

Análise léxica

Autômatos finitos

Prof. Edson Alves

Faculdade UnB Gama

Sumário

1. Autômatos finitos

Reconhecedores

- ▶ Um reconhecedor é um programa que identifica, respondendo "**Sim**" ou "**Nao**", se uma cadeia é ou não uma sentença válida de uma determinada linguagem

Reconhecedores

- ▶ Um reconhecedor é um programa que identifica, respondendo "Sim" ou "Nao", se uma cadeia é ou não uma sentença válida de uma determinada linguagem
- ▶ Uma estratégia para a compilação de expressões regulares em reconhecedores é o uso de diagramas de transição generalizados, denominados autômatos finitos

Reconhecedores

- ▶ Um reconhecedor é um programa que identifica, respondendo "Sim" ou "Nao", se uma cadeia é ou não uma sentença válida de uma determinada linguagem
- ▶ Uma estratégia para a compilação de expressões regulares em reconhecedores é o uso de diagramas de transição generalizados, denominados autômatos finitos
- ▶ Um autômato finito pode ser determinístico ou não-determinístico: no segundo caso, podem existir duas ou mais transições com o mesmo rótulo partindo de um mesmo estado

Reconhecedores

- ▶ Um reconhecedor é um programa que identifica, respondendo "**Sim**" ou "**Nao**", se uma cadeia é ou não uma sentença válida de uma determinada linguagem
- ▶ Uma estratégia para a compilação de expressões regulares em reconhecedores é o uso de diagramas de transição generalizados, denominados autômatos finitos
- ▶ Um autômato finito pode ser determinístico ou não-determinístico: no segundo caso, podem existir duas ou mais transições com o mesmo rótulo partindo de um mesmo estado
- ▶ Autômatos determinísticos podem resultar em reconhecimentos mais rápidos do que os não-determinísticos, porém em geral são muito maiores, no que diz respeito ao número de estados e transições

Reconhecedores

- ▶ Um reconhecedor é um programa que identifica, respondendo "**Sim**" ou "**Nao**", se uma cadeia é ou não uma sentença válida de uma determinada linguagem
- ▶ Uma estratégia para a compilação de expressões regulares em reconhecedores é o uso de diagramas de transição generalizados, denominados autômatos finitos
- ▶ Um autômato finito pode ser determinístico ou não-determinístico: no segundo caso, podem existir duas ou mais transições com o mesmo rótulo partindo de um mesmo estado
- ▶ Autômatos determinísticos podem resultar em reconhecimentos mais rápidos do que os não-determinísticos, porém em geral são muito maiores, no que diz respeito ao número de estados e transições
- ▶ É possível representar expressões regulares em ambos tipos de autômatos finitos

Autômatos finitos não-determinísticos

Definição de AFN

Um autômato finito não-determinístico (AFN) é um modelo matemático que consiste em

1. um conjunto de estados S ,
2. um alfabeto Σ de símbolos de entrada,
3. uma função de transição que mapeia pares (estado, símbolo) em um conjunto de estados,
4. um estado s_0 , denominado estado inicial ou de partida, e
5. um conjunto F de estados de aceitação (ou estados finais).

Grafo de transições

- ▶ Um AFN pode ser representado por meio de um grafo direcionado e rotulado, denominado grafo de transição

Grafo de transições

- ▶ Um AFN pode ser representado por meio de um grafo direcionado e rotulado, denominado grafo de transição
- ▶ Em um grafo de transição, os nós representam os estados e as arestas definem a função de transição

Grafo de transições

- ▶ Um AFN pode ser representado por meio de um grafo direcionado e rotulado, denominado grafo de transição
- ▶ Em um grafo de transição, os nós representam os estados e as arestas definem a função de transição
- ▶ Os rótulos das arestas são os símbolos associados à transição, e a direção da aresta parte do estado atual para o próximo estado

Grafo de transições

- ▶ Um AFN pode ser representado por meio de um grafo direcionado e rotulado, denominado grafo de transição
- ▶ Em um grafo de transição, os nós representam os estados e as arestas definem a função de transição
- ▶ Os rótulos das arestas são os símbolos associados à transição, e a direção da aresta parte do estado atual para o próximo estado
- ▶ Grafos de transição se assemelham aos diagramas de transição, com duas diferenças fundamentais

Grafo de transições

- ▶ Um AFN pode ser representado por meio de um grafo direcionado e rotulado, denominado grafo de transição
- ▶ Em um grafo de transição, os nós representam os estados e as arestas definem a função de transição
- ▶ Os rótulos das arestas são os símbolos associados à transição, e a direção da aresta parte do estado atual para o próximo estado
- ▶ Grafos de transição se assemelham aos diagramas de transição, com duas diferenças fundamentais
- ▶ A primeira diferença é que um mesmo rótulo pode estar associado a duas ou mais arestas partindo de um mesmo estado

Grafo de transições

- ▶ Um AFN pode ser representado por meio de um grafo direcionado e rotulado, denominado grafo de transição
- ▶ Em um grafo de transição, os nós representam os estados e as arestas definem a função de transição
- ▶ Os rótulos das arestas são os símbolos associados à transição, e a direção da aresta parte do estado atual para o próximo estado
- ▶ Grafos de transição se assemelham aos diagramas de transição, com duas diferenças fundamentais
- ▶ A primeira diferença é que um mesmo rótulo pode estar associado a duas ou mais arestas partindo de um mesmo estado
- ▶ A segunda é que o símbolo ϵ pode rotular uma aresta

Grafo de transição para a linguagem $(a \mid b)^*abb$

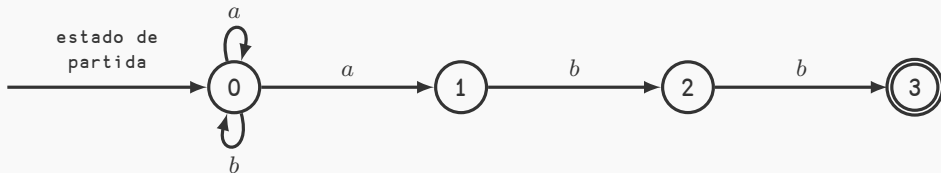


Tabela de transições

- ▶ Uma alternativa para a implementação da função de transição é a tabela de transições

Tabela de transições

- ▶ Uma alternativa para a implementação da função de transição é a tabela de transições
- ▶ Em uma tabela de transições cada linha representa um estado e cada coluna representa um rótulo

Tabela de transições

- ▶ Uma alternativa para a implementação da função de transição é a tabela de transições
- ▶ Em uma tabela de transições cada linha representa um estado e cada coluna representa um rótulo
- ▶ Se necessário, é necessário adicionar uma coluna para o rótulo ϵ

Tabela de transições

- ▶ Uma alternativa para a implementação da função de transição é a tabela de transições
- ▶ Em uma tabela de transições cada linha representa um estado e cada coluna representa um rótulo
- ▶ Se necessário, é necessário adicionar uma coluna para o rótulo ϵ
- ▶ A entrada da tabela posicionada na linha i , coluna c , contém o conjunto de estados que podem suceder o estado i quando o caractere c for lido na entrada

Tabela de transições

- ▶ Uma alternativa para a implementação da função de transição é a tabela de transições
- ▶ Em uma tabela de transições cada linha representa um estado e cada coluna representa um rótulo
- ▶ Se necessário, é necessário adicionar uma coluna para o rótulo ϵ
- ▶ A entrada da tabela posicionada na linha i , coluna c , contém o conjunto de estados que podem suceder o estado i quando o caractere c for lido na entrada
- ▶ De fato, a tabela de transições corresponde à representação do grafo de transições como uma matriz de adjacências

Tabela de transições

- ▶ Uma alternativa para a implementação da função de transição é a tabela de transições
- ▶ Em uma tabela de transições cada linha representa um estado e cada coluna representa um rótulo
- ▶ Se necessário, é necessário adicionar uma coluna para o rótulo ϵ
- ▶ A entrada da tabela posicionada na linha i , coluna c , contém o conjunto de estados que podem suceder o estado i quando o caractere c for lido na entrada
- ▶ De fato, a tabela de transições corresponde à representação do grafo de transições como uma matriz de adjacências
- ▶ Outra alternativa é representar o grafo por meio de uma lista de adjacências

Tabela de transições do AFN da linguagem $(a \mid b)^*abb$

Estado	Símbolo de entrada	
	a	b
0	{ 0, 1 }	{ 0 }
1	-	{ 2 }
2	-	{ 3 }

Caminhos

- ▶ Um caminho em um grafo de transições é uma sequência de arestas de transição

Caminhos

- ▶ Um caminho em um grafo de transições é uma sequência de arestas de transição
- ▶ Os rótulos das arestas, quando concatenados, formam uma cadeia s

Caminhos

- ▶ Um caminho em um grafo de transições é uma sequência de arestas de transição
- ▶ Os rótulos das arestas, quando concatenados, formam uma cadeia s
- ▶ Caso o símbolo ϵ seja o rótulo de uma ou mais arestas de um caminho, na concatenação dos rótulos este símbolo é descartado

Caminhos

- ▶ Um caminho em um grafo de transições é uma sequência de arestas de transição
- ▶ Os rótulos das arestas, quando concatenados, formam uma cadeia s
- ▶ Caso o símbolo ϵ seja o rótulo de uma ou mais arestas de um caminho, na concatenação dos rótulos este símbolo é descartado
- ▶ Um AFN aceita uma cadeia de entrada s se, e somente se, existe um caminho no grafo de transições que parte do estado inicial e que termina em algum estado de aceitação

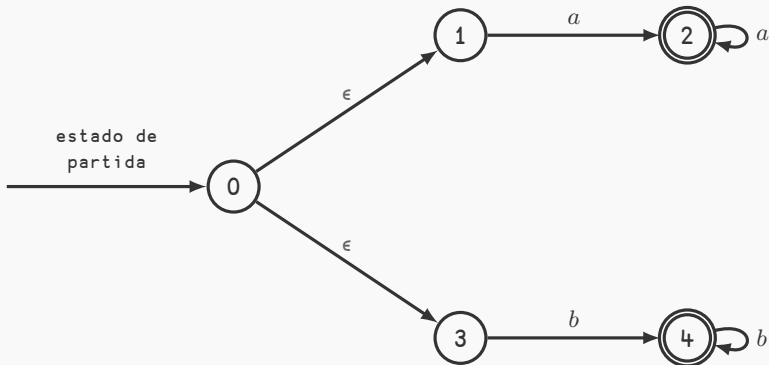
Caminhos

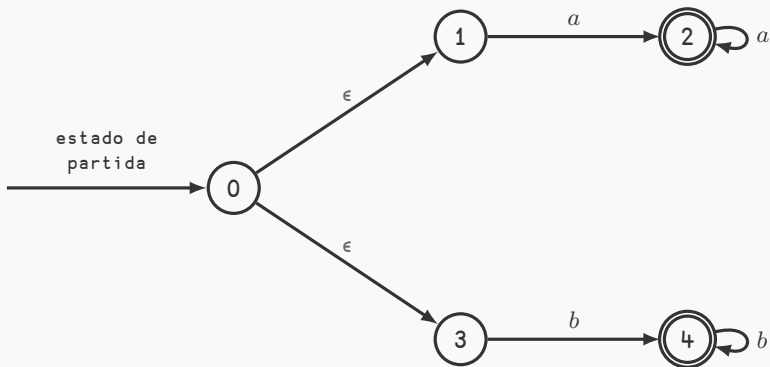
- ▶ Um caminho em um grafo de transições é uma sequência de arestas de transição
- ▶ Os rótulos das arestas, quando concatenados, formam uma cadeia s
- ▶ Caso o símbolo ϵ seja o rótulo de uma ou mais arestas de um caminho, na concatenação dos rótulos este símbolo é descartado
- ▶ Um AFN aceita uma cadeia de entrada s se, e somente se, existe um caminho no grafo de transições que parte do estado inicial e que termina em algum estado de aceitação
- ▶ Pode existir mais de um caminho que leva a um estado de aceitação

Caminhos

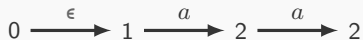
- ▶ Um caminho em um grafo de transições é uma sequência de arestas de transição
- ▶ Os rótulos das arestas, quando concatenados, formam uma cadeia s
- ▶ Caso o símbolo ϵ seja o rótulo de uma ou mais arestas de um caminho, na concatenação dos rótulos este símbolo é descartado
- ▶ Um AFN aceita uma cadeia de entrada s se, e somente se, existe um caminho no grafo de transições que parte do estado inicial e que termina em algum estado de aceitação
- ▶ Pode existir mais de um caminho que leva a um estado de aceitação
- ▶ A linguagem definida por um AFN é o conjunto de cadeias que são aceitas

AFN da linguagem $aa^* \mid bb^*$



AFN da linguagem $aa^* \mid bb^*$ 

Caminho que aceita
a cadeia aa



Autômatos finitos determinísticos

Definição de AFD

Um autômato finito determinístico (AFD) é um caso especial de AFN no qual

1. nenhum estado possui uma transição rotulada pelo símbolo ϵ (denominada transição- ϵ); e
2. para cada estado s existe no máximo uma transição rotulada com o caractere c partindo de s .

Observação: em um AFD, cada entrada da tabela de transições contém um único estado, o que simplifica o processo de verificação de aceitação de uma cadeia.

Pseudocódigo para verificação de cadeias por meio de um AFD

Input: Uma cadeia de entrada x terminada por um EOF

Output: "Sim", caso a cadeia seja uma sentença válida da linguagem, ou "Nao", caso contrário

```
1:  $s \leftarrow s_0$ 
2:  $c \leftarrow \text{PRÓXIMO CARACTERE}()$ 

3: while  $c \neq \text{EOF}$  do
4:    $s \leftarrow \text{TRANSIÇÃO}(s, c)$ 
5:    $c \leftarrow \text{PRÓXIMO CARACTERE}()$ 

6: if  $s \in F$  then
7:   return "Sim"
8: else
9:   return "Não"
```