



UNIVERZITET U KRAGUJEVCU
MAŠINSKI FAKULTET
INFORMATIKA U INŽENJERSTVU

Merenje, prikupljanje i vizuelizacija signala u LabVIEW programskom paketu nad objektom PT400 u otvorenoj sprezi

Seminarski rad iz predmeta
Računarski podržano merenje i upravljanje

**Predmetni profesor:
Prof. dr Milan Matijević**

**Studenti:
Nemanja Stevanović 114/2001
Vladimir Kanjevac 31/2004**

Kragujevac, jul 2010.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Osnovni teorijski koncepti	2
2.1. Sistemi za akviziciju podataka.....	2
2.2. Tipovi podataka	3
3. Opis sistema	4
3.1. PT 400	4
3.2. Kartica NI USB 6008.....	6
4. Kreiranje virtuelnog instrumenta (National Instruments MAX, LabVIEW)	11
4.1. Measurement & Automation Explorer (MAX)	11
4.2. Virtuelni instrument za slanje i prikupljanje podataka (LabVIEW).....	15
4.3. Unos promenljivih za rad sa sistemom	27
4.4. Skaliranje grafika u odnosu na unetu periodu odabiranja.....	28
4.5. Fajl za snimanje podataka.....	30
5. Merenja i predstavljanje dobijenih rezultata eksperimenta	31
5.1. Konstantan napon na grejaču.....	31
5.2. Konstantan napon na ventilatoru	32
6. Zaključak.....	34
7. Literatura.....	35

1. Uvod

Zadatak ovog seminarskog rada bio je da ostvarimo kontrolu nad laboratorijskim uređajem gde bi mogući scenariji bili zadavanje konstantne vrednosti, STEP funkcije ili sinusne funkcije preko parametra u vidu napona na ulaznim signalima. Sistem bi se sastojao iz objekta upravljanja, uređaja *PT400*, kartice za akviziciju podataka *NI USB 6008* i računara. Aplikaciju smo napravili u programskom paketu *LabVIEW*.

Objekat upravljanja je uređaj *PT400* koji zapravo predstavlja sklop koji uključuje ventilator, grejač i osam senzora, i on predstavlja neku vrstu grejalice.

Kartica koju ćemo u radu koristiti je *NI USB 6008*, proizvođača *National Instruments*, i često se koristi za eksperimente ovog tipa zbog svojih tehničkih karakteristika i konkurentne cene na tržištu, ali i jednostavnosti za upotrebu, pogotovo u edukativnim ustanovama.

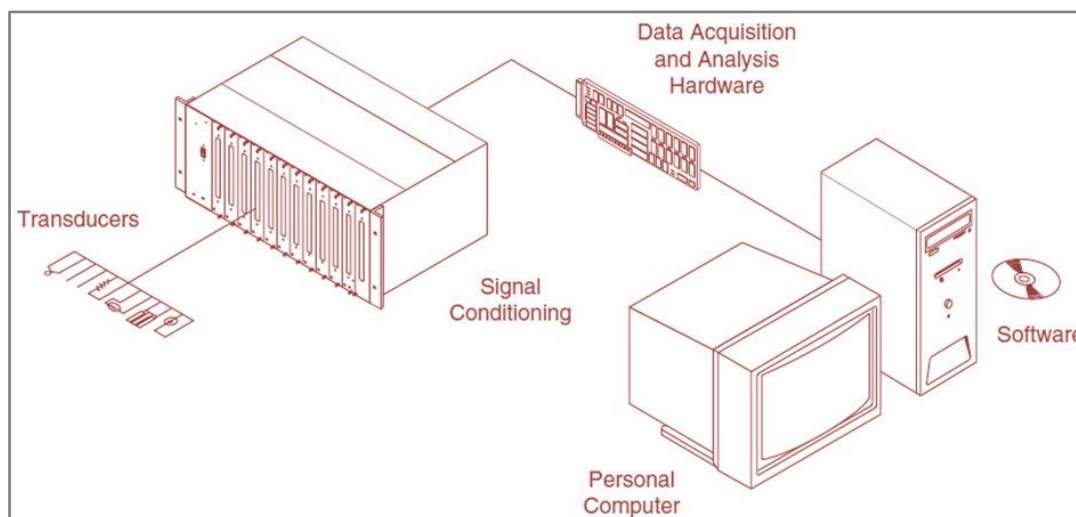
Virtualni instrument je implementiran u softverskom paketu *LabVIEW* firme *National Instruments* (koja takođe potpisuje i već spomenutu karticu za akviziciju podataka), opšte prihvaćene verzije 8.5 i 8.6.1.

2. Osnovni teorijski koncepti

2.1. Sistemi za akviziciju podataka

Prikupljanje podataka (eng. *Data Acquisition*; u daljem tekstu koristćemo opšte prihvaćenu englesku skraćenicu *DAQ*), je proces praćenja i prikupljanja podataka za razne fizičke fenomene koji se javljaju u prirodi, svuda oko nas, i njihovo prevođenje iz analognog u digitalni oblik kako bi se njihovim vrednostima manipuliralo od strane korisnika na računaru, kao i na osnovu prikupljenih podataka davale instrukcije ka nekom objektu upravljanja.

DAQ aplikacija se može kontrolisati kodom koji se može napisati u svim standardnim programskim jezicima opšte namene kao što su: *BASIC*, *C*, *FORTRAN*, *JAVA*, *PASCAL*. Dok je *COMEDI open source* aplikacija koja se koristi za pristup i kontrolu hardvera *DAQ*.



Slika 1 - Opšti izgled DAQ sistema

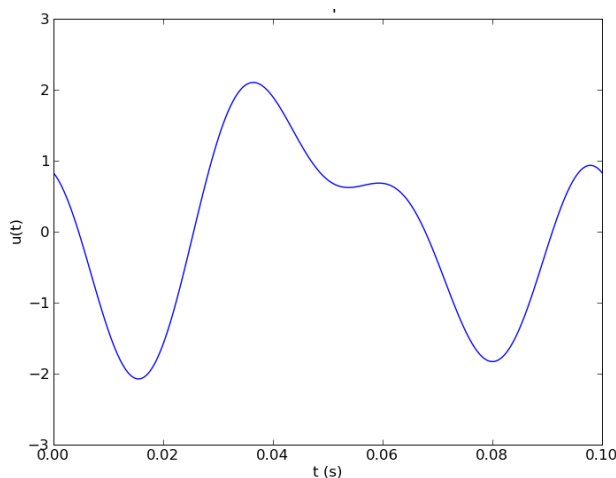
Svaki *DAQ* sistem se sastoji od dve osnovne celine

- **DAQ hardvera** koji predstavlja vezu između računara i fizičkog signala. On se sa jedne strane vezuje na jedan od slotova računara (mrežnu karticu, *USB*, itd.). *DAQ* kartice imaju neke od potrebnih delova u zavisnosti od namene (*multiplexer*, *A/D* konvertor, *D/A* konvertor). U nekom opštem slučaju kartica koristi napajanje sa računara mada postoje i one kartice koje imaju zasebno napajanje tako da se mogu koristiti kao pokretni (mobilni) uređaji. Kartice sa sopstevnim napajanjem obično imaju i svoju memoriju za skladištenje podataka.
- **DAQ softver** je potreban da bi se sistem zaokružio i radio na određenom računaru. Postoje dve vrste softvera koji se koriste i oba su podjednako bitna za sistem. Prvi sadrži drajvere za objekte upravljanja i za karticu, a drugi je određen program u kome ćemo vršiti merenja i zadavati naredbe kao i podešavati sistem.

2.2. Tipovi signala

Analogni signal

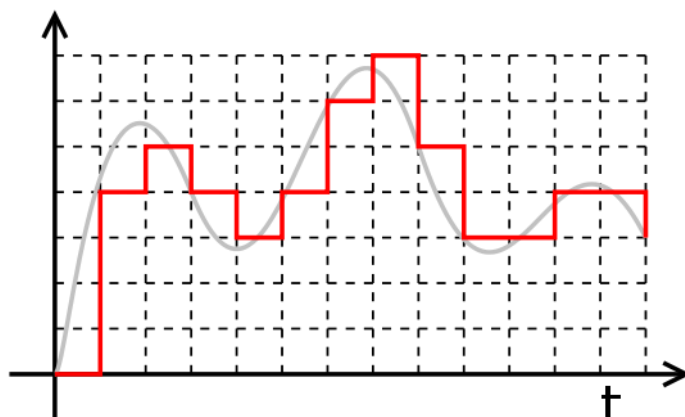
Analogni signal je bilo koji neprekidni (kontinualni) signal čije vrednosti mogu biti različite u različitim trenucima vremena u zavisnosti od trenutnog intenziteta posmatrane pojave. Oni su osnova za upravljanje većinom realnih sistema jer se nalaze svuda oko nas. Analognim signalom se može preneti bilo koji fenomen koji se pojavljuje usled neke pojave u prirodi (temperatura, pritisak, pomeranje, zvuk), a registruje se senzorima i aktuatorima. Primer dijagram analognog signala predstavljen je na sledećoj slici:



Slika 2 - Analogni signal

Digitalni signal

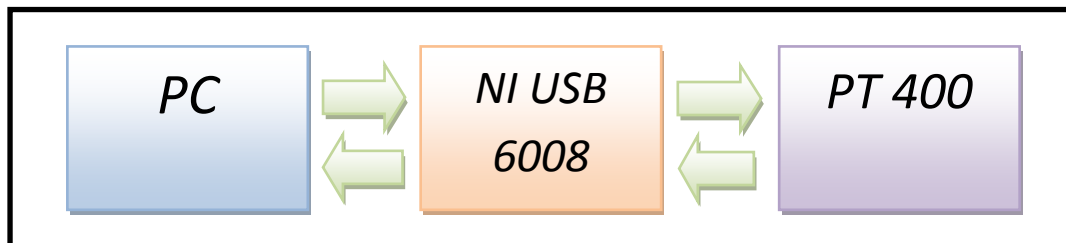
Digitalni signal je diskretizovani analogni signal. On zavisi od traženih karakteristika kao i od hardverskih mogućnosti samog sistema. Na nekom posmatranom intervalu dobijamo neku konačnu vrednost dijagrama, koja je definisana jačinom samog sistema, kao i potrebama korisnika.



Slika 3 - Digitalni signal

3. Opis sistema

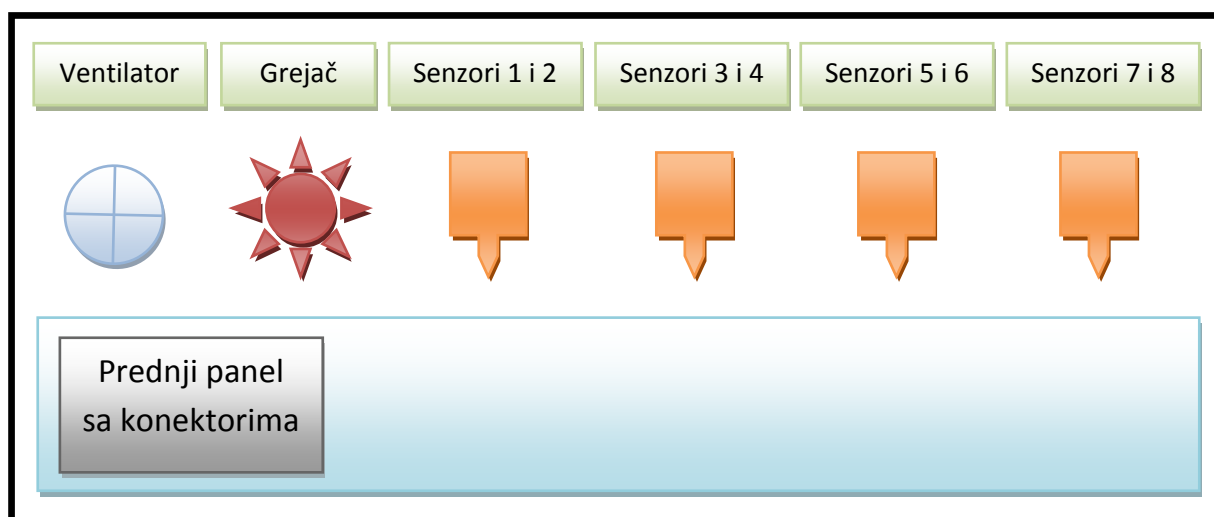
Sistem koji smo koristili u ovom seminarском radu sastoji se od uređaja *PT 400*, kartice *NI USB 6008* i računara na kome se nalazi interfejs uz pomoć koga ćemo vršiti merenja. Softver koji je potreban za upravljanje sistemom se sastoji iz programskih paketa *LabVIEW* i *MATLAB*. *LabVIEW* ćemo koristiti za upravljanjem procesom i beleženje rezultata dobijenih na senzoru, dok ćemo u *MATLAB*-u vršiti identifikaciju procesa i uz dobijene podatke dalje koristiti za podešavanje *PID* kontrolera.



Slika 4 - Šematski prikaz sistema

3.1. *PT 400*

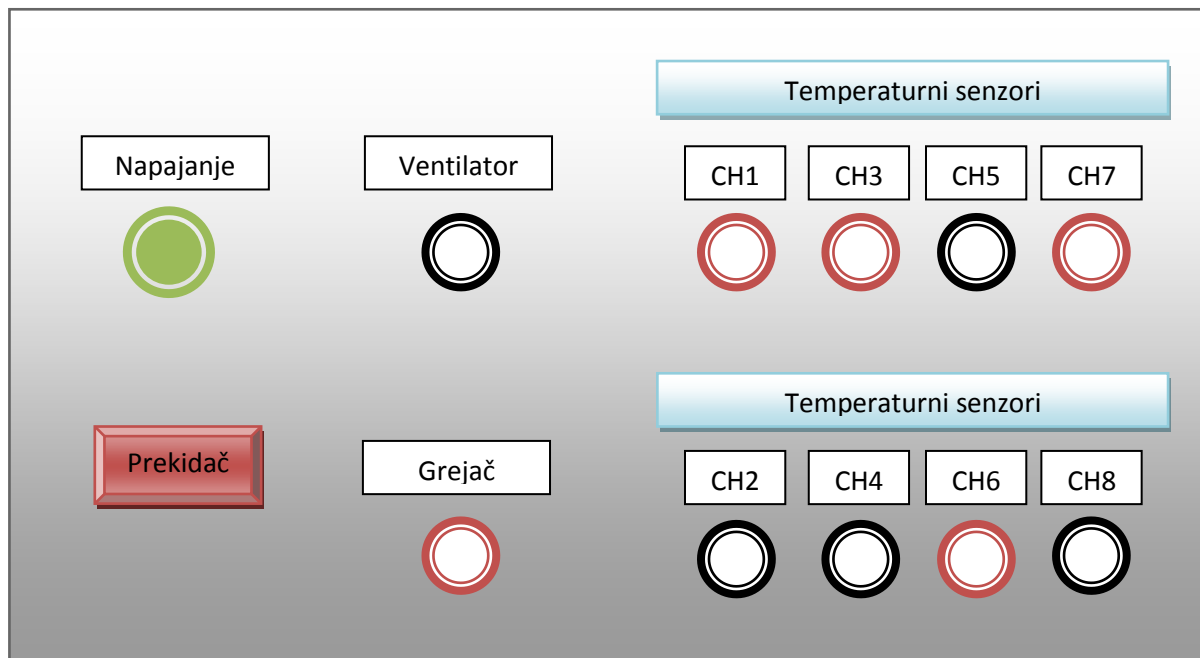
Model uređaja predstavlja laboratorijski model grejalice. Ona se sastoji od komore u kojoj se nalaze ventilator, grejača i 8 senzora (4 para) raspoređenih na različitim rastojanjima od grejača kako bi se uočile razlike u temperaturama. Takođe ćemo naglasiti da postoje dve vrste senzora i to senzori sa bržim odzivom i senzori sa sporijim odzivom. Konkretno je korišćen prvi senzor, koji je i senzor sa bržim odzivom. Sama šema uređaja predstavljena je na sledećoj slici:



Slika 5 - Šematski prikaz uređaja *PT 400*

Računarski podržano merenje i upravljanje

Zbog lakšeg razumevanja predstavimo prednji panel postrojenja sa jasnim oznakama šta predstavlja koji od priključaka, tj. na koji konektor je vezan koji kanal. Smatrao sam ovo vrlo važnim jer je svaki od priključaka povezan pa može doći do zabune pri radu na *PT 400* i *NI USB 6008* od šume kablova.



Slika 6 - Prednji panel

Tip signala	Konekcija
Ventilator	AO0 / GND
Grejač	AO1 / GND
CH1	AI0 / GND
CH2	AI1 / GND
CH3	AI2 / GND
CH4	AI3 / GND
CH5	AI4 / GND
CH6	AI5 / GND
CH7	AI6 / GND
CH8	AI7 / GND

Tabela 1 - Veze kanala i portova

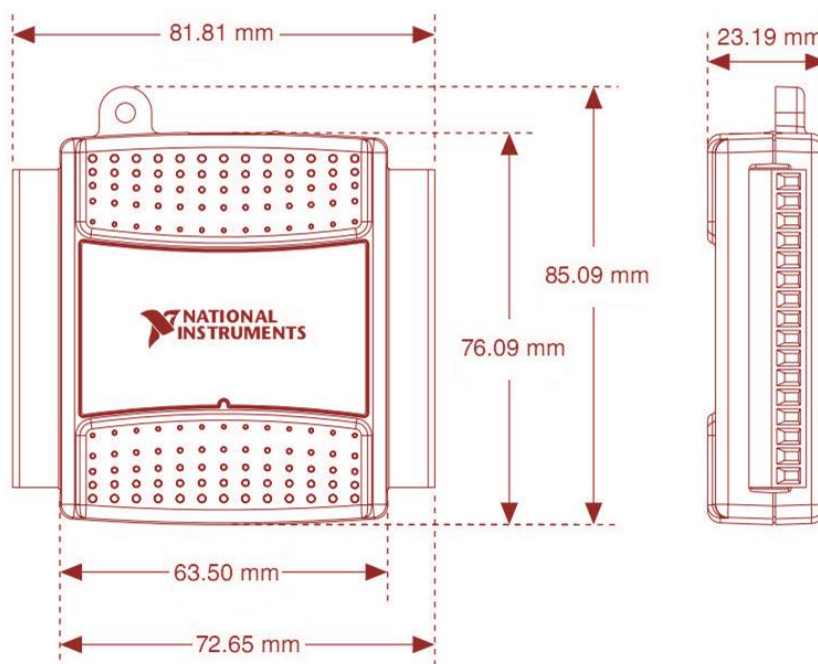
3.2. Kartica *NI USB 6008*

Sama kartica služi za prevođenje signala iz analognog u digitalni oblik i obratno (iz digitalnog u analogni) i samim tim predstavlja spregu između objekta upravljanja i računara (A/D, D/A konvertor). Za samo rešavanje prevođenja postoji pregršt proizvoda koji su napravljeni ili za određeni tip problema ili za više namena. U našem radu koristićemo karticu kompanije *National Instruments* sa oznakom *NI USB 6008*.



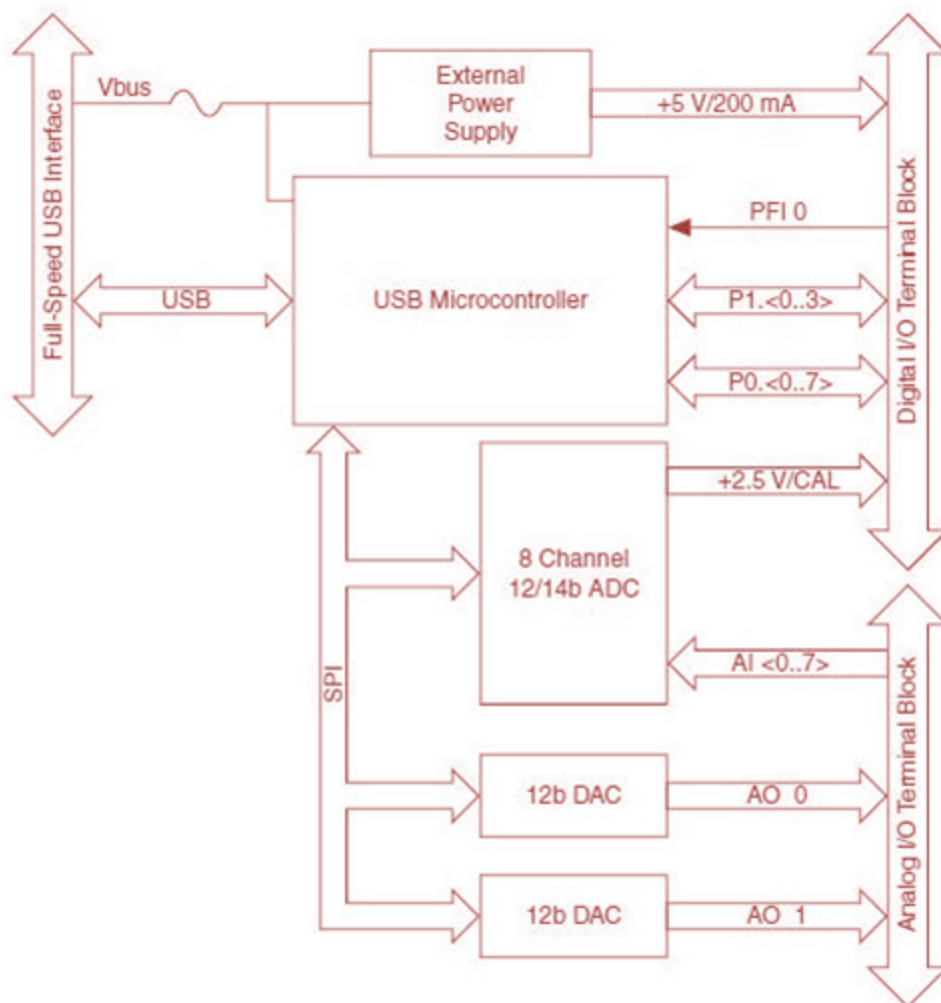
Slika 7 - Kartica *NI USB 6008*

NI USB 6008 AD/DA konvertor poseduje konekciju za osam analognih ulaza (*AI* - *analog input*), dva analogna izlaza (*AO* - *analog output*), kao i 12 digitalnih *input/output* (*DIO*) kanala. Osnovne dimenzije kartice predstavljene su na sledećoj šemi.



Slika 8 - Osnovne dimenzije kartice

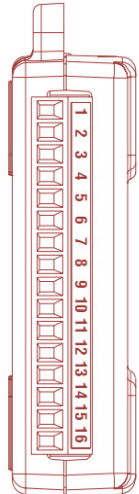

Na sledećem blok dijagramu predstavljene su osnovne komponente kartice:



Slika 9 - Blok dijagram osnovnih komponentata uređaja

Računarski podržano merenje i upravljanje

Tabela sa oznakama analognog terminala je podeljena na *Single-Ended* i *Differential* modove. U ovom radu koristili smo *Single-Ended* mod, ali je poznavanje diferencijalnog moda ništa manje važno, pogotovo kada se dovede u pitanje programiranje i kreiranje upravljačkih jedinica u *LabVIEW*-u

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND
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	PFI 0	
	30	+2.5 V	
	31	+5 V	
	32	GND	

Slika 10 - (a) analogni terminali i (b) digitalni terminali

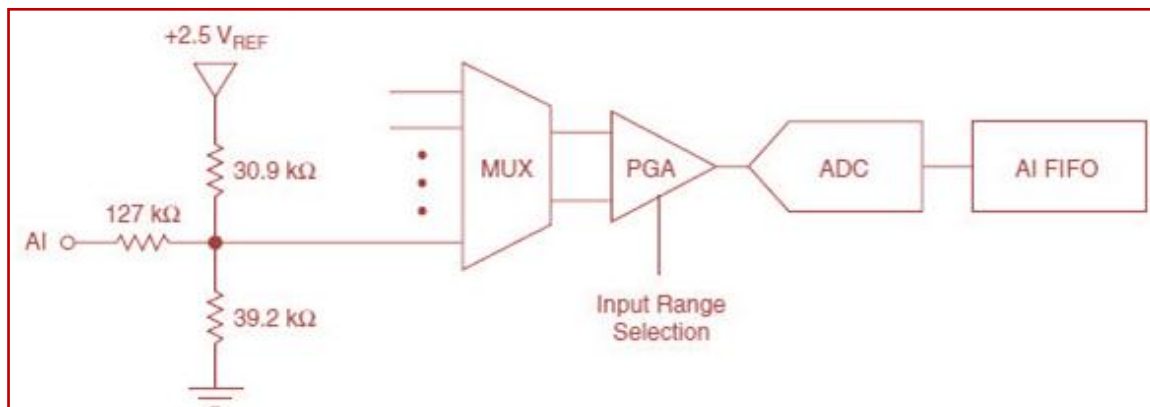
Vrlo bitno je i je razumevanje oznaka na terminalima (opis signala), kao i njihove reference i pravac. Opisi signala su veoma bitni, jer jasno razdvajaju *Single-Ended* merenja od diferencijalnih. Kod *Singe-Ended* svaki signal je analogni ulaz napona (*analog input voltage channel*), dok kod diferencijalnih merenja signali dolaze u paru. Na primer, analogni ulaz 0 i analogni ulaz 4 (AI0/AI4) su pozitivan i negativan ulaz diferencijalnog analognog input kanala 0.

Tabela 2

Signal Name	Reference	Direction	Description
GND	—	—	Ground —The reference point for the single-ended AI measurements, bias current return point for differential mode measurements, AO voltages, digital signals at the I/O connector, +5 VDC supply, and the +2.5 VDC reference.
AI <0..7>	Varies	Input	Analog Input Channels 0 to 7 —For single-ended measurements, each signal is an analog input voltage channel. For differential measurements, AI 0 and AI 4 are the positive and negative inputs of differential analog input channel 0. The following signal pairs also form differential input channels: <AI 1, AI 5>, <AI 2, AI 6>, and <AI 3, AI 7>.
AO 0	GND	Output	Analog Channel 0 Output —Supplies the voltage output of AO channel 0.
AO 1	GND	Output	Analog Channel 1 Output —Supplies the voltage output of AO channel 1.
P1.<0..3> P0.<0..7>	GND	Input or Output	Digital I/O Signals —You can individually configure each signal as an input or output.
+2.5 V	GND	Output	+2.5 V External Reference —Provides a reference for wrap-back testing.
+5 V	GND	Output	+5 V Power Source —Provides +5 V power up to 200 mA.
PFI 0	GND	Input	PFI 0 —This pin is configurable as either a digital trigger or an event counter input.

Računarski podržano merenje i upravljanje

Na sledećoj slici prikazana je šema povezivanja analognih ulaza. Ova šema jasno ilustruje sistem po kome AD/DA interfejs vrši konverziju signala.



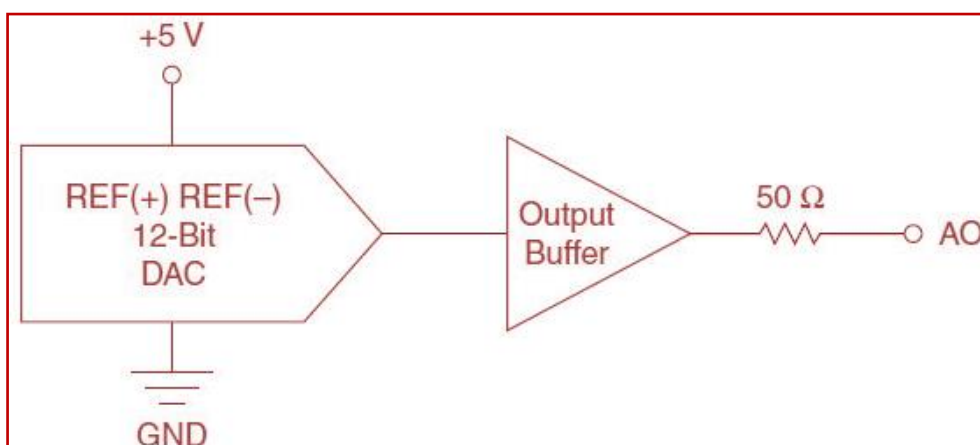
Slika 11 - Šema analognih ulaza

MUX - NI USB 6008 ima jedan *analog-to-digital* konverter (ADC). Multiplekser (MUX) rutira samo po jedan AI kanal na PGA.

PGA - *programmable-gain amplifier* (programabilni pojačavač) obezbeđuje ulazna pojačanja od 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, ili 20 kada je figurisan za diferencijalna merenja i pojačanje od 1 kada je u pitanju *Single-Ended* merenje. PGA pojačanje je automatski kalkulisano na osnovu napona koji je zadat u aplikaciji za merenje.

A/D Converter (ADC) - Analogno u digitalni konverter digitalizuje AI signal, tako što konvertuje analogni napon u digitalni kod.

AI FIFO - NI USB 6008 može da izvede i *single* i *multiple* A/D konverzije za fiksni ili beskonačni broj semplova. *First-in-first-out* (FIFO) bafer zadržava podatke u trajanju AI akvizicije i tako osigurava da neće doći do gubitka podataka.



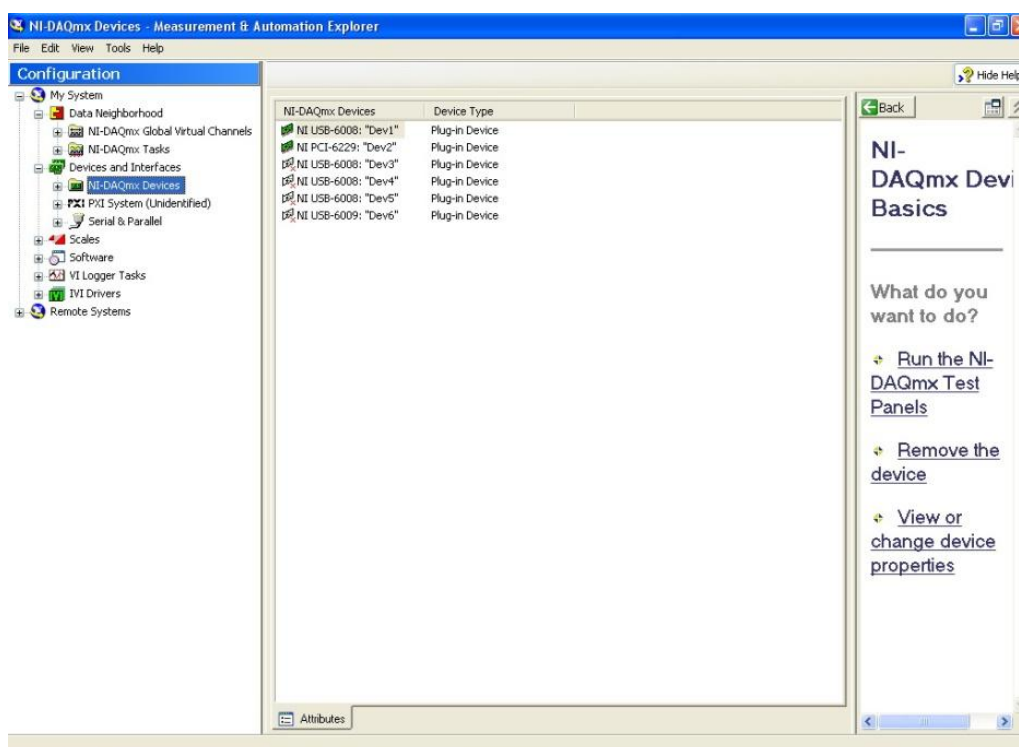
Slika 12 - Šema analognih ulaza

DAC - *Digital-to-analog* konvertuje digitalni kod u analogni napon.

4. Kreiranje virtuelnog instrumenta (*National Instruments MAX, LabVIEW*)

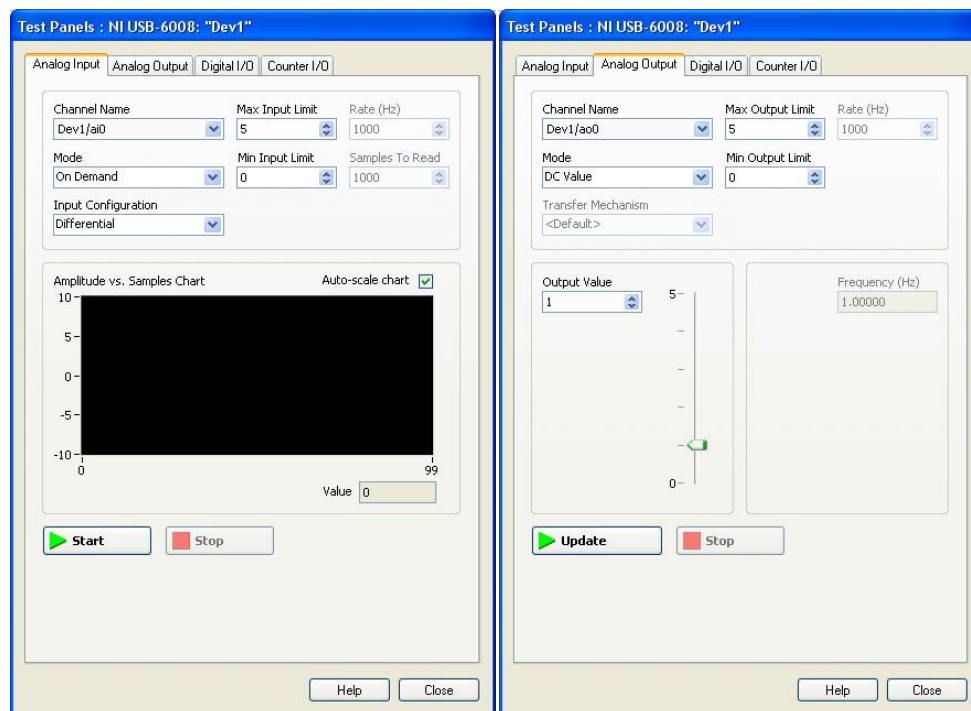
4.1. *Measurement & Automation Explorer (MAX)*

Prvi korak bi bio kreiranje „taskova“, predefinisanih metoda za komunikaciju sa karticom, što se obavlja u *Measurement & Automation Exploreru* (slika 13).



Slika 13 - *Measurement & Automation Explorer*

U prozoru sa leve strane ćemo kliknuti na *My System* → *Devices and Interfaces* → *NI-DAQmx Devices*. U opcijama u gornjem delu ekrana kliknuti na *Test Panels*. Tada se otvara prozor kao na slici 14. U kartici *Analog Input* se testira na kojim kanalima se nalazi koji senzor.



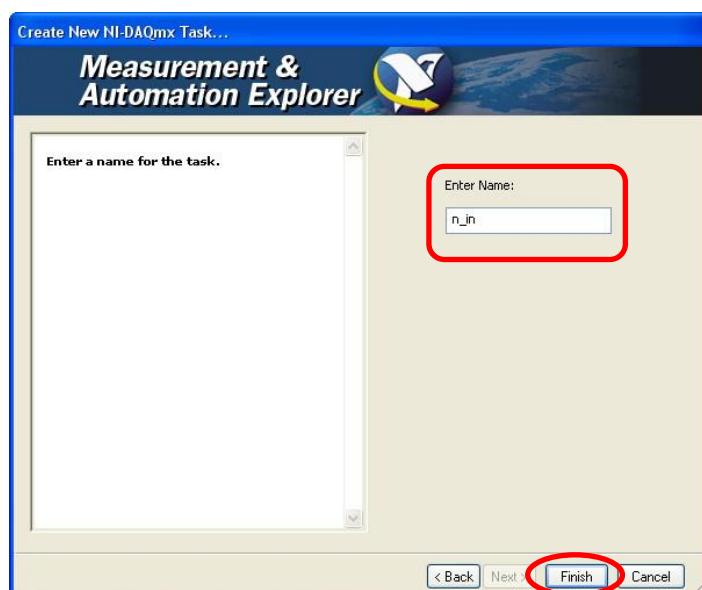
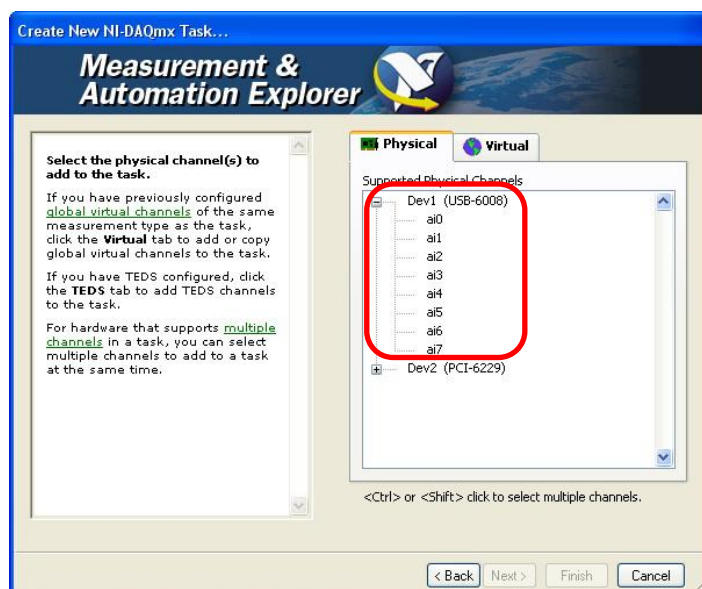
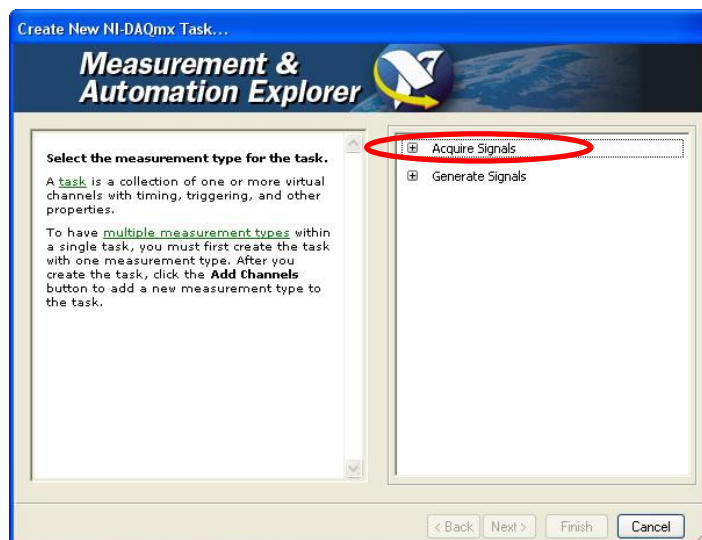
Slika 14 - Test Panels

Prvo treba podesiti *Limit* na vrednosti 5 i 0, a *Input configuration* na *RSE*. U polju *Channel Name* nalazi se lista od 8 mogućih ulaza. Korisnik sada treba da obeleži prvi ulaz i klikne na *Start*. Ovim će pokrenuti prijem podataka. Sada treba da testira koji se to senzor nalazi na odabranom kanalu. Kada se nađe koji se senzor nalazi na datom kanalu, to se zabeleži, pređe na sledeće kanal, i ceo proces se ponavlja dok se ne pronađu svi kanali.

Na tabu *Analog Output* se nalaze izlazi sa kartice. Sada treba pronaći na kom izlaznom kanalu se nalaze koji uređaji. Postupak je skoro isti. Odabere se kanal i klikne na *Update*. Tada će se vrednost napona koja je odabrana u polju *Output Value* poslati na dati izlaz. Tada treba pronaći koji je izlaz pokrenut i to pribeležiti. Postupak ponoviti i sa drugim kanalom. Na kraju testiranja obavezno vratiti 0 na oba kanala.

Kada je poznato na kojem kanalu se nalazi koji uređaj treba napraviti grupe kanala preko kojih će se signali primati ili slati - *Tasks*. To se nalazi u *My System* → *Data Neighborhood* → *NI-DAQmx Tasks*.

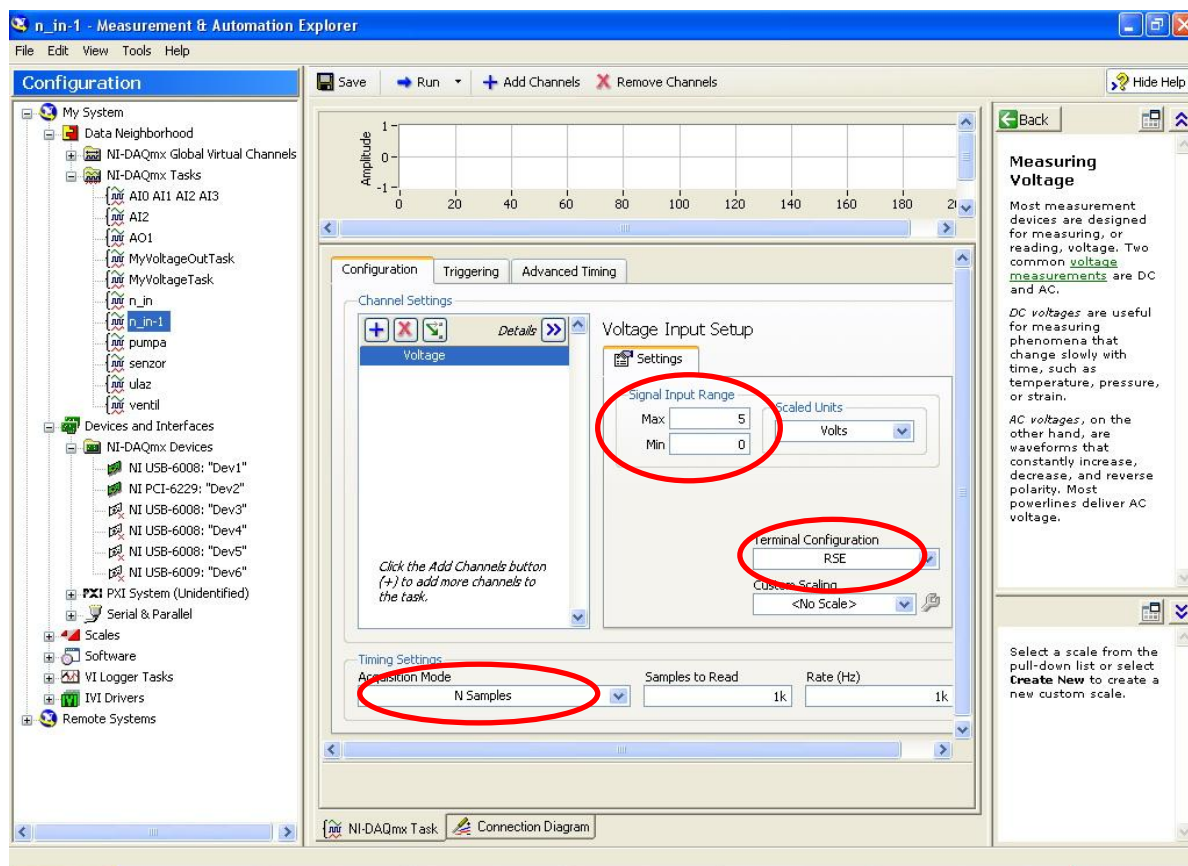
U gornjem delu ekrana nalazi se dugme *Create New NI-DAQmx Task*. Klikom na njega otvara se niz prozora kao na sledećim slikama (Slika 15-a). Ulazni signali se grupišu odvojeno od izlaznih signala. Klikom na *Acquire Signals* → *Analog Input* → *Voltage* dolazi se do sledećeg ekrana na kojem treba izabrati koji će se kanali koristiti (Slika 15-b). Ovde treba izabrati samo kanale koji će se koristiti. Kada se odaberu kanali ide se dalje. Na sledećem kanalu se daje naziv *tasku* (Slika 15-c). Klikom na *Finish* zatvaraju se ovi prozori.



Slika 15 - Create New NI-DAQmx Task

Računarski podržano merenje i upravljanje

Sada treba još samo dodatno podesiti napravljeni task. U polju *Signal Input Range* treba namestiti maksimum i minimum 5 i 0 volti, *Terminal Configuration* treba da bude *RSE*, a *Acquisition Mode* treba da bude *1 Sample (On Demand)*. Klikom na dugme *Save* podešavanja su snimljena i može se preće na podešavanje izlaza.



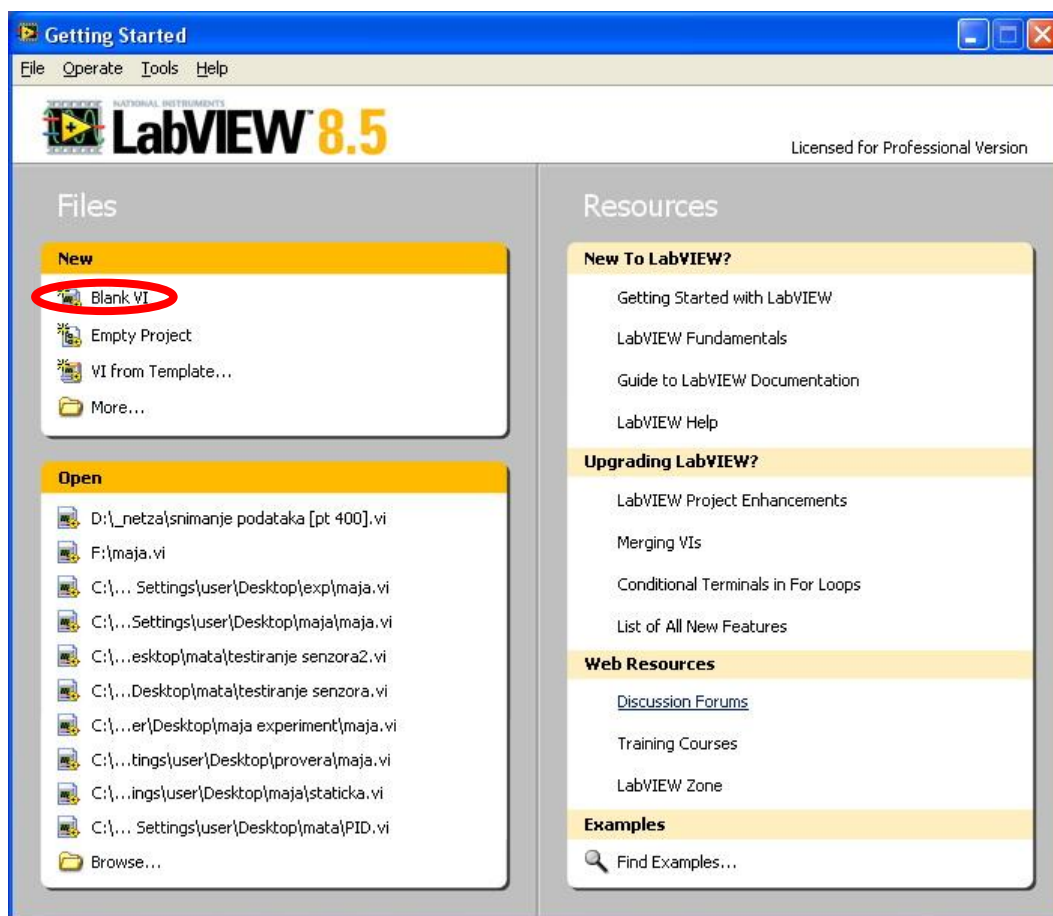
Slika 16 - Definisani task

Podešavanja za izlaze se rade na gotovo isti način kao za ulaze. Jedino se *Generate Signals* → *Analog Output* → *Voltage*. Dalje je princip isti. U polju *Signal Output Range* treba namestiti maksimum i minimum na 5 i 0 volti, *Terminal* treba da bude *RSE*, a *Generation Mode* treba da bude *1 Sample (On Demand)*.

4.2. Virtuelni instrument za slanje i prikupljanje podataka (*LabVIEW*)

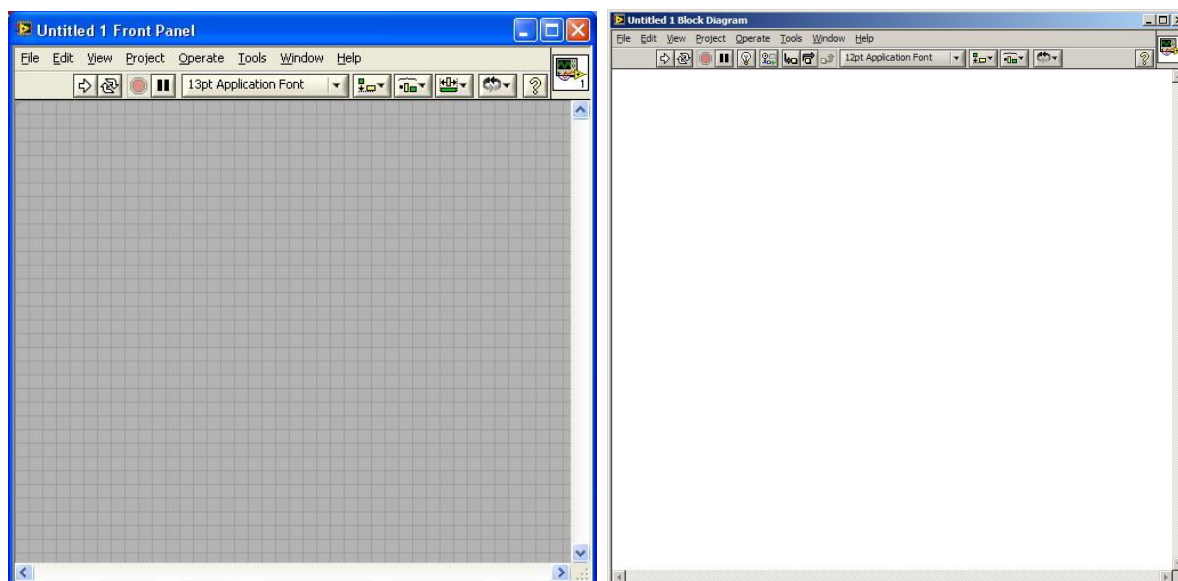
Potrebnu aplikaciju kojom će korisnik slati i prikupljati podatke kreiraćemo u programskom paketu *LabVIEW*.

Na početku rada potrebno je otvoriti *LabVIEW* koji pokrećemo sa *Start* → *All Programs* → *LabVIEW*; gde u novootvorenom prozoru treba odabrati iz ponuđenih opcija *Blank VI*. Osnovni izgled početnog prozora u *LabVIEW*-u izgleda kao na sledećoj slici:



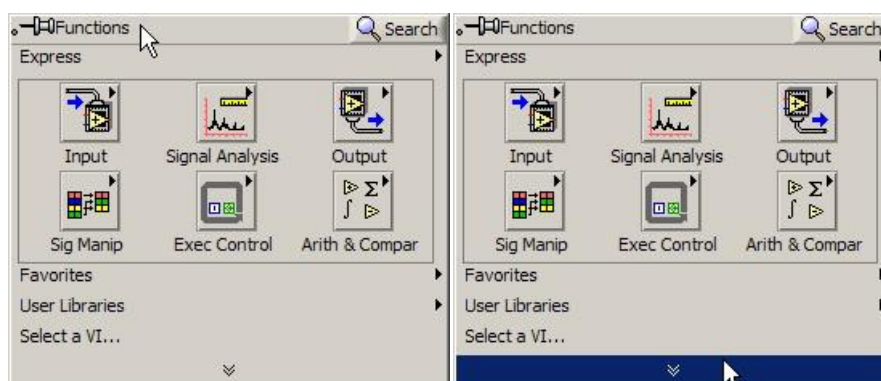
Slika 17 - *LabVIEW 8.5* osnovni prozor

Posle odabira opcije *Blank VI* otvoriće se dva nova prozora, i to *Block Diagram* i *Front Panel*. *Block Diagram* predstavlja radnu površinu u kojoj korisnik dodaje elemente i povezuje ih na određeni način kao podprograme, dok se u prozoru *Front Panel* elementi sami dodaju posle dodavanja u blok dijagramu i služe kao vizuelni interfejs za korisnika, odnosno, njega koristi sam korisnik pri merenju i skupljanju podataka. Izgled oba prozora predstavljen je na dve sledeće slike:



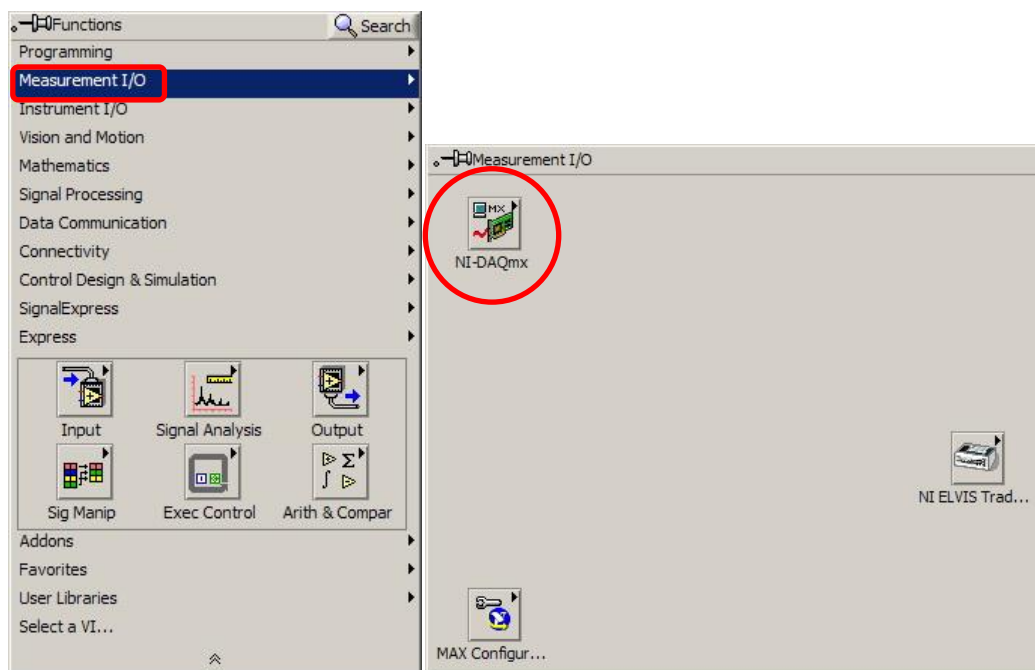
Slika 18 – (a) Block Diagram - (b) Front panel

Pre početka rada na blok dijagramu, pokazaćemo gde se nalaze (i odakle se na dijagram dodaju) instrumenti za komunikaciju sa karticom. Za početak, potrebno je kliknuti desnim tasterom miša na radnu površinu nakon čega ce se pojaviti sledeći meni kao na slici 19 (a):



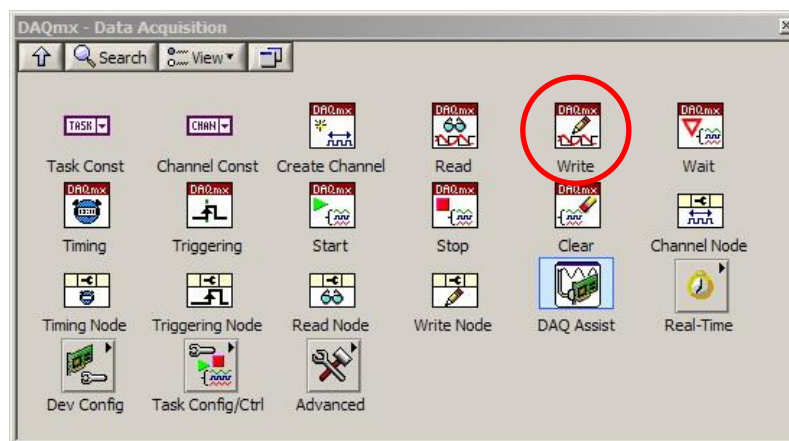
Slika 19 - (a) paleta alata - (b) proširenje palete alata

Njega je prvo potrebno proširiti kako bi se videla cela paleta alata klikom na jezičak kao što je i pokazano na slici 20 (b). Zatim ćemo iz ponuđenih opcija odabrati *Measurement I/O* u kome se nalaze alati koji su nam za početak potrebni, sama procedura izgleda ovako:



Slika 20 - (a) kompletna paleta alata - (b) paleta Measurement I/O

U prozoru *Measurement I/O* kliknućemo na ikonicu *NI-DAQmx* koja nam otvara novi prozor *DAQmx-Data Acquisition* koji ćemo „prikačiti“ na radnu površinu radi preglednosti, a i same praktičnosti jer se na njemu nalazi većina instrumenata koje ćemo za sada koristiti. Tako dobijamo *dock* paletu koja ima oblik kao na sledećoj slici.



Slika 21 - DAQmx - Data Acquisition dock paleta

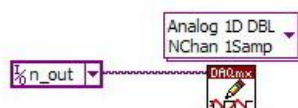
U blok dijagramu najpre je potrebno dodati *DAQmx Write* koji predstavlja blok za slanje podataka kartici (u našem slučaju *NI USB 6008*). Nakon dodavanja bloka na radnu površinu blok dijagrama, on će izgledati kao na sledećoj slici:



Slika 22 - DAQmx Write blok

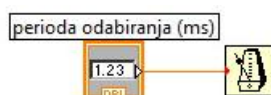
Od ponuđenih opcija za podešavanje DAQmx Write bloka potrebno je izabrati *Analog* → *Multiple channels* → *Single sample* → *1D DBL*. Ovo je potrebno zato što je u pitanju analogni signal, koji može biti na više kanala, a kartici se prosleđuje jedan podatak tipa *double* (decimalna vrednost).

Da bi definisali kojim kanalom se poziva funkcija prosleđivanja na karticu potrebno je dodati DAQmx Task Name constant blok i povezati ga na *task/channels in* konektor, što će na dijagramu izgledati ovako:



Slika 23 - Povezivanje DAQmx Write i DAQmx Task Name za izlaz

Pored ovih elemenata potrebno je dodati i dve numeričke kontrole. Jednu za periodu odabiranja, jednu koja će korisniku prikazivati trenutno trajanje eksperimenta. Za početak ćemo postaviti jednu numeričku kontrolu koja će predstavljati periodu odabiranja. Samim tim nju je potrebno povezati na jedan *Wait until next (ms)* tajmer blok, što je predstavljeno na sledećoj slici:



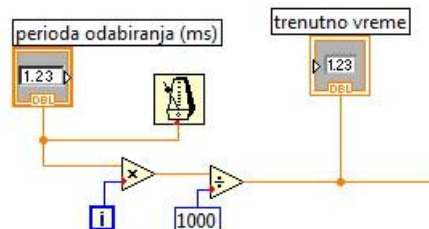
Slika 24 - Perioda odabiranja i Wait until next tajmer

Zatim ćemo podatak sprovesti dalje, uz pomoć aritmetickog bloka koji ima zadatak da premnožava zadatu vrednost sa brojem prolaska kroz petlju, kako bismo realno merili vreme.



Slika 25 - Perioda odabiranja i Wait until next tajmer povezani sa množiocem

Drugu numeričku kontrolu predstavljamo kao indikator koji korisniku pokazuje koliko je trenutno vreme eksperimenta. Ona se predstavlja na blok dijagramu blokom prikazanim na sledećoj slici ima naziv *Trenutno vreme* i na njoj je predstavljeno vreme snimanja u sekundama.

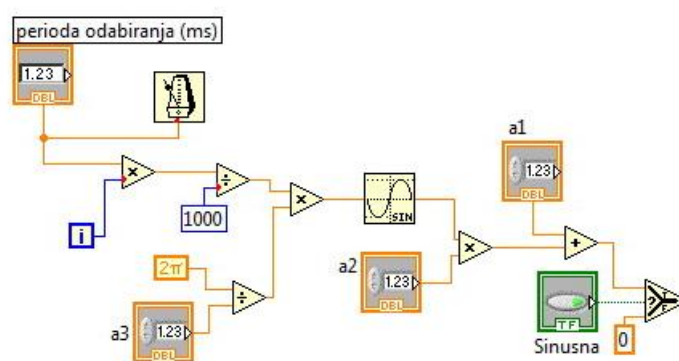


Slika 26 - Dodavanje bloka za očitavanje vremena eksperimenta

Podatak sa periode odabiranja ćemo prvo podeliti sa 1000 da bi se opet dobila vrednost u milisekundama koje se zatim prosleđuje u *Bundle* blok koji podatke šalje van petlje u blokove za snimanje podataka.

Bilo je potrebno instrumentu dodati funkcionalnost odabira tipa i vrednosti funkcija za prosleđivanje elementima uređaja, grejaču i ventilatoru. U optičaju su bile konstantna vrednost, sinusoidna i STEP funkcija. To smo rešili prekidačima za svaku od nabrojanih tipova, na sledeći način: sa jedne strane logičke "pitalice" je vezana signalna linija za zadavanje vrednosti, sa druge strane nula, pa ukoliko je prekidač u TRUE položaju, prosleđuju se vrednosti te funkcije, ukoliko je na FALSE, prosleđuje se nula.

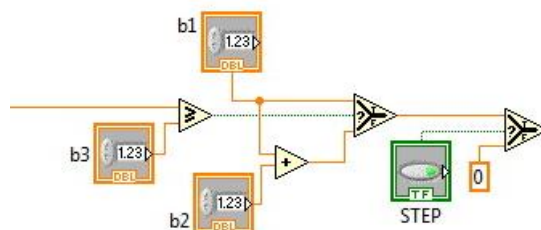
Na sledećoj slici se vidi kako je to izvedeno za slučaj sinusa, gde smo prateći osnovnu jednacinu sinusne funkcije napravili blok koji za vrednosti koje unese sam korisnik u Front Panelu instrument sistemu prosledio ispravnu sinusnu funkciju.



Slika 27 – Povezivanje i implementacija Sinusne funkcije

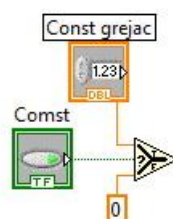
Potrebno je naglasiti da smo dodavanjem *Sin* bloka (naznačenog na slici 24) definisali sve potrebne parametre sinusoide i da je potrebno u front panelu u već naznačena polja upisati vrednosti za a_1 , a_2 , a_3 . Funcija ovih vrednosti kao i karakteristične vrednosti koje se unose predstavljene su na front panelu, dok ćemo kasnije u tekstu objasniti svaku od njih detaljnije.

Za STEP funkciju, grana bi imala sledeći oblik:



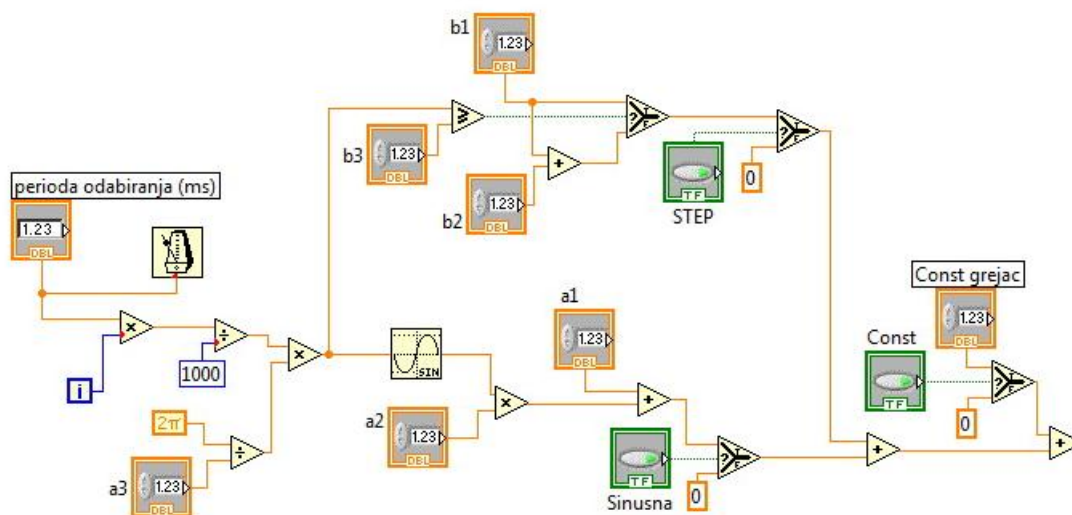
Slika 28 – Povezivanje i implementacija za STEP funkciju

I konačno, za zadavanje konstantne vrednosti imamo sledeće blokove.



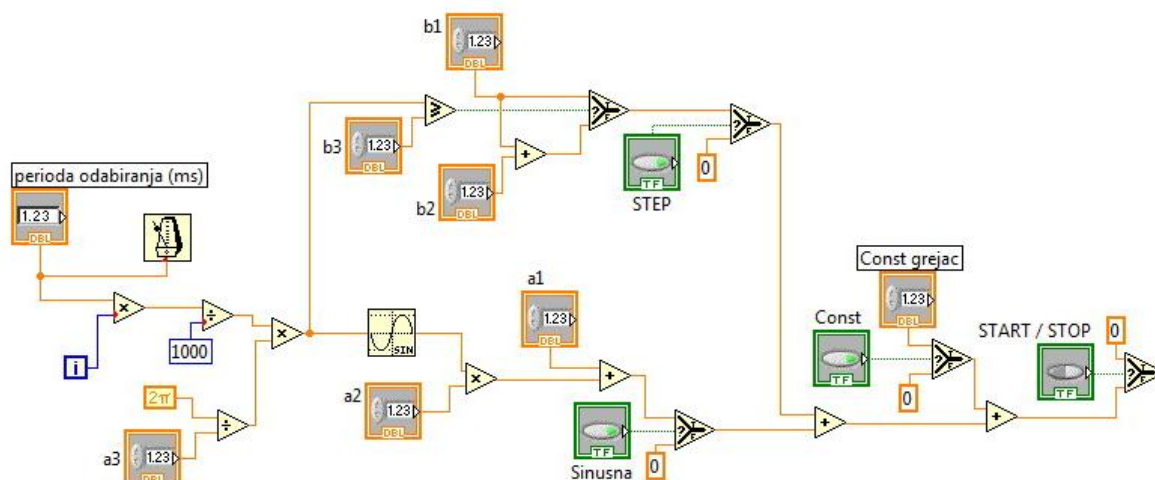
Slika 29 – Povezivanje i implementacija za rucno unosenje vrednosti

Na kraju, sve ove “podgrane” su povezane aritmetickim operatorom +, kako bismo dobili jednu jedinstvenu liniju za odabir funkcije. Eliminirana je mogućnost preklapanja funkcija dodavanjem nula na FALSE vrednosti prekidača.



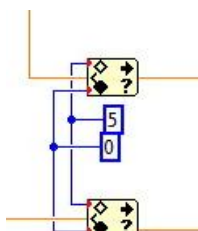
Slika 30 – Konstantna vednost, STEP i Sin funkcija povezani u jednu granu

Dalje je ta linija vezana na START / STOP dugme standardne funkcionalnosti, a iza njega na dijagram za prikaz oblika trenutne funkcije na grejaču.



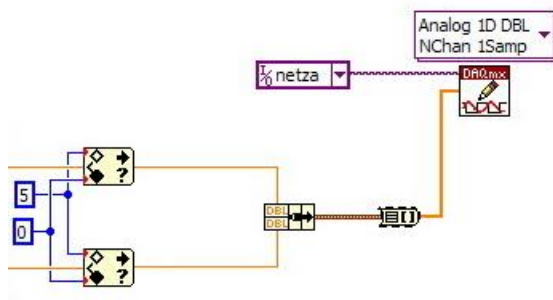
Slika 31 – Dodavanje START/STOP dugmeta

Apsolutno istim postupkom obezbedili smo i odabir funkcije za ventilator, koji stoga nećemo prikazati, a koji se posle vezivanja na blok za ograničavanje prosleđuje preko *bundle* bloka kartici korišćenjem bloka *DAQmx Write* koji smo u prethodnom tekstu definisali. Zbog ograničenosti napona same kartice, postavićemo i dva ograničenja pomoću *Range and Coerce* blokova (*desni klik* → *Programming* → *Comparison* → *In Range and Coerce*), od 0V do 5V za svaku od pomenutih promenljivih (napon na ventilatoru i napon na grejaju).



Slika 32 - Ograničenje od 0V do 5V

Pošto imamo dva različita signala koje je potrebno proslediti kartici (napon za ventilator i grejač), a jedan data konektor na *DAQmx Write* bloku potrebno je dodavanje jednog *Bundle* bloka (*desni klik* → *Programming* → *Cluster, Class & Variant* → *Bundle*) koji će ta dva signala povezati u jedan signal. Povezivanje je predstavljeno na sledećoj slici:



Slika 33 - Dodavanje Bundle bloka

Na prethodnoj slici je takođe dodat konvertor grupe signala u aritmetički niz koji se zove *Cluster to Array* i nalazi se u kontekst meniju pod *Programming* → *Array* grupom.

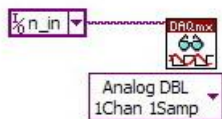
U narednom delu pokazaćemo kako se kreira deo blok dijagrama za primanje podataka. Prvo ćemo na već postojeći dijagram iz palete alata dodati *DAQmx Read* koji predstavlja blok za preuzimanje podataka sa kartice. On ima sledeći izgled:



Slika 34 - DAQmx Read

U slučaju *DAQmx Read* bloka potrebno je izabrati sledeće opcije *Analog* → *Single channel* → *Single sample* → *DBL*. Ovo je potrebno zato što je u pitanju analogni signal, koji će biti na jednom kanala, a kartici se prosleđuje jedan uzorak tipa *double* (decimalna vrednost).

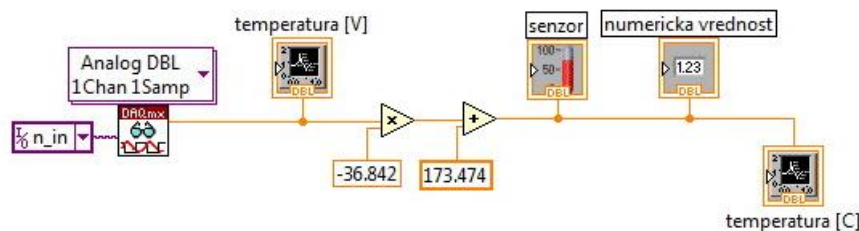
Kao i u slučaju prethodnog *DAQmx* bloka potrebno je definisati kojim kanalom se poziva funkcija prosleđivanja podataka sa kartice pa je iz tog razloga potrebno dodati *DAQmx Task Name constant* blok i povezati ga na *task/channels in* konektor, što je i prikazano na sledećoj slici:



Slika 35 - Povezivanje DAQmx Read i DAQmx Task Name za ulaz

Sa prethodnog *DAQmx Read* bloka podaci se prosleđuju dalje ali se prvo mora izvršiti kalibracija sistema. Kalibracija je potrebna jer se signal dobija u voltima pa ga je potrebno prevesti u drugi fizički parametar koji je nama potreban, u temperaturu. Kalibracija sistema se vrši prema sledećoj jednačini i unosi se u blok dijagram preko numeričkog bloka za množenje koji je prikazan na sledećoj slici:

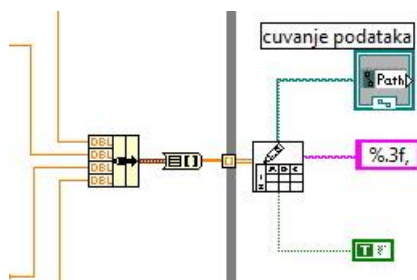
$$Temperatura = -37.511 \cdot Napon + 175.513$$



Slika 36 - Kalibracija sistema i dodavanje grafia za senzor

Takođe smo dodali i po jedan indikator koji će na front panelu da prikazuje trenutno očitavanje senzora, i to jedan *Thermomether* i jedno numeričko polje koji su vezani na sistem posle kalibracije. Pored ovoga kao zadatak smo imali prikazivanje rezultata na dva grafika, koje smo vezali na pomenutu granu i to jedan pre baždarenje koji će pokazivati koji se napon očitava na senzoru pre baždarenja i jedan koji je dodat posle baždarenja koji će pokazivati trenutnu temperaturu koju senzor registruje. Što je na prethodnoj slici predstavljeno sa dva bloka koji su nazvani *senzor*, *numericka vrednost*, *temperatura [V]* i *temperatura [C]*. Oni će na *Front Panelu* korisniku vizuelno predstavljati rezultate.

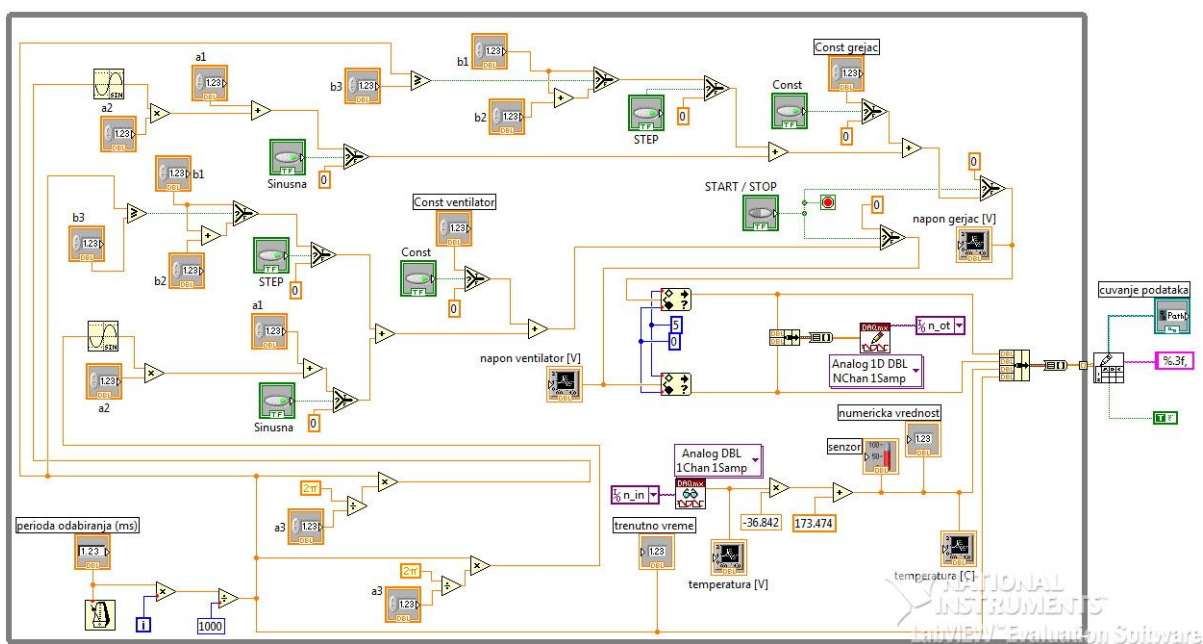
Pošto smo do sada imali tri zasebne “grane” sa četiri različita podatka, stavićemo “sabirnik” (*Bundle*) koji će ih spojiti u jedan niz podataka i proslediti bloku za snimanje podataka. To ćemo uraditi na način prikazan na slici i time završavamo rad na blok dijagramu instrumenta. Potrebno je jos i definisati deo za snimanje podataka u fajl kod koga smo se odlucili za 4 kolone koje ćemo povezati u jedan BUNDLE BLOK i zatim izvesti van petlje u zaseban txt fajl. Oblik dela za snimanje ce biti predstavljen na sledecoj slici i standardnog je oblika kao i kod drugih .vi fajlova.



Slika 37 – Blok za čuvanje podataka


Računarski podržano merenje i upravljanje

Ovim dobijamo i konačni izgled Blok dijagrama koji je predstavljen na sledećoj slici:



Slika 38 - Konačni izgled blok dijagrama

Ovim dobijamo kompletirani blok dijagram čiji Front Panel izgleda kao na sledećoj slici:

MERENJE, PRIKUPLJANJE I VIZUELIZACIJA SIGNALA U LABVIEW PROGRAMSKOM PAKETU NAD OBJEKTOM PT400 U OTVORENOJ SPREZI			Autori programskog rešenja: Nemanja Stevanovic 114/2001 Vladimir Kanjevac 31/2004	
 <p>Objekat upravljanja - PT400</p>		<p>POSTAVKA ZADATKA</p> <p>Strukturni blok dijagram</p> <p>Legenda</p> <p>$u_g(t)$ – ulazni signal 0-5V koji pobudjuje grejac snage 400W; $u_v(t)$ – ulazni signal 0-5V koji pobudjuje ventilator; $y_1(t)$ – izlazni signal 0-5V sa temperaturnog senzora; $y_2(t)$ – izlazni signal u °C sa temp. senzora posle bazdarenja.</p>		
<p>START / STOP</p> <p>Aktivno</p> <p>perioda odabiranja (ms)</p> <p>50</p>		<p>$u_2(t) = b_1 + b_2 * h(t + b_3)$</p> <p>$u_1(t) = a_1 + a_2 * \sin\left(\frac{2\pi}{a_3}t\right)$</p> <p>*Napomena: zbir a_1+a_2 i b_1+b_2 mora biti manji ili jednak od 5V</p>		
<p>$u_v(t)$ - odabir funkcije ulaznog signala na ventilatoru</p> <p>Const</p> <p>STEP</p> <p>Sinusna</p> <p>Const ventilator 0</p> <p>b1 0 b2 0 b3 0</p> <p>a1 0 a2 0.00 a3 0.00</p>		<p>$u_v(t)$ - ulazni signal na ventilatoru [0-5V]</p> <p>Napon [V]</p> <p>Vreme [s]</p>		
<p>$u_g(t)$ - odabir funkcije ulaznog signala na grejacu</p> <p>Const</p> <p>STEP</p> <p>Sinusna</p> <p>Const grejac 0</p> <p>b1 0 b2 0 b3 0</p> <p>a1 0 a2 0.00 a3 0.00</p>		<p>$u_g(t)$ - ulazni signal na grejacu [0-5V]</p> <p>Napon [V]</p> <p>Vreme [s]</p>		
<p>$y_2(t)$ - izlazni signal [°C] posle bazdarenja</p> <p>Temperatura [°C]</p> <p>Vreme [s]</p>		<p>$y_1(t)$ - izlazni signal [0-5V] pre bazdarenja</p> <p>Napon [V]</p> <p>Vreme [s]</p>		
		<p>senzor</p> <p>50</p> <p>45</p> <p>40</p> <p>35</p> <p>30</p> <p>25</p> <p>20</p> <p>0</p> <p>trenutno vreme</p> <p>0</p>		
		<p>cuvanje podataka</p> <p>q</p> <p>Redosled upisa podatka po kolonama:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Napon na grejacu [V] 2. Napon na ventilatoru [V] 3. Signal sa temperaturnog senzora [°C] 4. Signal sa temperaturnog senzora [V] 5. Vreme [sec] 		

Slika 39 - Konačni izgled Front Panel instrumenta

4.3. Unos promenljivih za rad sa sistemom

Prvo je potrebno definisati način unosa za oba podatka. Tj trebamo definisati koji ulaz želimo da napravimo da li je u pitanju konstantna, STEP ili sinusna funkcija. To ćemo definisati klikom na određeno dugme u front panelu i to za napon na ventilatoru i grejaču.

Za konstantnu vrednost unosa korisnik unosi željenu vrednost u vidu napona od 0 do 5V.

Ukoliko je traženo da se unese STEP funkcija potrebno je unošenje tri parametra koji ga definišu i to:

- **b_1** – početna vrednost STEP-a, vrednost koju je potrebno uneti treba biti od 0 do 5V;
- **b_2** – veličina skoka STEP-a, kao i u prethodnom slučaju vrednost koja se unosi može biti između 0 i 5V s'tim da trebamo naglasiti da korisnik treba paziti da zbir b_1 i b_2 ne pređe 5V jer je to maksimalni napon koji se može proslediti kartici.
- **b_3** – vreme aktiviranja STEP funkcije, predstavlja vremensku promenljivu koju je moguće menjati u toku eksperimenta. Zadaje se u sekundama.

Ukoliko se korisnik odluči za sinusnu funkciju potrebno je uneti parametre koji su prikazani na front panelu i koji su sledećeg oblika:

- **a_1** – offset sinusoide i potrebno je uneti vrednost od 0 do 5V. Posto je dozvoljeni napon koji kartica može da primi od 0 do 5 v smatrali smo ovo kao bitan dodatak jer on definiše od koje voltaže kreće sinusoida, a takođe i sprečava “negativan” napon.
- **a_2** – amplituda sinusoide, kao i u prethodnom slučaju potrebno je uneti vrednost od 0 do 5V s'tim sto trebamo imati na umu da zbir a_1 i a_2 ne sme biti veći od 5V jer u tom slučaju nije moguće pravilno zadavanje vrednosti kao i njihovo merenje.
- **a_3** – period sinusoide, za nju je potrebno uneti numericku vrednost u sekundama.

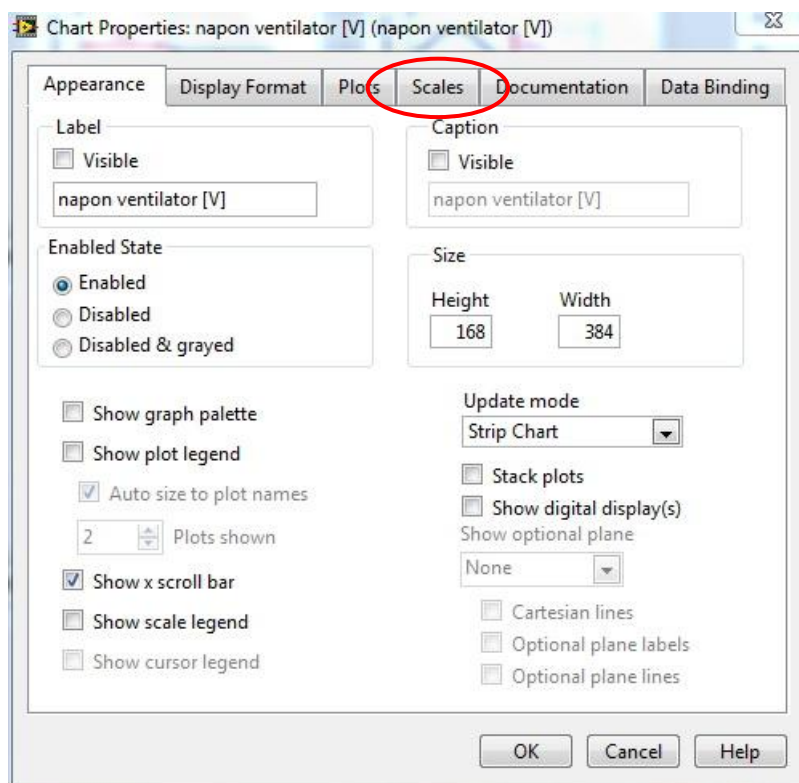
Vreme koje je takođe bilo potrebno definisati kao parametar smo povezali zasebnom granom sa periode odabiranja.

Takođe ćemo definisati i periodu odabiranja koja se unosi u milisekundama.

Pošto smo definisali sve vrednosti merenje i upis poataka u .txt fajl otpočinje klikom na START dugme. Kada se merenje završi, klikom na STOP dugme zaustavljamo ventilator i grejač i samim tim nam se nudi čuvanje vrednosti koje je senzor registrovao i sortirao po različitim kolonama. Zadavanjem imena i extenzije .txt , kao i specifičnog mesta gde će se fajl čuvati završili smo snimanje.

4.5. Skaliranje grafika u odnosu na unetu periodu odabiranja

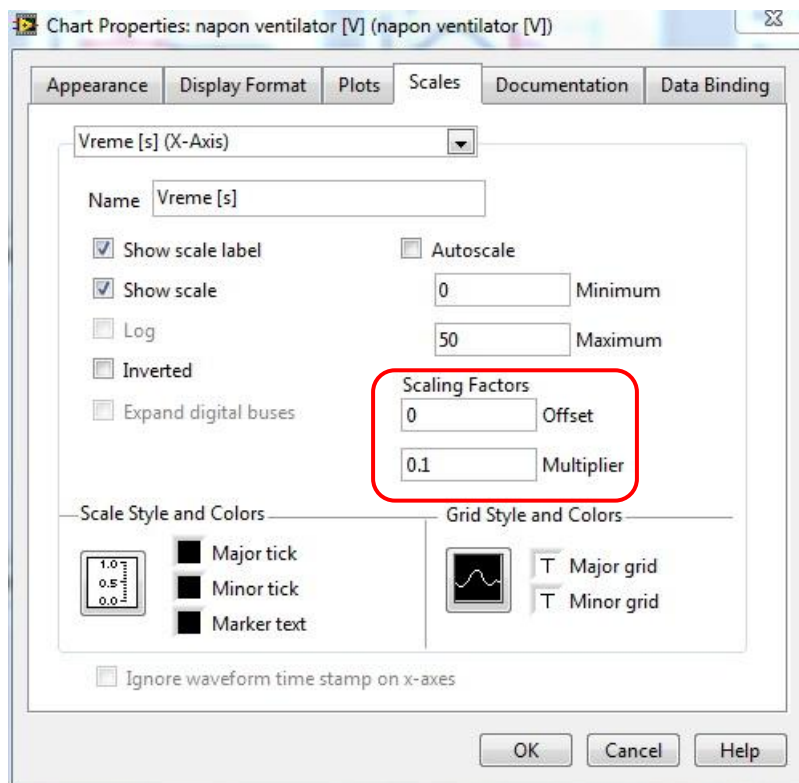
Jedan od problema koji se javio pri radu sa programskim paketom LabVIEW-om je bilo podešavanje grafika kako bi prikazivali realno vreme na x osi. Iako sistem radi kako treba, rezultati koji se prikazuju na grafiku su beskorisni ukoliko se ne unesu potrebne vrednosti u pravcu x ose (Vreme [s]). Predstavimo jedini način na koji se to može uraditi. Posle unosa periode odabiranja sa kojom želimo vršiti snimanje, a pre puštanja sistema u rad potrebno je sledećom komandom otvoriti panel za podešavanje grafa: Desni klik → Properties, time otvaramo prozor Chart Properties koji je prikazan na sledećoj slici:



Slika 40 - Chart Properties

Računarski podržano merenje i upravljanje

U njemu ćemo odabrati tab pod imenom Scales kao što je i prikazano na sledećoj slici i u njemu u polju Scaling factors → Multiplier unosimo periodu odabiranja u sekundama. Na ovaj način kao što će biti i prikazano u sledećem poglavlju sva eksperimentalna snimanja se dešavaju u realnom vremenu.



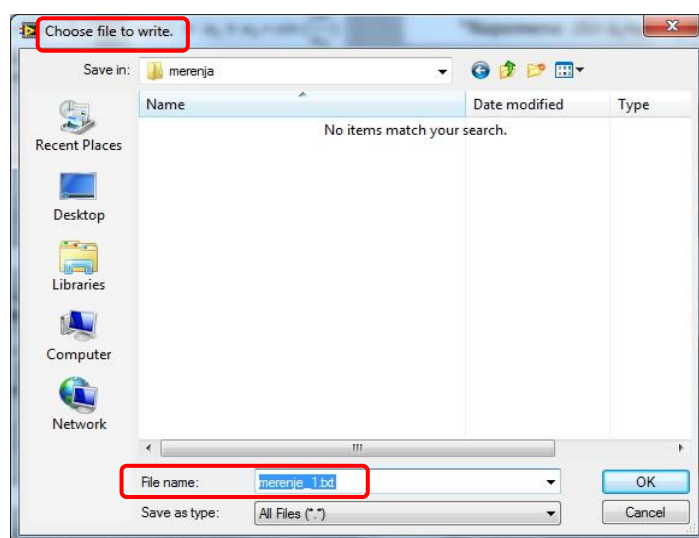
Slika 41 – Chart Properties-Scales

Želimo da naglasimo da u toku jednog snimanja postoji mogućnost promene periode odabiranja i ona će biti registrovana i snimljena u izlaznom fajlu ali ne postoji mogućnost vizuelizacije te promene na grafu jer u toku rada ne možemo pristupiti *Properties*-u samog grafa.

4.5. Fajl za snimanje podataka

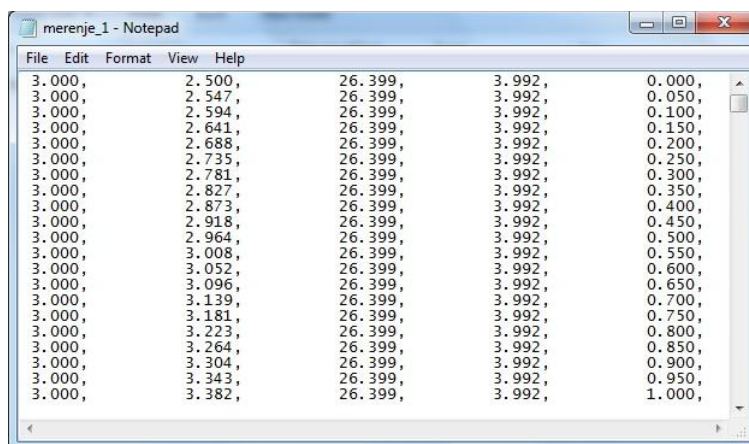
Samo snimanje je vrlo jednostavno i pokreće se iz *Front Panela* posle unošenja željenih vrednosti u zadata polja. Dobijeni podaci se čuvaju u tekstualni fajl (na mestu koje korisnik odabere) u različitim kolonama. U ovom radu odlučili samo se za pet različitih kolona koje predstavljaju: napon na grejaču [V], napon na ventilatoru [V], signal sa temperaturnog senzora [°C], signal sa temperaturnog senzora [V] i vreme [sec].

Po pokretanju programa podaci se snimaju u memoriju računara, posle završetka snimanja [pritiskom na STOP dugme] otvoriće se novi prozor pod imenom *Choose file to write* u kome korisnik definiše gde želi da sačuva .txt fajl i pod kojim imenom. Oblik novootvorenog prozora prikazan je na slećoj slici:



Slika 42 – Odabir mesta snimanja .txt fajla

Na sledećoj slici predstavljen je jedan od snimljenih podataka:



File	Edit	Format	View	Help
3.000,	2.500,	26.399,	3.992,	0.000,
3.000,	2.547,	26.399,	3.992,	0.050,
3.000,	2.594,	26.399,	3.992,	0.100,
3.000,	2.641,	26.399,	3.992,	0.150,
3.000,	2.688,	26.399,	3.992,	0.200,
3.000,	2.735,	26.399,	3.992,	0.250,
3.000,	2.781,	26.399,	3.992,	0.300,
3.000,	2.827,	26.399,	3.992,	0.350,
3.000,	2.873,	26.399,	3.992,	0.400,
3.000,	2.918,	26.399,	3.992,	0.450,
3.000,	2.964,	26.399,	3.992,	0.500,
3.000,	3.008,	26.399,	3.992,	0.550,
3.000,	3.052,	26.399,	3.992,	0.600,
3.000,	3.096,	26.399,	3.992,	0.650,
3.000,	3.139,	26.399,	3.992,	0.700,
3.000,	3.181,	26.399,	3.992,	0.750,
3.000,	3.223,	26.399,	3.992,	0.800,
3.000,	3.264,	26.399,	3.992,	0.850,
3.000,	3.304,	26.399,	3.992,	0.900,
3.000,	3.343,	26.399,	3.992,	0.950,
3.000,	3.382,	26.399,	3.992,	1.000,

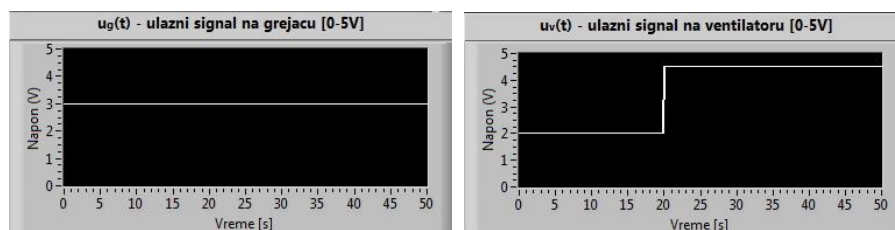
Slika 43 - Rezultati snimanja

5. Merenja i predstavljanje dobijenih rezultata eksperimenata

Kao što smo već naglasili napravili smo aplikaciju kojom je moguće na dva ulaza u objekat upravljanja zadavati napon u različitim oblicima i to na ventilator i grejač. Pošto su mogući scenariji zadavanja: konstantna vrednost, STEP i sinusna funkcija na ulazima, u narednih par primera ćemo predstaviti rezultate snimanja i odzive sistema na različite funkcije na ulazu.

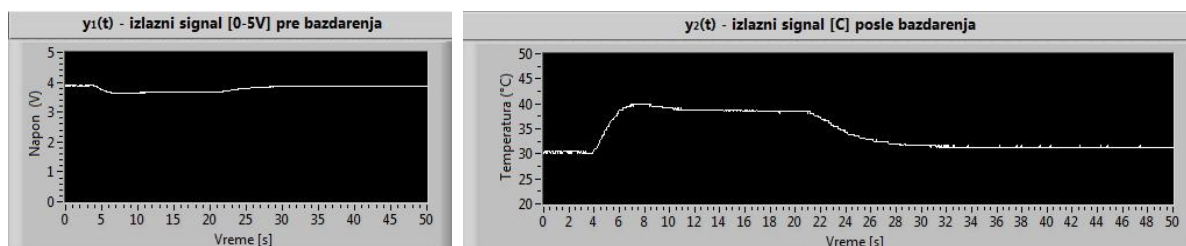
5.1. Konstantni napon na grejaču

U prvom eksperimentu vršili smo merenje sa konstantnom vrednošću na grejaču dok smo na ventilatoru zadavali različite ulazne funkcije. Pri konstantnoj vrednosti na grejaču od 3 V i odabirom STEP funkcije na ventilatoru zadali smo sledeće parametre STEP-a u front panelu $b_1 = 2$ V, $b_2 = 2.5$ V, $b_3 = 20$ S, i rezultate koje su pokazivali grafici koji su vezani za grejač i ventilator su prikazani na sledećoj slici:



Slika 44 – Grafici koji predstavljaju napone na grejaču i ventilatoru

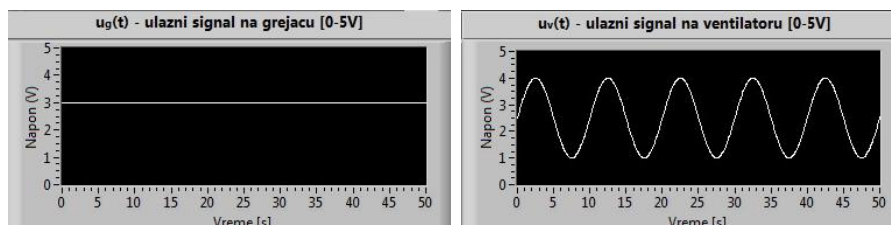
Senzor je registrovao sledeće rezultate i promene u vidu napona i temperature:



Slika 45 – (a)Grafik pre baždarenja, (b) Grafik posle baždarenja

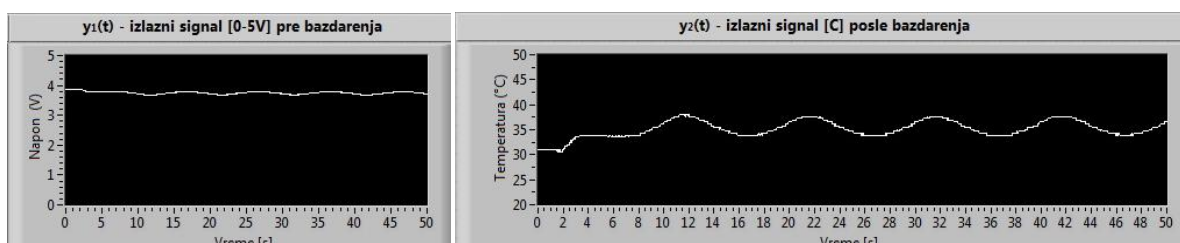
Iz priloženih grafika se vidi da usled povećanja napona na ventilatoru posle 20 S dolazi do rashlađivanja senzora pa samim tim i temperatura na istom opada.

U drugom eksperimentu vršili smo merenje sa takođe konstantnom vrednošću od 3 V na grejaču dok smo kao ulaz na ventilatoru odabrali sinusnu funkciju sa sledećim parametrima $a_1 = 2.5$ V, $a_2 = 1.5$ V, $a_3 = 10$ S, naponi koji su registrovani na graficima za grejač i ventilator su prikazani na sledećim slikama:



Slika 46 - Grafici koji predstavljaju napone na grejaču i ventilatoru

Dok je senzor registrovao promenu temperature kao što je i prikazano na sledećim slikama:



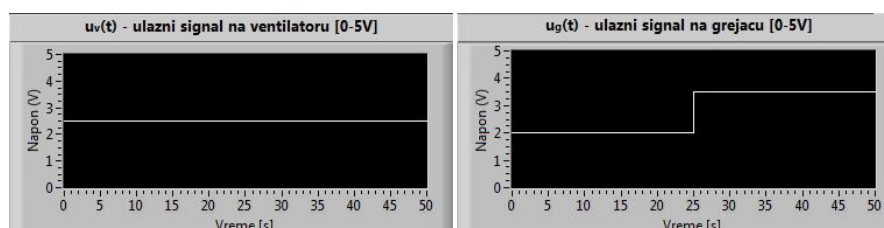
Slika 47 - (a)Grafik pre baždarenja, (b) Grafik posle baždarenja

Iz priloženih grafika možemo primetiti da kada napon na ventilatoru raste dolazi do rashlađivanja senzora pa samim tim i temperatura opada, dok kada napon na ventilatoru opada grejač koji radi konstantno povećava temperaturu.

5.2. Konstantan napon na ventilatoru

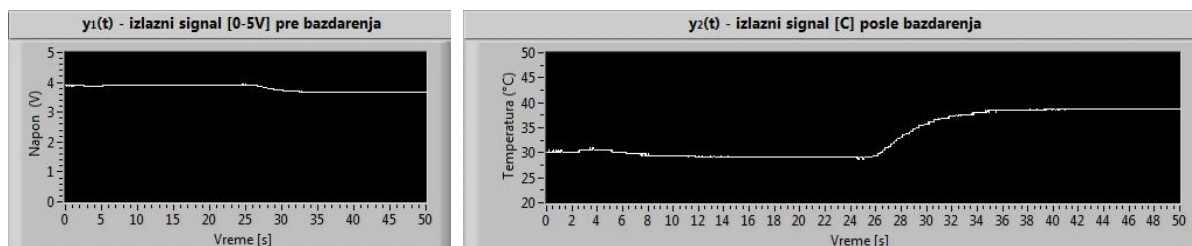
U ovom eksperimentu unosimo konstantnu vrednost na ventilatoru, dok ćemo menjati ulaze na grejaču i to prvo STEP funkciju pa zatim i sinusnu funkciju.

Pri konstantnoj vrednosti na ventilatoru od 2.5 V i odabirom STEP funkcije na grejaču pri čemu smo za ulazni oblik STEP funkcije uneli sledeće parametre $b_1 = 2$ V, $b_2 = 1.5$ V, $b_3 = 25$ S, senzori koji su vezani na ventilator i grejač su registrovali i prikazali sledeće vrednosti:



Slika 48 - Grafici koji predstavljaju napone na grejaču i ventilatoru

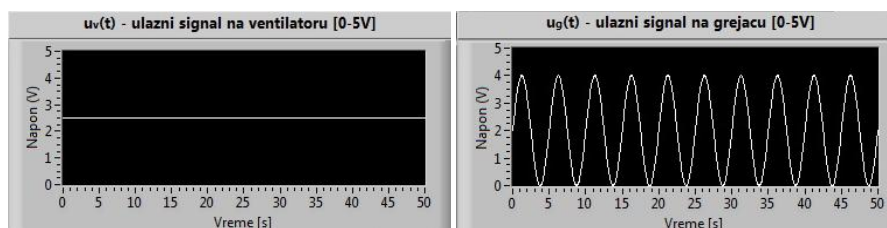
Senzor je registrovao sledeće rezultate i oni su predstavljeni na sledećoj slici:



Slika 49 - (a)Grafik pre baždarenja, (b) Grafik posle baždarenja

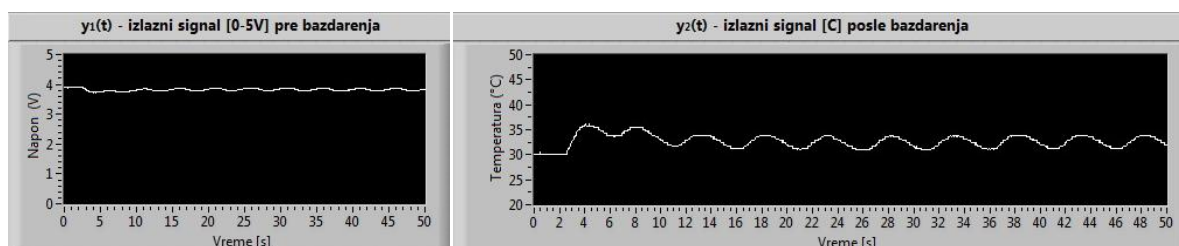
Na graficima možemo primetiti da posle skoka napona na grejaču raste i temperatura što je i registrovano na slici 46 (b).

U drugom eksperimentu vršili smo merenje sa takođe konstantnom vrednošću od 2.5 V na ventilatoru dok smo kao ulaz na grejaču odabrali sinusnu funkciju sa sledećim parametrima $a_1 = 2$ V, $a_2 = 2$ V, $a_3 = 5$ S, tako da smo dobili sledeća dva grafika na kojima se jasno vide unete vrednosti na ventlatoru i grejaču:



Slika 50 - Grafici koji predstavljaju napone na grejaču i ventilatoru

Pri ovakvim unosima senzor je registrovao promenu temperature kao što je i prikazano na sledećim slikama:



Slika 51 - (a)Grafik pre baždarenja, (b) Grafik posle baždarenja

Iz priloženih gafika se može primetiti da ukoliko je zadati ulaz konstantan na ventilatoru, a na grejaču ulaz u obliku sinusne funkcije, verdnosti na grafiku koje pokazuju promenu temperature rastu kada raste napon na grejaču i opadaju kada napon opada. Ovo se dešava zato što je napon na ventilatoru konstantan i nema pojačanog hlađenja pri povećanju temperature.

6. Zaključak

U ovom radu smo prikazali način kreiranja virtuelnog instrumenta kojim se zadaju željene funkcije na ulazu u objekat upravljanja i kako se registruju različite temperature na objektu upravljanja usled tih različitih ulaza. Takođe smo predstavili na koji način se unose svi potrebni podaci koji figurišu u različitim ulazima (bilo da je u pitanju konstantna vrednost, STEP funkcija ili sinusna funkcija).

Generalno, ovaj zadatak je pokazao da je uz elementarno poznavanje konkretne problematike i elementarno poznavanje rada sa LabVIEW i DAQmx softverima moguće kreirati usko specijalizovane instrumente za merenje. Tako bi ovaj naš instrument predstavljao najopštiji tip, koja obuhvata sve moguće varijante scenarija rada sa objektom upravljanja; a koji bi takođe uz male modifikacije mogao da se konvertuje u instrument za jedan od ponuđenih načina rada (npr. ukoliko je korisniku pri radu potreban samo po jedan određeni tip ulaznih funkcija).

Uočili smo par mana na sistemu koje mogu u manjoj ili većoj meri da utiču pri daljem radu sa *PT 400*. Mana samog uređaja je u tome što ventilator i grejalica sporije reaguju, tj. postoji određeno kašnjenje u radu kada se radi sa manjim vrednostima napona. Na primer, sam ventilator nije mogao da se pokrene sa naponom manjim od 2V (a kada se pokrene nije radio sa naponom manjim od 0.6V), tako da ukoliko je potreban napon od recimo 1V, potrebno je prvo započeti merenja sa naponom od 2V ili višim, a zatim postepeno smanjivati vrednosti. Naglasio bih da ovo nije uzrokovano ljudskim faktorom ili kvarom na aparatu već tehničkim karakteristikama samog ventilatora i propisanim naponskim opsegom rada.

7. Literatura

- [1] Milan Matijević, Goran Jakupovid, Jelena Car, *Računarski Podržano Merenje I Upravljanje*, , Mašinski Fakultet Kragujevac, 2005
- [2] Lisa K. Wells, *The LabVIEW Student Edition User Guide*, Prentice Hall, 1995
- [3] Finn Haugen, *Introduction to LabVIEW 8.5* ,
<http://techteach.no/labview/lv85/labview/index.htm>
- [4] www.ni.com , internet stranica