota o símbolo inicial das regras de produção.

Deste modo, a GLC para a linguagem hipotética para a aplicação do analisador sintático é descrita sob as seguintes regras:

$$N = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7\}$$

$$T = [a\ z] + [0\ 9] + PR + SE$$

$$S = q_0$$

$$P = \{$$

$$q_0 ::= \text{MAIN } q_1 \text{ RETURN } q_2;$$

$$q_1 ::= \text{VAR } q_3; q_1 \mid \text{VAR } q_3=q_4; q_1 \mid q_3=q_4; q_1$$

$$q_1 ::= \text{IF } q_5 \text{ THEN } q_6 \text{ END } q_1 \mid \text{WHILE } q_5 \text{ THEN } q_7 \text{ END } q_1 \mid \epsilon$$

$$q_2 ::= 0q_2 \mid 1q_2 \mid 2q_2 \mid 3q_2 \mid 4q_2 \mid 5q_2 \mid 6q_2 \mid 7q_2 \mid 8q_2 \mid 9q_2$$

$$q_2 ::= 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$$

$$q_3 ::= aq_3 \mid bq_3 \mid cq_3 \mid dq_3 \mid eq_3 \mid fq_3 \mid gq_3 \mid hq_3 \mid iq_3 \mid jq_3 \mid kq_3 \mid lq_3 \mid mq_3$$

$$q_3 ::= vq_3 \mid wq_3 \mid xq_3 \mid yq_3 \mid zq_3 \mid nq_3 \mid oq_3 \mid pq_3 \mid qq_3 \mid rq_3 \mid sq_3 \mid tq_3 \mid uq_3$$

$$q_3 ::= a \mid b \mid c \mid d \mid e \mid f \mid g \mid h \mid i \mid j \mid k \mid l \mid m \mid n \mid o \mid p \mid q \mid r \mid s \mid t \mid u \mid v \mid w \mid x \mid y \mid z$$

$$q_4 ::= q_4+q_8 \mid q_4-q_8 \mid q_4*q_8 \mid q_4/q_8 \mid (q_4) \mid q_8$$

$$q_5 ::= q_4=q_4 \mid q_4!q_4 \mid q_4<q_4 \mid q_4>q_4 \mid q_4$$

$$q_6 ::= q_7 \mid \text{ELSE } q_7$$

$$q_7 ::= q_1 \mid \text{BREAK}$$

$$q_8 ::= q_2 \mid q_3$$

}

### 4. Conclusão

Observando o comportamento de analisador sintático proposto neste trabalho, pode-se concluir que a implementação se deu de maneira correta, sendo aprovado em todos os casos de teste a que foi submetido. Em contrapartida, a modelagem do reconhecedor pode deixar o entendimento do mesmo mais complexa, pois, como os tokens gerados pelo analisador léxico são todos números inteiros, para otimizar o acesso às posições da

tabela de parser, assim como as ações que devem ser executadas também foram modeladas por número inteiros, deixa a cargo do leitor verificar os valores dos tokens e suas correspondentes palavras reservadas.

## **Referências**

- [1] Ana Maria de Alencar Price and Simão Sirineo Toscani. *Implementação de linguagens de programação: compiladores*. Sagra-Luzzatto, 2001.
- [2] Juliano Henrique Foleiss, Guilherme Puglia Assunção, EHM Cruz, RA Gonçalves, and Valéria Delisandra Feltrim. Scc: Um compilador c como ferramenta de ensino de compiladores. In *Anais do Workshop sobre Educação em Arquitetura de Computadores (WEAC 2009)*, São Paulo–SP, pages 15–22, 2009.

# ANEXO 1

## CONJUNTO DE ITENS VÁLIDOS

$S' ::= . q_0$   
 $q_0 ::= . M q_1 R q_2 G$   
 $q_0 ::= M . q_1 R q_2 G$   
 $q_1 ::= . V q_3 G q_1$   
 $q_1 ::= . V q_3 Q q_4 G q_1$   
 $q_1 ::= . q_3 Q q_4 G q_1$   
 $q_1 ::= . I q_5 T q_6 F q_1$   
 $q_1 ::= . W q_5 T q_7 F q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . J q_3$   
 $q_3 ::= . J$   
 $q_3 ::= . J$   
 $S' ::= q_0 .$   
 $q_1 ::= I . q_5 T q_6 F q_1$   
 $q_2 ::= . K q_2$   
 $q_2 ::= . K$   
 $q_3 ::= . J q_3$   
 $q_3 ::= . J$   
 $q_4 ::= . q_4 A q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 S q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 X q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 D q_8$   
 $q_4 ::= . L q_4 P$   
 $q_4 ::= . q_8$   
 $q_5 ::= . q_4 Q q_4$   
 $q_5 ::= . q_4 H q_4$   
 $q_5 ::= . q_4 C q_4$   
 $q_5 ::= . q_4 N q_4$   
 $q_5 ::= . q_4$   
 $q_8 ::= . q_2$   
 $q_8 ::= . q_3$   
 $q_3 ::= J . q_3$   
 $q_3 ::= J .$   
 $q_3 ::= . J q_3$   
 $q_3 ::= . J$   
 $q_1 ::= V . q_3 G q_1$   
 $q_1 ::= V . q_3 Q q_4 G q_1$   
 $q_3 ::= . J q_3$   
 $q_3 ::= . J$   
 $q_1 ::= W . q_5 T q_7 F q_1$   
 $q_2 ::= . K q_2$   
 $q_2 ::= . K$   
 $q_3 ::= . J q_3$   
 $q_3 ::= . J$

$q_4 ::= . q_4 \text{ A } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ S } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ X } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ D } q_8$   
 $q_4 ::= . \text{ L } q_4 \text{ P}$   
 $q_4 ::= . q_8$   
 $q_5 ::= . q_4 \text{ Q } q_4$   
 $q_5 ::= . q_4 \text{ H } q_4$   
 $q_5 ::= . q_4 \text{ C } q_4$   
 $q_5 ::= . q_4 \text{ N } q_4$   
 $q_5 ::= . q_4$   
 $q_8 ::= . q_2$   
 $q_8 ::= . q_3$   
 $q_0 ::= \text{ M } q_1 . \text{ R } q_2 \text{ G}$   
 $q_1 ::= q_3 . \text{ Q } q_4 \text{ G } q_1$   
 $q_2 ::= \text{ K } . q_2$   
 $q_2 ::= \text{ K } .$   
 $q_2 ::= . \text{ K } q_2$   
 $q_2 ::= . \text{ K}$   
 $q_4 ::= \text{ L } . q_4 \text{ P}$   
 $q_2 ::= . \text{ K } q_2$   
 $q_2 ::= . \text{ K}$   
 $q_3 ::= . \text{ J } q_3$   
 $q_3 ::= . \text{ J}$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ A } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ S } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ X } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ D } q_8$   
 $q_4 ::= . \text{ L } q_4 \text{ P}$   
 $q_4 ::= . q_8$   
 $q_8 ::= . q_2$   
 $q_8 ::= . q_3$   
 $q_8 ::= q_2 .$   
 $q_8 ::= q_3 .$   
 $q_4 ::= q_4 . \text{ A } q_8$   
 $q_4 ::= q_4 . \text{ S } q_8$   
 $q_4 ::= q_4 . \text{ X } q_8$   
 $q_4 ::= q_4 . \text{ D } q_8$   
 $q_5 ::= q_4 . \text{ Q } q_4$   
 $q_5 ::= q_4 . \text{ H } q_4$   
 $q_5 ::= q_4 . \text{ C } q_4$   
 $q_5 ::= q_4 . \text{ N } q_4$   
 $q_5 ::= q_4 .$   
 $q_1 ::= \text{ I } q_5 . \text{ T } q_6 \text{ F } q_1$   
 $q_4 ::= q_8 .$   
 $q_3 ::= \text{ J } q_3 .$

$q_1 ::= V \ q_3 \ . \ G \ q_1$   
 $q_1 ::= V \ q_3 \ . \ Q \ q_4 \ G \ q_1$   
 $q_1 ::= W \ q_5 \ . \ T \ q_7 \ F \ q_1$   
 $q_0 ::= M \ q_1 \ R \ . \ q_2 \ G$   
 $q_2 ::= . \ K \ q_2$   
 $q_2 ::= . \ K$   
 $q_1 ::= q_3 \ Q \ . \ q_4 \ G \ q_1$   
 $q_2 ::= . \ K \ q_2$   
 $q_2 ::= . \ K$   
 $q_3 ::= . \ J \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ J$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ A \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ S \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ X \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ D \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ L \ q_4 \ P$   
 $q_4 ::= . \ q_8$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_2 ::= K \ q_2 \ .$   
 $q_4 ::= L \ q_4 \ . \ P$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ A \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ S \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ X \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ D \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ A \ . \ q_8$   
 $q_2 ::= . \ K \ q_2$   
 $q_2 ::= . \ K$   
 $q_3 ::= . \ J \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ J$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_5 ::= q_4 \ C \ . \ q_4$   
 $q_2 ::= . \ K \ q_2$   
 $q_2 ::= . \ K$   
 $q_3 ::= . \ J \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ J$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ A \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ S \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ X \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \ D \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ L \ q_4 \ P$   
 $q_4 ::= . \ q_8$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_4 ::= q_4 \ D \ . \ q_8$



$q_2 ::= . \mathbf{K} \ q_2$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K}$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J}$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_5 ::= q_4 \mathbf{H} . \ q_4$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K} \ q_2$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K}$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J}$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \mathbf{L} \ q_4 \mathbf{P}$   
 $q_4 ::= . \ q_8$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_5 ::= q_4 \mathbf{N} . \ q_4$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K} \ q_2$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K}$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J}$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \mathbf{L} \ q_4 \mathbf{P}$   
 $q_4 ::= . \ q_8$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_5 ::= q_4 \mathbf{Q} . \ q_4$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K} \ q_2$   
 $q_2 ::= . \mathbf{K}$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \mathbf{J}$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \ q_4 \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_4 ::= . \mathbf{L} \ q_4 \mathbf{P}$   
 $q_4 ::= . \ q_8$   
 $q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_4 ::= q_4 \mathbf{S} . \ q_8$

$q_2 ::= . \text{ K } q_2$   
 $q_2 ::= . \text{ K }$   
 $q_3 ::= . \text{ J } q_3$   
 $q_3 ::= . \text{ J }$   
 $q_8 ::= . q_2$   
 $q_8 ::= . q_3$   
 $q_4 ::= q_4 \text{ X } . q_8$   
 $q_2 ::= . \text{ K } q_2$   
 $q_2 ::= . \text{ K }$   
 $q_3 ::= . \text{ J } q_3$   
 $q_3 ::= . \text{ J }$   
 $q_8 ::= . q_2$   
 $q_8 ::= . q_3$   
 $q_1 ::= \text{ I } q_5 \text{ T } . q_6 \text{ F } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ V } q_3 \text{ G } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ V } q_3 \text{ Q } q_4 \text{ G } q_1$   
 $q_1 ::= . q_3 \text{ Q } q_4 \text{ G } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ I } q_5 \text{ T } q_6 \text{ F } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ W } q_5 \text{ T } q_7 \text{ F } q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . \text{ J } q_3$   
 $q_3 ::= . \text{ J }$   
 $q_6 ::= . q_7$   
 $q_6 ::= . q_7 \text{ E } q_7$   
 $q_7 ::= . q_1$   
 $q_7 ::= . \text{ B }$   
 $q_1 ::= \text{ V } q_3 \text{ G } . q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ V } q_3 \text{ G } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ V } q_3 \text{ Q } q_4 \text{ G } q_1$   
 $q_1 ::= . q_3 \text{ Q } q_4 \text{ G } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ I } q_5 \text{ T } q_6 \text{ F } q_1$   
 $q_1 ::= . \text{ W } q_5 \text{ T } q_7 \text{ F } q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . \text{ J } q_3$   
 $q_3 ::= . \text{ J }$   
 $q_1 ::= \text{ V } q_3 \text{ Q } . q_4 \text{ G } q_1$   
 $q_2 ::= . \text{ K } q_2$   
 $q_2 ::= . \text{ K }$   
 $q_3 ::= . \text{ J } q_3$   
 $q_3 ::= . \text{ J }$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ A } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ S } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ X } q_8$   
 $q_4 ::= . q_4 \text{ D } q_8$   
 $q_4 ::= . \text{ L } q_4 \text{ P }$   
 $q_4 ::= . q_8$

$q_8 ::= . \ q_2$   
 $q_8 ::= . \ q_3$   
 $q_1 ::= \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ . \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J}$   
 $q_7 ::= . \ q_1$   
 $q_7 ::= . \ \mathbf{B}$   
 $q_0 ::= \mathbf{M} \ q_1 \ \mathbf{R} \ q_2 \ . \ \mathbf{G}$   
 $q_1 ::= q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ . \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_4 ::= \mathbf{L} \ q_4 \ \mathbf{P} \ .$   
 $q_4 ::= q_4 \ \mathbf{A} \ q_8 \ .$   
 $q_5 ::= q_4 \ \mathbf{C} \ q_4 \ .$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ \mathbf{D} \ q_8 \ .$   
 $q_5 ::= q_4 \ \mathbf{H} \ q_4 \ .$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_5 ::= q_4 \ \mathbf{N} \ q_4 \ .$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_5 ::= q_4 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ .$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ . \ \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 \ \mathbf{X} \ q_8 \ .$   
 $q_7 ::= \mathbf{B} \ .$   
 $q_7 ::= q_1 \ .$   
 $q_1 ::= \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ . \ \mathbf{F} \ q_1$

$q_6 ::= q_7 .$   
 $q_6 ::= q_7 . \mathbf{E} \ q_7$   
 $q_1 ::= \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 . \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_4 ::= q_4 . \ \mathbf{A} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 . \ \mathbf{S} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 . \ \mathbf{X} \ q_8$   
 $q_4 ::= q_4 . \ \mathbf{D} \ q_8$   
 $q_1 ::= \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 . \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_0 ::= \mathbf{M} \ q_1 \ \mathbf{R} \ q_2 \ \mathbf{G} .$   
 $q_1 ::= q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} . \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J}$   
 $q_1 ::= \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} . \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J}$   
 $q_6 ::= q_7 \ \mathbf{E} . \ q_7$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= .$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J} \ q_3$   
 $q_3 ::= . \ \mathbf{J}$   
 $q_7 ::= . \ q_1$   
 $q_7 ::= . \ \mathbf{B}$   
 $q_1 ::= \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} . \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= . \ \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1$   
 $q_1 ::= .$

$$\begin{aligned}
q_3 &::= . \mathbf{J} \ q_3 \\
q_3 &::= . \mathbf{J} \\
q_1 &::= \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ . \ q_1 \\
q_1 &::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{G} \ q_1 \\
q_1 &::= . \ \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1 \\
q_1 &::= . \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1 \\
q_1 &::= . \ \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1 \\
q_1 &::= . \ \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1 \\
q_1 &::= . \\
q_3 &::= . \mathbf{J} \ q_3 \\
q_3 &::= . \mathbf{J} \\
q_1 &::= q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1 \ . \\
q_1 &::= \mathbf{I} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_6 \ \mathbf{F} \ q_1 \ . \\
q_6 &::= q_7 \ \mathbf{E} \ q_7 \ . \\
q_1 &::= \mathbf{V} \ q_3 \ \mathbf{Q} \ q_4 \ \mathbf{G} \ q_1 \ . \\
q_1 &::= \mathbf{W} \ q_5 \ \mathbf{T} \ q_7 \ \mathbf{F} \ q_1 \ .
\end{aligned}$$

