TEC0001 – Teoria da Computação
Videoaula 05
Codificação de Máquinas de Turing

Karina Girardi Roggia
karina.roggia@udesc.br

Departamento de Ciência da Computação
Centro de Ciências Tecnológicas
Universidade do Estado de Santa Catarina

2020

Representação de Estruturas Complexas

- Apresentar uma forma de codificar qualquer Máquina de Turing com $\Sigma = \{0, 1\}$ em um string binário
- Isto torna possível apresentar uma Máquina de Turing (ou qualquer outra estrutura algébrica semelhante) como uma *entrada* de uma Máquina de Turing
- A codificação que vamos ver aqui foi retirada do livro de Hopcroft, que utiliza uma definição diferente de Máquina de Turing daquela usada por Sipser

Modificações da Definição de Máq de Turing

- Não há estado de rejeição. As paradas por rejeição são todas por indefinição de δ
- Obrigatoriamente $q_0 \neq q_{AC}$

Seguimos, então, com a codificação :)

Atribuição de números naturais não nulos a

- estados
- símbolos da fita
- movimentos

Tendo-se $|Q| = r$, os estados serão $q_1, q_2, \ldots, q_r$

- o estado inicial sempre será q_1
- o estado de aceitação sempre será q_2
- não há qualquer outra restrição na ordem dos demais estados

Tendo-se $|\Gamma| = s$, os símbolos da fita serão $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_s$

- $\gamma_1 = 0$
- $\gamma_2 = 1$
- $\gamma_3 = \text{␣}$
- não há qualquer outra restrição na ordem dos demais símbolos

Os movimentos serão $m_1 = \mathsf{E}$ e $m_2 = \mathsf{D}$.

Dada uma transição da função programa

$$\delta(q_i, \gamma_j) = (q_k, \gamma_l, m_v)$$

sendo $i, j, k, l, v \in \mathbb{N}$

Tal transição será codificada por

$$0^i 1 0^j 1 0^k 1 0^l 1 0^v$$

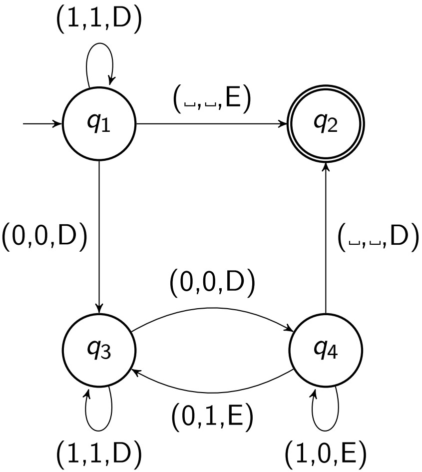
Note que os valores de i, j, k, l e v são todos não nulos, portanto não haverá sequência de 1 consecutivos.

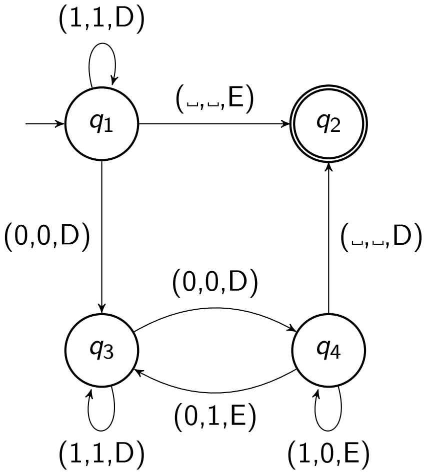
Uma Máquina de Turing será codificada através da listagem de suas transições.

Sejam $C_1, C_2, \ldots, C_n$ os códigos das transições de δ, então

$$C_1 11 C_2 11 \ldots 11 C_{n-1} 11 C_n$$

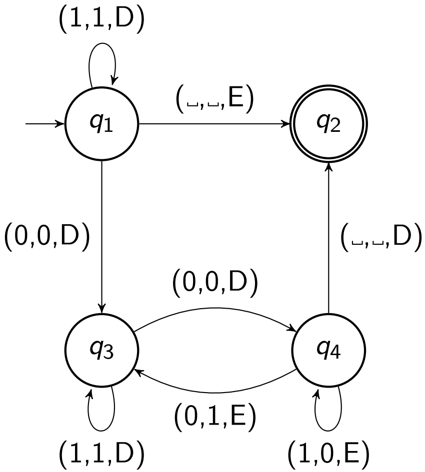
é um código desta máquina.


(1,1,D)
q_1
(␣,␣,E)
q_2
(0,0,D)
(␣,␣,D)
(0,0,D)
q_3
q_4
(0,1,E)
(1,1,D)
(1,0,E)



$$\delta(q_1, 0) = (q_3, 0, D)$$
$$\delta(q_1, 1) = (q_1, 1, D)$$
$$\delta(q_1, \sqcup) = (q_2, \sqcup, E)$$

Exemplo Codificação



$$\delta(q_1, 0) = (q_3, 0, D)$$
$$\delta(q_1, 1) = (q_1, 1, D)$$
$$\delta(q_1, \sqcup) = (q_2, \sqcup, E)$$
$$\delta(q_3, 0) = (q_4, 0, D)$$
$$\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$$
$$\delta(q_4, 0) = (q_3, 1, E)$$
$$\delta(q_4, 1) = (q_4, 0, E)$$
$$\delta(q_4, \sqcup) = (q_2, \sqcup, D)$$

Exemplo Codificação

- $\delta(q_1, 0) = (q_3, 0, D)$
- $\delta(q_1, 1) = (q_1, 1, D)$
- $\delta(q_1, \sqcup) = (q_2, \sqcup, E)$
- $\delta(q_3, 0) = (q_4, 0, D)$
- $\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$
- $\delta(q_4, 0) = (q_3, 1, E)$
- $\delta(q_4, 1) = (q_4, 0, E)$
- $\delta(q_4, \sqcup) = (q_2, \sqcup, D)$

010100010100

Exemplo Codificação

- $\delta(q_1, 0) = (q_3, 0, D)$ 010100010100
- $\delta(q_1, 1) = (q_1, 1, D)$ 010010100100
- $\delta(q_1, \sqcup) = (q_2, \sqcup, E)$ 01000100100010
- $\delta(q_3, 0) = (q_4, 0, D)$ 000101000010100
- $\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$ 0001001000100100
- $\delta(q_4, 0) = (q_3, 1, E)$ 000010100010010
- $\delta(q_4, 1) = (q_4, 0, E)$ 0000100100001010
- $\delta(q_4, \sqcup) = (q_2, \sqcup, D)$ 000010001001000100

- $\delta(q_1, 0) = (q_3, 0, D)$ 010100010100
- $\delta(q_1, 1) = (q_1, 1, D)$ 010010100100
- $\delta(q_1, \llcorner\lrcorner) = (q_2, \llcorner\lrcorner, E)$ 01000100100010
- $\delta(q_3, 0) = (q_4, 0, D)$ 000101000010100
- $\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$ 0001001000100100
- $\delta(q_4, 0) = (q_3, 1, E)$ 000010100010010
- $\delta(q_4, 1) = (q_4, 0, E)$ 0000100100001010
- $\delta(q_4, \llcorner\lrcorner) = (q_2, \llcorner\lrcorner, D)$ 000010001001000100

Máquina: 01010001010011010010100100110100010010001011000
10100001010011000100100010010011000010100010010110000100
10000101011000010001001000100

A seguinte palavra binária

01010010100110100100010010011000101000101001100010010001
0010011000100010000100010110000101001010 0

corresponde a uma codificação de Máquina de Turing?

01010010100110100100010010011000101000101001100010010001
00100110001000100001000101100001010010100

- Localização das subpalavras 11

Exemplo Descodificação

01010010100110100100010010011000101000101001100010010001
00100110001000100001000101100001010010100

- Localização das subpalavras 11

01010010100110100100010010011000101000101001100010010001
0010011000100010000100010110000101001010 0

- Localização das subpalavras 11
- Localização das subpalavras 010

Exemplo Descodificação

0101001010011010010001001001100010100010100110001001 0001

0010011000100010000100010110000101001 0100

- Localização das subpalavras 11
- Localização das subpalavras 010
- Montagem da máquina

Exemplo Descodificação

01010010100110100100010010011000101000101001100010010001
00100110001000100001000101100001010010100

Exemplo Descodificação

0101001010011010010001001001100010100010100110001001000100100110001000100001000101100001010010100

01010010100

01001000100100

00010100010100

0001001000100100

000100010000100010

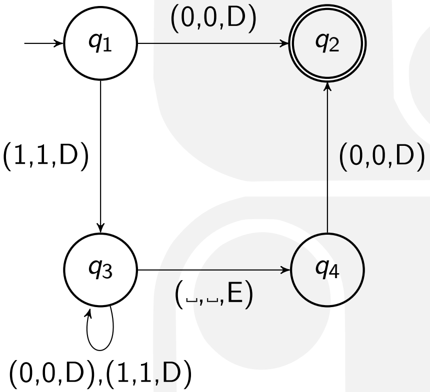
00001010010100

010100101001101001000100100110001010001010011000100100010010011000100010000100010110000101001010

01010010100	$\delta(q_1, 0) = (q_2, 0, D)$
01001000100100	$\delta(q_1, 1) = (q_3, 1, D)$
00010100010100	$\delta(q_3, 0) = (q_3, 0, D)$
000100100010100	$\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$
0001000100001000010	$\delta(q_3, \sqcup) = (q_4, \sqcup, E)$
00001010010100	$\delta(q_4, 0) = (q_2, 0, D)$

- $\delta(q_1, 0) = (q_2, 0, D)$
- $\delta(q_1, 1) = (q_3, 1, D)$
- $\delta(q_3, 0) = (q_3, 0, D)$
- $\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$
- $\delta(q_3, \sqcup) = (q_4, \sqcup, E)$
- $\delta(q_4, 0) = (q_3, 1, E)$

- $\delta(q_1, 0) = (q_2, 0, D)$
- $\delta(q_1, 1) = (q_3, 1, D)$
- $\delta(q_3, 0) = (q_3, 0, D)$
- $\delta(q_3, 1) = (q_3, 1, D)$
- $\delta(q_3, \sqcup) = (q_4, \sqcup, E)$
- $\delta(q_4, 0) = (q_3, 1, E)$



Considerações

- Restrições no modelo da Máquina de Turing aqui apresentada não são real problema
- Uma Máquina de Turing terá diversos códigos correspondentes
- Outras estruturas (grafos, autômatos finitos, redes de Petri, etc) são codificadas de forma semelhante
- Máquina Universal: recebe outra máquina como entrada e consegue simular a máquina recebida

Máquina Universal