Compiladores
Aula 5
Análise Léxica
De AFND para AFD

Prof. Dr. Luiz Eduardo G. Martins
UNIFESP

De AFND para AFD

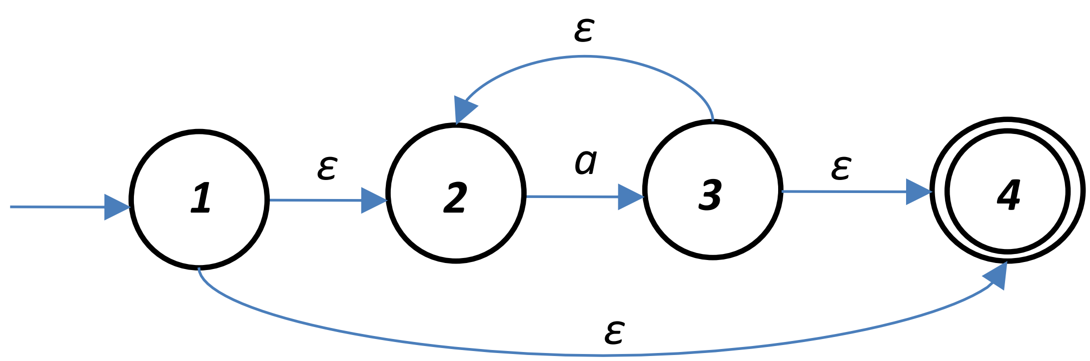
- Um programa que implementa um AFD é mais eficiente no reconhecimento de cadeias do que um programa que implementa um AFND
- Por esse motivo, é vantajoso encontrar o AFD equivalente ao AFND
- Construção de Subconjuntos
  - Algoritmo para a construção de um AFD a partir de um AFND
  - Ideia geral: cada estado do AFD construído corresponde a um conjunto de estados do AFND

De AFND para AFD

- O algoritmo de construção de subconjuntos requer a eliminação das *ε-transições* do AFND
- A eliminação das *ε-transições* requer a construção de *ε-fechos*
- *ε-fecho* de um estado *s* é o conjunto de estados atingíveis por uma série de zero ou mais *ε-transições*
  - Denotamos esse conjunto como $\bar{s}$
  - O *ε-fecho* de um estado sempre contém o próprio estado

De AFND para AFD

- *ε-fecho* - Exemplo
  - Considere o AFND correspondente à expressão regular a*



- Temos

$\overline{1} = \{1, 2, 4\}$

$\overline{2} = \{2\}$

$\overline{3} = \{2, 3, 4\}$

$\overline{4} = \{4\}$

De AFND para AFD

- Definimos o ε-fecho de um conjunto de estados como a união dos ε-fechos de cada estado individual

$$\overline{S} = \bigcup_{s \ em \ S} \overline{s}$$

- Exemplo
  - Considere o AFND da expressão regular a*
    - $\{\overline{1, 3}\} = \{1, 2, 3, 4\}$

De AFND para AFD

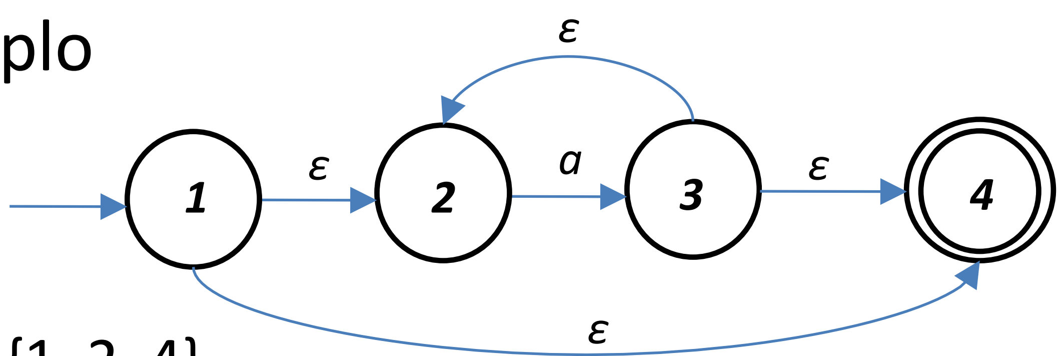
- Construção de Subconjuntos
  - Denominaremos de $\overline{M}$ o AFD construído a partir do AFND M
    - 1º passo: computamos o ε-fecho do estado inicial de M, que passa a ser o estado inicial de $\overline{M}$, resultando no conjunto S
    - 2º passo: para o conjunto S, e para cada conjunto subsequente, computamos transições de caracteres *a,* que denotamos da seguinte forma:

      S'_a = {t | para algum *s* em *S* existe uma transição de *s* para *t* em *a*}
    - 3º passo: computamos $\overline{S'_a}$ (ε-fecho de S'_a)
      - Isso define um novo estado na construção de subconjuntos, juntamente com uma nova transição $S \xrightarrow{a} \overline{S'_a}$
      - Aplicamos os passos 2 e 3 no conjunto resultante de $\overline{S'_a}$ e assim sucessivamente até que novos estados e transições não sejam mais criados

De AFND para AFD

- Construção de Subconjuntos
    - 4º passo: marcamos como estados de aceitação de $\overline{M}$ os subconjuntos que contenham estados de aceitação de M

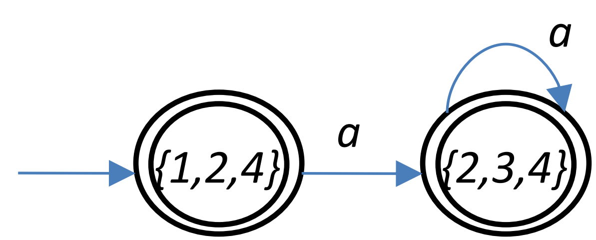
– Exemplo



$\{\overline{1}\} = \{1, 2, 4\}$

$\{\overline{1, 2, 4}\}_a = \{\overline{3}\} = \{2, 3, 4\}$

$\{\overline{2, 3, 4}\}_a = \{\overline{3}\} = \{2, 3, 4\}$



Fazer exemplos 2.16 e 2.17 (Louden)

De AFND para AFD

- Minimização de estados em um AFD
  - Os algoritmos apresentados para construir um AFD a partir de uma expressão regular, não garantem um AFD com o menor número de estados
  - É importante encontrarmos um AFD ótimo, ou seja, com o número mínimo de estados
  - Pela teoria de autômatos, dado um AFD, existe um AFD equivalente com um número mínimo de estados, o qual é único

De AFND para AFD

- Minimização de estados em um AFD
  - Método da construção de subconjuntos gera autômato finito determinístico
    - Possivelmente, com estados redundantes
  - Procedimento de minimização permite obter autômato equivalente com menor número de estados
    - Baseado no particionamento sucessivo do conjunto de estados

De AFND para AFD

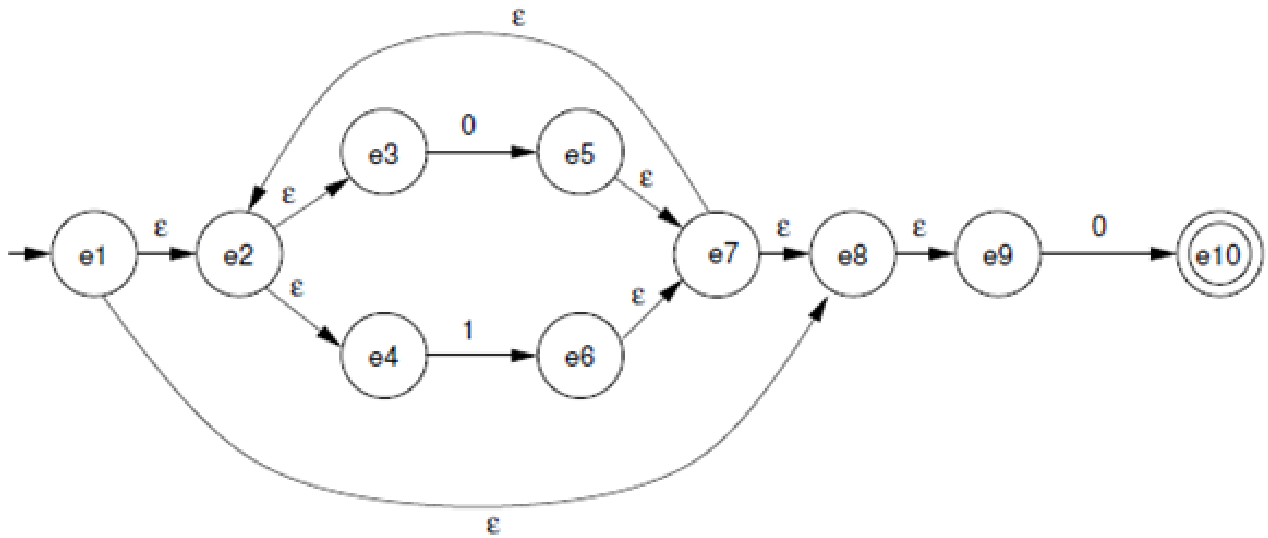
- Minimização de estados em um AFD
  - Particionar os estados do AFD (inicialmente em dois conjuntos)

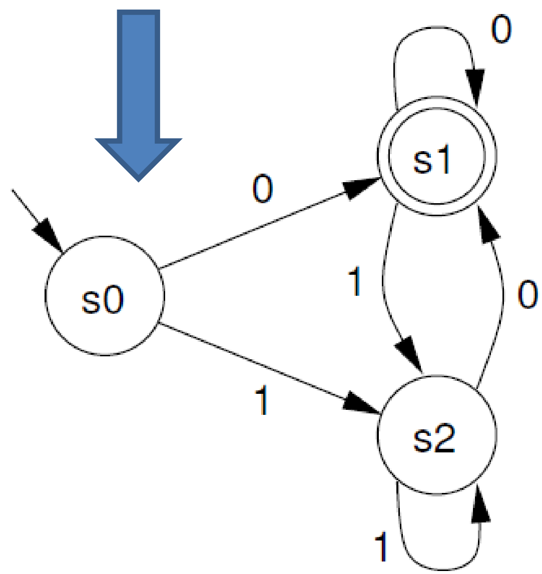
    C_1 = {todos estados de aceitação}

    C_2 = {todos estados que não são de aceitação}
  - Avaliar as transições de estados em cada conjunto
    - Se as transições levarem para conjuntos de estados idênticos, os estados analisados são redundantes
  - Combinar estados redundantes (se identificados)

De AFND para AFD

(0|1)*0





De AFND para AFD

- Minimização de estados em um AFD

▸ Para o autômato obtido para a expressão `(0|1)*0`

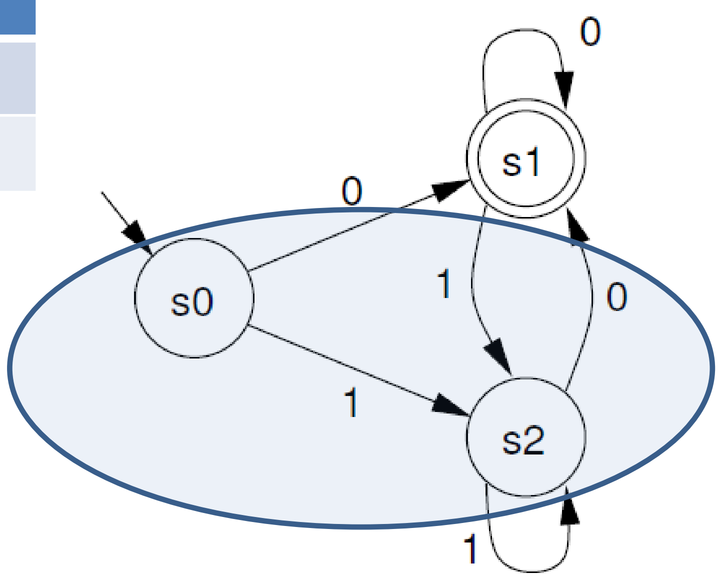
1. Partição inicial $P_1 = \{C_1, C_2\}$, com

$$C_1 = \{s1\} \qquad C_2 = \{s0, s2\}$$

2. Para a partição C_2:

	S_0	S_2
0	S_1	S_1
1	S_2	S_2

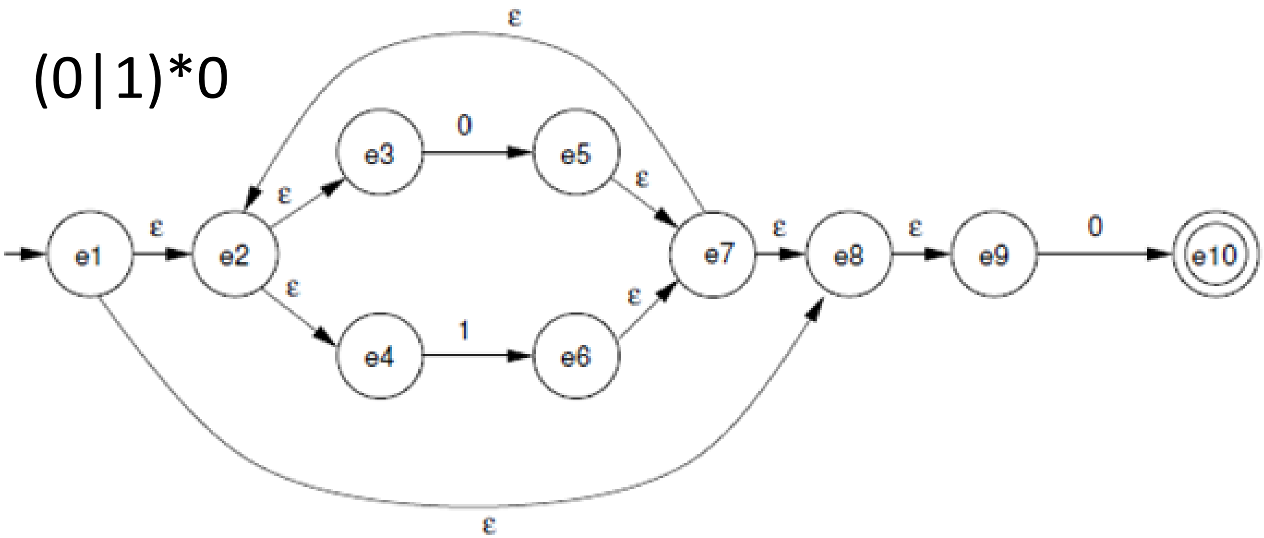
$\Rightarrow$ Estados $s0$, $s2$ são redundantes

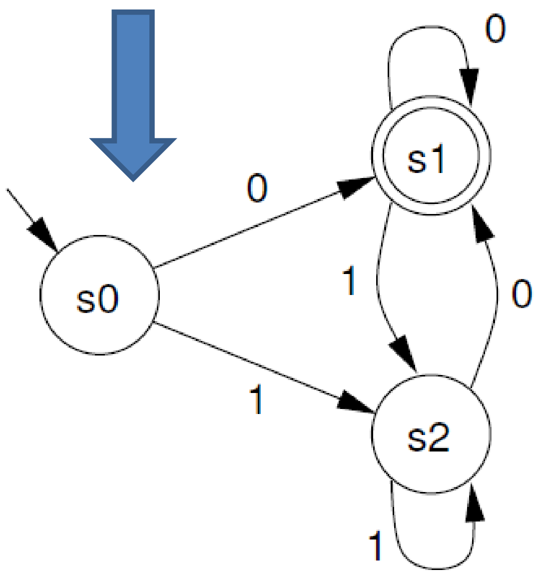


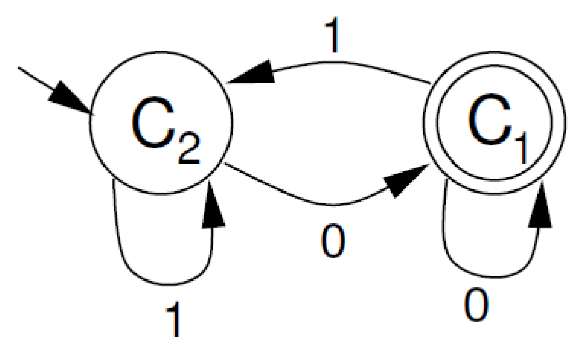
Para uma discussão mais detalhada sobre o tema de minimização de estados de um AFD, **ver Aho *et al.* Seção 3.9.6**

De AFND para AFD

(0|1)*0







De AFND para AFD

- Bibliografia consultada

LOUDEN, K. C. **Compiladores: princípios e práticas.** São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004

RICARTE, I. **Introdução à Compilação.** Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier, 2008

AHO, A. V.; LAM, M. S.; SETHI, R. e ULLMAN, J. D. **Compiladores: princípios, técnicas e ferramentas.** 2ª edição – São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2008