

SEMINARSKI RAD IZ PREDMETA:

**“UPRAVLJAČKI
RAČUNARSKI SISTEMI”**



NA TEMU:

**“UPRAVLJANJE U REALNOM VREMENU
KORIŠĆENJEM PROGRAMSKOG PAKETA MATLAB
SIMULINK NAD KORAČNIM MOTOROM”**

Studenti:

Dorđe Stojićević 3/2007

Dorđe Jovanović 161/2007

Nikola Gačević 1/2007

Mentor: Prof. Milan Matijević

Sadržaj

1. Osnove koračnih motora.....	3
- Prednosti koračnih motora.....	3
- Nedostaci koračnih motora.....	3
- Rezolucija.....	4
- Odziv jednog koraka	4
- Statički moment motora (moment držanja)	4
- Dinamički moment motora.....	5
- Start – stop moment	5
- Upravljanje koračnim motorom.....	6
2. Hardware upotrebljen u ovom seminarskom.....	9
- Koračni motor upotrebljen u ovom seminarskom.....	9
- Hardware za akviziciju i generisanje signala – NI 6008 kartica.....	10
- Povezivanje hardvera.....	11
3. Implementacija upravljanja koračnog motora u softverskom alatu MATLAB R2007b Simulink.....	14
- Simulink.....	14
- Fajl .m za unošenje parametara upravljanja koračnog motora.....	20
4. Zaključak.....	22

Osnove koračnih motora

Od ovih motora se zahtevaju diskretni, odnosno koračno mehaničko pomeranje odakle i potiče naziv koračni motori (eng. stepper motors). Koračni motori su elektromehanički pretvarači energije, koji pulsnu, odnosno koračnu električnu pobudu pretvaraju u koračni mehanički pomak. Izrađuju se kao rotacijski i translacijski (preovlađuju rotacijski). Na malim rotacijskim brzinama rotor se zaustavlja na svakom koračnom položaju. Na srednjim brzinama nema zaustavljanja rotora na svakom koračnom položaju ali ugaona brzina oscilira zavisno od položaja. Što se koračna brzina više povećava oscilacije ugaone brzine postaju sve manje tako da na velikim koračnim brzinama ugaona brzina teži konstantnoj brzini. Pojam „velika koračna brzina“ je relativan, zavisi od konstrukcije, kod komercijalnih motora se kreće od 102 do 104 koraka u sekundi [k/s]. Koračni motor je električni motor bez komutatora. Svi namotaji su smešteni na statoru a rotor je permanentni magnet.

Prednosti koračnih motora:

- niska cena
- male dimenzije i mase
- velike funkcijske mogućnosti
- često se isporučuju integrisani sa radnim mehanizmom
- pretvara digitalne ulazne impulse u analognu kretanje
- ugao rotacije motora je proporcionalan ulaznom impulsu
- odziv rotora na digitalne impulse omogućuje upravljanje u otvorenoj petlji (upravljanje položaja radne osovine bez povratne veze – jednostavno je realizovati sistem upravljanja većim brojem motora (roboti, pisači)).
- jednostavne su konstrukcije i ne zahtevaju održavanje
- motor ima puni moment u zastoju (ako su namotaji napajani)
- precizno pozicioniranje i ponovljivost pokreta, budući da dobri koračni motori imaju grešku od 3-5% posto od ukupnog koraka.
- odličan odziv na zalet, zaustavljanje i promenu smera
- veoma pouzdani jer nemaju kontaktnih četkica u motoru, osim toga životni vek motora jednostavno zavisi od životnog veka ležajeva
- moguće je postići veoma sporu sinhronu brzinu rotacije kada je osovina direktno opterećena (teret na osovini)
- može se realizovati široko područje raspoloživih brzina jer je brzina proporcionalna frekvenciji ulaznih impulsa

Nedostaci koračnih motora:

- fiksni korak
- ograničene mogućnosti pokretanja tereta s velikim momentom inercije
- moment trenja i aktivni teret mogu povećati grešku položaja (moguć je gubitak koraka posledica je akumulirane greške položaja)
- mogućnost pojave rezonance ako nije adekvatno upravljanje
- rad neprikladan i teško ih je upravljati na velikim brzinama

Rezolucija

Rotacijski koračni motor:

- N_k [kor/okr] – broj koraka po okretaju
- $k=360^\circ/N_k$ [°] – iznos koraka u stepenima

Linerarni koračni motor:

- x_k [mm] – iznos koraka

Mogućnost mikrokoraka:

- upravljanjem struje faze
- različiti položaj vektora polja
- deljenje koraka

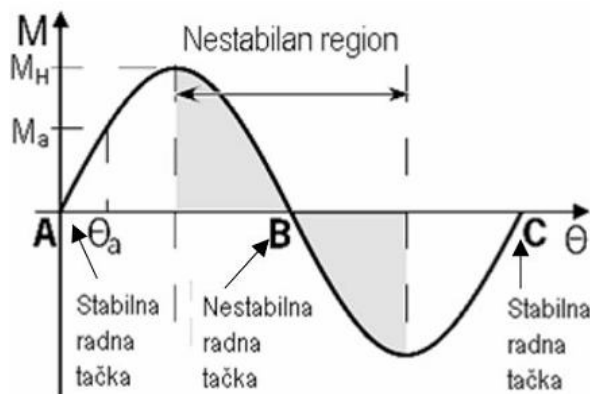
Odziv jednog koraka

Kada je jedna faza uključena ostale faze su isključene. Pri pomaku od jednog koraka javlja se oscilatornost zbog inercije. Iz odziva jednog koraka vidljive su sledeće karakteristike motora:

- brzina odziva
- oscilarnost
- tačnost (greška pozicije zbog konstrukcije $\Delta\theta_m=1$ do 5%)

Statički moment motora (moment držanja)

Zavisnost uspostavljenog momenta (statički moment) u motoru od pomeraja rotora $M=f(\theta)$. Krutost koračnog motora može se povećati povećanjem statičkog momenta M_H , Slika 1.



Stabilna radna tačka (A,C)
poravnavanje polova rotora i statora.

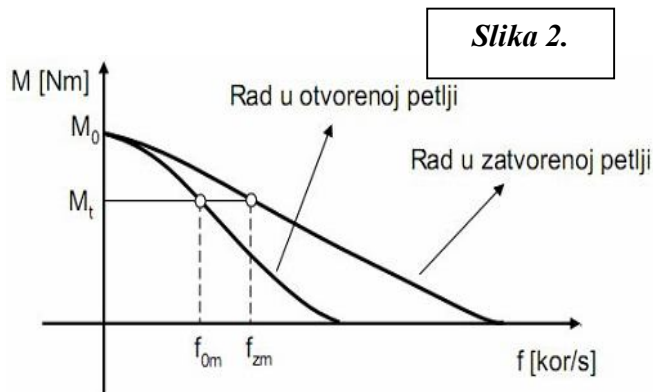
Nestabilna radna tačka (B)
pol rotora tačno na sredini između dva pola statora.

Slika 1.

Dinamički moment motora

Zavisnost srednje vrednosti momenta unutar koraka od brzine okretanja (frekvencije) $M=f(f[\text{kor/s}])$.

Maksimalna vrednost momenta trenja (moment kojim se motor sme opteretiti) kojim se u stacionarnom stanju sme opteretiti koračni motor na određenoj brzini, a da rotor ne ispadne iz sinhronizma (izgubi korak) s upravljačkim impulsima i motor se ne zaustavi (motor se ne zaleće pod tim teretom), Slika 2.



M_0 – maksimalni moment u mirovanju

Upravljanje u otvorenoj petlji:

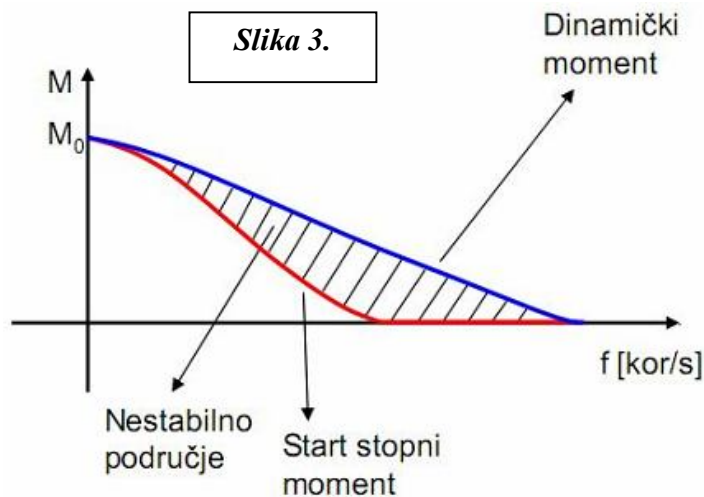
- zaliha momenta (50-100)%
- maksimalna brzina okretanja f_{om} nije velika

Upravljanje u zatvorenoj petlji:

- postiže se veći moment i brzina okretanja $f_{zm} > f_{om}$
- M_t raste $\Rightarrow f_{zm}$ pada (pouzdan rad pogona)

Start – stop moment

Start – stop moment je moment tereta oblika trenja s kojim motor pri zadatoj frekvenciji koračnih impulsa može krenuti (startovati) a da ne izgubi korak (u jednom koraku postiže zadanu brzinu). Područje između krivulja start – stop i momenta je nestabilno, da bi radio u njemu motor se mora ubrzavati po određenom algoritmu. Dinamički moment motora, dozvoljeno opterećenje kada se motor već vrti, Slika 3.



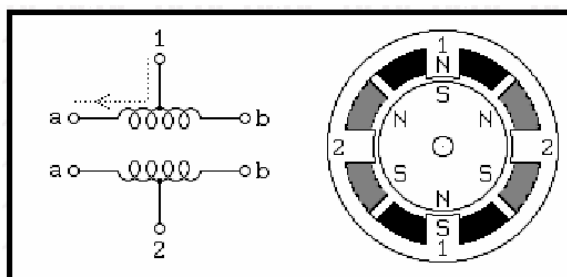
Upravljanje koračnim motorom

Koračni motori nalaze najveću moguću primenu u kompjuterskom upravljanju. Ovi motori se dele u dve grupe i to: unipolarne i bipolarne koračne motore. Kod oba tipa motora jedan dovedeni impuls uzrokuje pomeranje za jedan korak čija veličina u stepenima zavisi od vrste primenjenog step motora. Tako su najčešće primenjivani uglovi za rotaciju za 1 korak dati u Tabeli 1.

Ugao za 1 korak	Broj koraka za 360°
0.9	400
1.8	200
3.6	100
7.5	48
15	24

Tabela 1.

Koračne motore karakteriše nisko napajanje kao i mala struja potrošnje. Na Slici 4 je prikazan presek koračnog motora kao i namotaji za napajanje.



Slika 4.

Ovaj motor se sastoji od rotora proizvedenog od nemagnetnog čelika i statora koji se sastoji od većeg broja polova. Motor se upravlja tako da se na određeni par polova dovodi napajanje koji privlače polarizovane delove rotora. Koračni motori mogu da rade u tri različita režima i to:

- Monofaznom modu
- Dvofaznom modu
- Modu polukoraka

Pretpostavimo da imamo koračni motor sa četiri namotaja. U monofaznom modu za svaki korak dovodi se napon samo na jedan namotaj što je dato u Tabeli 2. Ta sekvenca se ponavlja onoliko puta koliko želimo da imamo koraka. Budući da se napaja samo jedan namotaj to je i mali okretni moment motora.

Korak	Namotaj 4	Namotaj 3	Namotaj 2	Namotaj 1	
a.1	1	0	0	0	
a.2	0	1	0	0	
a.3	0	0	1	0	
a.4	0	0	0	1	

Tabela 2.

U dvofaznom modu napajaju se po dva namotaja istovremeno. Ovo je i najčešći postupak koji se primenjuje jer je tada i okretni moment motora najveći. Realizacija dvofaznog moda prikazana je u Tabeli 3.

Korak	Namotaj 4	Namotaj 3	Namotaj 2	Namotaj 1	
b.1	1	1	0	0	
b.2	0	1	1	0	
b.3	0	0	1	1	
b.4	1	0	0	1	

Tabela 3.

U modu polukoraka se smenjuje dvofazno sa monofaznim napajanjem namotaja motora i tako naizmenično. Na ovaj način se postiže dvostruko veći broj koraka koračnog motora. Međutim glavni problem kod ovakvog upravljanja jeste promenljiva vrednost momenta. Ovaj način upravljanja prikazan je u Tabeli 4.


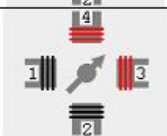
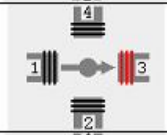
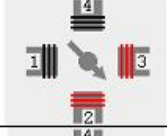
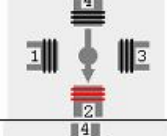

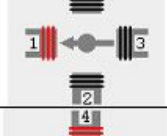

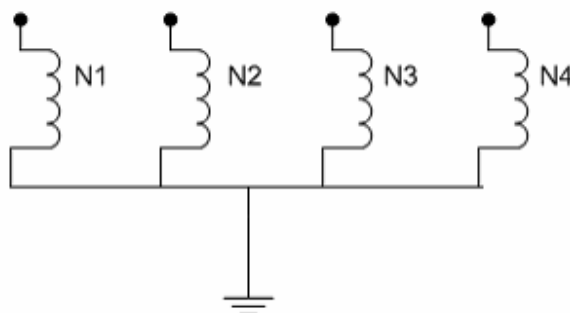
Korak	Namotaj 4	Namotaj 3	Namotaj 2	Namotaj 1	
a.1	1	0	0	0	
b.1	1	1	0	0	
a.2	0	1	0	0	
b.2	0	1	1	0	
a.3	0	0	1	0	
b.3	0	0	1	1	
a.4	0	0	0	1	
b.4	1	0	0	1	

Tabela 4.

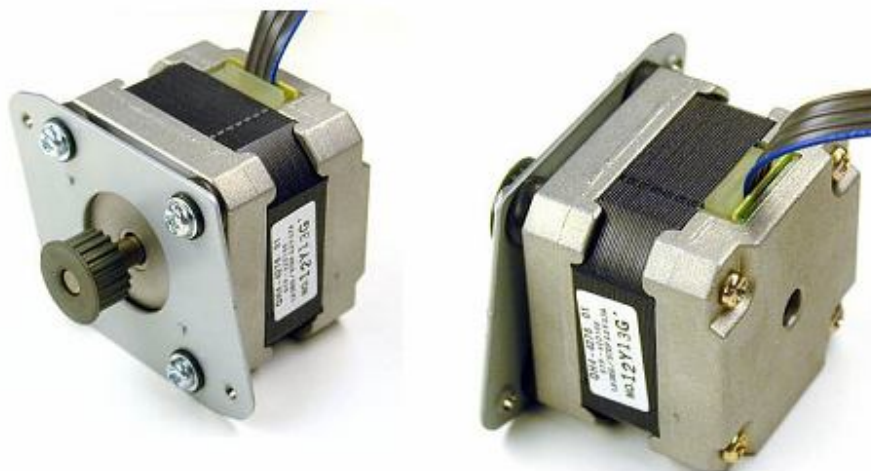
Hardware upotrebljen u ovom seminarskom

Koračni motor upotrebljen u ovom seminarskom

Koračni motor koji je upotrebljen u ovom primeru je unipolarni sa četiri namotaja i korakom od 1.8° po koraku. Šema veze namotaja motora data je na Šemi 1 a na Slici 5 dat je fizički izgled koračnog motora.



Šema 1.

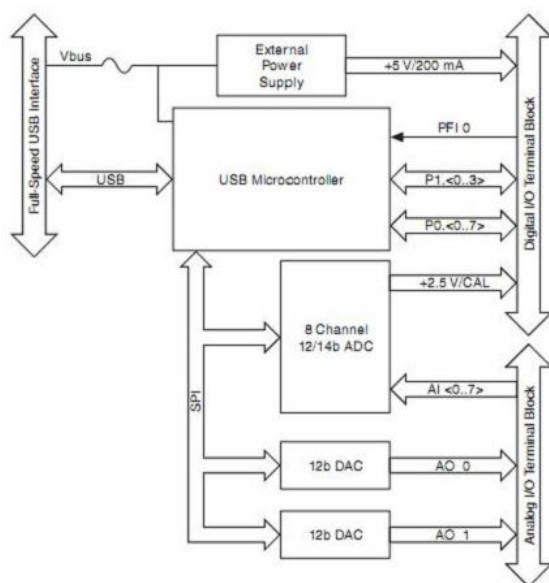


Slika 5.

Hardware za akviziciju i generisanje signala – NI 6008 kartica

Kartica NI 6008 poseduje deset analognih ulazno/izlaznih kanala i dvanaest digitalnih ulazno/izlaznih kanala. Komunikacija sa računarom se ostvaruje preko USB porta. Arhitektura same kartice prikazana je na Slici 6. U ovom primeru upravljanja koračnim motorom korišćeno je četiri digitalna izlaza i to P0, P1, P2 i P3. Na Slici 7 prikazani su svi digitalni izlazi. Na Slici 8 prikazan je izgled kartice i konektora za povezivanje.

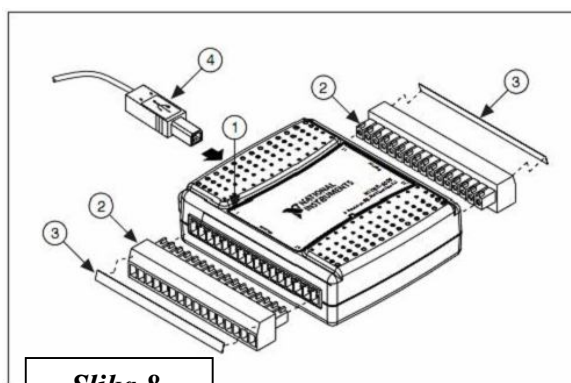
Na Slici 8 imamo sledeće: 1-oznake portova, 2-konektori, 3-oznake pinova, USB kabal.



Slika 6.

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PF1.0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

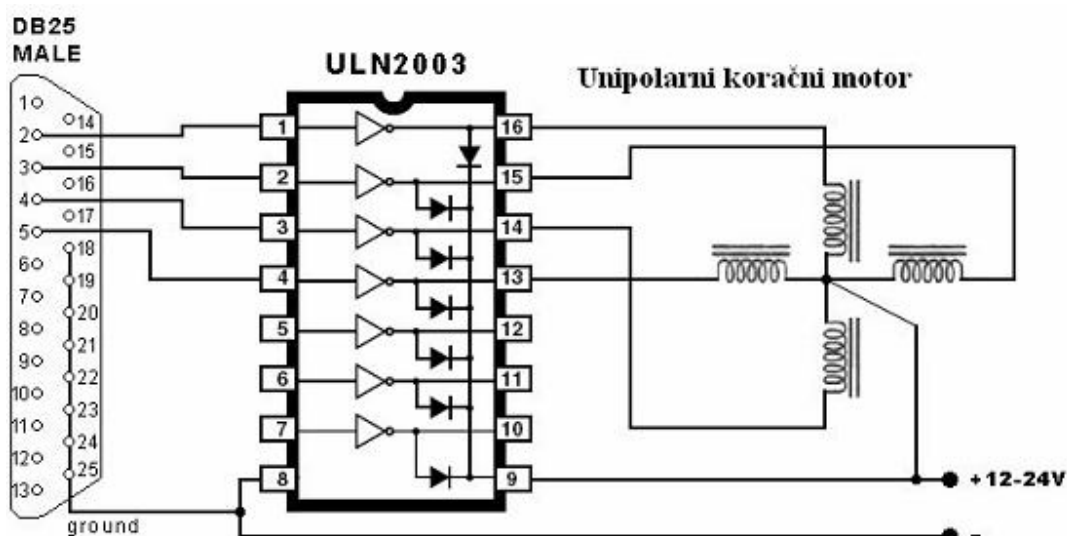
Slika 7.



Slika 8.

Povezivanje hardvera

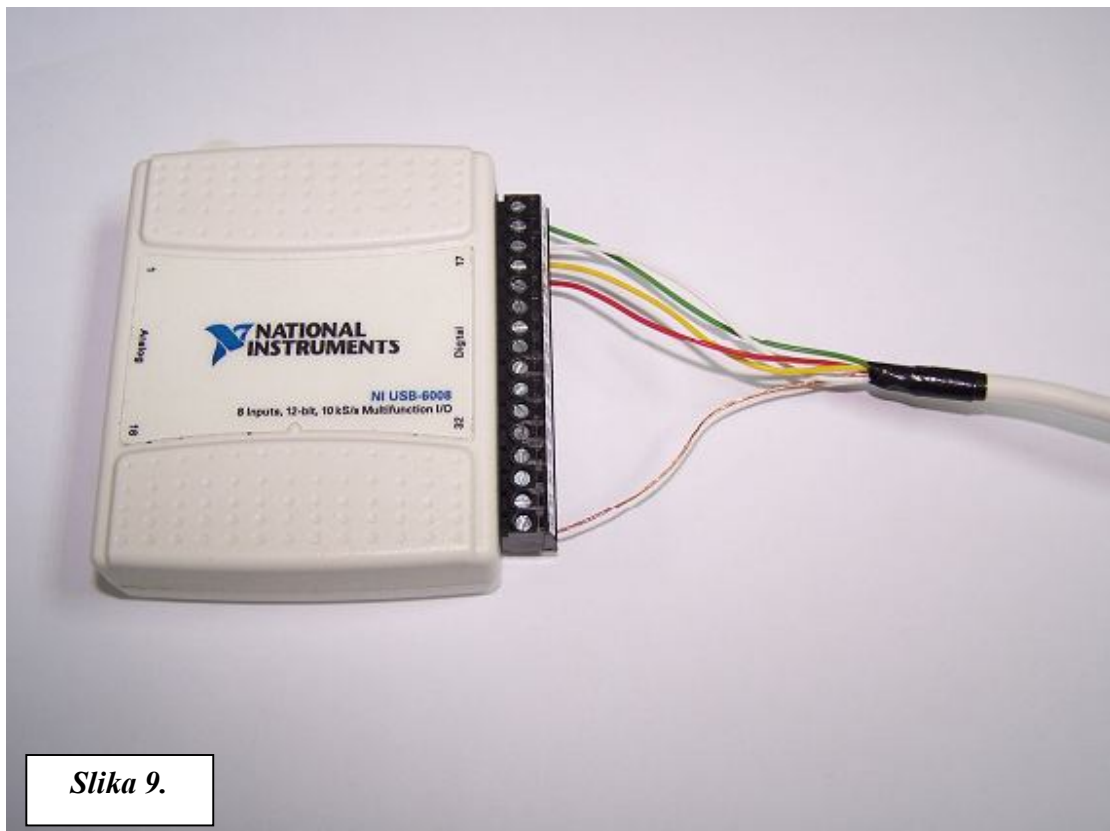
Koračni motor je spojen sa pojačavačem snage u ovom slučaju je to integrisano kolo ULN2003 i preko konektora za paralelni port povezan sa karticom NI 6008. Na Šemi 2 vidimo vezu između koračnog motora i pojačavača snage kao i konekcije sa konektorom za paralelni port. Bitno je ponoviti da je konektor paralelnog porta povezan na izlaze NI6008 kartice, kao na Šemi 3, napisane su boje provodnika koji su korišćeni. Na Slici 11 vidimo kako je spojena kartica i kabal od paralelnog konektora.



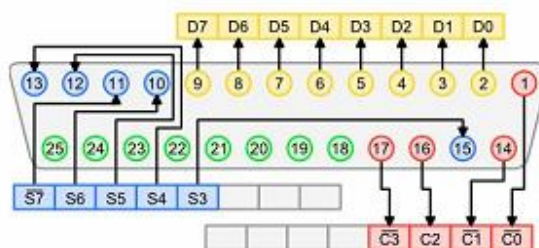
Šema 2.



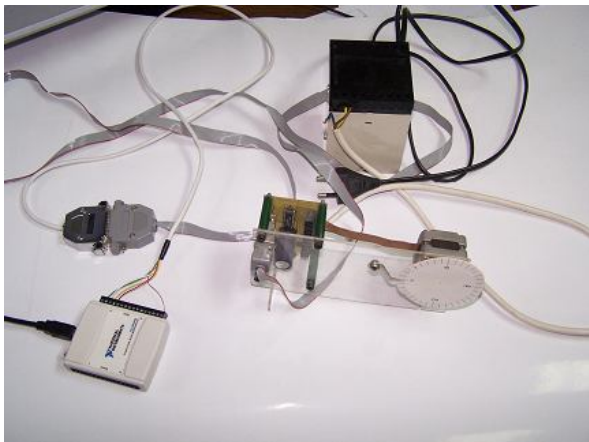
Šema 3.



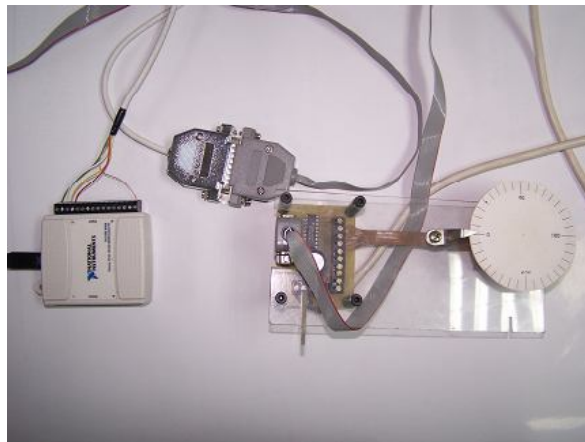
Potrebno je znati raspored pinova kod konektora paralelnog porta, na Šemi 4 data je kompletan raspored pinova.



Na Slikama 10 i 11 prikazan je izgled završene izrade hardvera, međusobno spojenog.



Slika 10.



Slika 11.

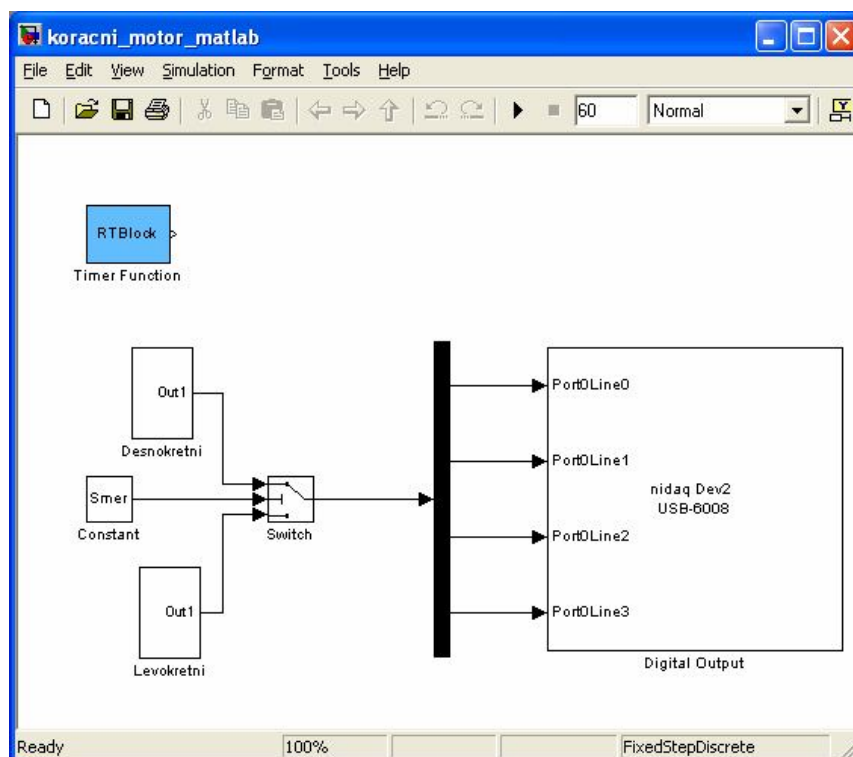
Implementacija upravljanja koračnog motora u softverskom alatu MATLAB R2007b Simulink

Simulink

Iz prethodno iznesenog, može se zaključiti i ukratko reći da je za pravilno upravljanje koračnog motora potrebno sledeće:

- generisati logičke signale
- generisane signale poslati na pravilne digitalne izlazne kanale NI6008 i to u pravilnom vremenskom intervalu

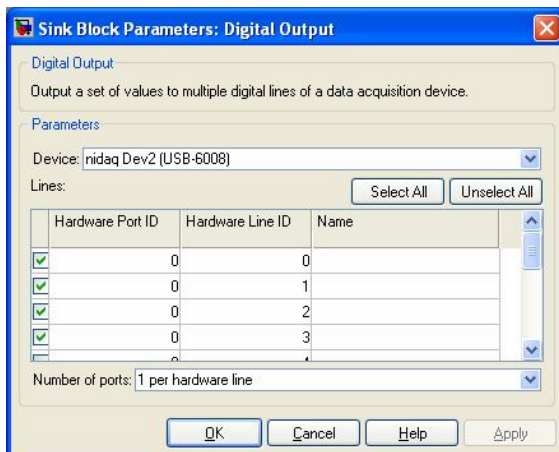
Da bi se upravljanje omogućilo napravljen je sledeći blok dijagram koji predstavlja tok signala, Slika 12.



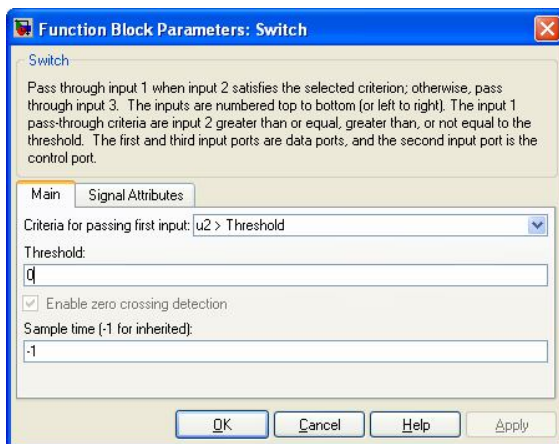
Slika 12.

Blok sa oznakom „*nidaq Dev2 USB-6008*“ je blok koji omogućuje slanje digitalnih signala ka koračnom motoru. To ujedno i kaže natpis ispod njega „*Digital Output*“, Slika12.

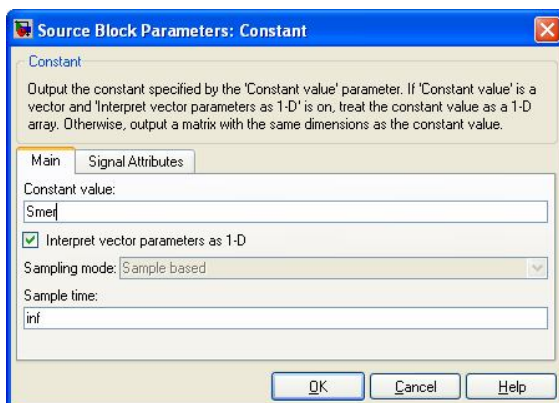
Podešavanja izlaza prema potrebama objašnjenim u prethodnim delovima se vrše u prozoru na Slici 13, koji se dobija dvoklikom na blok.



Slika 13.



Slika 14.



Slika 15.

Blok koji izgleda kao debela uspravna linija se zove „*DEMUX*“, Slika 12. Njegov pandan je „*MUX*“ i oni služe isključivo da veći broj signalnih vodova spoje u jedan vod i/ili da ih iz tog zajedničkog voda raspredu. U sledećim blokovima je korišćen i „*MUX*“ kako bi se dobio ovaj zajednički vod.

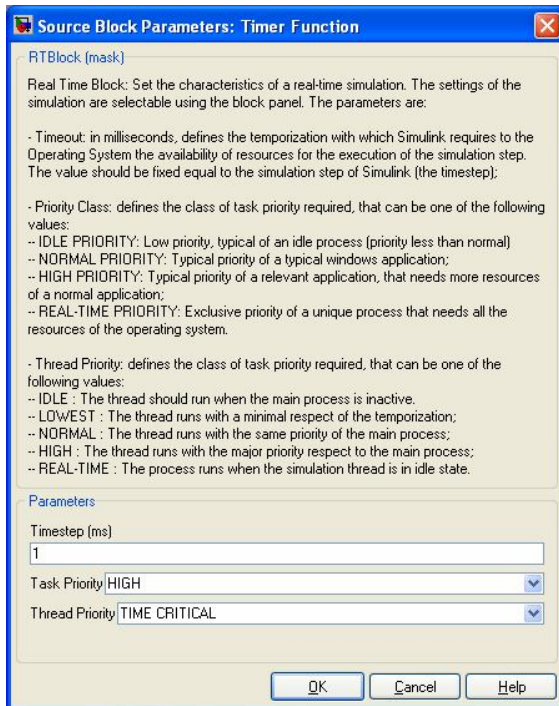
Blok koji se zove „*Switch*“, Slika 12, ima ulogu električnog prekidača i u zavisnosti od vrednosti koja ulazi u središte bloka, on pušta da „prođe“ gornja ili donja vrednost. Kompletna podešavanja se dobijaju dvoklikom na blok u prozoru kao na Slici 14. Ovde je podešeno da ako je ulazna veličina veća od 0 „propusti“ gornju a ako ne donju vrednost.

Blokovski koji se zovu „*Desnokretni*“ odnosno „*Levokretni*“, Slika 12, su u stvari podblokove celine i biće objašnjeni u sledećem delu.

Blok „*Constant*“, Slika 12, je blok koji uzima vrednost konstante i moguće ga je setovati parametarski, kao što je ovde slučaj (promenljivom „*Smer*“) ili brojevnom vrednosti. Vrednost parametra „*Smer*“ se učitava posebnim programom u radnom okruženju MATLAB-a. Podešavanje ovog bloka je dato na Slici 15.

Blok „*Timer Function*“, ima ulogu da natera računar da svoje resurse podredi upotrebi MATLAB-a i da u tačno definisanom vremenskom intervalu izvršava naredbe. Što je taj interval manji, to je realizacija podataka kvalitetnija. Podešavanje ovog bloka je dato na Slici 16.

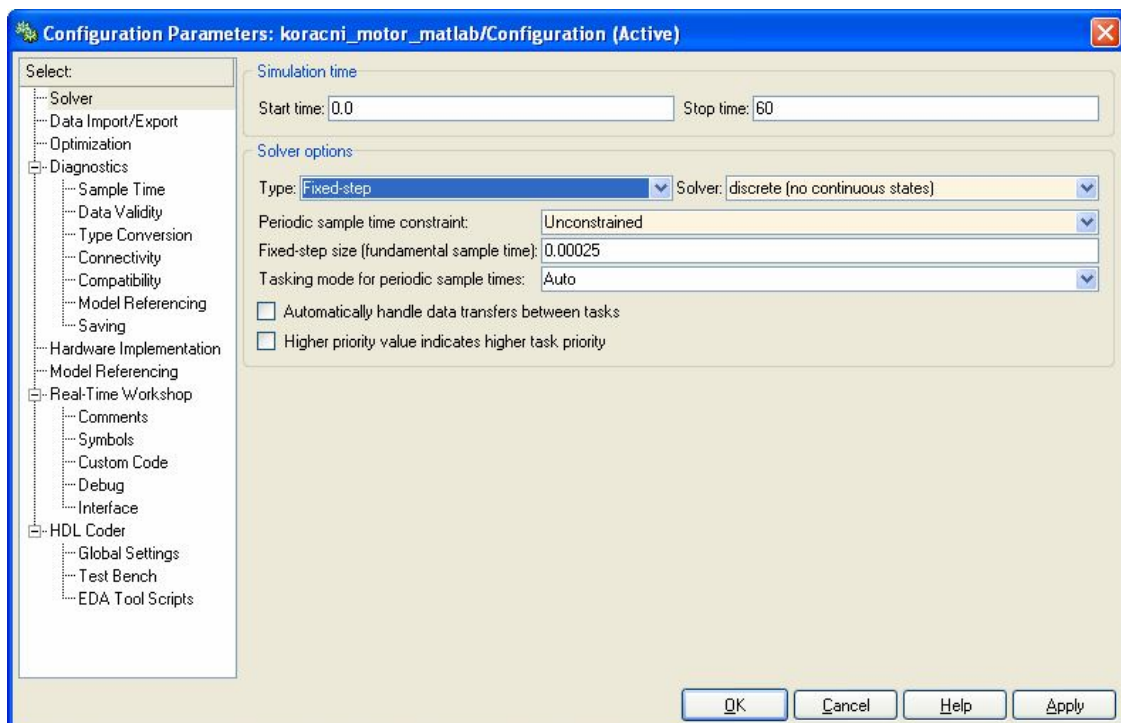
Ujedno u meniju „Simulation>Configuration Parameters.“ je potrebno izabrati opciju fiksni



Slika 16.

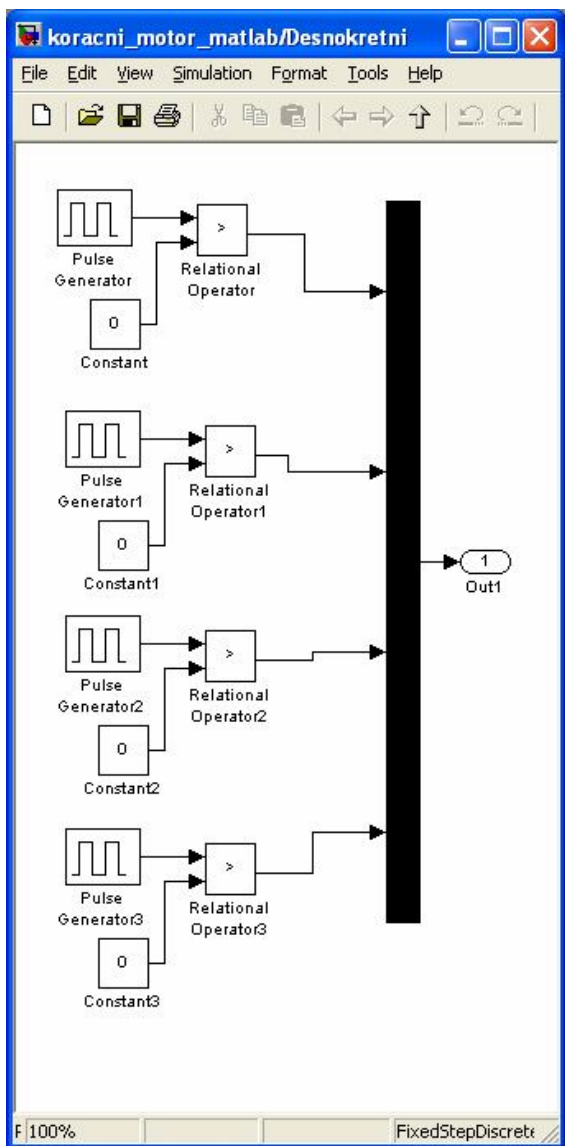
vremenski korak i podesiti njegovu vrednost prema MATLAB-ovim preporukama koje daje pri setovanju vrednosti „*Timer Function*“ bloka. Ovo podešavanje je potrebno da bi vreme u MATLAB-u funkcionisalo kako treba, tj. da bi 1 sekunda u MATLAB-u bila isto što i u stvarnosti. Adekvatna vrednost, prema vrednosti za „*Timer Function*“ blok data je na Slici 17.

Takođe je potrebno izabrati diskretni slover kao što je to prikazano na Slici 17.



Slika 17.

Podblokovska celina „Desnokretni“ je data na Slici 18.



Slika 18.

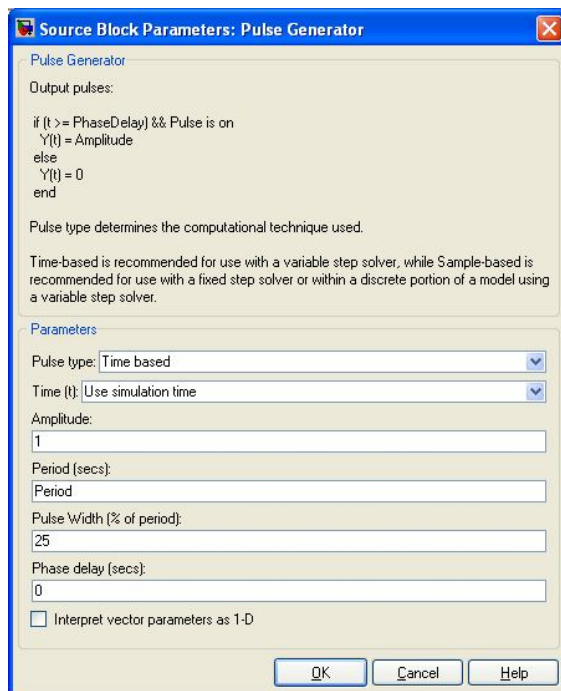
Blok „MUX“ je objašnjen u prethodnom delu.

Blok „Relational Operator“ je blok koji poredi gornju ulaznu veličinu sa donjom ulaznom veličinom i kao izlaz daje logičku vrednost „True“ ako gornja zadovoljava zadatu relaciju u odnosu na donju vrednost, ako ne zadovoljava onda daje „False“ (ekvivalenti logičkih vrednosti 1 i 0).

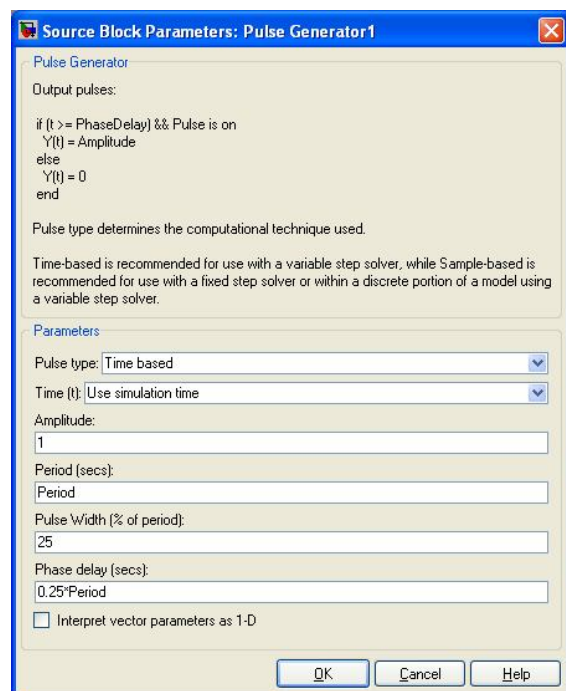
Kada se na ulaze ovog bloka priključe „Pulse Generator“ i „Constant“ sa vrednošću 0 i sam blok podesi na relacijski znak kao na Slici 18, dobija se „Logical Pulse Generator“ ili Generator Logičke Impulsne Funkcije. To je i bilo potrebno napraviti kako bi bilo moguće kontrolisati i upravljati koračni motor a o čemu je u prethodnom delu bilo reči.

Kada se vežu ovakva 4 sklopa (korišćeni koračni motor ima 4 namotaja) i usklade vrednosti dužine impulsa i faznog kašnjenja kao na Slikama 19, 20, 21 i 22 motor je spreman za pokretanje.

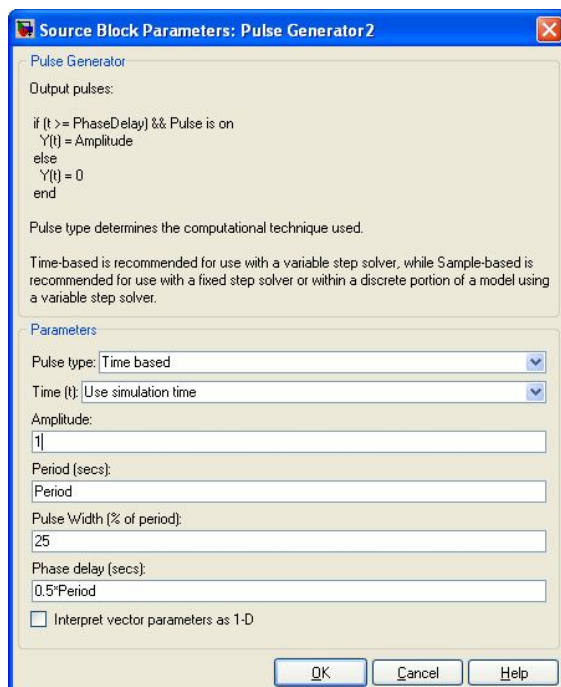
I ovde je kao i u bloku za smer korišćeno parametarsko podešavanje samo sada promenljivom „Period“. Ona predstavlja vremenski period potreban da kroz sva 4 namotaja prođe struja, tj. da se sva 4 generatora f-je aktiviraju samo 1-om.



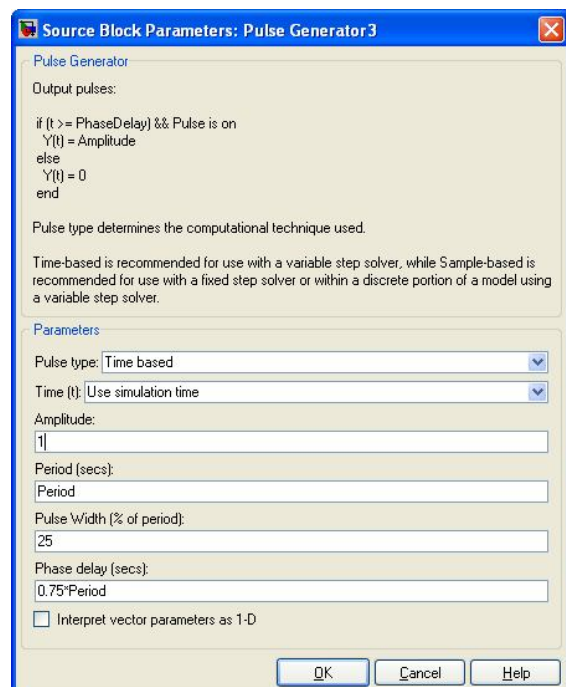
Slika 19.



Slika 20.

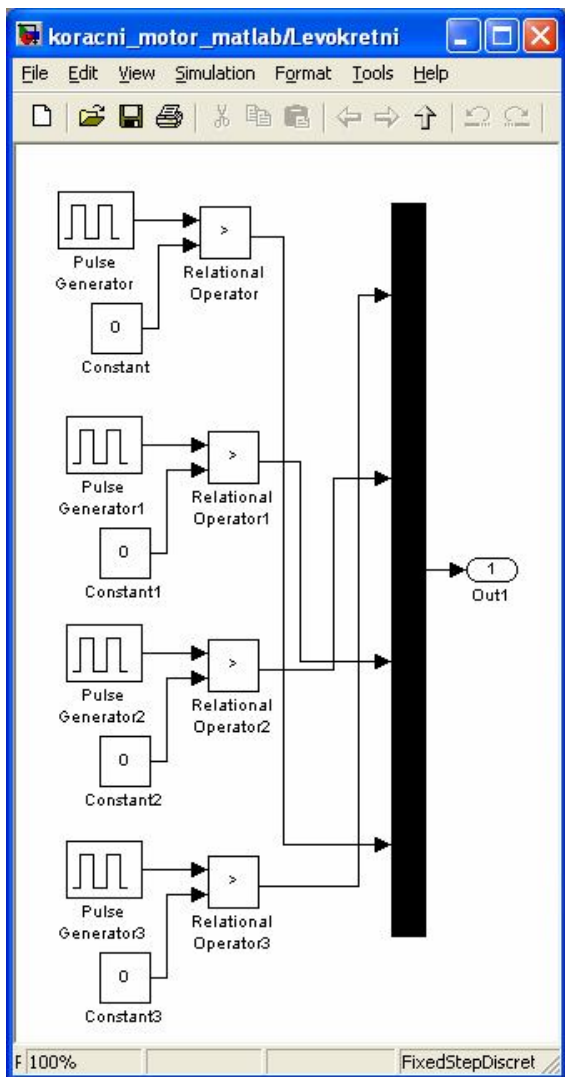


Slika 20.



Slika 21.

Podblokovska celina „Levokretni“ je data na Slici 22, i kompletno je ista kao i „Desnokretni“ dat na Slici 18, sa tom razlikom što su sada signali povezani u suprotnom smeru.



Slika 22 .

Fail .m za unošenje parametara upravljanja koračnog motora

Fajl se čuva u .m ekstenziji koja je karakteristična za MATLAB a sadržaj fajla je dat u sledećim redovima:

```
% Program za unosenje vrednosti promenljivih za kontrolu koracnog motora u
% MATLAB Simulink-u

clc;home;      % brisemo ekran

% stampamo:
disp(' ');disp(' ');disp(' ');disp(' ');disp(' '); % stampamo 5 praznih redova
disp('-----');
disp(' U sledecem koraku uneti vrednost zeljenog broja obrataja u minuti za aktiviranje
koracnog motora ');
disp('-----');

RPM=input('unesite RPM =>');
Period=1.2/RPM;      % preračunavanje broja obrtaja u vrednost potrebnog perioda

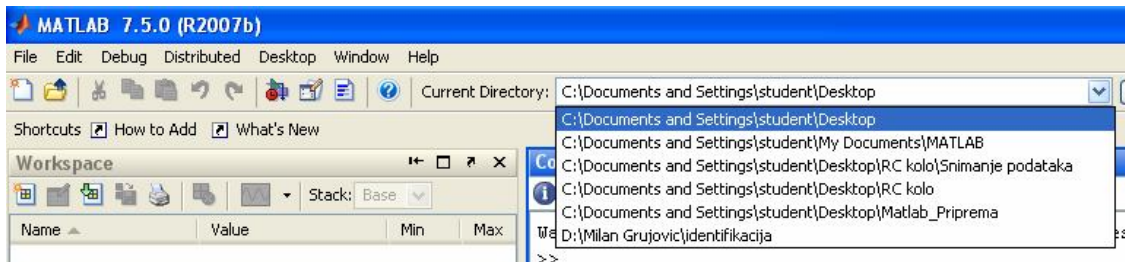
disp(' ');disp(' ');disp(' ');disp(' ');disp(' '); % stampamo 5 praznih redova
disp('-----');
disp(' U sledecem koraku uneti zeljeni smer okretanja koracnog motora ');
disp(' 1=desnokretno, -1=levokretno ');
disp('-----');

Smer=input('unesite smer =>');

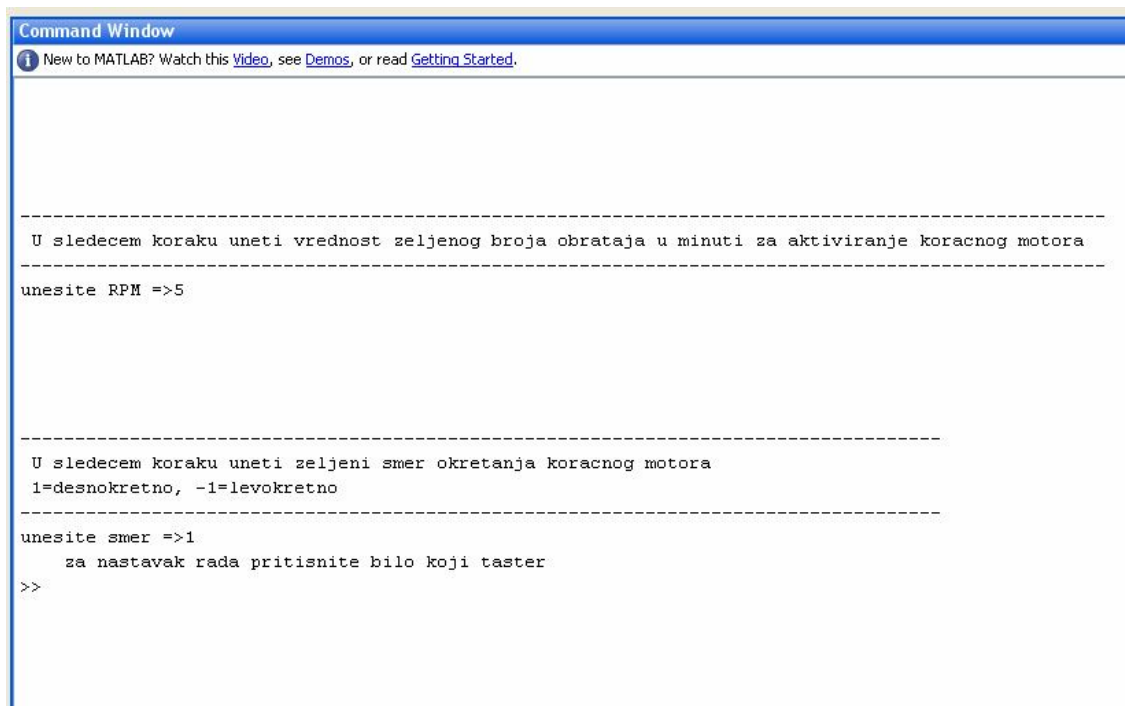
disp('  za nastavak rada pritisnite bilo koji taster')
pause  % pauza traje sve pritiska tastera, moguca sintaksa: pause(10),-pauza 10 sekundi
```

Učitavanje programa je dato na sledećim slikama (Slike 23 i 24). Prvo je potrebno izabrati folder radnog okruženja, odakle će se učitati fajl a potom uneti ime fajla u radno okruženje i pritisnuti Enter. U ovom slučaju, ime programa je „unos_promenljivih“.

Po aktiviranju programa će program pitati za unos parametara, što su željeni broj obrtaja motora i smer obrtanja motora.



Slika 23 .



Slika 24 .

Sve što je na kraju potrebno jeste da se u prozoru Simulink-a pritisne dugme PLAY.

U prilogu na disku je dat snimak pokretanja koračnog motora.

Zaključak

Rad ima za cilj da budućim generacijama koje dolaze olakša razumevanje principa rada koračnog motora, mogućnosti njegovog upravljanja, njegovih prednosti i mana.

Autori su se trudili da pokriju ceo aspekt koračnog motora, ono što je potrebno znati o njegovoj konstrukciji a da pri tom ne otežaju rad bespotrebnim informacijama.

Nadamo se da će ovaj rad ispuniti svoju namenu.

Autori