

zadatak 01

UTR-LABOS-3

Stanja

0	0
1	1
2	2
3	3
4	[4,K]
5	[4,P]
6	6
7	[5,K]
8	[7,K]
9	[8,K]
10	[5,P]
11	[7,P]
12	[8,P]
13	[CHK]
14	[P!]
15	[CLR_K]
16	[CLR_P]
17	[ERASE_K]
18	[ERASE_P]
19	[RET]
20	[END]
21	[ACC]

Abeceda:

ULAZNO	K	P	O	R	N	E	L	I	J	T	A
POČETNO	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U SREDINI	+	-									
IZA GRANIČNIKA	X	Z									
PRAZNA ĆELIJA	B										

Delta funkcija

1) Označi početak niza određenim znakom te prijeđi u stanje **q1**.

```
 $\delta(q_0, K) = (q_1, C, R)$   
 $\delta(q_0, P) = (q_1, D, R)$   
 $\delta(q_0, O) = (q_1, 1, R)$   
 $\delta(q_0, R) = (q_1, 2, R)$   
 $\delta(q_0, N) = (q_1, 3, R)$   
 $\delta(q_0, E) = (q_1, 4, R)$   
 $\delta(q_0, L) = (q_1, 5, R)$   
 $\delta(q_0, I) = (q_1, 6, R)$   
 $\delta(q_0, J) = (q_1, 7, R)$   
 $\delta(q_0, T) = (q_1, 8, R)$   
 $\delta(q_0, A) = (q_1, 9, R)$ 
```

Objašnjenje: Taj znak će služiti kao graničnik, da se ne može izletiti izvan trake s lijeve strane. Na kraju, taj znak treba vratiti u originalni znak (jer niz mora ostati nepromijenjen).

2) Postaviti desni graničnik **Y** iza kojeg će se dodavati znakovi za svaki **K** i **P**. Kad se pročita **B**, zapisuje se **Y** i glava se vraća (stanje **q2**) na početak.

```
 $\delta(q_1, K) = (q_1, K, R)$   
 $\delta(q_1, P) = (q_1, P, R)$   
 $\delta(q_1, O) = (q_1, O, R)$   
 $\delta(q_1, R) = (q_1, R, R)$   
 $\delta(q_1, N) = (q_1, N, R)$   
 $\delta(q_1, E) = (q_1, E, R)$   
 $\delta(q_1, L) = (q_1, L, R)$   
 $\delta(q_1, I) = (q_1, I, R)$   
 $\delta(q_1, J) = (q_1, J, R)$   
 $\delta(q_1, T) = (q_1, T, R)$   
 $\delta(q_1, A) = (q_1, A, R)$   
 $\delta(q_1, B) = (q_2, Y, L)$ 
```

3) U stanju **q2** glava se vraća na početak trake te počinje postupak prebacivanja znakova.

```
 $\delta(q_2, K) = (q_2, K, L)$   
 $\delta(q_2, P) = (q_2, P, L)$   
 $\delta(q_2, O) = (q_2, O, L)$   
 $\delta(q_2, R) = (q_2, R, L)$   
 $\delta(q_2, N) = (q_2, N, L)$   
 $\delta(q_2, E) = (q_2, E, L)$ 
```

$\delta(q_2, L) = (q_2, L, L)$
 $\delta(q_2, I) = (q_2, I, L)$
 $\delta(q_2, J) = (q_2, J, L)$
 $\delta(q_2, T) = (q_2, T, L)$
 $\delta(q_2, A) = (q_2, A, L)$

4) Ako početni znak nije bio **K** ili **P**, prelazi se u stanje **q3** i počinje potraga za **K** ili **P**. Ako je početni znak bio **K**, onda se prelazi u stanje **q[4,K]**, a ako je početni znak bio **P**, onda se prelazi u stanje **q[4,P]**.

$\delta(q_2, 1) = (q_3, 1, R)$
 $\delta(q_2, 2) = (q_3, 2, R)$
 $\delta(q_2, 3) = (q_3, 3, R)$
 $\delta(q_2, 4) = (q_3, 4, R)$
 $\delta(q_2, 5) = (q_3, 5, R)$
 $\delta(q_2, 6) = (q_3, 6, R)$
 $\delta(q_2, 7) = (q_3, 7, R)$
 $\delta(q_2, 8) = (q_3, 8, R)$
 $\delta(q_2, 9) = (q_3, 9, R)$

 $\delta(q_2, C) = (q[4,K], C, R)$
 $\delta(q_2, D) = (q[4,P], D, R)$

Objašnjenje: Ako je početni znak bio **K** ili **P**, onda se kreće sa postupkom dodavanja znakova **X** i **Z** (respektivno) iza graničnika **Y**.

5a) U stanju **q3**, traži se prvi znak **K** ili **P** (ostali se preskaču), mijenjaju se u **+** ili **-**, respektivno, te se prelazi u stanje **q[4,K]** ili **q[4,P]**, respektivno.

$\delta(q_3, O) = (q_3, O, R)$
 $\delta(q_3, R) = (q_3, R, R)$
 $\delta(q_3, N) = (q_3, N, R)$
 $\delta(q_3, E) = (q_3, E, R)$
 $\delta(q_3, L) = (q_3, L, R)$
 $\delta(q_3, I) = (q_3, I, R)$
 $\delta(q_3, J) = (q_3, J, R)$
 $\delta(q_3, T) = (q_3, T, R)$
 $\delta(q_3, A) = (q_3, A, R)$

 $\delta(q_3, K) = (q[4,K], +, R)$
 $\delta(q_3, P) = (q[4,P], -, R)$

Objašnjenje: Stanja **q[4,K]** i **q[4,P]** su stanja koja upisuju **X** i **Z** iza graničnika **Y**.

5b) Ako se u stanju **q3** pročita **Y**, to znači da su svi znakovi **K** i **P** već pročitani i zamijenjeni sa odgovarajućim znakovima **+** i **-**. Kad se to dogodi, prelazi se u stanje **q[CHK]** koje provjerava kojih slova ima više, **K** ili **P**.

$$\delta(q_3, Y) = (q[CHK], Y, R)$$

6a) Pročitani su znakovi **K** i **P**, treba upisati **X** iza graničnika. Prvo se glava pomiče do graničnika (sve se preskače osim **Y**). Kad se pročita **Y**, prelazi se u stanje **q[5, K]**.

$$\begin{aligned} \delta(q[4, K], O) &= (q[4, K], O, R) \\ \delta(q[4, K], R) &= (q[4, K], R, R) \\ \delta(q[4, K], N) &= (q[4, K], N, R) \\ \delta(q[4, K], E) &= (q[4, K], E, R) \\ \delta(q[4, K], L) &= (q[4, K], L, R) \\ \delta(q[4, K], I) &= (q[4, K], I, R) \\ \delta(q[4, K], J) &= (q[4, K], J, R) \\ \delta(q[4, K], T) &= (q[4, K], T, R) \\ \delta(q[4, K], A) &= (q[4, K], A, R) \\ \delta(q[4, K], K) &= (q[4, K], K, R) \\ \delta(q[4, K], P) &= (q[4, K], P, R) \\ \delta(q[4, K], Y) &= (q[5, K], Y, R) \end{aligned}$$

Objašnjenje: Nakon znaka **Y**, ako se pročita **X**, to znači da dosad u nizu ima više znakova **K**, te se nakon zadnjeg **X** dodaje još jedan. Ako se nakon **Y** pročita znak **Z**, to znači da je dosad u nizu bilo više znakova **P**. Tada se zadnji od znakova **Z** mijenja u **B**. Tim se postupkom postiže da će iza graničnika uvijek biti onoliko slova **X** ili **Z** koliko je razlika između dosad pročitanih slova **K** i **P**. Ako se nakon **Y** ne nalazi niti jedan znak **X** ili **Z**, to znači da je dosad pročitanih znakova **K** i **P** jednak broj.

$$\begin{aligned} \delta(q[5, K], X) &= (q[5, K], X, R) \\ \delta(q[5, K], B) &= (q_6, X, L) \\ \delta(q[5, K], Z) &= (q[7, K], Z, R) \\ \delta(q[7, K], Z) &= (q[7, K], Z, R) \\ \delta(q[7, K], B) &= (q[8, K], B, L) \\ \delta(q[8, K], Z) &= (q_6, B, L) \end{aligned}$$

6b) Pročitani su znakovi **K** i **P**, slično kao i za **K**. (točka 6a.)

$$\begin{aligned} \delta(q[4, P], O) &= (q[4, P], O, R) \\ \delta(q[4, P], R) &= (q[4, P], R, R) \\ \delta(q[4, P], N) &= (q[4, P], N, R) \\ \delta(q[4, P], E) &= (q[4, P], E, R) \\ \delta(q[4, P], L) &= (q[4, P], L, R) \\ \delta(q[4, P], I) &= (q[4, P], I, R) \\ \delta(q[4, P], J) &= (q[4, P], J, R) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta(q[4,P], T) &= (q[4,P], T, R) \\ \delta(q[4,P], A) &= (q[4,P], A, R) \\ \delta(q[4,P], K) &= (q[4,P], K, R) \\ \delta(q[4,P], P) &= (q[4,P], P, R) \\ \delta(q[4,P], Y) &= (q[5,P], Y, R)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta(q[5,P], Z) &= (q[5,P], Z, R) \\ \delta(q[5,P], B) &= (q6, Z, L) \\ \delta(q[5,P], X) &= (q[7,P], X, R) \\ \delta(q[7,P], X) &= (q[7,P], X, R) \\ \delta(q[7,P], B) &= (q[8,P], B, L) \\ \delta(q[8,P], X) &= (q6, B, L)\end{aligned}$$

7) Nakon što je postavljen/obrisan odgovarajući znak iza graničnika **Y**, glava se pomiče na krajnje desni zamijenjeni znak **K** ili **P** (koji je tada već zamijenjen s **+** odnosno **-**). Kad se do njega dođe, prelazi se u stanje **q3** te se ponavlja postupak od *točke 5*.

$$\begin{aligned}\delta(q6, X) &= (q6, X, L) \\ \delta(q6, Z) &= (q6, Z, L) \\ \delta(q6, Y) &= (q6, Y, L) \\ \delta(q6, K) &= (q6, K, L) \\ \delta(q6, P) &= (q6, P, L) \\ \delta(q6, O) &= (q6, O, L) \\ \delta(q6, R) &= (q6, R, L) \\ \delta(q6, N) &= (q6, N, L) \\ \delta(q6, E) &= (q6, E, L) \\ \delta(q6, L) &= (q6, L, L) \\ \delta(q6, I) &= (q6, I, L) \\ \delta(q6, J) &= (q6, J, L) \\ \delta(q6, T) &= (q6, T, L) \\ \delta(q6, A) &= (q6, A, L)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta(q6, C) &= (q3, C, R) \\ \delta(q6, D) &= (q3, D, R) \\ \delta(q6, 1) &= (q3, 1, R) \\ \delta(q6, 2) &= (q3, 2, R) \\ \delta(q6, 3) &= (q3, 3, R) \\ \delta(q6, 4) &= (q3, 4, R) \\ \delta(q6, 5) &= (q3, 5, R) \\ \delta(q6, 6) &= (q3, 6, R) \\ \delta(q6, 7) &= (q3, 7, R) \\ \delta(q6, 8) &= (q3, 8, R) \\ \delta(q6, 9) &= (q3, 9, R)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta(q6, +) &= (q3, +, R) \\ \delta(q6, -) &= (q3, -, R)\end{aligned}$$

Objašnjenje: Preskaču se svi znakovi osim zamijenjenih **K** i **P** (tj. to su sada + i -), te početnih znakova. Kad se oni pročitaju, prelazi se u stanje **q3**.

8) U stanju **q[CHK]** provjerava se je li isti broj znakova **K** i **P**. Ako iza **Y** ne postoji ni **X** ni **Z**, onda ih je jednak broj te se umjesto **Y** upisuje znak **!** te prelazi u stanje **q[RET]**. Ako iza **Y** nije prazna ćelija, to znači da znakova **P** i **K** nema jednak broj pa treba obrisati sve znakove **X**, **Z** te umjesto **Y** upisati **?**.

```
δ(q[CHK], B) = (q[P!], B, L)
δ(q[CHK], X) = (q[CLR_K], X, R)
δ(q[CHK], Z) = (q[CLR_P], Z, R)

δ(q[P!], Y) = (q[RET], !, L)

δ(q[CLR_K], X) = (q[CLR_K], X, R)
δ(q[CLR_K], B) = (q[ERASE_K], B, L)
δ(q[ERASE_K], X) = (q[ERASE_K], B, L)
δ(q[ERASE_K], Y) = (q[RET], ?, L)

δ(q[CLR_P], Z) = (q[CLR_P], Z, R)
δ(q[CLR_P], B) = (q[ERASE_P], B, L)
δ(q[ERASE_P], Z) = (q[ERASE_P], B, L)
δ(q[ERASE_P], Y) = (q[RET], ?, L)
```

Objašnjenje: Stanjima **q[CLR_K]**, **q[CLR_P]**, **q[ERASE_K]** i **q[ERASE_P]** brišu se znakovi **K** odnosno **P**. Nakon što je s desne strane od graničnika **Y**, pobrisano sve, **Y** je zamijenjen odgovarajućim znakom **!** ili **?** (ovisno je li s desna bilo nešto ili ne). Nakon toga se prelazi u stanje **q[RET]**.

9) Stanje **q[RET]** pomiče glavu prema početku trake vraćajući sve zamijenjene znakove na njihove stvarne vrijednosti, kako bi niz ostao nepromijenjen u odnosu na početno stanje.

```
δ(q[RET], O) = (q[RET], O, L)
δ(q[RET], R) = (q[RET], R, L)
δ(q[RET], N) = (q[RET], N, L)
δ(q[RET], E) = (q[RET], E, L)
δ(q[RET], L) = (q[RET], L, L)
δ(q[RET], I) = (q[RET], I, L)
δ(q[RET], J) = (q[RET], J, L)
δ(q[RET], T) = (q[RET], T, L)
δ(q[RET], A) = (q[RET], A, L)
δ(q[RET], +) = (q[RET], K, L)
δ(q[RET], -) = (q[RET], P, L)
```

Objašnjenje: Preskaču se svi znakovi osim + i -. Oni se mijenjaju u **K** i **P**, jer u drugom obliku više nisu potrebni. Glava se pomiče dok god se ne dođe do početnog znaka.

10) Kada se u stanju **q[RET]** glava dođe do početnog znaka, ona ga vraća u prvobitni znak i prelazi se u stanje **q[END]**.

```

$$\begin{aligned}\delta(q[\text{RET}], C) &= (q[\text{END}], K, R) \\ \delta(q[\text{RET}], D) &= (q[\text{END}], P, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 1) &= (q[\text{END}], O, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 2) &= (q[\text{END}], R, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 3) &= (q[\text{END}], N, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 4) &= (q[\text{END}], E, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 5) &= (q[\text{END}], L, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 6) &= (q[\text{END}], I, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 7) &= (q[\text{END}], J, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 8) &= (q[\text{END}], T, R) \\ \delta(q[\text{RET}], 9) &= (q[\text{END}], A, R)\end{aligned}$$

```

Objašnjenje: U stanju **q[END]** glava se pomiče prema kraju trake. Preskaču se svi znakovi osim **!** i **?**. Ako se pročita znak **!**, stroj prelazi u stanje **q[ACC]** i stroj staje. Prijelaz za stanje **q[END]** i ulazni znak **?** nije definiran pa se stroj zaustavlja. Kad stroj stane, on je u stanju **q[END]** ili **q[ACC]**. Samo je stanje **q[ACC]** prihvatljivo, te se niz prihvaća samo ako se na kraju nalazi znak **!**.

Složenost

Ovaj algoritam nije optimalan te je za procesiranje niza duljine **200** znakova trebalo u najboljem slučaju (manje od pola sekunde) oko **30** puta kraće vrijeme izvođenja nego u najgorem slučaju (oko **12** sekundi).

*(Za niz duljine **500** znakova u najgorem slučaju potrebno je više od par minuta i izlazna datoteka je veća od **500 MB**.)*