

## MERNI PODSISTEM SISTEMA ZA NADZOR KAROTAŽNIH BUŠOTINA BOREHOLE MEASUREMENT SUBSYSTEM

Srdan Klačnić, Miodrag Brkić, Miloš Živanov, *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*

**Sadržaj** - U radu je demonstrirana primena virtuelne instrumentacije u okviru sistema za merenje geofizičkih parametara u bušotinama za vodu. Pomoću akvizicione kartice NI USB-6009 i programske aplikacije razvijene u LabVIEW okruženju omogućeno je nadgledanje i snimanje merenih veličina. Merenja su površinska i u bušotini, a softver vrši analizu analognih i digitalnih signala sa ulaza akvizicione kartice. Snimanje daje mogućnost naknadne analize rezultata merenja.

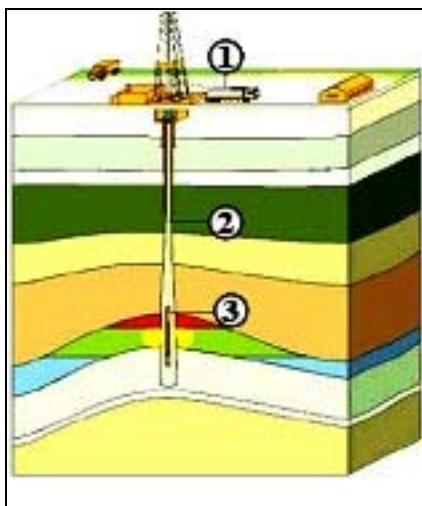
**Abstract** – This paper demonstrate the application of virtual instrumentation in borehole measurement systems for water. Acquisition card NI USB-6009 and software applications developed in LabVIEW environment enables monitoring and recording of measured values. Measurements are on surface and in borehole, and software performs the analysis of analog and digital signals from inputs of acquisition card. Saving of recorded data gives the possibility of subsequent analysis of measurement results.

**Keywords:** Borehole, LabVIEW, aquasition, recording

### 1. UVOD

Sistem za geofizička merenja (prikazan na slici 1.) odnosno sistem za geofizičku karotažu (GFK) sastoji se od tri osnovna dela :

1. GFK aparature odnosno kompjuterizovane površinske opreme (koju čine površinska jedinica za analizu i prezentaciju merenih rezultata),
2. Provodnog kabla (služi za spuštanje sonde u bušotinu koja se ispituje, a ujedno predstavlja i komunikacioni link između površinske jedinice i merne sonde)
3. Merne sonde (koriste se za direktno merenje)



Slika 1. Sistem za geofizička merenja

GFK sistemi se mogu koristiti za pronalaženje lokacija vode, gasa i nafte ispod zemlje. U ovom radu zadržaćemo se na pronalaženju vode iako se suštinski ništa ne menja ako su u pitanju gas ili nafta. Dubine na kojima se merenja vrše su do kilometra u bušotinama za vodu, te do 7 kilometara za naftu i gas. Imajući u vidu da ne postoji sonda koja samostalno može da meri sve potrebne veličine u bušotini

(kao što su temperatura, gama zračenje, specifični električni otpor itd.) za potrebe merenja koriste se različiti tipovi sonde. U našem sistemu koriste se četiri sonde :

- Elektrolog
- Sonda za gama zračenje
- Temperaturna sonda
- Flowmeter

Elektrolog je sonda koja meri sopstveni potencijal i specifični električni otpor sa dva zahvata, na 16 i 64 inča. Mere se još i dubina i tenzija. Merenje dubine se vrši pomoću enkodera. On smer i brzinu obrtanja osovine motora koji spušta ili podiže sonde u bušotini pretvara u električni signal koji se analizira. Merenje tenzije predstavlja merenje sile zatezanja kojom sonde i kabel deluju na senzor. Na taj način se utvrđuje da li se sonde i kabel neometano kreću u bušotini.

Koncept virtualne instrumentacije primenjen u okviru mernog podsistema je značajan pre svega zbog zbog višestrukih prednosti u odnosu na standardnu tradicionalnu instrumentaciju. Osnovne prednosti su mogućnost menjanja karakteristika i prilagođavanje konkretnoj situaciji; mogućnost menjanja brzine uzorkovanja; jednostavno međusobno spajanje virtualnih instrumenata; akvizicija, analiza i prezentacija spojene u jednu celinu; jednim mernim uređajem je moguće rešiti veći broj mernih zadataka itd.

### 2. OPIS SISTEMA

Struktura mernog sistema prezentovanog u ovom radu može se pojednostavljeno predstaviti kao na slici 2. Signali sa sonde, uključujući i signal sa enkodera prosleđuju se na ulaze akvizicione kartice NI USB-6009. Kartica poseduje osam analognih ulaza, dva analogna izlaza, 12 ulazno-izlaznih digitalnih linija, kao i jedan ulaz koji može da se koristi kao trigger ulaz ili brojač. Zbog jednog brojačkog ulaza dodat je prilagodni hardver (slika 3.) u vidu jednostavnog

elektronskog stepena koji predstavlja posrednika između enkodera i porta 0 na akvizicionoj kartici.

Zaseban hardverski sistem, odvojen od našeg sistema, vrši napajanje sonde i prilagođava signale sa sonde naponskim nivoima (0 do 5V) koji se prosleđuju kartici. Akviziciona kartica prilagođene signale šalje na USB port računara, gde se posredstvom programa izrađenog u LabVIEW okruženju vrši obrada, prezentacija, analiza i snimanje merenih signala.



Slika 2. Principialna šema

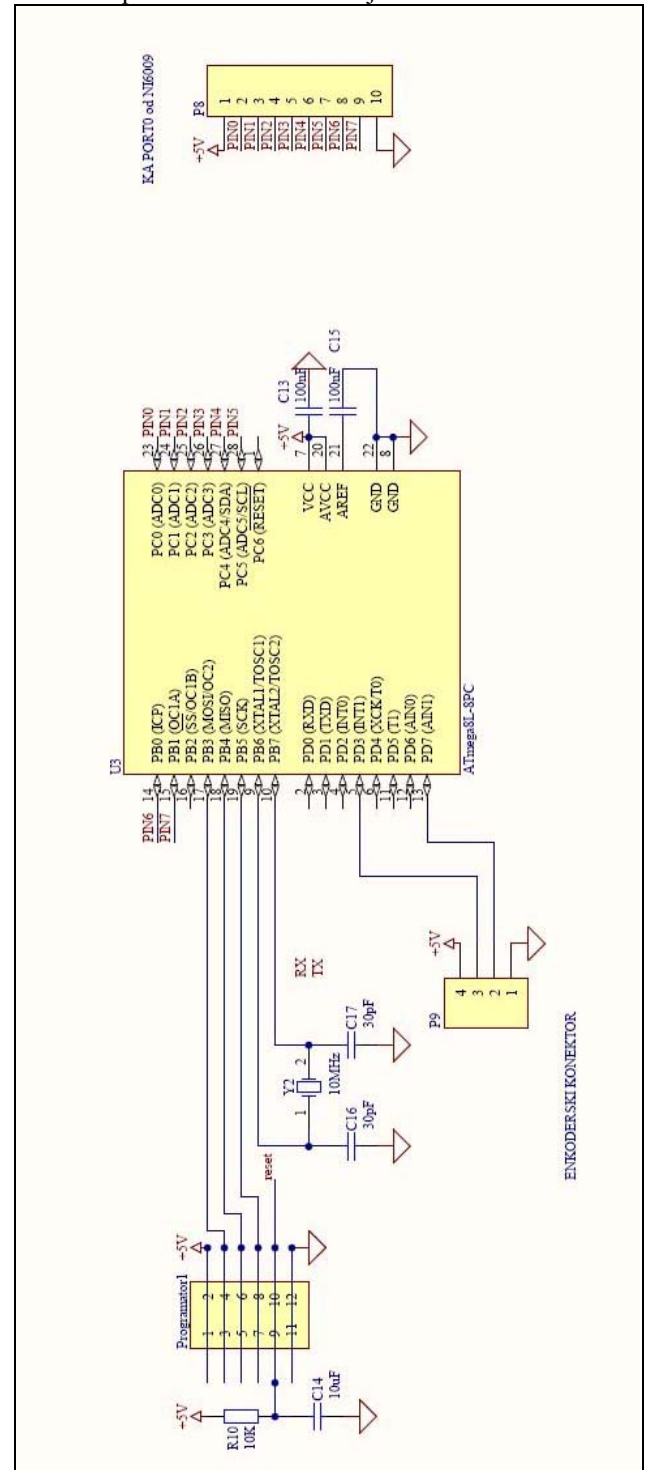
### 3. PRILAGODNI HARDVER

Dodatna elektronika (Slika 3.) rešava problem postojanja samo jednog brojačkog ulaza kod akvizicione kartice. Bazirana je na mikrokontroleru ATmega8 koji se koristi za obradu enkoderskog ulaza. Port 0 sa NI USB-6009 je spojen na kontroler (8 bita) koji se kao i enkoder napaja sa akvizicione kartice. ATmega8 je dobrih karakteristika za 8-bitne mikrokontrolere, jeftin je i jednostavan za korišćenje. Sa njim se sistem može znatno proširiti.

Princip rada je sledeći, kada mikrokontroler registruje interapt na konektoru PD3 čita informaciju sa ulaza PD7 i na osnovu toga zaključuje da li se osovinu motora okreće na jednu ili drugu stranu. Nakon vremenskog intervala od 100ms mikrokontroler prosleđuje broj impulsa koji je dao enkoder u tom intervalu. Imajući u vidu da je enkoder bidirekcion, broj tih impulsa može biti negativan ili pozitivan u zavisnosti od kretanja sonde u bušotini. Jedan interapt ulaz na mikrokontroleru je iskorišćen za enkoder dok se ostali mogu iskoristiti za dodatno proširenje sistema. Enkoder informaciju o kretanju sonde prosleđuje kao osmobitnu reč na digitalni port 0 akvizicione kartice.

### 4. FRONT PANELI VIRTUALNOG INSTRUMENTA

Front panel se sastoji od centralnog panela na kome se prikazuju rezultati merenja, u kojeg se preko dva menija unose bitni podaci za funkcionisanje sistema.



Slika 3. Prilagodni hardver

Prvi panel (Slika 4.) jeste panel za kalibraciju sistema. Sastoji se od osam segmenata sa po dva numerička ulaza u koje se unose podaci za kalibraciju za svaku sondu posebno. Formula po kojoj se dobija merena veličina je  $Y=kx+n$ , gdje je  $x$  vrednost koja je izmerena,  $k$  i  $n$  kalibracione konstante, a  $y$  tražena merena veličina. Na taj način se omogućava podešavanje vrednosti izmerenih veličina. Na dnu prozora se nalazi komanda za snimanje

kalibracionih podataka u fajlu na računaru, iz kojeg se mogu pročitati kalibracione konstante, i kojeg softver koristi pri sledećem startovanju. Parametri kalibracije se čuvaju pritiskom na taster “sačuvaj” u unapred definisanom fajlu iz koga se iščitavaju pri narednim pokretanjima procesa.



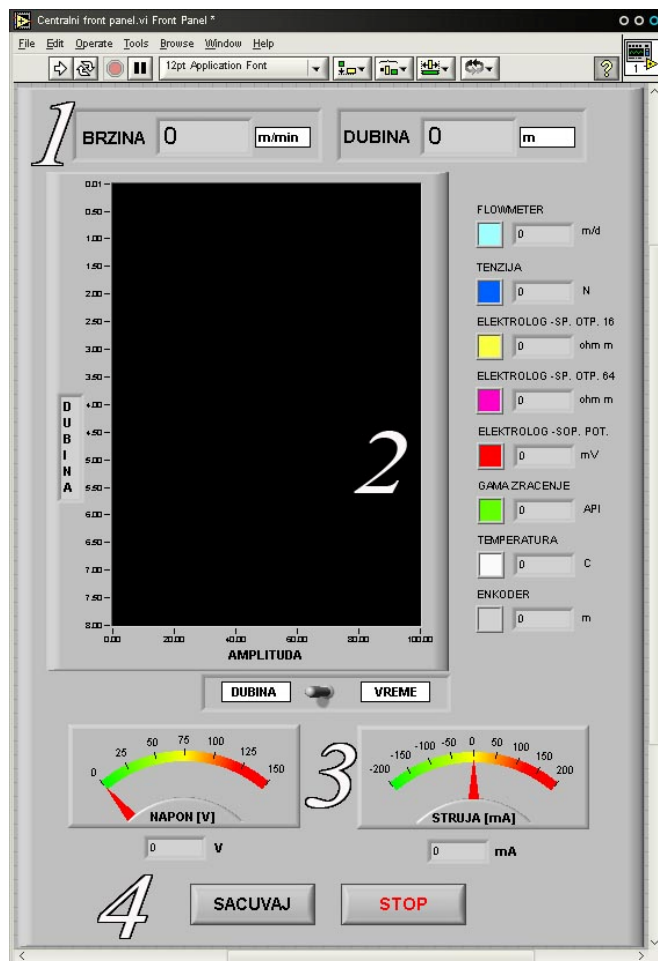
Slika 4. Izgled panela za kalibraciju

Drugi panel (Slika 5.) predstavlja meni za odabir sonde. Ovaj sistem može da prikazuje merenje svih osam merenih veličina u isto vreme, ali kako većinom nije potrebno, može se izvršiti selekcija sonde koje su u datom trenutku bitne. Na taj način se povećava preglednost grafika i uklanjaju se informacije koje nisu od značaja.



Slika 5. Izgled panela za odabir sonde

Centralni front panel (Slika 6.) je zadužen za prikaz rezultata merenja. On je podeljen na četiri sekcije koje su brojevima označene na slici 6. Sekcija označena brojem jedan je deo sa labelama koje predstavljaju trenutnu brzinu kretanja sonde i dubinu na kojoj se ona nalazi. Sledeća sekcija (označena brojem 2) se sastoji od grafika koji iscrtava vrednosti odabranih sonde u zavisnosti od vremena ili dubine na kojoj se sonda nalazi. Odabir izbora prikaza vrši se pomoću preklopnika ispod grafika u dnu ove sekcije. Nakon odabira odgovarajuća osa grafika reprezentovaće vreme odnosno dubinu. Sa desne strane grafika nalazi se deo sa labelama koje prikazuju trenutne vrednosti izabranih sonde (flowmeter, temperaturu, gama zračenje itd.). Uz trenutne vrednosti nalazi se paleta boja korišćenih u iscrtavanju grafika. Svaka od boja pridruženih određenoj sondi se nalazi uz indikator njene trenutne vrednosti. U sekciji tri nalaze se indikatori na kojima se prete trenutne vrednosti struje i napona na sondi. U samom dnu centralnog front panela je sekcija označena brojem četiri. U njoj su smeštena dva tastera “sačuvaj” i “stop”. Prvi je namenjen izdavanju naredbe za snimanje rezultata mernog procesa, a sa tasterom “stop” se zaustavlja program pokrenut u LabVIEW okruženju.



Slika 6. Izgled centralnog front panela

## 5. TOK RADA PROGRAMA

Po startovanju programa vrši se odabir sonde sa kojih će se očitavati vrednosti. Nakon odabira sonde sledi kalibracija mernog sistema pomoću panela za kalibraciju. Ovaj korak

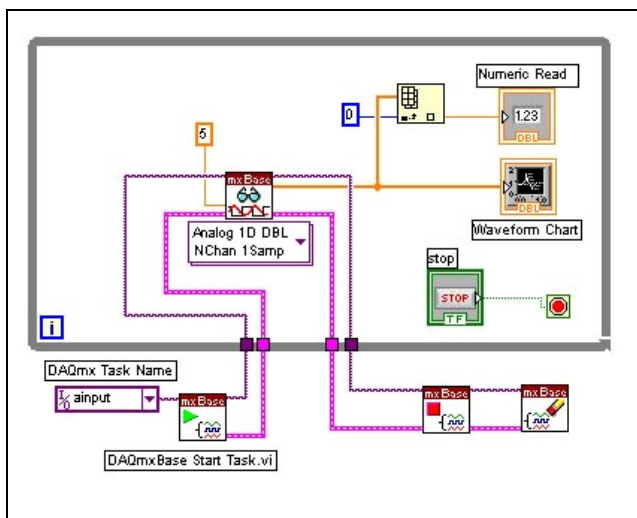
može se i izbeći ukoliko je kalibracija izvršena ranije a parametri kalibracije sačuvani, tada je dovoljno odabrati potrebne sonde i izvršiti merenja.

Prva dva panela predstavljaju uvod i pripremu za sam proces merenja koji se nadgleda na trećem, centralnom, front panelu. U okviru tog panela vrši se prikazivanje rezultata merenja, od struje i napona na sondama, vrednosti rezultata merenja svih aktivnih sondi, brzine kretanja i dubina na kojoj se nalaze u bušotini. Omogućeno je snimanje rezultata pritiskom na taster “sačuvaj”, takođe u unapred definisan fajl, a postoji mogućnost izmene programa tako da svaki put zahteva od korisnika informaciju o mestu snimanja i imenu fajla.

Nakon izvršenih merenja process rada programa se prekida pritiskom na taster “STOP”. Izmereni rezultati su tada sačuvani u odabrani fajl te je omogućena naknadno učitavanje i analiza obrađivane bušotine.

## 6. PRIMER LABVIEW PROGRAMA

Koncept virtualne instrumentacije je demonstriran u okviru programskog paketa LabVIEW. LabVIEW kao grafički programski jezik koji koristi ikone umesto tekstualnog koda za formiranje aplikacija je pogodan za jednostavno definisanje mernog instrumenta uz maksimalno iskorištavanje niza prednosti virtualne instrumentacije.



Slika 7. Blok diagram programa za akviziciju analognog signala

Na slici 7. dat je prikaz blok diagrama dela programa koji je korišćen za akviziciju analognih signala sa ulaza akvizicione kartice kao primer programa u LabVIEW okruženju. Taj program predstavlja osnovu za merenje analognih signala u mernom podsistemu realizovanom u ovom radu. Veći deo blok diagrama nalazi se u *while* petlji koja se izvršava dok se na odgovarajućem front panelu pritiskom na taster “stop” ne zada naredba za prekid izvršavanja programa. Van *while* petlje su blokovi koji definišu ulazni kanale, početak i prekid čitanja podataka sa ulaza i blok za pražnjenje memorije zauzete prilikom izvršavanja programa. Unutar *while* petlje blok za obradu ulaznih kanala daje na svom izlazu jednodimenzionalni niz. Svaki element tog niza odgovara kanalu na ulazu. Dalje se

vrši selekcija kanala na kome se meri odabirom odgovarajućeg člana niza. Vrednost tog člana se prosleđuje kao vrednost izmerene veličine ka numeričkom indikatoru i grafu koji se iscertava. Numerički indikator i grafikon uz taster za prekid rada programa su jedini elementi blok diagrama predstavljeni na odgovarajućem front panelu ovog programa.

Slična logika se primenjuje i kada se radi o digitalnim ulaznim signalima. Lab VIEW sadrži veliki broj elemenata koji omogućavaju formiranje složenih aplikacija za obradu signala i prezentaciju rezultata tog procesa.

Snimanje rezultata merenja se vrši u *lvm* formatu, u okviru kog se beleži datum, vreme, dubina i vrednost merenog signala na svakoj sondi. Brzina uzorkovanja signala sa sonde se može definisati pri izradi LabVIEW programa. Zbog nemogućnosti direktnog snimanja u standardnom *las* formatu potrebno je uraditi poseban softver koji će vršiti transformaciju *lvm* u *las* format fajla.

## 7. ZAKLJUČAK

Metoda akvizicije signala mernom karticom NI USB-6009 je jednostavna i na najbolji način može da demonstrira sve prednosti virtualne instrumentacije nad klasičnom. Program razvijen za potrebe geofizičkog karotažnog merenja je moguće modifikovati i na taj način nadograditi merni sistem bez potrebe ulaganja u hardver. Mogućnosti ovog mernog sistema su ograničene mogućnostima akvizicione kartice.

Prostora za softversku nadogradnju ima u pogledu povećanja broja veličina koje se mere, naravno do broja ograničenog brojem ulaza u akvizicionu karticu, kao i ostvarivanja dodatnih algoritama u cilju dodatne obrade merenih signala. Sa novijim modelima mernih kartica povećavaju se i mogućnosti, a softver izrađen u LabView programskom paketu sa jedne lako se prilagođava na drugu karticu.

Na osnovu praktičnih iskustava programi se stalno popravljaju, menjaju i prilagođavaju zahtevima korisnika, a dosadašnja iskustva sa sličnim programima su veoma dobra.

## 8. LITERATURA

- [1] G. Mančić, S. Martinović, M. Živanov, “Geofizički karotaž – osnovni principi”, DIT NIS-Naftagas, Novi Sad (2002)
- [2] J. Tomić, M. Kušljević, “Uvod u virtualnu instrumentaciju”, Novi Sad (2009)
- [3] T. Malavić, J. Velić, “Geologija ležišta fluida”, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb (2008)
- [4] National Instruments “Lab View Measurements Manual”, NI Corporation, USA (2002)
- [5] [www.ni.com](http://www.ni.com), specifikacije i uputstva vezana za akvizicionu karticu i LabVIEW programski paket
- [6] USER GUIDE AND SPECIFICATIONS USB-6008/6009, NI Corporation, USA, 2005