

DELTA TopGun

(20) Automaty

Luboš Zápotočný

2024

Obsah

Konečný automat

Příklady konečných automatů

Flashback z OOP

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

- ▶ Q je konečná množina stavů,

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

- ▶ Q je konečná množina stavů,
- ▶ Σ je konečná množina symbolů (abeceda),

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

- ▶ Q je konečná množina stavů,
- ▶ Σ je konečná množina symbolů (abeceda),
- ▶ δ je přechodová funkce, $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$,

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

- ▶ Q je konečná množina stavů,
- ▶ Σ je konečná množina symbolů (abeceda),
- ▶ δ je přechodová funkce, $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$,
- ▶ q_0 je počáteční stav, $q_0 \in Q$,

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

- ▶ Q je konečná množina stavů,
- ▶ Σ je konečná množina symbolů (abeceda),
- ▶ δ je přechodová funkce, $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$,
- ▶ q_0 je počáteční stav, $q_0 \in Q$,
- ▶ F je množina koncových stavů, $F \subseteq Q$.

Formální definice (deterministického) konečného automatu

Končný automat je uspořádaná pětice $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, kde

- ▶ Q je konečná množina stavů,
- ▶ Σ je konečná množina symbolů (abeceda),
- ▶ δ je přechodová funkce, $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$,
- ▶ q_0 je počáteční stav, $q_0 \in Q$,
- ▶ F je množina koncových stavů, $F \subseteq Q$.

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

- ▶ $L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, w) \in F\},$

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

- ▶ $L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, w) \in F\}$,
- ▶ kde δ^* je rozšíření přechodové funkce δ na slova:

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

- ▶ $L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, w) \in F\}$,
- ▶ kde δ^* je rozšíření přechodové funkce δ na slova:
- ▶ $\delta^*(q, \varepsilon) = q$

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

- ▶ $L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, w) \in F\}$,
- ▶ kde δ^* je rozšíření přechodové funkce δ na slova:
- ▶ $\delta^*(q, \varepsilon) = q$
- ▶ $\delta^*(q, wa) = \delta(\delta^*(q, w), a)$

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

- ▶ $L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, w) \in F\}$,
- ▶ kde δ^* je rozšíření přechodové funkce δ na slova:
- ▶ $\delta^*(q, \varepsilon) = q$
- ▶ $\delta^*(q, wa) = \delta(\delta^*(q, w), a)$
- ▶ pro všechna $q \in Q$, $w \in \Sigma^*$, $a \in \Sigma$.

Jazyk přijímaný konečným automatem

Jazyk přijímaný konečným automatem M je množina slov $L(M)$, která je definována následovně:

- ▶ $L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, w) \in F\}$,
- ▶ kde δ^* je rozšíření přechodové funkce δ na slova:
- ▶ $\delta^*(q, \varepsilon) = q$
- ▶ $\delta^*(q, wa) = \delta(\delta^*(q, w), a)$
- ▶ pro všechna $q \in Q$, $w \in \Sigma^*$, $a \in \Sigma$.

Příklad 1

Příklad 1

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde

Příklad 1

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,

Příklad 1

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,

Příklad 1

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$

Příklad 1

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?

Příklad 1

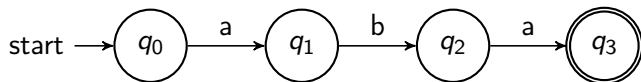
- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \{aba\}$

Příklad 1

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \{aba\}$



Příklad 2

Příklad 2

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde

Příklad 2

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,

Příklad 2

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,

Příklad 2

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde

- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$

Příklad 2

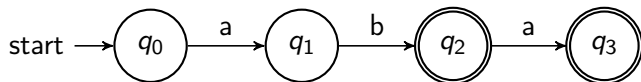
- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?

Příklad 2

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \{aba, ab\}$

Příklad 2

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_2, q_3\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, a) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, b) = q_2$,
- ▶ $\delta(q_2, a) = q_3$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \{aba, ab\}$



Příklad 3

Příklad 3

Úmyslně vynecháno.

Příklad 4

Příklad 4

- ▶ Mějme konečný automat $M = (\{q_0\}, \{\{, \}\}, \delta, q_0, \emptyset)$, kde

Příklad 4

- ▶ Mějme konečný automat $M = (\{q_0\}, \{\{, \}\}, \delta, q_0, \emptyset)$, kde
- ▶ $\delta(q_0, \{) = q_0$, $\delta(q_0, \}) = q_0$

Příklad 4

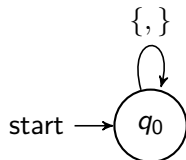
- ▶ Mějme konečný automat $M = (\{q_0\}, \{\{, \}\}, \delta, q_0, \emptyset)$, kde
- ▶ $\delta(q_0, \{) = q_0$, $\delta(q_0, \}) = q_0$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?

Příklad 4

- ▶ Mějme konečný automat $M = (\{q_0\}, \{\{, \}\}, \delta, q_0, \emptyset)$, kde
- ▶ $\delta(q_0, \{) = q_0$, $\delta(q_0, \}) = q_0$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \emptyset$

Příklad 4

- ▶ Mějme konečný automat $M = (\{q_0\}, \{\{, \}\}, \delta, q_0, \emptyset)$, kde
- ▶ $\delta(q_0, \{) = q_0$, $\delta(q_0, \}) = q_0$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \emptyset$



Příklad 5

Příklad 5

Úmyslně vynecháno.

Příklad 6

Příklad 6

- ▶ Mějme konečný automat

$M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde

Příklad 6

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, 0) = q_1, \delta(q_0, 1) = q_1,$

Příklad 6

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, 0) = q_1, \delta(q_0, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_1, 0) = q_2, \delta(q_1, 1) = q_1,$

Příklad 6

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, 0) = q_1, \delta(q_0, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_1, 0) = q_2, \delta(q_1, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_2, 0) = q_2, \delta(q_2, 1) = q_1.$

Příklad 6

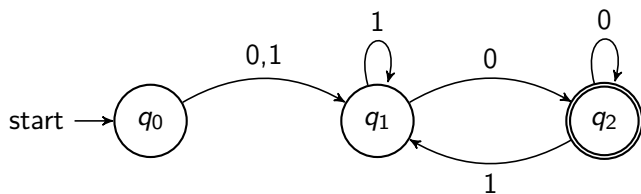
- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, 0) = q_1, \delta(q_0, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_1, 0) = q_2, \delta(q_1, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_2, 0) = q_2, \delta(q_2, 1) = q_1.$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?

Příklad 6

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, 0) = q_1, \delta(q_0, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_1, 0) = q_2, \delta(q_1, 1) = q_1,$
- ▶ $\delta(q_2, 0) = q_2, \delta(q_2, 1) = q_1.$
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid w \text{ končí na } 0, |w| \geq 2\}$

Příklad 6

- ▶ Mějme konečný automat
 $M = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$, kde
- ▶ $\delta(q_0, 0) = q_1, \delta(q_0, 1) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_1, 0) = q_2, \delta(q_1, 1) = q_1$,
- ▶ $\delta(q_2, 0) = q_2, \delta(q_2, 1) = q_1$.
- ▶ Jaký jazyk tento automat přijímá?
- ▶ $L(M) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid w \text{ končí na } 0, |w| \geq 2\}$



Příklad 7 - JSON

▶ JSON - diagram

State pattern

- ▶ Stavy jsou reprezentovány jako objekty

State pattern

- ▶ Stavy jsou reprezentovány jako objekty
- ▶ Každý stav má metody pro přechod do dalšího stavu

State pattern

- ▶ Stavy jsou reprezentovány jako objekty
- ▶ Každý stav má metody pro přechod do dalšího stavu
- ▶ Přechází se podle δ přechodové funkce

State pattern

- ▶ Stavy jsou reprezentovány jako objekty
- ▶ Každý stav má metody pro přechod do dalšího stavu
- ▶ Přechází se podle δ přechodové funkce
- ▶ Přechází se na aktuálního stavu a následujícího vstupu

State pattern

- ▶ Stavy jsou reprezentovány jako objekty
- ▶ Každý stav má metody pro přechod do dalšího stavu
- ▶ Přechází se podle δ přechodové funkce
- ▶ Přechází se na aktuálního stavu a následujícího vstupu