

Vícepáskový Turingův stroj

Vícepáskový Turingův stroj (TS)

Cíle prezentace

- seznámit s vícepáskovým TS
- předvést simulaci vícepáskového TS
- popsat činnost vícepáskového TS

Vícepáskový TS

Turingův stroj s více páskami se nazývá vícepáskový Turingův stroj.
Obsahuje dvě nebo více pásek.

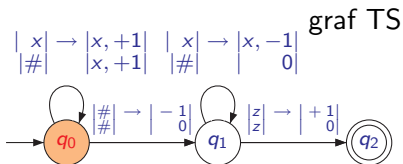
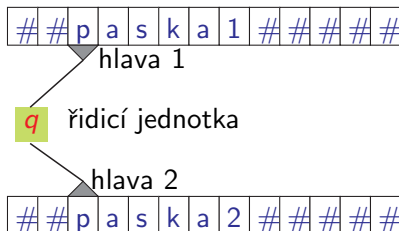
Vícepáskový TS

Přechodová funkce

$$\delta(q_x, x, \#) = (q_0, x, +1, x, +1)$$

$$\delta(q_y, y, \#) = (q_0, y, +1, y, +1)$$

$$\delta(q_z, \#, \#) = (q_1, z, -1, z, 0)$$



- Tento vícepáskový TS obsahuje dvě pásy. První páska (*ozn. páska 1*) slouží pouze pro čtení symbolů. Druhá páska (*ozn. páska 2*) je výstupní páska a na ni se symboly pouze zapisují.

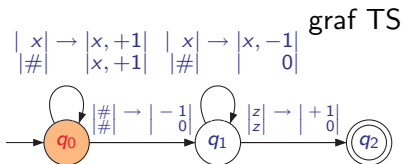
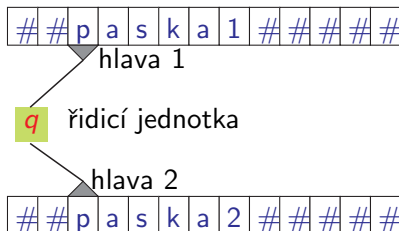
Vícepáskový TS

Přechodová funkce

$$\delta(q_x, x, \#) = (q_0, x, +1, x, +1)$$

$$\delta(q_y, y, \#) = (q_0, y, +1, y, +1)$$

$$\delta(q_z, \#, \#) = (q_1, z, -1, z, 0)$$



- V řídicí jednotce se udržuje aktuální stav TS. Řídící jednotka vyhodnocuje symboly na páse a podle přechodové funkce na ní může měnit symboly a posouvat hlavy.

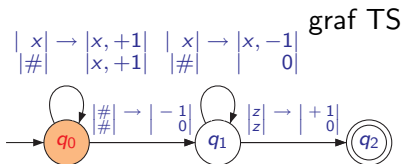
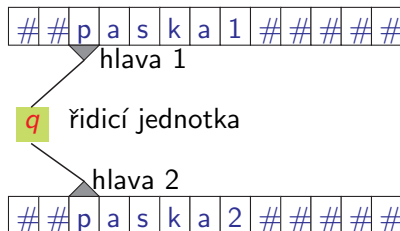
Vícepáskový TS

Přechodová funkce

$$\delta(q_x, x, \#) = (q_0, x, +1, x, +1)$$

$$\delta(q_y, y, \#) = (q_0, y, +1, y, +1)$$

$$\delta(q_z, \#, \#) = (q_1, z, -1, z, 0)$$



- Tento vícepáskový TS obsahuje dvě hlavy. Tyto hlavy se pohybují nezávisle na sobě. Posouvají se po pásce podle pokynů řídicí jednotky.

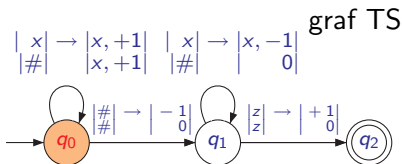
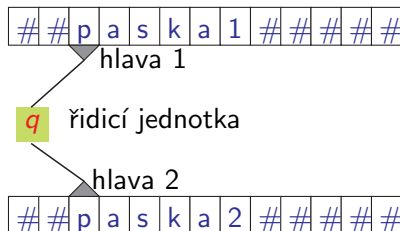
Vícepáskový TS

Přechodová funkce

$$\delta(q_x, x, \#) = (q_0, x, +1, x, +1)$$

$$\delta(q_y, y, \#) = (q_0, y, +1, y, +1)$$

$$\delta(q_z, \#, \#) = (q_1, z, -1, z, 0)$$



- Pohyb hlav určuje přechodová funkce. První hlava slouží pouze pro čtení a druhá hlava pouze pro zápis symbolů na pásku.

Vícepáskový TS

Přechodová funkce

$$\delta(q_x, x, \#) = (q_0, x, +1, x, +1)$$

$$\delta(q_y, y, \#) = (q_0, y, +1, y, +1)$$

$$\delta(q_z, \#, \#) = (q_1, z, -1, z, 0)$$

p a s k a 1

hlava 1

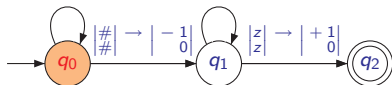
q řídicí jednotka

p a s k a 2

hlava 2

graf TS

$$\begin{array}{l} |x| \rightarrow |x, +1| \quad |x| \rightarrow |x, -1| \\ | \# | \rightarrow |x, +1| \quad | \# | \rightarrow | \quad 0 \end{array}$$



- Graf TS slouží pro zobrazení simulace.

Instrukce přechodu

#	#	a	b	a	b	#	#	#	#	#	#	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Přechodová funkce

$$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$$

$$\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$$

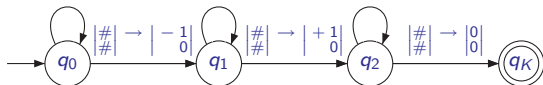
$$\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$$

$$\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$$

#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$$\begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ | \# | \end{array} \quad \begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, -1| \\ | \# | \quad 0 \end{array} \quad \begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ | \# | \quad |x, +1| \end{array}$$



- Instrukce přechodu vznikne dosazením z množiny $\{a, b, A, B\}$ za symbol x .

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$$

$$\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$$

$$\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$$

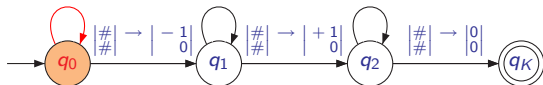
$$\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$$



q_0



$$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$$
$$\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$$



$x = a$

Popis

- Nejprve TS přepokopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$$

$$\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$$

$$\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$$

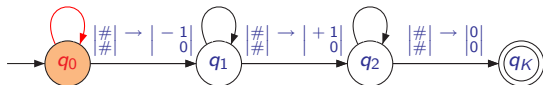
$$\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$$



q_0



$$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$$
$$\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$$



$x = b$

Popis

- Nejprve TS přepokopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

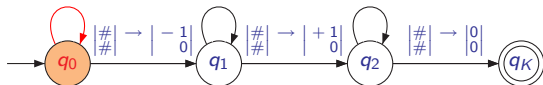
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_0

a b # # # # # # # # #

$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$
 $\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$



$x = a$

Popis

- Nejprve TS přepokopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$$

$$\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$$

$$\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$$

$$\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$$

$$\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$$

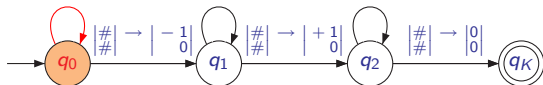
$$\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$$

a b a b # # # # # # #

q_0

a b a # # # # # # #

$$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$$
$$\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$$



$x = b$

Popis

- Nejprve TS přepokopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

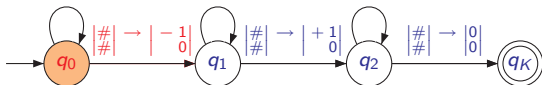
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # #

q_0

a b a b # # # # # #

$\begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ \hline | \# | \end{array} \quad \begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, -1| \\ \hline | \# | \end{array} \quad \begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ \hline | \# | \end{array}$



Popis

- Nyní se TS na první pásce musí dostat na začátek slova.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

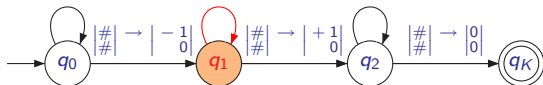
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_1

a b a b # # # # # # #

$\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, +1 | \\ | \# | \rightarrow | x, +1 | \end{array}$ $\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, -1 | \\ | \# | \rightarrow | 0 | \end{array}$ $\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, +1 | \\ | \# | \rightarrow | x, +1 | \end{array}$



$x = b$

Popis

- Nyní se TS na první pásce musí dostat na začátek slova.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

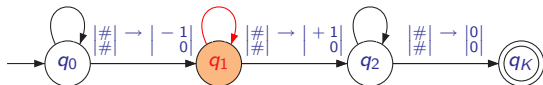
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_1

a b a b # # # # # # #

$\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, +1 | \\ | \# | \rightarrow | x, +1 | \end{array}$ $\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, -1 | \\ | \# | \rightarrow | 0 | \end{array}$ $\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, +1 | \\ | \# | \rightarrow | x, +1 | \end{array}$



$x = a$

Popis

- Nyní se TS na první pásce musí dostat na začátek slova.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

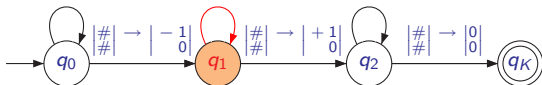
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_1

a b a b # # # # # # #

$\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, +1 | \\ | \# | \rightarrow | x, +1 | \end{array}$ $\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, -1 | \\ | \# | \rightarrow | 0 | \end{array}$ $\begin{array}{c} | x | \rightarrow | x, +1 | \\ | \# | \rightarrow | x, +1 | \end{array}$



$x = b$

Popis

- Nyní se TS na první pásce musí dostat na začátek slova.

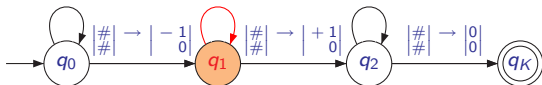
Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$



q_1



$x = a$

Popis

- Nyní se TS na první páse musí dostat na začátek slova.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_1

a b a b # # # # # # #

$\begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ | \# | \rightarrow | \# | \end{array} \quad \begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, -1| \\ | \# | \rightarrow | \# | \end{array} \quad \begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ | \# | \rightarrow | \# | \end{array}$



Popis

- Nyní se TS na první pásce musí dostat na začátek slova.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_2

a b a b # # # # # # #

$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$
 $\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$



$x = a$

Popis

- Nyní TS překopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_2

a b a b a # # # # # #

$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$
 $\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$



$x = b$

Popis

- Nyní TS překopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

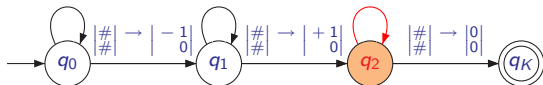
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_2

a b a b a b # # # # #

$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$
 $\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$



$x = a$

Popis

- Nyní TS překopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

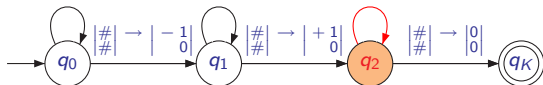
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_2

a b a b a b a # # # #

$\begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, -1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline x \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$
 $\begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline \# \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline x, +1 \\ \hline \end{array}$



$x = b$

Popis

- Nyní TS překopíruje symboly **abab** na druhou pásku.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

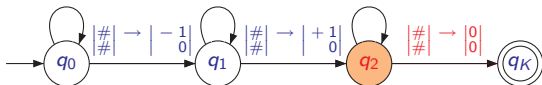
$\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
 $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
 $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
 $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
 $\delta(q_2, \#, \#) = (q_K, \#, 0, \#, 0)$

a b a b # # # # # # #

q_2

a b a b a b a b # #

$\begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ | \# | \rightarrow |x, +1| \end{array}$ $\begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, -1| \\ | \# | \rightarrow |0| \end{array}$ $\begin{array}{c} |x| \rightarrow |x, +1| \\ | \# | \rightarrow |x, +1| \end{array}$



Popis

- Na druhé pásece TS je zdvojené slovo.

Turingův stroj s dvěma páskami

Přechodová funkce

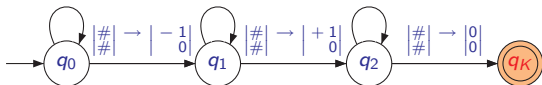
$$\begin{aligned} \delta(q_0, a, \#) &= (q_0, a, +1, a, +1) \\ \delta(q_0, b, \#) &= (q_0, b, +1, b, +1) \\ \delta(q_0, \#, \#) &= (q_1, \#, -1, \#, 0) \\ \delta(q_1, a, \#) &= (q_1, a, -1, \#, 0) \\ \delta(q_1, b, \#) &= (q_1, b, -1, \#, 0) \\ \delta(q_1, \#, \#) &= (q_2, \#, +1, \#, 0) \\ \delta(q_2, a, \#) &= (q_2, a, +1, a, +1) \\ \delta(q_2, b, \#) &= (q_2, b, +1, b, +1) \\ \delta(q_2, \#, \#) &= (q_K, \#, 0, \#, 0) \end{aligned}$$

a b a b

q_K

a b a b a b a b

$$\begin{array}{|c|} \hline |x| \rightarrow |x, +1| \\ \hline | \# | \rightarrow | \#, +1 | \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline |x| \rightarrow |x, -1| \\ \hline | \# | \rightarrow | \#, 0 | \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline |x| \rightarrow |x, +1| \\ \hline | \# | \rightarrow | \#, +1 | \end{array}$$



Popis

- TS je v koncovém stavu.

Popište činnost TS

Popište činnost TS

Daný vícepáskový TS vytvořil ze vstupního slova $w=abab$ výstupní slovo $w=abababab$.

Daný vícepáskový TS zdvojuje slovo na pásce (ww).

Turingův stroj vytvořil v průběhu výpočtu zdvojené slovo na pásce.

vstup: slovo $w = abab$

výstup: slovo $ww = abababab$

Turingův stroj je určen šesticí parametrů $M = (Q, \Sigma, \Gamma, q_0, F, \delta)$

- stavy: $Q = \{q_0, q_1, q_2, q_k\}$
- vstupní abeceda: $\Sigma = \{a, b\}$
- páskové symboly: $\Gamma = \{a, b, \#\}$
- počáteční stav: q_0
- množina koncových stavů:
 $F = \{q_k\}$

- přechodová funkce:

$$\delta : (Q - F) \times \Gamma \times \Gamma \longrightarrow Q \times \Gamma \times M \times \Gamma \times M$$

- $\delta(q_0, a, \#) = (q_0, a, +1, a, +1)$
- $\delta(q_0, b, \#) = (q_0, b, +1, b, +1)$
- $\delta(q_0, \#, \#) = (q_1, \#, -1, \#, 0)$
- $\delta(q_1, a, \#) = (q_1, a, -1, \#, 0)$
- $\delta(q_1, b, \#) = (q_1, b, -1, \#, 0)$
- $\delta(q_1, \#, \#) = (q_2, \#, +1, \#, 0)$
- $\delta(q_2, a, \#) = (q_2, a, +1, a, +1)$
- $\delta(q_2, b, \#) = (q_2, b, +1, b, +1)$
- $\delta(q_2, \#, \#) = (q_k, \#, 0, \#, 0)$