

Kontekstno neovisni jezici

Gramatika
neograničenih produkcija $G_0=(V, T, P, S)$:
 $\alpha \rightarrow \beta$
 $\alpha, \beta \in (T \cup V)^*$, $\alpha \neq \varepsilon$

Kontekstno ovisna gramatika $G_1=(V, T, P, S)$:
 $\alpha \rightarrow \beta$, $|\alpha| \leq |\beta|$
 $\alpha, \beta \in (T \cup V)^*$, $\alpha \neq \varepsilon$

Kontekstno neovisna gramatika $G_2=(V, T, P, S)$:
 $A \rightarrow \alpha$
 $A \in V$, $\alpha \in (T \cup V)^*$

Regularna gramatika $G_3=(V, T, P, S)$:
 $A \rightarrow wB$ i $A \rightarrow w$
ili
 $A \rightarrow Bw$ i $A \rightarrow w$
 $A, B \in V$, $w \in T^*$

Turingov stroj:
 $M_0=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F)$

Linearno ograničeni automat:
 $M_1=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, \epsilon, \$, F)$

Potisni automat:
 $M_2=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F)$

Konačni automat:
 $M_3=(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$



Rekurzivno-prebrojivi jezici: $L_0=L(G_0)=L(M_0)$

Kontekstno-ovisni jezici: $L_1=L(G_1)=L(M_1)$

Kontekstno-neovisni jezici: $L_2=L(G_2)=L(M_2)$

Regularni jezici: $L_3=L(G_3)=L(M_3)$

Svojstva zatvorenosti kontekstno neovisnih jezika

- Unija
- Nadovezivanje
- Kleeneov operator
- Supstitucija

Unija

Unija dvaju kontekstno neovisnih jezika jest kontekstno neovisni jezik.

Neka gramatika $G_1=(V_1, T_1, P_1, S_1)$ generira jezik $L(G_1)$, a gramatika $G_2=(V_2, T_2, P_2, S_2)$ neka generira jezik $L(G_2)$. Nezavršni znakovi gramatike G_1 i nezavršni znakovi gramatike G_2 izabiru se tako da je $V_1 \cap V_2 = \emptyset$, tj. niti jedan nezavršni znak nije istodobno nezavršni znak obje gramatike.

Gramatika $G_3=(V_3, T_3, P_3, S_3)$ koja generira jezik $L(G_1) \cup L(G_2)$ konstruira se na sljedeći način:

- 1) $V_3 = V_1 \cup V_2 \cup \{S_3\}$, gdje je $S_3 \notin V_1$ i $S_3 \notin V_2$, $V_1 \cap V_2 = \emptyset$.
- 2) $T_3 = T_1 \cup T_2$.
- 3) U skup produkcija $P_3 = P_1 \cup P_2$ dodaju se produkcije:

$$S_3 \rightarrow S_1 \mid S_2.$$

Nadovezivanje

Nadovezivanje dvaju kontekstno neovisnih jezika jest kontekstno neovisni jezik.

Neka gramatika $G_1=(V_1, T_1, P_1, S_1)$ generira jezik $L(G_1)$, a gramatika $G_2=(V_2, T_2, P_2, S_2)$ neka generira jezik $L(G_2)$. Gramatika $G_4=(V_4, T_4, P_4, S_4)$ koja generira jezik $L(G_4)=L(G_1)L(G_2)$ konstruira se na sljedeći način:

1) $V_4 = V_1 \cup V_2 \cup \{S_4\}$, gdje je $S_4 \notin V_1$ i $S_4 \notin V_2$, $V_1 \cap V_2 = \emptyset$.

2) $T_4 = T_1 \cup T_2$.

3) U skup produkcija $P_4=P_1 \cup P_2$ doda se produkcija:

$$S_4 \rightarrow S_1 S_2.$$

Kleeneov operator

Kontekstno neovisni jezici zatvoreni su s obzirom na Kleeneov operator.

Neka gramatika $G_1=(V_1, T_1, P_1, S_1)$ generira jezik $L(G_1)$. Gramatika $G_5=(V_5, T_5, P_5, S_5)$ koja generira jezik $L(G_5)=L(G_1)^*$ konstruira se na sljedeći način:

- 1) $V_5 = V_1 \cup \{S_5\}$, gdje je $S_5 \notin V_1$.
- 2) $T_5 = T_1$.
- 3) U skup produkcija $P_5=P_1$ dodaju se produkcije:

$$S_5 \rightarrow S_1 S_5 \mid \varepsilon.$$

Supstitucija

Zadan je jezik L u kojem su nizovi koji imaju jednak broj znakova a i b . Jezik L generira se gramatikom $G=(\{S\}, \{a, b\}, P, S)$ koja ima produkcije:

$$S \rightarrow aSbS \mid bSaS \mid \varepsilon$$

Znak a zamijeni se nizovima jezika $L_1=\{0^n1^n \mid n \geq 1\}$. Jezik L_1 generira se gramatikom $G_1=(\{S_1\}, \{0, 1\}, P, S_1)$ koja ima produkcije:

$$S_1 \rightarrow 0 S_1 1 \mid 0 1$$

Znak b zamijeni se nizovima jezika $L_2=\{ww^R \mid w \text{ jest niz iz } (0+2)^*\}$. Jezik L_2 generira se gramatikom $G_2=(\{S_2\}, \{0, 2\}, P, S_2)$ koja ima produkcije:

$$S_2 \rightarrow 0 S_2 0 \mid 2 S_2 2 \mid \varepsilon$$

Zamjenama znakova a i b nizovima jezika L_1 i L_2 nastaje jezik L' koji generira gramatika G' :

- 1) $V' = \{S\} \cup \{S_1\} \cup \{S_2\} = \{S, S_1, S_2\}.$
- 2) $T' = \{0, 1\} \cup \{0, 2\} = \{0, 1, 2\}.$
- 3) $S' = S.$
- 4) Skupu produkcija $P' = \{S_1 \rightarrow 0S_11 \mid 01\} \cup \{S_2 \rightarrow 0S_20 \mid 2S_22 \mid \varepsilon\}$ dodaju se produkcije gramatike G u kojima se završni znakovi a zamijene nezavršnim znakom S_1 , a završni znakovi b zamijene se nezavršnim znakom S_2 :

$$S \rightarrow S_1 S S_2 S \mid S_2 S S_1 S \mid \varepsilon.$$

Gramatika $G'=(\{S, S_1, S_2\}, \{0, 1, 2\}, P, S)$ ima produkcije:

$$S \rightarrow S_1 S S_2 S \mid S_2 S S_1 S \mid \varepsilon$$

$$S_1 \rightarrow 0 S_1 1 \mid 0 1$$

$$S_2 \rightarrow 0 S_2 0 \mid 2 S_2 2 \mid \varepsilon$$

Turingov stroj

Gramatika
neograničenih produkcija $G_0=(V, T, P, S)$:

$\alpha \rightarrow \beta$
 $\alpha, \beta \in (T \cup V)^*, \alpha \neq \varepsilon$

Kontekstno ovisna gramatika $G_1=(V, T, P, S)$:

$\alpha \rightarrow \beta, |\alpha| \leq |\beta|$
 $\alpha, \beta \in (T \cup V)^*, \alpha \neq \varepsilon$

Kontekstno neovisna gramatika $G_2=(V, T, P, S)$:

$A \rightarrow \alpha$
 $A \in V, \alpha \in (T \cup V)^*$

Regularna gramatika $G_3=(V, T, P, S)$:

$A \rightarrow wB$ i $A \rightarrow w$
ili
 $A \rightarrow Bw$ i $A \rightarrow w$
 $A, B \in V, w \in T^*$

Turingov stroj:

$M_0=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F)$

Linearno ograničeni automat:

$M_1=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, \epsilon, \$, F)$

Potisni automat:

$M_2=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F)$

Konačni automat:

$M_3=(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$

Rekurzivno-prebrojivi jezici: $L_0=L(G_0)=L(M_0)$

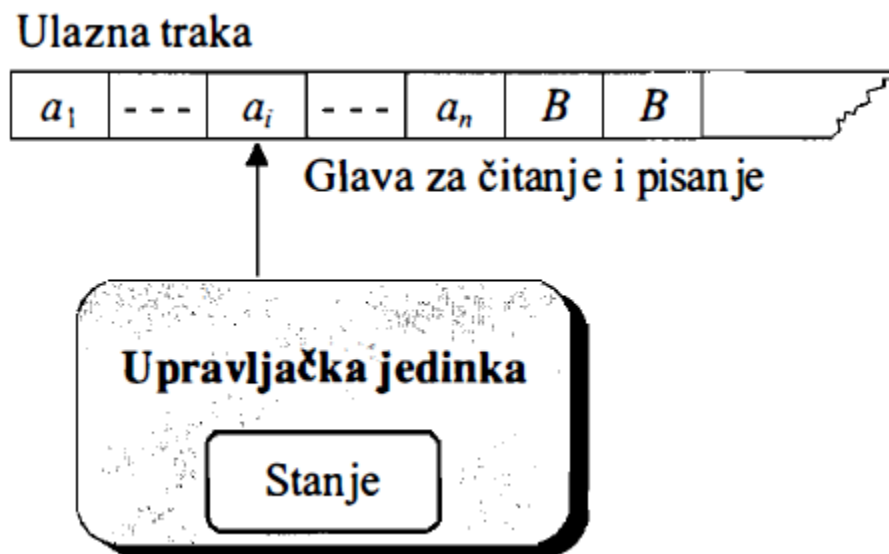
Kontekstno-ovisni jezici: $L_1=L(G_1)=L(M_1)$

Kontekstno-neovisni jezici: $L_2=L(G_2)=L(M_2)$

Regularni jezici: $L_3=L(G_3)=L(M_3)$

Definicija rekursivno prebrojivih jezika zasniva se na Turingovom stroju: jezik jest rekursivno prebrojiv ako i samo ako postoji Turingov stroj koji ga prihvaća. Time je definirana istovjetnost Turingovog stroja i rekursivno prebrojivih jezika: za bilo koji rekursivno prebrojiv jezik moguće je izgraditi Turingov stroj koji ga prihvaća, i obrnuto, bilo koji Turingov stroj prihvaća jedan od rekursivno prebrojivih jezika.

Bez obzira na svoju jednostavnost, Turingov stroj ima iste mogućnosti računanja kao bilo koje digitalno računalo, te predstavlja najopćenitiji matematički model računanja. Osnovna primjena Turingovg stroja jest prihvaćanje jezika. Budući da je omogućeno pisanje po ulaznoj traci, Turingov stroj koristi se za generiranje jezika i računanje cjelobrojnih funkcija.



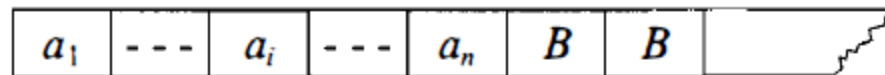
Tijekom rada upravljačka jedinka donosi odluku na temelju dva podatka:

- 1) stanje;
- 2) znak na traci.

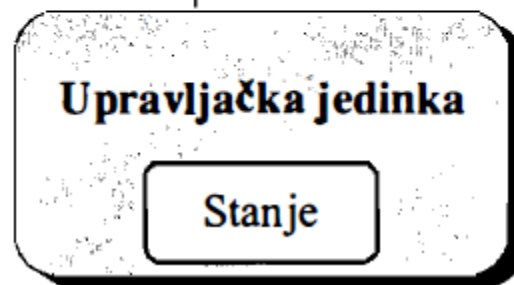
Na temelju pročitano­g znaka i stanja jedin­ke, Turingov stroj odlučuje:

- 1) u koje novo stanje prelazi upravljačka jedinka;
- 2) koji znak se zapiše na traku umjesto pročitano­g znaka;
- 3) u koju stranu se miče glava za čitanje i pisanje.

Ulazna traka



Glava za čitanje i pisanje



Turingov stroj (TS) formalno se zadaje kao uređena sedmorka:

$$ts = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F)$$

gdje je:

Q	- konačan skup stanja;
Γ	- konačan skup znakova trake;
$B \in \Gamma$	- znak kojim se označava prazna ćelija;
$\Sigma \subseteq (\Gamma - \{B\})$	- konačan skup ulaznih znakova;
δ	- funkcija prijelaza $\delta : Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$, gdje L i R označavaju pomak glave u lijevo i desno;
$q_0 \in Q$	- početno stanje;
$F \subseteq Q$	- skup prihvatljivih stanja.

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$ | 6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$ |
| 2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$ | 7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$ |
| 3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$ | 8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$ |
| 4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$ | 9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$ |
| 5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$ | 10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$ |

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$

2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$

3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$

5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$

7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$

8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$

9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$

10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
----------------------------------	--------	---------------------------------	--------------------

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$

4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$

6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$

10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
X X	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
X X	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
X X Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XX Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XX Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	X Y Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XX Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	X Y Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
XX	q_0	Y Y B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XX Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	X Y Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
XX	q_0	Y Y B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XX Y	q_3	Y B B B ...	$\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$

(1) Zadan je TS $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0) = (q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0) = (q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0) = (q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1) = (q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X) = (q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y) = (q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y) = (q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y) = (q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y) = (q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B) = (q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0) = (q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0) = (q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1) = (q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0) = (q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X) = (q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y) = (q_3, Y, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y) = (q_1, Y, R)$
XX Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1) = (q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y) = (q_2, Y, L)$
X	q_2	X Y Y B B B ...	$\delta(q_2, X) = (q_0, X, R)$
XX	q_0	Y Y B B B ...	$\delta(q_0, Y) = (q_3, Y, R)$
XX Y	q_3	Y B B B ...	$\delta(q_3, Y) = (q_3, Y, R)$
XX Y Y	q_3	B B B ...	$\delta(q_3, B) = (q_4, B, R)$

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XX Y	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	X Y Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
XX	q_0	Y Y B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XX Y	q_3	Y B B B ...	$\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
XX Y Y	q_3	B B B ...	$\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$
XX Y Y B	q_4	B B ...	Budući da je $q_4 \in F$ i budući da nema daljnjih prijelaza, TS se zaustavlja i niz se <i>prihvaća</i> .

(1) Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
XX	q_1	Y 1 B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XXY	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
XX	q_2	Y Y B B B ...	$\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	X Y Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
XX	q_0	Y Y B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
XXY	q_3	Y B B B ...	$\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
XXYY	q_3	B B B ...	$\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$
XXYYB	q_4	B B ...	Budući da je $q_4 \in F$ i budući da nema daljnjih prijelaza, TS se zaustavlja i niz se <i>prihvaća</i> .

Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
XX	q_1	Y B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XXY	q_1	B B B ...	Budući da $q_1 \notin F$ i budući da nema daljnjih prijelaza, TS se zaustavlja i niz se <i>ne prihvata</i> .

Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 0 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	0 1 B B B ...	$\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
X 0	q_1	1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
X	q_2	0 Y B B B ...	$\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
ϵ	q_2	X 0 Y B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	0 Y B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
XX	q_1	Y B B B ...	$\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
XXY	q_1	B B B ...	Budući da $q_1 \notin F$ i budući da nema daljnjih prijelaza, TS se zaustavlja i niz se <i>ne prihvata</i> .

(3) 011

Zadan je TS $M=(\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{0, 1\}, \{0, 1, X, Y, B\}, \delta, q_0, B, \{q_4\})$ sa sljedećim prijelazima:

1. $\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
2. $\delta(q_1, 0)=(q_1, 0, R)$
3. $\delta(q_2, 0)=(q_2, 0, L)$
4. $\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
5. $\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
6. $\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
7. $\delta(q_1, Y)=(q_1, Y, R)$
8. $\delta(q_2, Y)=(q_2, Y, L)$
9. $\delta(q_3, Y)=(q_3, Y, R)$
10. $\delta(q_3, B)=(q_4, B, R)$

Sadržaj trake lijevo od glave	Stanje	Sadržaj trake desno od glave	Funkcija prijelaza
ϵ	q_0	0 1 1 B B B ...	$\delta(q_0, 0)=(q_1, X, R)$
X	q_1	1 1 B B B ...	$\delta(q_1, 1)=(q_2, Y, L)$
ϵ	q_2	X Y 1 B B B ...	$\delta(q_2, X)=(q_0, X, R)$
X	q_0	Y 1 B B B ...	$\delta(q_0, Y)=(q_3, Y, R)$
X Y	q_3	1 B B B ...	Budući da $q_3 \notin F$ i budući da nema daljnjih prijelaza, TS se zaustavlja i niz se <i>ne prihvća</i> .

Funkcije

(4) Paran ili neparan broj jedinica

$$TS\ M = (\{q_p, q_N, q_f\}, \{1\}, \{1,P,N,B\}, \delta, q_p, B, \{q_f\})$$

N - neparno

P - parno

	q_p	q_N
1	q_N1R	q_p1R
B	q_fPR	q_fNR

Traka lijevo	Stanje	Traka desno
ε	q_p	111BB...
1	q_N	11BB...
11	q_p	1BB...
111	q_N	BB...
111N	q_f	B...

(5)

$$d(m, n) = \begin{cases} m - n & m > n \\ 0 & m \leq n \end{cases}$$

...BB0^m10ⁿBB...

f(3,1):

...BB00010BB...

...BB00BB...

1) $d(2_0, 0) = (2_1, B, R)$

2) $d(2_1, 0) = (2_1, 0, R)$

3) $d(2_1, 1) = (2_2, 1, R)$

4) $d(2_2, 1) = (2_2, 1, R)$

5) $d(2_2, 0) = (2_3, 1, L)$

6) $d(2_3, 0) = (2_3, 0, L)$

7) $d(2_3, 1) = (2_3, 1, L)$

8) $d(2_3, B) = (2_0, B, R)$

9) $d(2_2, B) = (2_4, B, L)$

10) $d(2_4, 1) = (2_4, B, L)$

11) $d(2_4, 0) = (2_4, 0, L)$

12) $d(2_4, B) = (2_6, 0, R)$

13) $d(2_0, 1) = (2_5, B, R)$

14) $d(2_5, 0) = (2_5, B, R)$

15) $d(2_5, 1) = (2_5, B, R)$

16) $d(2_5, B) = (2_6, B, R)$

(5)

$$d(m, n) = \begin{cases} m - n & m > n \\ 0 & m \leq n \end{cases}$$

$$1) \delta(2_0, 0) = (2_1, B, R)$$

$$2) \delta(2_1, 0) = (2_1, 0, R)$$

$$3) \delta(2_1, 1) = (2_2, 1, R)$$

$$4) \delta(2_2, 1) = (2_2, 1, R)$$

$$5) \delta(2_2, 0) = (2_3, 1, L)$$

$$6) \delta(2_3, 0) = (2_3, 0, L)$$

$$7) \delta(2_3, 1) = (2_3, 1, L)$$

$$8) \delta(2_3, B) = (2_0, B, R)$$

$$9) \delta(2_2, B) = (2_4, B, L)$$

$$10) \delta(2_4, 1) = (2_4, B, L)$$

$$11) \delta(2_4, 0) = (2_4, 0, L)$$

$$12) \delta(2_4, B) = (2_6, 0, R)$$

$$13) \delta(2_0, 1) = (2_5, B, R)$$

$$14) \delta(2_5, 0) = (2_5, B, R)$$

$$15) \delta(2_5, 1) = (2_5, B, R)$$

$$16) \delta(2_5, B) = (2_6, B, R)$$

...BB0^m10ⁿBB...

f(3,1):

...BB00010BB...

...BB00BB...

f(2,1):

(5)

$$f(m, n) = \begin{cases} m - n & m > n \\ 0 & m \leq n \end{cases}$$

$$1) \ S(2_0, 0) = (2_1, 3, R)$$

$$2) \mathcal{S}(g_1, 0) = (g_1, 0, R)$$

$$3) \delta(2, 1) = (2, 1, 2)$$

$$\gamma/\delta(2, 1) = (2, 1, R)$$

$$5) f(2_2, 0) = (2_3, 1, L)$$

$$6) \delta(2_3, 0) = (2_3, 0, 4)$$

$$7) d(2_3, 1) = (2_3, 1, 4)$$

$$8) S(\underline{z}, B) = (\underline{z}_0, B, e)$$

$$g \circ f(2, 3) = (2, 3, 4)$$

$$10 \mid d(24, 1) = (24, 8, 6)$$

$$14) \delta(24, 0) = (24, 0, L)$$

$$12) f(26, 3) = (26, 0, 2)$$

13) $S(20, 1) = (20, 3, 2)$

14) $f(2c, 0) = (2c, B, R)$

$$15) d(25, 1) = (20, 3, 2)$$

$$16) f(20, 8) = (20, 8, 12)$$

...BB0^m10ⁿBB...

f(3,1):

...BB00010BB...

...BB00BB...

f(2,1):

	B	20	0010B...
	BB	21	010B...
	BB0	21	10B
B	B01	22	0B
	BB0	23	11B...
	BB	23	011B
	B	23	B011
	BB	24	011B
	BBB	21	11B
B	BBB1	22	1B
B	B11	22	B
B	BB1	24	1B
	BBB	24	1BB
	B5	24	BBBB
B	B0	26	BBB