

Vježba 1

Integracija programske podrške za rad u realnom vremenu i rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02



Upute za studente

2012/2013.

Sadržaj

1. Uvod	2
2. Zadaci za pripremu	2
3. Cilj vježbe	3
4. O sustavu	4
5. Pokusi	5
5.1. Pokus 1: Analogna petlja	5
5.1.1 Izvedba pokusa 1	6
5.1.2 Zadaci za izvještaj	13
5.2. Pokus 2	13
5.2.1 Izvedba pokusa 2	14
5.2.2 Zadaci za izvještaj	17

1 Uvod

Laboratorijske vježbe iz kolegija "Osnove Mehatronike" zamišljene su tako da omoguće studentima upoznavanje s komponentama mehatroničkog sustava i dobivanje osnovnih znanja sinergističke integracije unutar takvog sustava. One omogućuju primjenu stečenih znanja s predavanja iz istog kolegija koja su vremenski usklađena s laboratorijskim vježbama. Pretpostavlja se da studenti dolaze na vježbe sa stečenim znanjima iz matematičkog modeliranja nelinearnog mehaničkog podsustava, da poznaju osnovne postupke linearizacije takvog sustava, osnovne frekvencijske metode sinteze regulatora za promatrani mehanički podsustav te da su familijarizirani u korištenju osobnog računala i njegovih osnovnih programskih alata. U okviru ove vježbe studenti će biti upoznati s programskim alatima neophodnim za obavljanje ove i narednih vježbi iz Osnova Mehatronike. Radi se o MATLAB/Simulink i Real Time Windows Target programskom okruženju za rad u realnom vremenu. Na web stranicama www.esa.fer.hr/nastava/meh/_OM ili www.fer.hr/predmet/osnmeh_a studenti mogu naći sve potrebne informacije koje se odnose na potrebnu literaturu za pripremu i provedbu vježbi te način pisanja završnog izvještaja nakon obavljene vježbe. Prije laboratorijske vježbe studenti su obvezni proučiti upute te riješiti zadatke za pripremu, navedene pod točkom 2.

2 Zadaci za pripremu

U svrhu pripreme za laboratorijsku vježbu potrebno je detaljno proučiti materijal „Upute za studente“ te odgovoriti na slijedeća pitanja:

1. Na koji je način ostvarena veza između osobnog računala i vanjskog svijeta (upravljanog objekta)?
2. Na koji način se mogu mjeriti analogne veličine? Koji je maksimalni broj analognih veličina koje se može mjeriti te koliki maksimalni napon je dopušteno dovesti na analogni ulaz?
3. Koliko analognih signala se može iz digitalnog upravljačkog sustava poslati prema procesu? Koliko iznosi rezolucija izlaznih analognih signala (izražena u [V])? Napajanje izlaznih kanala je $\pm 10V$, radi se o cjelobrojnom prikazu brojeva s predznakom, upotrijebljeni pretvornik je 13-bitni D/A.
4. Koje se programsko okruženje koristi za kreiranje korisničke aplikacije?
5. Objasnite razliku između tahogeneratora i enkodera? Koji mjerni član je prikladniji za mjerenje pozicije?
6. Odredite brzinu vrtnje osovine ako se kao mjerni član koristi enkoder koji na izlazu daje 4096 impulsa za jedan puni okretaj osovine.

3 Cilj vježbe

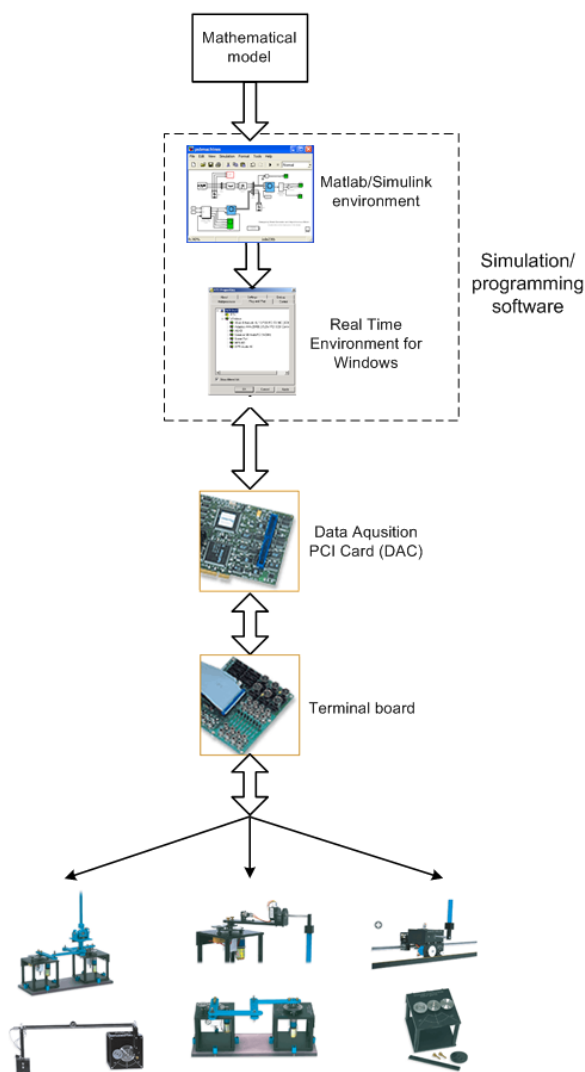
Vježba je zamišljena tako da studentima omogući:

- Upoznavanje s komponentama elektromehaničkog rotacijskog sustava SRV02 i načinom njihovog električkog i mehaničkog povezivanja koristeći MATLAB/Simulink i Real Time Windows Target
- Projektiranje jednostavnog test programa u programskom okruženju MATLAB/Simulink za predviđeni elektromehanički sustav.
- Generiranje koda za rad u realnom vremenu u Simulink okruženju. Mjerenje i snimanje procesnih varijabli korištenjem programskog alata MATLAB/Simulink i Real Time Windows Target toolbox-a te dokumentiranje rezultata mjerenja.

Literatura

- [1] The MathWorks. Real Time Windows Target Guide, 1999.
- [2] Quanser. MultiQ-PCI Terminal Board (TB) User Manual.
- [3] Quanser. SPR02 Series Rotary Servo Plant User Manual.
- [4] Quanser. Universal Power Module 1503,1503x2,1506,2405,2415-PWM User Manual.

4 O sustavu



Slika 1: Tok informacija i veza u sklopu mehatroničkog sustava.

Sl.1. prikazuje integracijski put komponenta mehatroničkog sustava koji uključuje i programsku i sklopovsku integraciju. Različiti elektromehanički procesi, prikazani na kraju lanca, povezani su s osobnim računalom preko priključne pločice TB (engl. Terminal Board) i pločice za prihvata i obradu informacija iz procesa DAC, (engl. Data Acquisition Card). Ove dvije pločice su dio funkcijske sklopovske cjeline s oznakom MultiQ PCI. Priključna pločica TB sadrži uglavnom pasivne elektroničke komponente i služi za prilagodbu razina procesnih signala i signala sklopova unutar računala, PC-a. DAC osigurava dvosmjerni prijenos podataka procesa i računala i u realnom vremenu. Diferencijalne jednadžbe, dobivene korištenjem Newtonovog, D'Alamebertovog ili Lagrangeovog načela, opisuju dinamiku specifičnog elektromehaničkog procesa i predstavljaju osnovu za ulaz u grafičko okruženje MATLAB/Simulink. U Simulink-u se na osnovu njih dobiva virtualni model procesa predstavljen s jednim grafičkim elementom (blokom). Na osnovi ovih jednadžbi te kriterija u okviru postavljenih regulacijskih zadataka za svaki specifični elektromehanički proces, obavlja se sinteza odgovarajućeg regulatora. Primjenjuje se jedna od metoda sinteze primjerena postavljenom zadatku u okviru svake vježbe.

Npr. sinteza regulatora brzine vrtnje, regulatora pozicije, regulatora ravnotežnog položaja, regulatora gibanja njihala s dopuštenim maksimalnim njihanjem i slično. Pri tome se za sintezu regulatora koriste automatske MATLAB funkcije koje znatno ubrzavaju postupak sinteze omogućujući brze i jednostavne iterativne postupke za dobivanje parametara regulatora. Dobiveni regulator mora osigurati unaprijed postavljene pokazatelje kvalitete ponašanja elektromehaničkog sustava (npr. minimalnu pogrešku slijeđenja trajektorije gibanja, brzinu odziva u odnosu na referentni signal, minimalno njihanje njihala i sl. Dobiveni regulator se nakon toga prikazuje jednim grafičkim elementom u Simulink-u, povezuje s ostalim grafičkim simbolima (modelima procesa, senzora, karakterističnim ograničenjima u sustavu) formirajući kompletan virtualni model mehatroničkog sustava. Nakon toga slijede ispitivanja modela (simulacije) uz karakteristične test funkcije. Ispiti-

vanja trebaju pokazati valjanost projektiranog regulatora koja moraju osigurati unaprijed postavljene kriterije. Nakon što se potvrdi valjanost projektiranog regulatora, testiranje na virtualnom modelu se napušta i prelazi se na postupak generiranja objektnog koda za upravljanje procesom u realnom vremenu. Ovaj postupak je detaljno opisan u poglavlju 5.1. Nakon što je pojašnjen postupak povezivanja komponenta te ilustrativno prikazan na sl.1., prelazi se na postupak električkog i mehaničkog povezivanja komponenta sustava. Komponente koje treba spojiti prikazane su na sl.2.



UPM 1503



MultiQ-PCI



SRV02

Slika 2: Komponente mehatronickog sustava, pojačalo UPM1503, procesna ulazno-izlazna pločica MultiQ PCI i elektromehanički rotacijski modul SRV02.

5 Pokusi

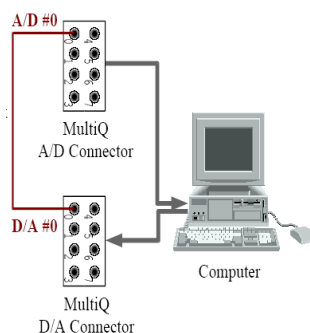
5.1 Pokus 1: Analogna petlja

Ovim pokusom provjerava se ispravnost rada analognih ulaza i izlaza te povezanost programskih alata sa sklopovljem sustava. Spojiti komponente prema sl.3 (sl.4.) i izraditi korisnički program pokusa 5.1. u programskom okruženju Matlab/Simulink koji se sastoji u sljedećem:

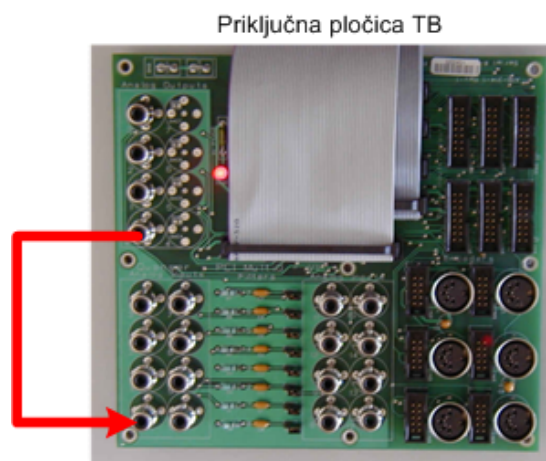
- Proizvoljni valni oblik generatora funkcija proslijediti na analogni izlaz 0.
- Na priključnoj pločici TB, MultiQ-PCI Terminal Board, električki spojiti analogni izlaz 0 s analognim ulazom 0, sl.4.
- Osigurati snimanje valnog oblika analognog ulaza 0 (kanal 0)

5.1.1 Izvedba pokusa 1

Na slikama 3.i 4. prikazan je način spajanja komponenata sustava za pokus 5.1.



Slika 3: Shema spoja za formiranje analogne petlje



Slika 4: Prikaz izvedbe spoja na priključnoj pločici TB

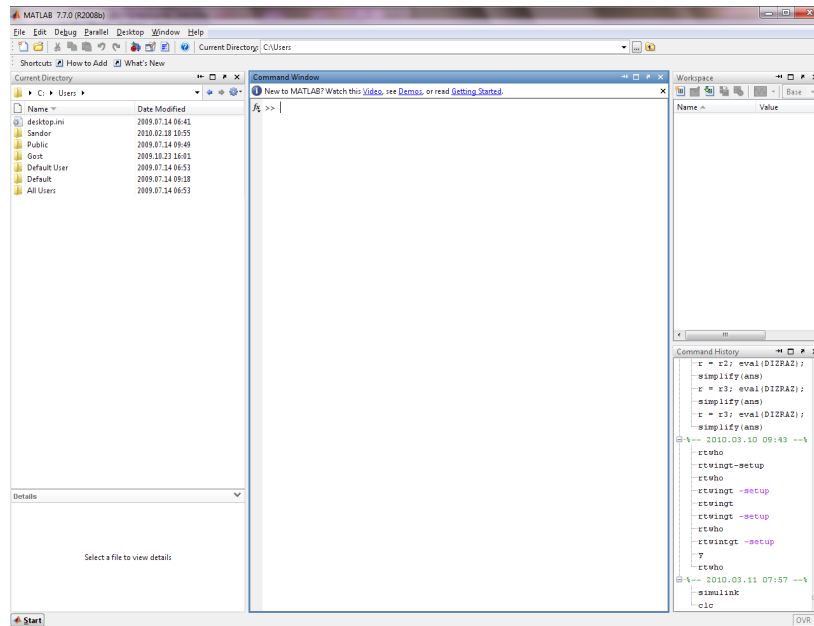
Korisnički program se izrađuje unutar Matlab/Simulink grafičkog sučelja, koje se pokreće dvostrukim klikom ikone:



na desktopu računala. Otvara se programsko okruženje Matlab koje se sastoji od nekoliko okvira od kojih je najvažniji Command Window, sl.5. Unutar njega se ručno upisuju naredbe i funkcije pomoću kojih se realizira simulacijski model. Unutar Matlab okruženja postoji grafičko sučelje pod nazivom Simulink. Pokreće se ili klikom na ikonu unutar Matlab okruženja

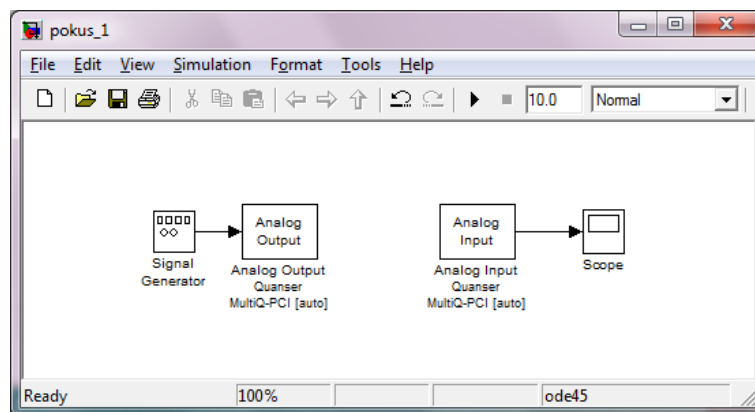


ili utipkavanjem naredbe simulink u Command Window-u.

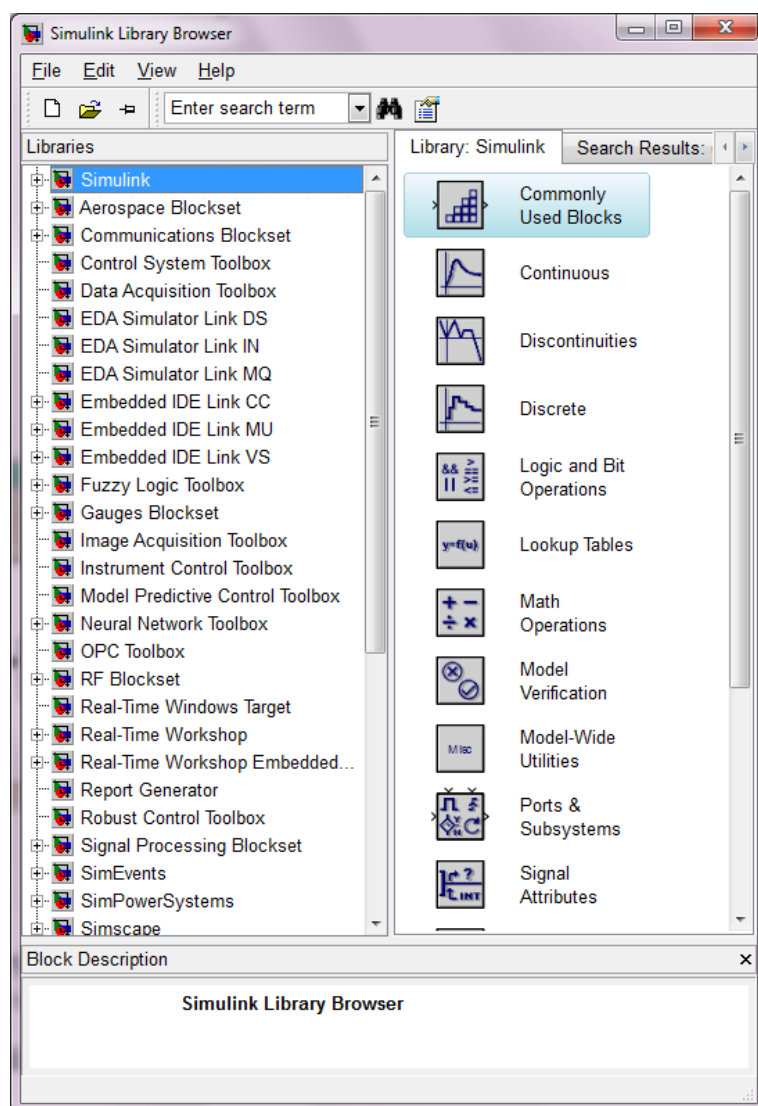


Slika 5: Glavni prozor Matlab programskog okruženja

Prikaz korisničkog programa pokusa 5.1. u grafičkom okruženju Simulink nalazi se na sl.6., a grafički blokovi unutar Simulink biblioteke (Simulink Library) prikazani su na sl.7.



Slika 6: Shema spoja za formiranje analogne petlje



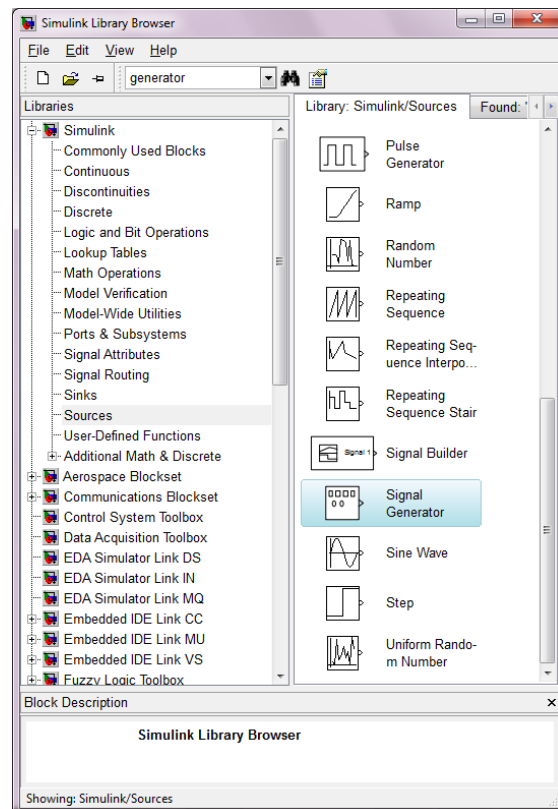
Slika 7: Simulink biblioteka elemenata.

- Simulink biblioteka elemenata se sastoji od većeg broja izbornika. Za programsku realizaciju ove vježbe potrebna su samo dva, Sources i Sinks.
- Simulink-izbornik unutar kojeg se nalaze najčešće korištene funkcije (matematičke, logičke i sl. funkcije)
- Real Time Windows Target Toolbox-izbornik unutar kojeg se nalaze funkcije za povezivanje Simulinka i sklopovlja sustava (analogni, digitalni ulazi/izlazi, enkoderski ulazi i sl.)

Za izradu korisničkog programa potrebno je otvoriti novu praznu Simulink datoteku (izbornik File->New). Tu datoteku potrebno je snimiti u mapu D:\nastava\om\grupa_x\prezime1_prezime2\vj1_pokus1.mdl Sa sl.6. je vidljivo da su za izradu korisničkog programa potrebna četiri Simulink bloka. To su:

- Signal generator-blok za formiranje programskog generatora funkcija. Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink->Sources, sl.8.

- Analog Output-blok koji predstavlja sučelje prema analognom izlazu (1 označava analogni izlaz br.0). Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink->Real Time Windows Target
- Analog Input-blok koji predstavlja sučelje prema analognom ulazu (1 označava analogni ulaz br.0). Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink->Real Time Windows Target
- Scope-element koji prikazuje vremensku ovisnost promatranih signala. Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink->Sinks

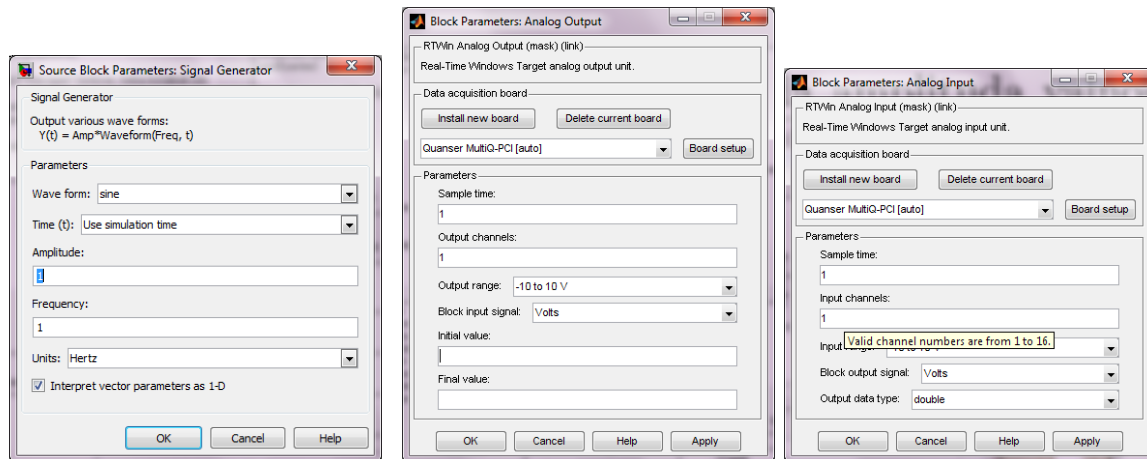


Slika 8: Signal generator bloka u Simulink biblioteci elemenata

Bilo koji blok u Simulink biblioteci elemenata moguće je pronaći i pomoću pretraživača (naredba Find na sl.7.). Elementi se prenose u novu Simulink datoteku drag and drop tehnikom. Nakon odabira i smještaja potrebnih blokova u Simulink datoteku, potrebno ih je povezati na način prikazan na sl.6. Međusobno povezivanje blokova u Simulinku obavlja se pomoću miša. Pozicioniranjem miša na priključno mjesto na bloku te konstantnim pritiskom na lijevu tipku miša, pojavljuje se spojna linija koju se pomicanjem miša povlači na željeno mjesto (npr. spojno mjesto drugog bloka). Prije prevođenja (kompajliranja, od engl. compile) i pokretanja korisničkog programa potrebno je izvršiti i podešenja parametara blokova i simulacije. Real Time Windows Target koristi brojanje od 1, dok je brojanje ulaza i izlaza na MultiQ-PCI kartici od 0, pa o tome treba voditi računa. Podešenja Simulink blokova:

- Signal generator-kada se mišom dvostruko klikne na blok otvara se izbornik, sl.9. Moguće je postaviti različita podešenja: vrstu valnog oblika (sinusni, pilasti, ...),

iznos amplitude i frekvencije valnog oblika. Za ovu vježbu valni oblik nije bitan, već je bitno da amplituda valnog oblika ne bude veća od 10V (električko ograničenja MultiQ-PCI sklopovlja). Isto tako je preporučljivo odabrati frekvenciju <50Hz zbog lakšeg promatranja signala.

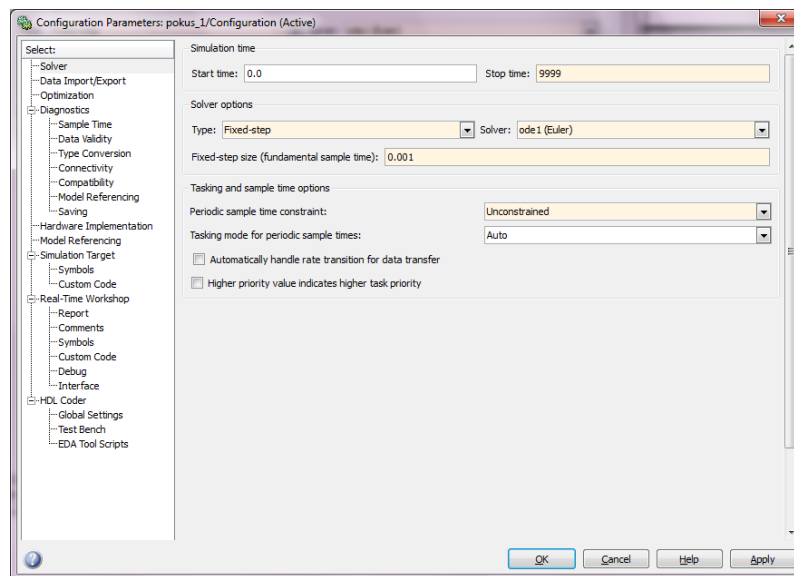
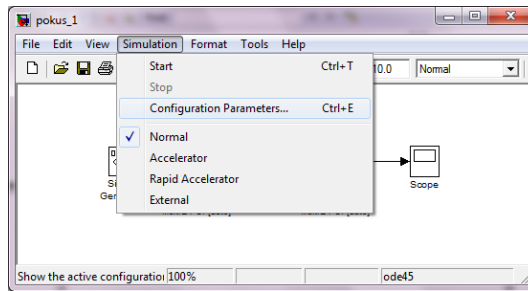


Slika 9: Parametri blokova Signal generator, Analog Output i Analog Input

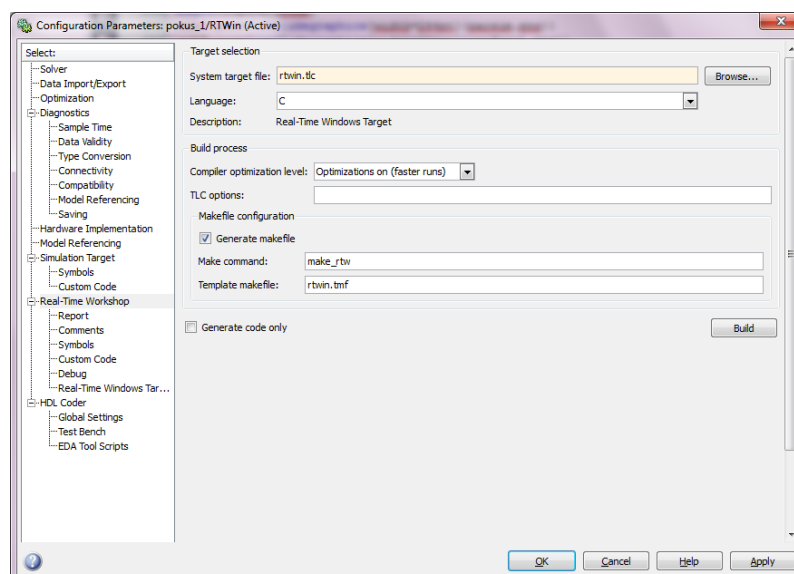
- Analog Output-kada se mišom dvostruko klikne na blok otvara se izbornik koji se sastoji od 4 parametra. Za ovu vježbu potrebno je podesiti samo jedan parametar ovog bloka. Budući da se u ovom pokusu koristi analogni izlaz br.0, potrebno je parametar Chanel(s) to Use postaviti na 1. Dodatno potrebno je odabrati Quanser MultiQ-PCI karticu.
- Analog Input-kada se mišom dvostruko klikne na blok otvara se izbornik koji se sastoji od 4 parametra. Za ovu vježbu potrebno je podesiti samo dva parametra. Budući da se u ovom pokusu koristi analogni ulaz br.0, potrebno je parametar Chanel(s) to Use postaviti na 1. Također je potrebno postaviti limit ulaznog napona A/D pretvornika na 10V postavljanjem parametra Range(s) na 10, te odabrati pripadajuću karticu za upotrebu.
- Scope-ovaj blok nije potrebno podešavati.

Nakon podešenja parametara blokova potrebno je izvršiti podešenje parametara simulacije u izborniku Simulation->Simulation parameters..., sl.10.

Unutar ovog izbornika nalazi se niz podizbornika koji definiraju parametre simulacije (trajanje simulacije, korak uzorkovanja, metodu računanja,...). Budući da se ovdje Simulink koristi kao alat za izradu korisničkog programa, parametre je potrebno precizno definirati da bi se osiguralo sigurno prevođenje Simulink datoteke u objektni kod. Parametri ovog izbornika moraju biti postavljeni na vrijednosti koje prikazuje sl.10.

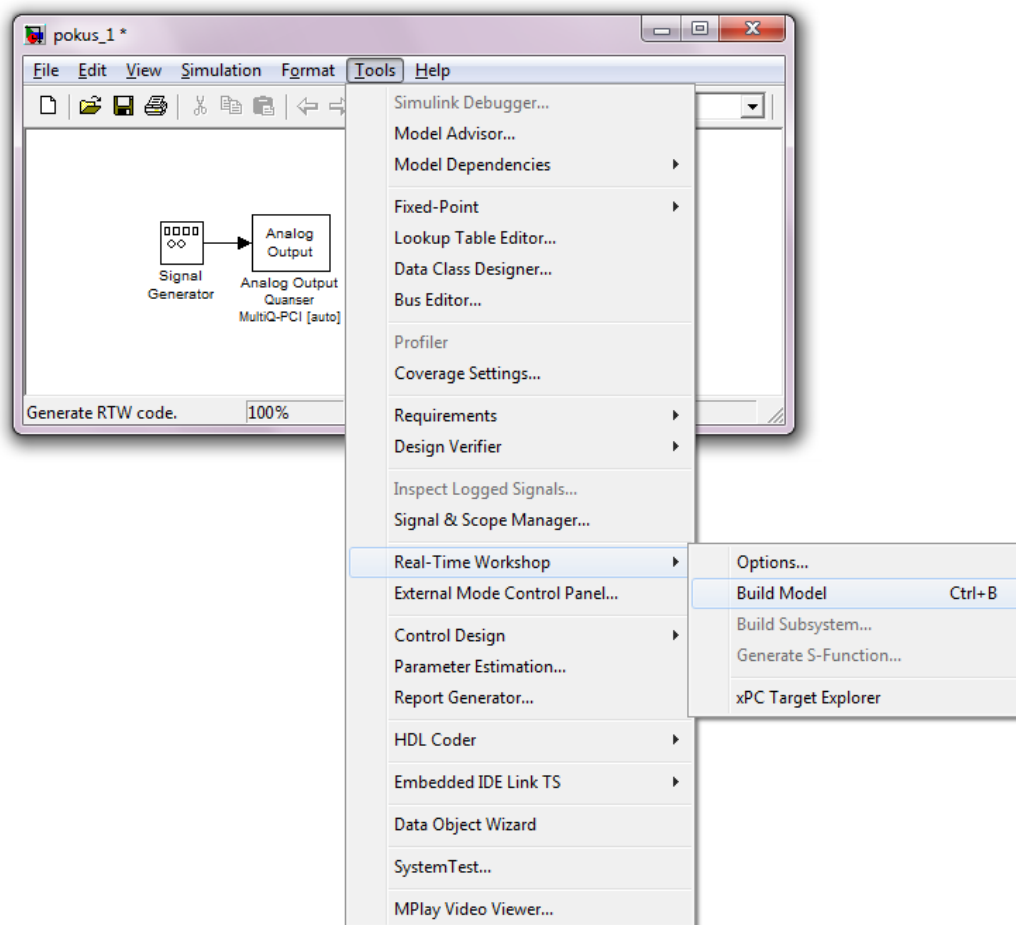


Slika 10: Podešavanje parametara simulacije



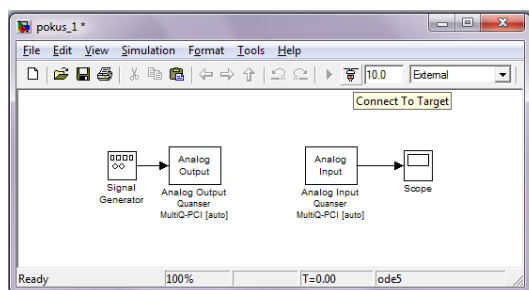
Slika 11: Podešavanje parametara simulacije - Real Time Workshop

Kada su izvršena podešenja simulacije potrebno je konfigurirati Real Time Workshop, da koristi Real Time Windows Target prema sl.11. Nakon konfiguriranja sve je spremno za generiranje i stvaranje koda za izvršavanje u stvarnom vremenu sl.12.



Slika 12: Generiranje koda za izvršavanje u stvarnom vremenu

Nakon toga se potrebno se povezati sa MultiQ-PCI karticom i pokrenuti simulaciju sl.13.



Slika 13: Spajanje sa MultiQ-PCI karticom

Valne oblike je moguće promatrati pomoću bloka Scope ili ih izvesti u MATLAB WorkSpace odakle ih je lako obrađivati i prikazivati (naredba plot) . Prilikom izvođenja

programa moguće je tijekom izvođenja (engl. on-line) mijenjati vrijednosti parametara Simulink blokova.

5.1.2 Zadaci za izvještaj

Izvještaj o obavljenoj vježbi mora sadržavati:

- Snimljene valne oblike s pripadajućim komentarima:
 - Valni oblik napona s analognog ulaza
- Konačna zapažanja i zaključke te odgovore na slijedeća pitanja:
 - Koja je osnovna funkcija analognih ulaznih kanala i kako se ta funkcija obavlja?
 - Koji je važan parametar koji definira analogno-digitalnu pretvorbu i na što utječe taj parametar?
 - Koja je osnovna funkcija analognih izlaznih kanala i kako se ta funkcija obavlja?
 - Koji je važan parametar koji definira digitalno-analognu pretvorbu i na što utječe taj parametar?

5.2 Pokus 2

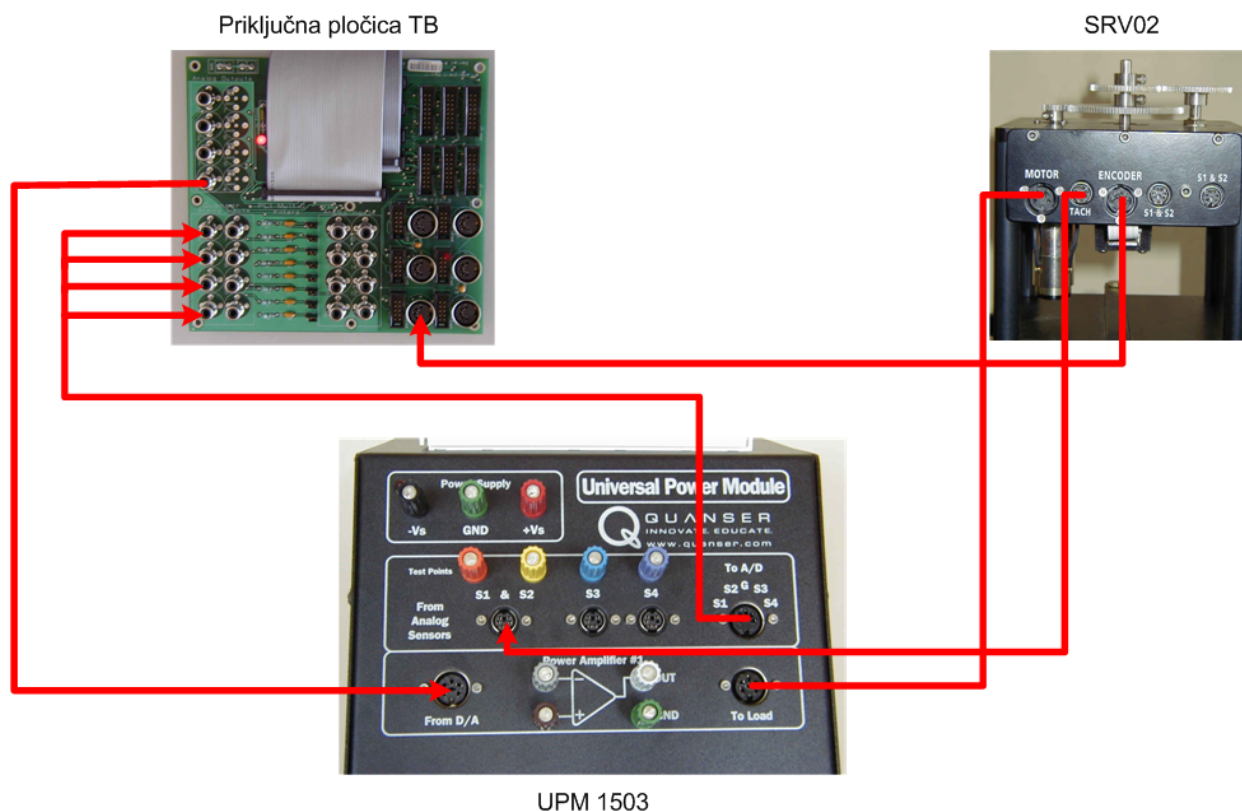
Testiranje mjernih članova SRV02 elektromehaničkog rotacijskog modula U ovom pokusu se promatraju signali s dva mjerna člana brzine vrtnje, enkodera i tahogeneratora, pri različitim brzinama vrtnje aktuatora (istosmjernog motora) elektromehaničkog modula SRV02. Tahogenerator je mali istosmjerni stroj, kojemu je inducirani napon proporcionalan brzini vrtnje. Enkoder na izlazu daje slijed impulsa čiji je broj u jedinici vremena (frekvencija) proporcionalan brzini vrtnje. Oba mjerna člana su mehanički spojena s osovnom aktuatora u modulu SRV02.

Zadatak je:

- Na motor narinuti takav napon da mu se brzina mijenja u rasponu od $(-n_n/2)$ do $n_n/2$. (n_n nominalna brzina motora). Izračunati približan raspon napona potreban za postizanje željenog raspona brzina.
- Pri uvjetima iz prethodne točke snimiti signale s enkodera i tahogeneratora.

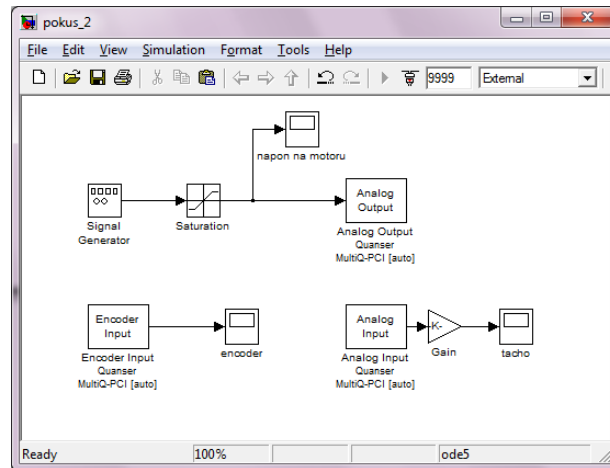
5.2.1 Izvedba pokusa 2

Shema spoja za ovaj pokus je prikazana na sl.14. Napon na aktuatoru modula SRV02 se dovodi preko analognog izlaza priključne pločice TB (analogni izlaz br.0) prvo na pojačalo UPM 1503 (konektor s oznakom From D/A). Nakon toga se kabelski spaja pojačalo UPM 1503 (konektor s oznakom To Load) s aktuatorom modula SRV02 (konektor s oznakom MOTOR). Signal s tahogeneratora je analogni pa se stoga posebnim kabelom dovodi s modula SRV02 (konektor s oznakom TACH) na analogni ulaz UPM 1503 modula (konektor s oznakom S1 & S2). Nakon toga se taj signal pomoću drugog kabela s pojačala UPM1503 (konektor s oznakom To A/D) dovodi na analogni ulaz priključne pločice TB (4-žilni kabelski ulaz, koristi se samo analogni ulaz br. 1, redoslijed boja: prema sl.2). Signal s enkoderskog izlaza na SRV02, dovodi se posebnim kabelom na enkoderski ulaz pločice. Svi potrebni kablovi su pripremljeni na radnom mjestu. Ne postoje dva jednaka kabela tako da ne postoji mogućnost zabune prilikom odabira kabela.



Slika 14: Shema spoja za pokus 5.2.

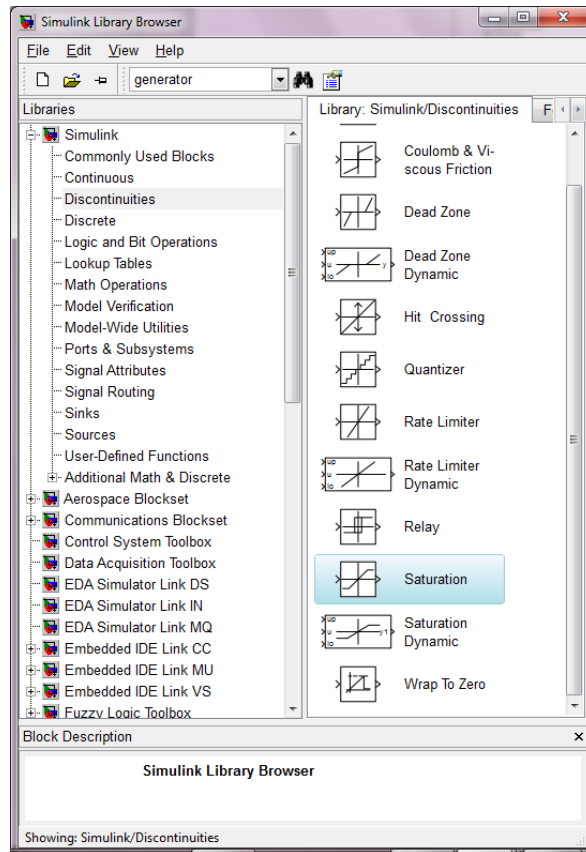
Generiranje napona za aktuator se postiže programski u Simulink-u, koristeći iskustva iz pokusa 5.1. ove vježbe. Primjer korisničkog programa za pokus 2. je prikazan je na sl.15. Budući da je i ovaj program razvijen unutar Matlab/Simulink sučelja, vrijede ista načela i postupci opisani u poglavlju 5.1.1. za pokus 5.1.



Slika 15: Primjer korisničkog programa za pokus 5.2.

U ovom pokusu koristi se veći broj Simulink blokova. Novi blokovi u odnosu na pokus 5.1. su:

- Saturation-je Simulink blok koji definira funkciju zasićenja. Limitira veličinu na ulazu unutar parametarski definiranih granica. Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink>Discontinuities, sl.16.
- Gain-blok koji predstavlja pojačanje tj. izlazni signal je jednak ulaznome pomnoženom sa iznosom pojačanja. Pojačanje se definira putem određenog parametra ovog bloka. Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink->Math Operations .
- Encoder Input- blok koji predstavlja sučelje prema enkoderskom ulazu. Blok se nalazi u Simulink biblioteci Simulink->Real Time Windows Target.

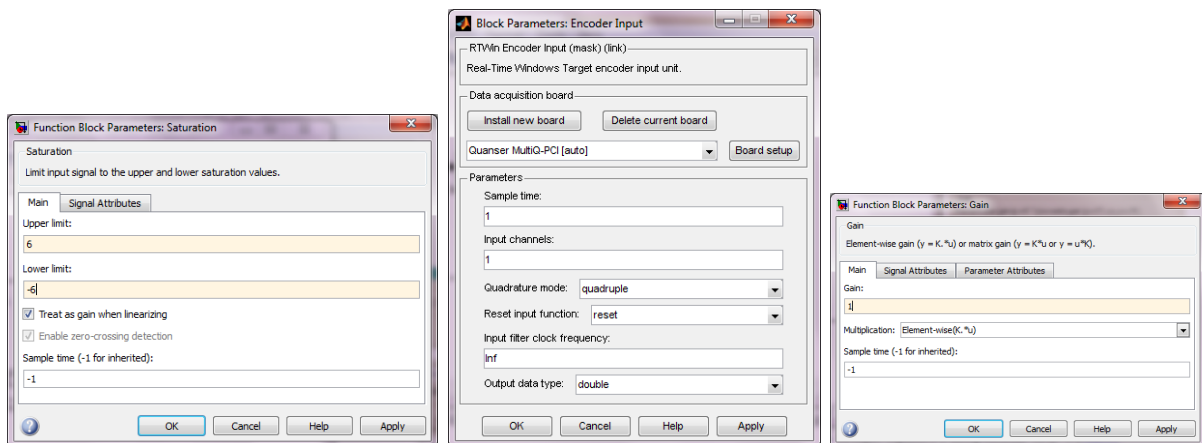


Slika 16: Prikaz Saturation bloka u Simulink biblioteci elemenata.

Podešenja blokova:

- Saturation-kada se mišom dvostruko klikne na blok otvara se izbornik, sl.17. Unutar izbornika se nalaze dva parametra koji definiraju gornju i donju granicu limita. Budući da istosmjerni motor ima nazivni napon od 6 V, limite treba postaviti na ± 6 V.
- Signal generator- budući da treba mijenjati brzinu vrtnje aktuatora od $(-n_n/2)$ do $n_n/2$ odabire se pravokutni bipolarni valni oblik (engl. square) amplitude $6/2$ V, sl.9.
- Analog Output-budući da se u ovom pokusu koristi analogni izlaz br.0, potrebno je parametar Chanel(s) to Use postaviti na 1, sl.9.
- Analog Input-za ovu vježbu potrebno je podesiti samo dva parametra. Budući da se u ovom pokusu koristi analogni ulaz br.1, potrebno je parametar Chanel(s) to Use postaviti na 2. Također je potrebno postaviti limit ulaznog napona A/D konvertera na 10V postavljanjem parametra Range(s) na 10, sl.9.
- Encoder Input-kada se mišom dvostruko klikne na blok otvara se izbornik, sl.17. Budući da se u ovom pokusu koristi enkoderski ulaz br.0, potrebno je parametar Chanel(s) to Use postaviti na 1. Ostali parametri ostaju nepromijenjeni.

- Gain-kada se mišom dvostruko klikne na blok otvara se izbornik, sl.17. Izbornik se sastoji od jednog parametra kojim se definira iznos pojačanja. Da bi podatak s tahogeneratora bio izražen u mjernoj jedinici [okr/min], potrebno je napon s tahogeneratora množiti s određenom konstantom. Iz podataka o tahogeneratoru treba izračunati vrijednost te konstante (vidjeti SRV02).
- Scope-ovaj blok nije potrebno podešavati.



Slika 17: Parametri blokova Saturation, Encoder Input i Gain

Podešenja simulacije identična su kao u pokusu 5.1. Postupak prevođenja aplikacije u objektni kod opisan je u poglavlju 5.1.1.

5.2.2 Zadaci za izvještaj

Izvještaj o obavljenoj vježbi mora sadržavati:

- Karakteristične valne oblike s pripadajućim komentarima:
 - Napon na motoru.
 - Valni oblik pozicije mjerene s enkoderom.
 - Valni oblik brzine vrtnje motora mjerene s tahogeneratorom.
- Konačna zapažanja i zaključke te odgovore na slijedeća pitanja :
 - Kako bi proširili korisnički program tako da se iz broja impulsa koje daje enkoder dobije brzina vrtnje u [okr/min]? Snimate tako dobivenu brzinu vrtnje i usporedite ju sa brzinom vrtnje dobivenom iz tahogeneratorsa.
 - Da li je tako dobivena veličina brzina vrtnje osovine motora? Obrazložite.