

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

**Druga domaća zadaća iz predmeta
“Uvod u teoriju računarstva”**

Zadatak broj 2048

Zagreb, lipanj 2008.

Druga domaća zadaća iz predmeta “Uvod u teoriju računarstva”

Student:

Matični broj studenta:

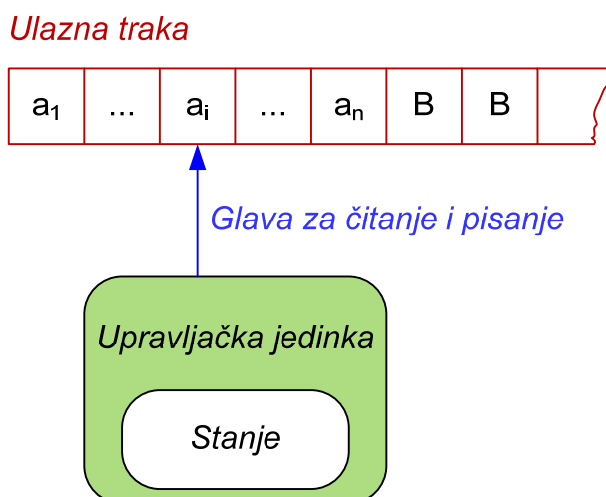
Zadatak broj 2048: Napisati program za simulaciju rada Turingovog stroja koji provjerava da li je zapisani dekadski broj palindrom, odnosno da li je simetričan (primjer simetričnih brojeva: 034565430, 789987).

Uvod: Osnovni model Turingovog stroja

Turingov stroj služi za prihvaćanje jednog od rekurzivno prebrojivih jezika. Definicija rekurzivno prebrojivih jezika se zasniva na Turingovom stroju: jezik je rekurzivno prebrojiv ako i samo ako postoji Turingov stroj koji ga prihvaća. Drugim riječima, postoji istovjetnost Turingovog stroja i rekurzivno prebrojivih jezika.

Turingov stroj je jednostavan, ali može računati kao bilo koje drugo digitalno računalo pa predstavlja najopćenitiji matematički model računanja. Osnovna primjena je prihvaćanje rekurzivno prebrojivog jezika, ali se koristi i za generiranje jezika i računanje cjelobrojnih funkcija.

Za svoj zadatak, koristio sam osnovni model Turingovog stroja koji je prikazan na slici 1. Upravljačka jedinka je u jednom od konačnog broja stanja. Za razliku od konačnog automata, Turingov stroj čita, ali i piše po traci pa nakon čitanja znaka zapiše novi znak na traku. Glava za čitanje i pisanje pokazuje na jednu ćeliju iz koje se čita i u koju će se upisati znak. Ona se može micati po jednu ćeliju u bilo kojem smjeru – i lijevo i desno. Ulazna traka ima krajnje lijevu ćeliju, a nema krajnje desnu jer je s desne strane beskonačno duga. Na početku rada, ulazna traka je ispunjena nizom w duljine n pri čemu je n cijeli broj i nije negativan. „Iza“ (sa desne strane) tog niza se nalaze prazne ćelije koje označavamo slovom B (*engl. blank* – praznina, prazno). Ulazni znakovi niza w i znakovi koje Turingov stroj zapisuje na ulaznu traku čine skup znakova trake.



Slika 1: Osnovni model Turingovog stroja

Turingov stroj se formalno zadaje uređenom sedmorkom: $ts = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F)$ gdje je:

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

Funkcije prijelaza su definirane ovako: $\delta(q, V) = (p, Z, W)$, pri čemu je:

- q – trenutno stanje, $q \in Q$;
- V – pročitani znak sa ulazne trake, $V \in \Gamma$;
- p – stanje u koje će upravljačka jedinka preći, novo stanje;
- Z – znak koji će se zapisati na traku, $Z \in \Gamma$
- W – smjer pomaka glave, $W \in \{L, R\}$

Funkcije prijelaza mogu biti nedefinirane za pojedine argumente. Što znači da kad Turingov stroj se nađe u stanju za koje nema prijelaza ili kad pročita ulazni znak za kojeg nema prijelaza jednostavno će stati. Ako se nađe u prihvatljivom stanju, niz se prihvaća, ako se ne nađe u prihvatljivom stanju niz se ne prihvaća.

Sada kada imamo definiranu sedmorku i funkcije prijelaza, možemo vidjeti da će tijekom rada upravljačka jedinka na temelju trenutnog stanja q i na temelju pročitanoog znaka V sa ulazne trake promijeniti svoje stanje u stanje p , zapisati na mjesto pročitanoog znaka znak Z , i pomaknuti se za jedno mjesto u lijevo ili desno, ovisno o znaku W .

Ostvarenje

Zadatak i ideja

Potrebno je napisati program za simulaciju rada Turingovog stroja koji provjerava je li zapisani dekadski broj na ulaznoj traci palindrom. Naravno, to ne uključuje samo programiranje simulatora nego i konstrukciju tog Turinogovog stroja.

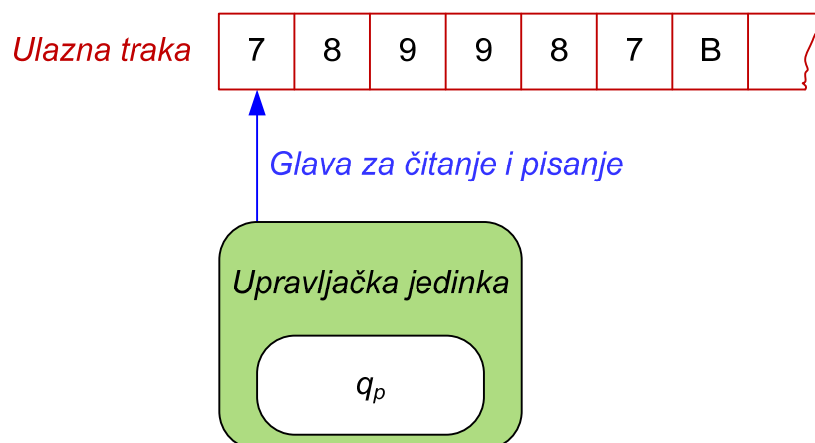
Kada čovjek mora sam reći je li broj palindrom, on će ili odrediti sredinu, pa usporediti lijevu i desnu stranu (uspoređivati parove znakova idući prema van) ili će odrediti početnu i završnu znamenku pa uspoređivati parove znakova prema sredini (idući prema unutra).

Turingov stroj je puno lakše konstruirati ako se odabere drugi način određivanja palindroma, dakle, ako se odredi početni i završni znak. Ideja je da Turingov stroj nekako odredi prvu znamenku, „prošeće“ se do zadnje i usporedi je s prvom, nakon toga se mora vratiti u nazad do druge znamenke, nekako je zapamtiti, „prošetati“ se do predzadnje i tako redom dok ne ostane niti jedna znamenka ili jedna koja je sam sebi simetrična.

Prijelazi

Turingov stroj ništa ne može bez funkcije prijelaza. Prijelazima mi određujemo funkciju Turingovog stroja. Isto kao što naredbama pišemo program u C-u, tako i prijelazima pišemo program Turingovog stroja. Funkcije prijelaza sam već definirao u uvodu, ali ću ponoviti da se prijelaz sastoji od trenutnog stanja i pročitane znaka sa ulazne trake što određuju slijedeće stanje, pisanje znaka po ulaznoj traci i pomak glave.

Recimo da je početno stanje mog Turingovog stroja q_P (indeks P dolazi od riječi početak). Položaj glave znamo, glava pokazuje na krajnje lijevu ćeliju u kojoj se nalazi prva znamenka broja. Na slici 2 je prikazan Turingov stroj prije nego što je počeo s radom.



Slika 2: Početno stanje Turingovog stroja

Što mi želimo da se dogodi kad se uključi Turingov stroj? Prvo želimo da pročita i zapamti znamenku. Znamenka se može zapamtiti tako da odemo u jedno stanje za jednu znamenku, a u drugo stanje za drugu znamenku. Pošto znamenki ima 10, potrebno nam je 10 različitih stanja. Nakon toga ćemo htjeti pomicati glavu u desno kako bi došli do zadnje znamenke. Zbog tog pomicanja u desno, stanja će imati indekse od q_{D0} do q_{D9} (oznaka D podsjeća da ćemo ići u desno, a broj od 0 do 9 predstavlja broj učitane znamenke).

Prijelazi:

$$\delta(q_P, 0) = (q_{D0}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 1) = (q_{D1}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 2) = (q_{D2}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 3) = (q_{D3}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 4) = (q_{D4}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 5) = (q_{D5}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 6) = (q_{D6}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 7) = (q_{D7}, B, R)$$

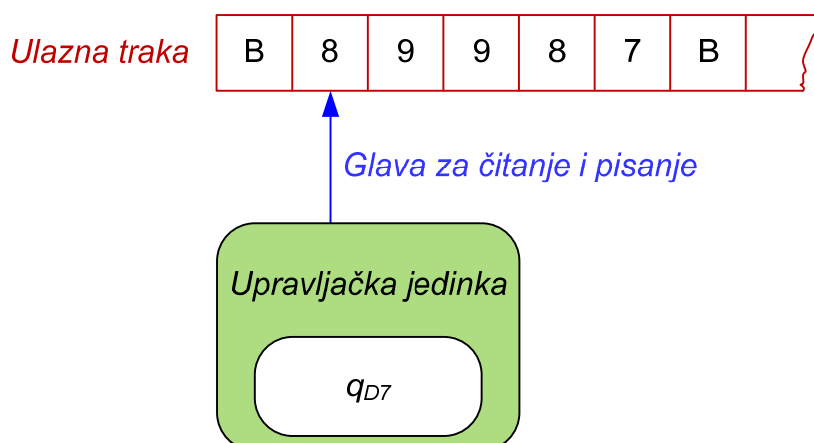
$$\delta(q_P, 8) = (q_{D8}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 9) = (q_{D9}, B, R)$$

Prvo pitanje koje se može postaviti je: „Zašto sam promijenio sadržaj ulazne trake?“. Prije je stajala znamenka od 0 do 9, a sada sam upisao znak B. Stvar je u tome da Turingov stroj ne zna koja je znamenka prva ni koja je znamenka zadnja. Ne samo to, on ni ne zna redni broj ćelije na koji mu pokazuje glava. Jedino što zna je ono što mu prijelazi kažu, dakle, zna odrediti trenutno stanje, trenutni znak (znamenku) na traci i zna promijeniti to dvoje i pomaknuti glavu lijevo ili desno. Drugim riječima, kad bi pomaknuo glavu bez da bi upisao u ćeliju znak B, Turingov stroj se ne bi se znao vratiti, ne bi više znao odrediti prvu pa ni drugu znamenku.

Dakle, za početno stanje q_P određeni su prijelazi za svaku znamenku. Svaka znamenka se pamti stanjem, upisuje se znak prazne ćelije – znak B i pomiče se glava u desno.

Sada naš Turingov stroj izgleda ovako:



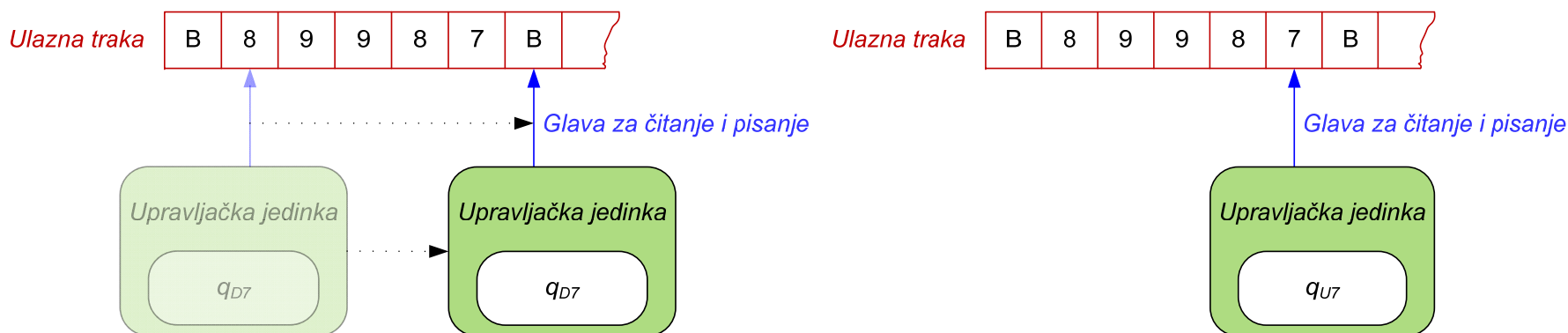
Slika 3: Turingov stroj je zapamtio stanjem prvu znamenku, upisao znak prazne ćelije B i pomaknuo glavu u desno, korišteni prijelaz: $\delta(q_P, 7) = (q_{D7}, B, R)$

Sada kada smo iz početnog stanja prešli u stanje koje pamti znamenku, trebamo se pomaknuti do zadnje znamenke. Problem pomicanja do zadnje znamenke je isti kao i problem pomicanja do prve znamenke koji sam prije objasnio. Turingov stroj ne zna gdje mu se nalazi zadnja znamenka, ali mi znamo da se iza zadnje znamenke nalazi prazna ćelija. Ono što ćemo reći Turingovom stroju je da prođe sve ćelije i dođe do prazne. Kada dođe do prazne ćelije, mora se vratiti za jednu u nazad (pomaknuti glavu jednom lijevo). Naravno, podatak o prvoj znamenci Turingov stroj ne smije izgubiti pa za sva stanja trebamo imati prijelaz. Zbog količine i uređenosti prijelaza, prijelaze ovaj put prikazujem tablicom 1 koja se nalazi na slijedećoj (vodoravnoj) stranici.

Da bi lakše razumjeli tablicu 1, potrebno je reći da u prvom stupcu se nalazi popis svih stanja u kojima se Turingov stroj mogao naći nakon prvog prijelaza a u prvom redu se nalaze svi ulazni znakovi. Ćelije tablice 1 su rezultat funkcije prijelaza, dakle, sadrže stanje u koje ide Turingov stroj, znak koji se ostavlja na traci (niti jedna znamenka ne smije se promijeniti, kao što ni oznaka prazne ćelije ne smije biti zamijenjena), i pomak glave (pomićemo se u desno za sve znamenke, a za znak B se pomićemo u lijevo – na zadnju znamenku). Primjer prijelaza kojeg prikazuje ćelija 2-2 (za trenutno stanje q_{D0} i ulazni znak 0) je: $\delta(q_{D0}, 0) = (q_{D0}, 0, R)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
q_{D0}	$q_{D0, 0, R}$	$q_{D0, 1, R}$	$q_{D0, 2, R}$	$q_{D0, 3, R}$	$q_{D0, 4, R}$	$q_{D0, 5, R}$	$q_{D0, 6, R}$	$q_{D0, 7, R}$	$q_{D0, 8, R}$	$q_{D0, 9, R}$	$q_{U0, B, L}$
q_{D1}	$q_{D1, 0, R}$	$q_{D1, 1, R}$	$q_{D1, 2, R}$	$q_{D1, 3, R}$	$q_{D1, 4, R}$	$q_{D1, 5, R}$	$q_{D1, 6, R}$	$q_{D1, 7, R}$	$q_{D1, 8, R}$	$q_{D1, 9, R}$	$q_{U1, B, L}$
q_{D2}	$q_{D2, 0, R}$	$q_{D2, 1, R}$	$q_{D2, 2, R}$	$q_{D2, 3, R}$	$q_{D2, 4, R}$	$q_{D2, 5, R}$	$q_{D2, 6, R}$	$q_{D2, 7, R}$	$q_{D2, 8, R}$	$q_{D2, 9, R}$	$q_{U2, B, L}$
q_{D3}	$q_{D3, 0, R}$	$q_{D3, 1, R}$	$q_{D3, 2, R}$	$q_{D3, 3, R}$	$q_{D3, 4, R}$	$q_{D3, 5, R}$	$q_{D3, 6, R}$	$q_{D3, 7, R}$	$q_{D3, 8, R}$	$q_{D3, 9, R}$	$q_{U3, B, L}$
q_{D4}	$q_{D4, 0, R}$	$q_{D4, 1, R}$	$q_{D4, 2, R}$	$q_{D4, 3, R}$	$q_{D4, 4, R}$	$q_{D4, 5, R}$	$q_{D4, 6, R}$	$q_{D4, 7, R}$	$q_{D4, 8, R}$	$q_{D4, 9, R}$	$q_{U4, B, L}$
q_{D5}	$q_{D5, 0, R}$	$q_{D5, 1, R}$	$q_{D5, 2, R}$	$q_{D5, 3, R}$	$q_{D5, 4, R}$	$q_{D5, 5, R}$	$q_{D5, 6, R}$	$q_{D5, 7, R}$	$q_{D5, 8, R}$	$q_{D5, 9, R}$	$q_{U5, B, L}$
q_{D6}	$q_{D6, 0, R}$	$q_{D6, 1, R}$	$q_{D6, 2, R}$	$q_{D6, 3, R}$	$q_{D6, 4, R}$	$q_{D6, 5, R}$	$q_{D6, 6, R}$	$q_{D6, 7, R}$	$q_{D6, 8, R}$	$q_{D6, 9, R}$	$q_{U6, B, L}$
q_{D7}	$q_{D7, 0, R}$	$q_{D7, 1, R}$	$q_{D7, 2, R}$	$q_{D7, 3, R}$	$q_{D7, 4, R}$	$q_{D7, 5, R}$	$q_{D7, 6, R}$	$q_{D7, 7, R}$	$q_{D7, 8, R}$	$q_{D7, 9, R}$	$q_{U7, B, L}$
q_{D8}	$q_{D8, 0, R}$	$q_{D8, 1, R}$	$q_{D8, 2, R}$	$q_{D8, 3, R}$	$q_{D8, 4, R}$	$q_{D8, 5, R}$	$q_{D8, 6, R}$	$q_{D8, 7, R}$	$q_{D8, 8, R}$	$q_{D8, 9, R}$	$q_{U8, B, L}$
q_{D9}	$q_{D9, 0, R}$	$q_{D9, 1, R}$	$q_{D9, 2, R}$	$q_{D9, 3, R}$	$q_{D9, 4, R}$	$q_{D9, 5, R}$	$q_{D9, 6, R}$	$q_{D9, 7, R}$	$q_{D9, 8, R}$	$q_{D9, 9, R}$	$q_{U9, B, L}$

Tablica 1: Prijelazi koji omogućavaju pomak u desno



Slika 4 i 5: Turingov stroj pomiče glavu u desno i ostaje u stanju q_{D7} dok ne dođe do znaka prazne ćelije B. Tada prijeđe u stanje q_{U7} i pomakne glavu u lijevo.

Sada trebamo novo stanje pomoću kojeg će Turingov stroj usporediti tu zadnju znamenku sa prvom (zbog toga smo i pomicali glavu). Naravno, i dalje smo očuvali informaciju o prvom znaku. Stanja imaju indekse od q_{U0} do q_{U9} , U označava da će nam stanje koristiti za usporedbu, a broj od 0 do 9 označava zapamćenu prvu znamenku.

Prisjetimo se da funkcije prijelaza ne trebaju biti definirane za sve parametre. Dakle, ako smo učitali znamenku 7, onda želimo da Turingov stroj nastavi dalje s radom samo ako je zadnja znamenka isto 7. Ako nije, onda jednostavno nećemo napraviti za zadnju znamenku prijelaz. Turingov stroj će ostati u stanju q_{U7} (općenito, ostati će u nekom od q_{Uz} stanja, gdje je z prva znamenka koju Turingov stroj pamti stanjem).

Dakle, definirali smo prijelaze samo za ulaznu znamenku koja nam se poklapa sa znamenkom koju smo zapamtili stanjem. Taj prijelaz stavlja Turingov stroj u stanje q_N (indeks N dolazi od riječi nazad, jer se vraćamo na novi prvi znak) i stavlja znak B na mjesto zadnje znamenke. Stanje q_N će se dalje pobrinuti da se nađe prvi znak, a znak B osigurava da predzadnji znak bude novi zadnji znak.

Za ostale ulazne znamenke, Turingov stroj će stati i ostati u neprihvatljivom stanju – niz nije palindrom.

Prijelazi:

$$\delta(q_{U0}, 0) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U1}, 1) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U2}, 2) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U3}, 3) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U4}, 4) = (q_N, B, L)$$

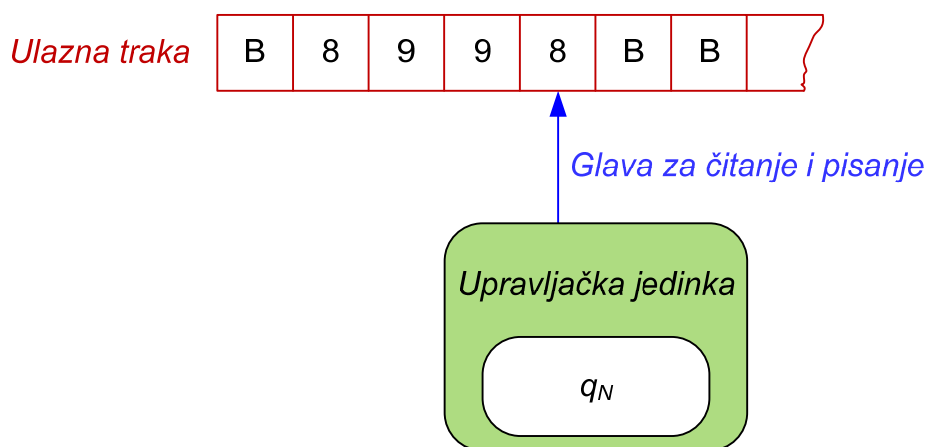
$$\delta(q_{U5}, 5) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U6}, 6) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U7}, 7) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U8}, 8) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U9}, 9) = (q_N, B, L)$$



Slika 6: Turingov stroj je usporedio znamenke, zamijenio zadnju znamenku s znakom B i pomaknuo glavu u lijevo, korišteni prijelaz: $\delta(q_{U7}, 7) = (q_N, B, L)$

Slika 6 prikazuje Turingov stroj koji je već usporedio znamenke i zamijenio ih sa znakom B. Kao što se iz slike vidi, dobili smo novi broj, kojemu također treba usporediti prvu i zadnju znamenku. Samo prvo, treba naći prvu znamenku. To sad neće biti teško jer smo na stranici 6 napravili prijelaze koji su prvu znamenku zamijenili znakom B pa će sada (pomoću novih prijelaza koji slijede) Turingov stroj pomicati glavu lijevo po ulaznoj traci dok ne dođe do znaka B, tada će se pomaknuti za jednu ćeliju u desno i sve počinje od početka.

Prijelazi:

$$\delta(q_N, 0) = (q_N, 0, L)$$

$$\delta(q_N, 1) = (q_N, 1, L)$$

$$\delta(q_N, 2) = (q_N, 2, L)$$

$$\delta(q_N, 3) = (q_N, 3, L)$$

$$\delta(q_N, 4) = (q_N, 4, L)$$

$$\delta(q_N, 5) = (q_N, 5, L)$$

$$\delta(q_N, 6) = (q_N, 6, L)$$

$$\delta(q_N, 7) = (q_N, 7, L)$$

$$\delta(q_N, 8) = (q_N, 8, L)$$

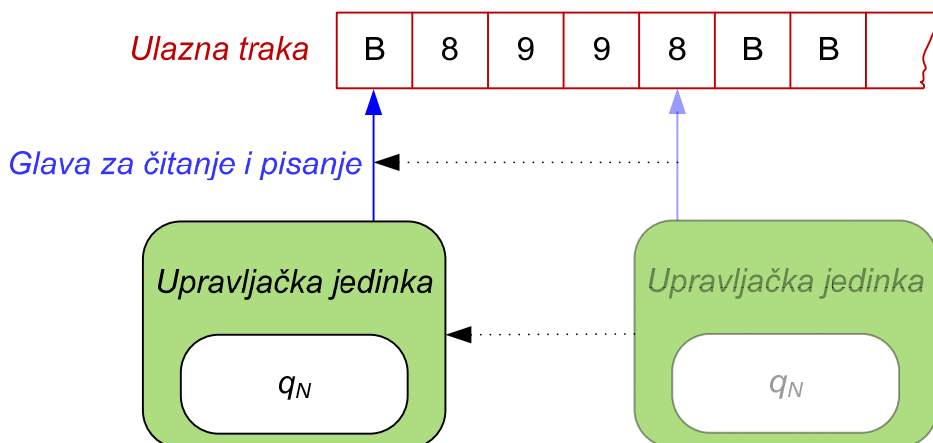
$$\delta(q_N, 9) = (q_N, 9, L)$$

$$\delta(q_N, B) = (q_P, B, R)$$

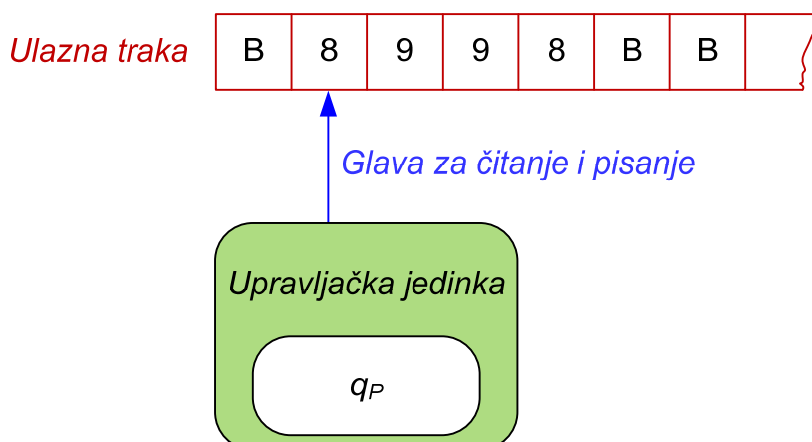
Turingov stroj se nalazi u stanju q_N . Za bilo koju znamenku, Turingov stroj mora imati prijelaz koji će ga natjerati da tu znamenku ostavi, to jest, da zapiše na traku istu znamenku koju je pročitao. Nakon toga, glavu treba pomaknuti u lijevo. Kada nađe praznu ćeliju, treba otići u početno stanje i pomaknuti glavu desno.

Cijeli postupak će se tada ponoviti.

Prikažimo sad korake za koje već imamo definirane prijelaze:

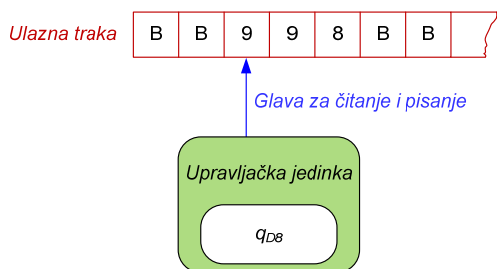


Slika 7: Turingov stroj se vraća do prve prazne ćelije ostavljajući sve znakove na traci, koriste se prijelazi: $\delta(q_N, 8) = (q_N, 8, L)$, 2 puta $\delta(q_N, 9) = (q_N, 9, L)$ i $\delta(q_N, 8) = (q_N, 8, L)$

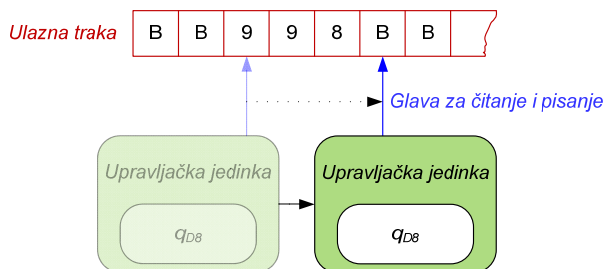


Slika 8: Kad Turingov stroj nađe praznu ćeliju, odlazi u početno stanje q_P i pomiče glavu u desno na novi prvi znak, korišteni prijelaz: $\delta(q_N, B) = (q_P, B, R)$

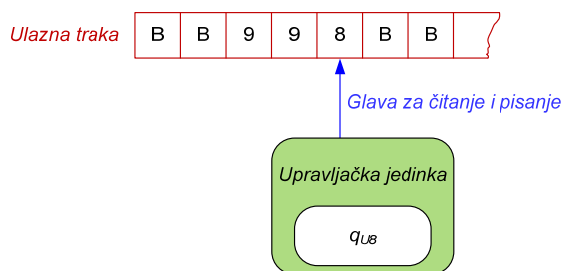
Slijedeće slike prikazuju kako izgleda Turingov stroj nakon prijelaza navedenog u imenu slike. Slike su manje jer prikazuju prijelaze čiji smisao smo već vidjeli.



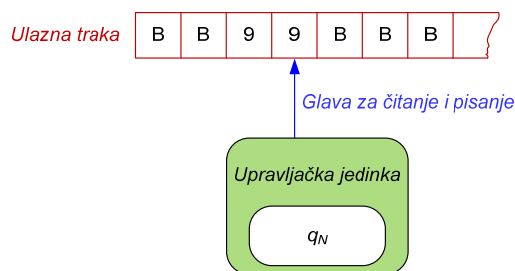
Slika 9: $\delta(q_P, 8) = (q_{D8}, B, R)$



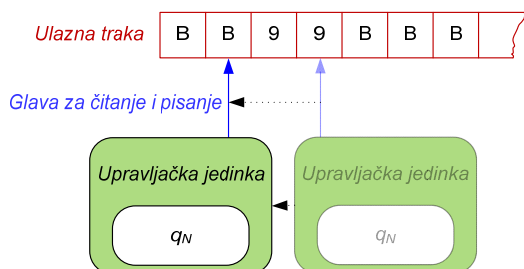
Slika 10: $\delta(q_{D8}, 9) = (q_{D8}, 9, R)$,
 $\delta(q_{D8}, 9) = (q_{D8}, 9, R)$, $\delta(q_{D8}, 8) = (q_{D8}, 8, R)$



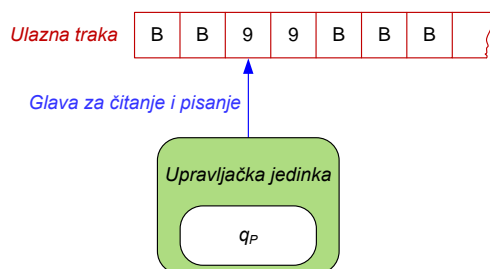
Slika 11: $\delta(q_{D8}, B) = (q_{U8}, B, L)$



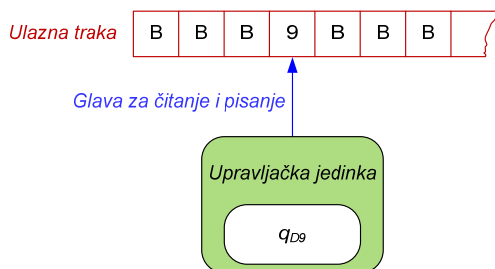
Slika 12: $\delta(q_{U8}, 8) = (q_N, B, L)$



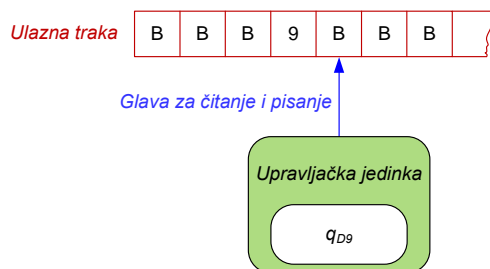
Slika 12: $\delta(q_N, 9) = (q_N, 9, L)$,
 $\delta(q_N, 9) = (q_N, 9, L)$



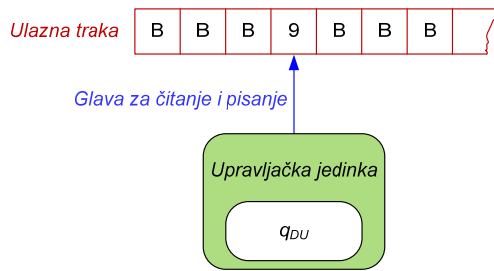
Slika 13: $\delta(q_N, B) = (q_P, B, R)$



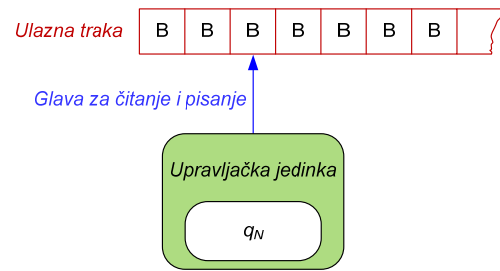
Slika 14: $\delta(q_P, 9) = (q_{D9}, B, R)$



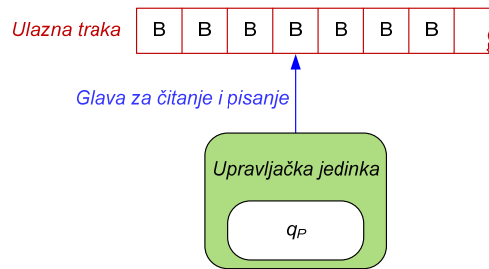
Slika 15: $\delta(q_{D9}, 9) = (q_{D9}, 9, R)$



Slika 16: $\delta(q_{DU}, 9) = (q_{U9}, B, L)$



Slika 17: $\delta(q_{U9}, 9) = (q_N, B, L)$



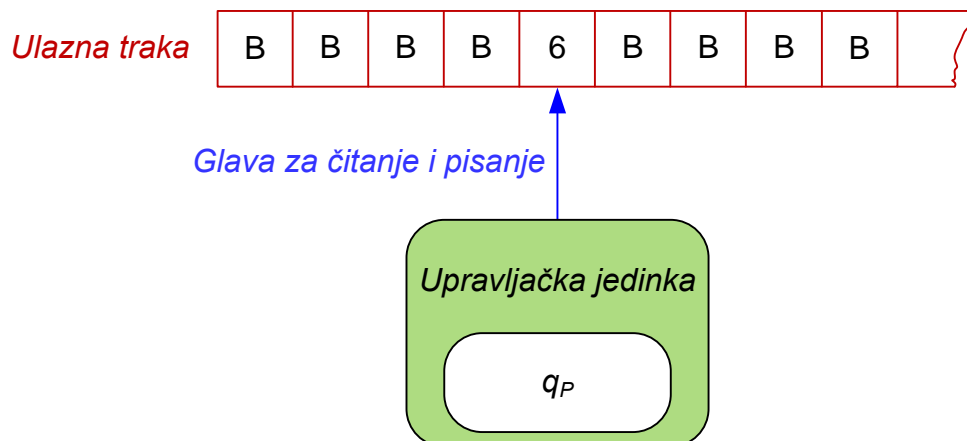
Slika 18: $\delta(q_N, B) = (q_P, B, R)$

Sada je Turingov stroj usporedio sve znamenke i očistio ulaznu traku. Turingov stroj zbog troga ne treba ništa više raditi, to jest, treba stati. Kao što se vidi na stranici 6, nema prijelaza za stanje q_P i ulazni znak B pa će Turingov stroj sigurno stati, no to ipak nije dovoljno.

Turingov stroj može donijeti dvije odluke, prihvaća niz ili ne prihvaća niz. To radi tako da se nakon rada nalazi ili u prihvatljivom stanju (pa prihvaća niz) ili u neprihvatljivom stanju (pa ne prihvaća niz).

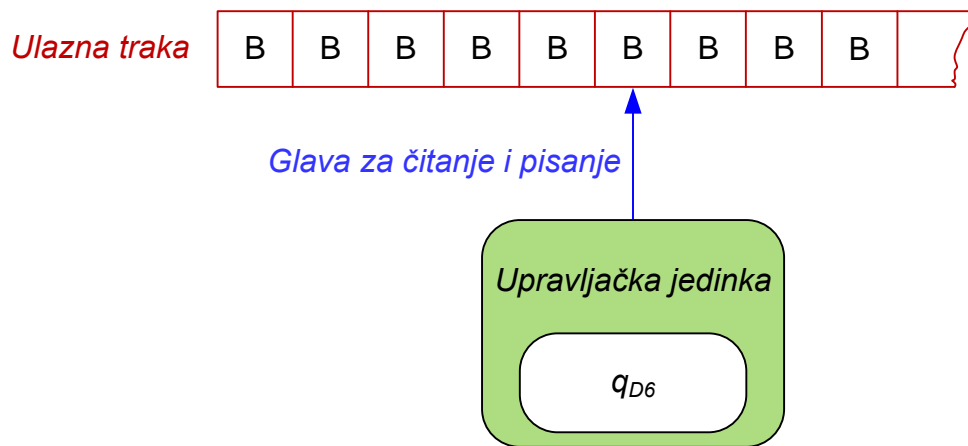
Mi ćemo reći da prihvaćanje niza znači da je niz palindrom, a neprihvaćanje niza znači da niz nije palindrom. To napravimo tako da napravimo prijelaz za stanje q_P i ulazni znak B $\delta(q_P, B) = (q_K, B, R)$, gdje je q_K prihvatljivo stanje (indeks K dolazi od riječi kraj). Dakle, Turingov stroj će otići u stanje q_K , stati i naći se u tom prihvatljivom stanju. Tada je niz palindrom.

Naravno, kada sam primijenio svoj Turingov stroj, ubrzo sam vidio da ne daje točan rezultat za sve palindrome. Problem je bio u broju znamenki. Brojevi palindromi sa neparnim znamenkama nisu prolazili. Dakle, treba promotriti još jedan slučaj palindroma, kada je broj znamenki broja neparan. Uzmimo moj primjer iz domaće zadaće: 034565430. Jasno je da će prijelazi dovesti Turingov stroj u slijedeću situaciju:

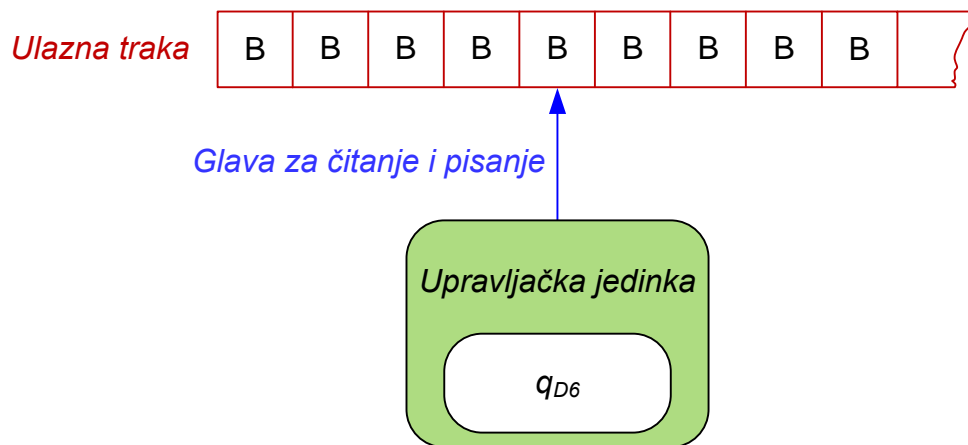


Slika 19: Turingov stroj koji je usporedio sve znamenke osim jedne u sredini

Iako je jedna znamenka palindrom, moramo prvo primijeniti prijelaze koje već imamo:



Slika 20: Turingov stroj nakon prijelaza $\delta(q_P, 6) = (q_{D6}, B, R)$



Slika 21: Turingov stroj nakon prijelaza: $\delta(q_{D6}, B) = (q_{U6}, B, L)$

Za kombinaciju q_{U6} B nemamo prijelaz. Stanja sa indeksom U smo koristili samo za usporedbu. Za brojeve palindroma sa neparnim znamenkama potrebno je još dodati jednu grupu prijelaza koja će koristiti stanje q_{Uz} gdje je z broj zapamćene znamenke (što sad nije bitno).

Dakle, za svako stanje usporedbe u kojem bi se mogli naći potrebno je napraviti prijelaz koji će za praznu ćeliju, to jest, za učitani ulazni znak B, otići u prihvatljivo stanje.

Prijelazi:

$$\delta(q_{U0}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U1}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U2}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U3}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U4}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U5}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U6}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U7}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U8}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U9}, B) = (q_K, B, R)$$

Turingov stroj se zaustavlja i niz je prihvaćen. Znamenke broja su palindrom.

Turingov stroj koji provjerava jesu li znamenke broja palindrom

Sada želim samo definirati turingov stroj i dati sve prijelaze na jednom mjestu.

TS P = ($\{q_P, q_{D0}, q_{D1}, q_{D2}, q_{D3}, q_{D4}, q_{D5}, q_{D6}, q_{D7}, q_{D8}, q_{D9}, q_{U0}, q_{U1}, q_{U2}, q_{U3}, q_{U4}, q_{U5}, q_{U6}, q_{U7}, q_{U8}, q_{U9}, q_N\}$, $\{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$, $\{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,B\}$, δ , $q_P, B, \{q_K\}$.)

$$\delta(q_P, 0) = (q_{D0}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 1) = (q_{D1}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 2) = (q_{D2}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 3) = (q_{D3}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 4) = (q_{D4}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 5) = (q_{D5}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 6) = (q_{D6}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 7) = (q_{D7}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 8) = (q_{D8}, B, R)$$

$$\delta(q_P, 9) = (q_{D9}, B, R)$$

$$\delta(q_P, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U0}, 0) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U1}, 1) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U2}, 2) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U3}, 3) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U4}, 4) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U5}, 5) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U6}, 6) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U7}, 7) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U8}, 8) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U9}, 9) = (q_N, B, L)$$

$$\delta(q_{U0}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U1}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U2}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U3}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U4}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U5}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U6}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U7}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U8}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_{U9}, B) = (q_K, B, R)$$

$$\delta(q_N, 0) = (q_N, 0, L)$$

$$\delta(q_N, 1) = (q_N, 1, L)$$

$$\delta(q_N, 2) = (q_N, 2, L)$$

$$\delta(q_N, 3) = (q_N, 3, L)$$

$$\delta(q_N, 4) = (q_N, 4, L)$$

$$\delta(q_N, 5) = (q_N, 5, L)$$

$$\delta(q_N, 6) = (q_N, 6, L)$$

$$\delta(q_N, 7) = (q_N, 7, L)$$

$$\delta(q_N, 8) = (q_N, 8, L)$$

$$\delta(q_N, 9) = (q_N, 9, L)$$

$$\delta(q_N, B) = (q_P, B, R)$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
q _{D0}	q _{D0} , 0, R	q _{D0} , 1, R	q _{D0} , 2, R	q _{D0} , 3, R	q _{D0} , 4, R	q _{D0} , 5, R	q _{D0} , 6, R	q _{D0} , 7, R	q _{D0} , 8, R	q _{D0} , 9, R	q _{U0} , B, L
q _{D1}	q _{D1} , 0, R	q _{D1} , 1, R	q _{D1} , 2, R	q _{D1} , 3, R	q _{D1} , 4, R	q _{D1} , 5, R	q _{D1} , 6, R	q _{D1} , 7, R	q _{D1} , 8, R	q _{D1} , 9, R	q _{U1} , B, L
q _{D2}	q _{D2} , 0, R	q _{D2} , 1, R	q _{D2} , 2, R	q _{D2} , 3, R	q _{D2} , 4, R	q _{D2} , 5, R	q _{D2} , 6, R	q _{D2} , 7, R	q _{D2} , 8, R	q _{D2} , 9, R	q _{U2} , B, L
q _{D3}	q _{D3} , 0, R	q _{D3} , 1, R	q _{D3} , 2, R	q _{D3} , 3, R	q _{D3} , 4, R	q _{D3} , 5, R	q _{D3} , 6, R	q _{D3} , 7, R	q _{D3} , 8, R	q _{D3} , 9, R	q _{U3} , B, L
q _{D4}	q _{D4} , 0, R	q _{D4} , 1, R	q _{D4} , 2, R	q _{D4} , 3, R	q _{D4} , 4, R	q _{D4} , 5, R	q _{D4} , 6, R	q _{D4} , 7, R	q _{D4} , 8, R	q _{D4} , 9, R	q _{U4} , B, L
q _{D5}	q _{D5} , 0, R	q _{D5} , 1, R	q _{D5} , 2, R	q _{D5} , 3, R	q _{D5} , 4, R	q _{D5} , 5, R	q _{D5} , 6, R	q _{D5} , 7, R	q _{D5} , 8, R	q _{D5} , 9, R	q _{U5} , B, L
q _{D6}	q _{D6} , 0, R	q _{D6} , 1, R	q _{D6} , 2, R	q _{D6} , 3, R	q _{D6} , 4, R	q _{D6} , 5, R	q _{D6} , 6, R	q _{D6} , 7, R	q _{D6} , 8, R	q _{D6} , 9, R	q _{U6} , B, L
q _{D7}	q _{D7} , 0, R	q _{D7} , 1, R	q _{D7} , 2, R	q _{D7} , 3, R	q _{D7} , 4, R	q _{D7} , 5, R	q _{D7} , 6, R	q _{D7} , 7, R	q _{D7} , 8, R	q _{D7} , 9, R	q _{U7} , B, L
q _{D8}	q _{D8} , 0, R	q _{D8} , 1, R	q _{D8} , 2, R	q _{D8} , 3, R	q _{D8} , 4, R	q _{D8} , 5, R	q _{D8} , 6, R	q _{D8} , 7, R	q _{D8} , 8, R	q _{D8} , 9, R	q _{U8} , B, L
q _{D9}	q _{D9} , 0, R	q _{D9} , 1, R	q _{D9} , 2, R	q _{D9} , 3, R	q _{D9} , 4, R	q _{D9} , 5, R	q _{D9} , 6, R	q _{D9} , 7, R	q _{D9} , 8, R	q _{D9} , 9, R	q _{U9} , B, L

Datoteka s prijelazima – dz2.prijelazi

Uz ovaj pdf, dobili ste i zip datoteku koja u sebi sadrži program *DZ2.exe*, datoteku s kodom *1.c* i datoteku s prijelazima *dz2.prijelazi*. Datoteka *dz2.prijelazi* sadrži sve prijelaze koje sam naveo ali u drugačijem zapisu. Na žalost, ni to nije sve, stanja su zbog jednostavnosti programiranja preimenovana tako da su označena jednim znakom.

Neki općeniti prijelaz $\delta(q_1, V) = (q_2, Z, W)$ u datoteci izgleda ovako.

1 V 2 Z W

Dakle, stavljen je indeks trenutnog stanja, trenutni znak na traci, indeks sljedećeg stanja, znak koji se upisuje u traku i pomak, sve odvojeno duljim razmakom (tabulatorom). Pomaci su označeni engleskim oznakama R za desno i L za lijevo, kao što je i oznaka prazne ćelije označena engleskom oznakom B. Znamenke su ostale iste. Preimenovanje stanja je iskazano tablicom 2.

q_p	P
q_{D0}	0
q_{D1}	1
q_{D2}	2
q_{D3}	3
q_{D4}	4
q_{D5}	5
q_{D6}	6
q_{D7}	7
q_{D8}	8
q_{D9}	9
q_{U0}	A
q_{U1}	B
q_{U2}	C
q_{U3}	D
q_{U4}	E
q_{U5}	F
q_{U6}	G
q_{U7}	H
q_{U8}	I
q_{U9}	J
q_K	K
q_N	N

Tablica 2: Popis stanja i njihovog zapisa u datoteci 1.prijelazi

Primjer jednog stvarnog prijelaza i njegovog zapisa u datoteci je:

$$\delta(q_{U0}, 0) = (q_N, B, L)$$

A 0 N B L

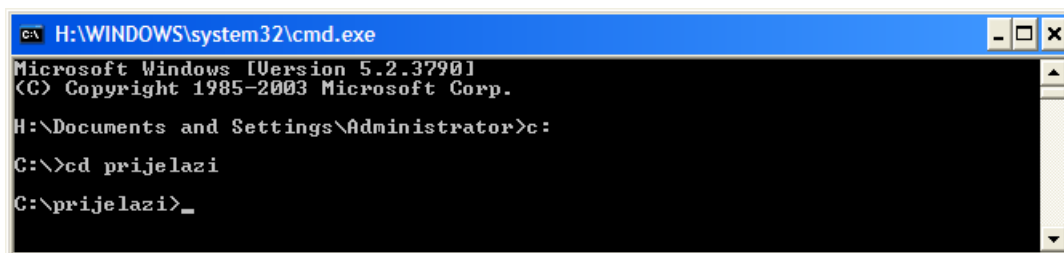
Program – DZ2.exe

Program je napisan pomoću jezika C. Na žalost, ima samo „naredbenu“ liniju i nema grafičko sučelje. Ne samo to, ima iritantnu karakteristiku, a to je da se isključi kad bude gotov. To zapravo ne bi bila loša odlika da korisnik ne želi vidjeti što je program napisao prije nego što se isključio. Da bi stvar još bila gora, u XP-u nisam uspio za njega naći u „svojstvima“ (*properties*) mogućnost da ostane prozor otvoren nakon što se isključi, kao što to imaju druge MS-DOS aplikacije.

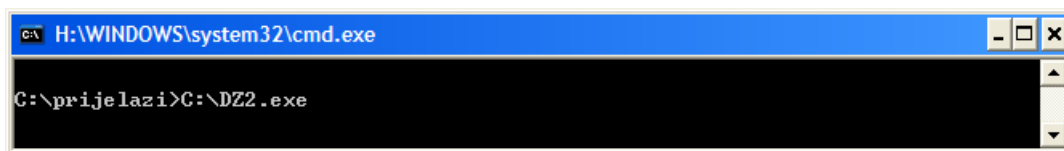
Kako bi korisnik ipak mogao koristiti moj program potrebno je otići u naredbenu liniju (*command prompt*) (to se može napraviti istodobnim pritiskom na tipke *WinKey* i *R* nakon čega je potrebno upisati „cmd“ (bez navodnika) i pritisnuti tipku *Enter*).

Nakon toga trebate pozicionirati naredbenu liniju na mapu u kojoj se nalazi datoteka *dz2.prijelazi* (Slika 22). Tek nakon toga se može upisati puna putanja do programa (na primjer: *C:\DZ.exe*, Slika 23) ili jednostavno dovući aplikaciju u prozor naredbene linije. Sada pritisnete *Enter* i program se pokreće.

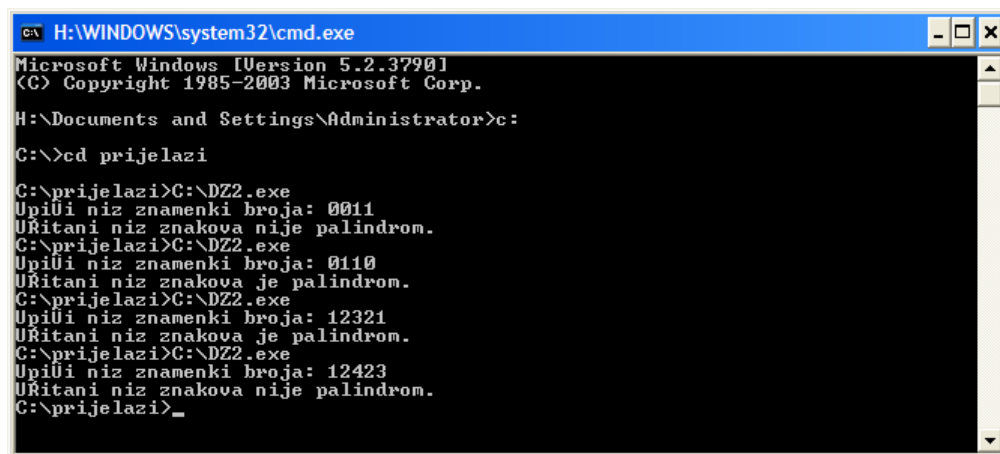
Kada se program pokrene, izbacuje poruku: „Upišite niz znamenki broja: “. Sada je potrebno upisati niz znamenki i pritisnuti *Enter*. Ako je niz palindrom, aplikacija će javiti: „Učitani niz znakova je palindrom.“, a ako nije: „Učitani niz znakova nije palindrom.“. Ako program javi grešku "Dogodila se greška pri radu s datotekom. Pokazivač na datoteku je NULL. Izlazim iz programa...", znači da niste pozicionirali naredbenu liniju na mapu u kojoj se nalazi datoteka *dz2.prijelazi*.



Slika 22: Pozicioniranje naredbene linije na mapu u kojoj se nalazi datoteka sa prijelazima



Slika 23: Pokretanje programa



Slika 24: Primjer različitih izvođenja programa

Datoteka sa kodom aplikacije 1.c

Kada sam počeo programirati, prvo sam htio pohraniti sve podatke u strukturu (u memoriju) kako bi rad s datotekom bio minimalan (zbog brzine). Sve što se moglo, dinamički sam alocirao kako bi štedio na memoriji. Dinamički je alocirana struktura koja sadrži prijelaze i dinamički je alocirana ulazna traka.

Prvo sam omogućio korisniku da unese ono što je potrebno, a to je ulazni niz koji se zapisuje na traku. Nakon toga sam zatvorio standardni ulaz (kojeg koristi tipkovnica) kako, kad bi otvorio datoteku za čitanje, njen pokazivač dobio opisnik standardnog ulaza. Na taj način sam si olakšao učitavanje koristeći „običan“ `scanf` umjesto `fscanf`-a. Nakon što sam sve prijelaze iz datoteke pohranio u dinamički alociranu strukturu, napravo sam while petlju koja obavlja posao turingovog stroja.

Ono na čemu se temelji moj program je da se treba naći neki prijelaz koji ima isto trenutno stanje kao i trenutno stanje Turingovog stroja i mora imati isti ulazni znak kao i ulazni znak trake. Pošto su prijelazi u strukturi, kada se nađe indeks prijelaza, našli smo i slijedeće stanje, znak koji se upisuje u ćeliju i znak koji nam označava pomak. Stanja i znak se zamijene novima i pomakne se glava ako se nađe odgovarajući prijelaz.

Turingov stroj se zaustavlja kad se prijelaz ne nađe, a tako radi i moja while petlja koja se neće ponoviti jer nije nađen odgovarajući prijelaz.

If naredba će odrediti nalazi li se Turingov stroj u prihvatljivom stanju i dati će odgovarajuću poruku.

Zaključak

Turingov stroj se ne smije podcjenjivati. Kad sam dobio zadatak, nisam bio siguran hoću li ga moći riješiti. Kako sam rekao u uvodu, problem se mogao riješiti tako da se nađe i srednja znamenka pa se usporede lijeva i desna strana. To mi je zapravo bila najveća prepreka, trebao sam se sjetiti drugog načina kojeg sam primijenio u ovoj zadaći.

Programiranje simulatora nije predstavljao neki problem jer stvarno nije teško razmišljati kao Turingov stroj. Strukture koje sam koristio mi nisu samo bile za jednostavnost prihvaćanja podataka, nego sam imao i jednu koja se zvala Turingov stroj. Cilj mi je bio nekako logički grupirati određene stvari i mislim da sam u tome uspio.