

LABORATORIJA ZA ELEKTRONIKU PODRŽANA RAČUNARSKOM MREŽOM

MARKO A. DIMITRIJEVIĆ, VANČO B. LITOVSKI,
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš

Računari se koriste u svim fazama planiranja, razvoja i testiranja elektronskih kola. Primena u procesu merenja, akvizicije, kao i obrade i prezentacije dobijenih podataka naziva se virtuelna instrumentacija. Najznačajnije prednosti ovakvog pristupa su vizuelizacija podataka i mogućnost njihove dodatne obrade. Koncept je primenljiv i u procesu nastave elektronike sa očiglednim prednostima. Ovaj pristup omogućava jednostavno sagledavanje suštine – karakteristika poluprovodničkih komponenti i elektronskih kola, dok je tehnika merenja pojednostavljena i postavljena u drugi plan.

1. UVOD

Ekspanzija personalnih računara je naročito intenzivna u prethodnih deset godina, što je dovelo do razvoja uređaja za akviziciju i obradu podataka sa odgovarajućim interfejsom za računar. Veliki broj klasičnih mernih uređaja takođe poseduje interfejs za povezivanje sa računarom. Ovi uređaji se mogu povezati eksterno preko serijskog RS232/RS422/RS485 interfejsa, paralelnog interfejsa, ili preko brzih USB 1.1/2.0 i Ethernet interfejsa. Ethernet interfejs je naročito pogodan, jer pruža mogućnost povezivanja velikog broja različitih uređaja i računara u heterogenom mrežu. Komunikacija sa uređajima se realizuje preko standardnih OSI i TCP/IP modela. Ovakva realizacija osim skalabilnosti omogućava i povećanje distance između uređaja i korisnika. Ukoliko se primenjuje TCP/IP model komunikacije, razdaljina je praktično neograničena. Uređaji koji ne mogu da rade samostalno, bez računara, su realizovani kao PCI, PCMCIA ili CF akvizicione kartice. PCI kartice su namenjene desktop računarima, dok se PCMCIA i CF kartice povezuju na prenosive računare i PDA uređaje.

Softverska komponenta mernog sistema se naziva *virtuelni instrument*. Funkcija virtuelnog instrumenta je definisanje signala koji se generišu, obrada podataka dobijenih akvizicijom i njihovo prezentovanje. Obrada podataka obuhvata različite funkcije kao što je analiza u vremenskom i frekventnom domenu, različita izračunavanja fizičkih veličina koja se posredno mere pretvaranjem u električne, itd. Aplikacije virtu-

elnih instrumenata imaju iste osobine kao i druge aplikacije. Mogu se realizovati kao *multithread* aplikacije, klijent/server ili *web* aplikacije, postoji i mogućnost njihovog pisanja u obliku sistemskog servisa. Omogućena je i jednostavna prezentacija i razmena podataka u obliku standardnih i široko rasprostranjenih formata.

Predstavljanje podataka je najčešće u grafičkom obliku, funkcijama i kontrolama grafičkog interfejsa koje svojim izgledom podsećaju na realne merne instrumente. Interfejs je interaktivan i ima dvosmernu funkciju: osim predstavljanja pruža mogućnost kontrole procesa merenja, definisanjem parametara signala koji se generišu ili čak definisanjem topologije mernog kola.

Prednosti virtuelnih instrumenata se mogu iskoristiti u edukativnim procesima. Jednostavna manipulacija instrumentima i vizuelizacija podataka doprinose boljem razumevanju suštine eksperimenta, dok je sama tehnika merenja automatizovana i stavljena u sporedni plan. Težeci ostvarenju ovih ciljeva razvijena je računarom integrisana laboratorija za elektroniku.

Integrisana laboratorija obuhvata veliki broj instrumenata realizovanih upotrebom akvizicione kartice i odgovarajućeg softvera. Realizovani su virtuelni instrumenti koji imaju karakter traserne karakteristika poluprovodničkih i nelinearnih komponenti, analizatora prenosnih karakteristika kola, osciloskopa, frekvencijskog mrežnog analizatora, spektralnog analizatora i frekvencmetra.

2. FIZIČKA REALIZACIJA RADNOG MESTA U LABORATORIJI

Za realizaciju laboratorije korišćene su akvizicione kartice *National Instruments NIDAQ PCI-6014* [1]. Kartice imaju 16 analogna ulaza, brzine smplovanja 200kSAMPL/s, dva analogna izlaza brzine smplovanja 10kSAMPL/s, 8 digitalnih I/O kanala i dva 24-bitna, 20MHz brojača/tajmera. Ulazna impedansa analognih kanala PCI-6014 kartice je 100GΩ, što omogućuje preciznost merenja obezbeđujući mali strujni ofset.

Velika ulazna impedansa takođe otklanja mnoge probleme koji se tipično susreću prilikom povezivanja sa spoljnim mernim kolom. PCI-6014 kartica pruža veliku tačnost merenja sa mogućnošću detektovanja promene napona na analognom kanalu od 4μV. Radi smanjenja greške prilikom smplovanja i digitalizacije, u karticu je ugrađeno kolo za temperatursku stabilizaciju kako bi se eliminisale sistematske greške merenja koje nastaju usled zagrevanja komponenti. Kartica ima mogućnost digitalnog okidanja. Digitalni I/O kanali su TTL i CMOS kompatibilni.

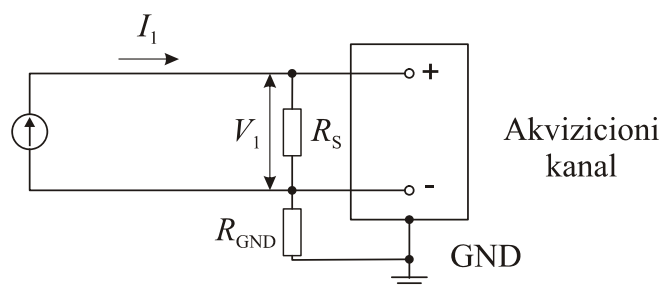
Akvizicione kartice se povezuju na PCI magistralu računara. Za povezivanje se koristi SH68-68-EP kabl i razvodni blok CB-68LP. Merna mesta na maketama koje predstavljaju merna kola su povezane na odgovarajuće konektore bloka.

Analogni ulazi kartice se mogu povezati na tri načina: sa jednim priključkom bez referentne tačke (NRSE – *nonreferenced single-ended*), sa jednim priključkom i referentnom tačkom (RSE – *referenced single-ended*) i diferencijalno. U realizaciji je najčešće korišćen diferencijalni način povezivanja radi eliminacije šuma koji nastaje na liniji razvodni blok – kartica i potiskivanje srednje vrednosti signala. Ovaj šum iako mali, može da utiče na preciznost merenja kod malih veličina (inverzne struje zasićenja germanijumske diode, na primer). Prilikom korišćenja diferencijalnog načina povezivanja, broj analognih kanala je ograničen na 8.

Prilikom ovakvog povezivanja ulazni signal se dovodi na pozitivni ulaz instrumentacionog pojačavača na kartici (odnosno pozitivni ulaz jednog analognog kanala), a referentni signal na negativni ulaz. Ovakvim povezivanjem broj ulaznih analognih kanala je smanjen na osam. Radi većeg potiskivanja *common-mode* šuma, može

se povezati otpornik između referentne tačke (negativnog ulaza instrumentacionog pojačavača na kartici) i mase. Vrednost otpornika je stotinu puta veća od ekvivalentne *Thevenin*-ove otpornosti kola između tačaka na kojima se vrši merenje. Moguća je i konfiguracija sa drugim otpornikom koji se vezuje između mase i pozitivnog terminala analognog kanala, čime se ostvaruje neznatno bolje potiskivanje srednje vrednosti signala, ali se unosi sistematska greška u merenje. Masa instrumentacionog pojačavača je ujedno i masa analognih izlaza kartice – generatora signala.

Merenje struje (slika 2.1) se vrši pretvaranjem u naponski signal pomoću otpornika od 100Ω. U cilju veće tačnosti i preciznosti merenja, u realizaciji su korišćeni metal-film otpornici sa tolerancijom od 1%. Imajući u vidu veliku ulaznu otpornost instrumentacionog pojačavača, postiže se dovoljna tačnost ovakvom metodom merenja.



Slika 2.1 Merenje struje

Analogni izlazi kartice su iskorišćeni kao generatori napona napajanja i pobudnih signala. Maksimalni jednosmerni izlazni napon koji je moguće generisati je ±10V. Ovaj napon je dovoljan za polarizaciju komponenti i napajanje kola čije se karakteristike mere.

Odgovarajući analogni ulazi i izlazi kartice su povezani na merna mesta na maketi – specifičnom kolu koje sadrži komponentu ili predstavlja kolo čije se karakteristike mere. Ovakav koncept omogućuje lako određivanje karakteristika i parametara elektronskih kola i komponenti. Akviziciona kartica zamenjuje klasične merne uređaje i generatore jednosmerne napona. Celokupan proces merenja se obavlja uz softversku kontrolu, čime je mogućnost oštećenja komponenti i merne opreme sveden na minimum. Oštećenje merne opreme – u ovom slučaju računara sa mrežnom karticom je sprečeno samom konstrukcijom kartice.

Brzina semplovanja analognih ulaza i brzina generisanja semplova ograničava maksimalnu frekvenciju signala koji se meri na 100kHz i signala koji je moguće generisati na 5kHz, što nije dovoljno za realizaciju frekvencijskog analizatora. U cilju njegove realizacije meri frekventni opseg je povećan primenom izdvojenog generatora sinusnog signala i voltmetra.

Izdvojeni generator i voltmetar nisu nezavisni instrumenti. Generator stvara naizmenični signal frekvencije i amplitude određene jednosmernim naponom koji generiše akviziciona kartica. Voltmetar pretvara izmereni naizmenični signal u jednosmerni napon jednak efektivnoj vrednosti naizmeničnog signala. Akviziciona kartica vrši merenje jednosmernog napona. Frekventni opseg u kome je moguće vršiti merenje signala je određen frekvencijom spoljnog generatora i propusnim opsegom voltmetra.

Izdvojeni generator je realizovan upotrebom XR-2206 integrisanog kola (slika 2.2). XR-2206 je integrisani funkcionalni generator sa mogućnošću generisanja napona sinusnog, pravougao-nog i trougaonog talasnog oblika velike stabilnosti i tačnosti [2]. Izlazni signal može biti istovremeno frekventno i amplitudno modulisan spoljnim naponima. Za ovu primenu, frekvencija može biti određena spoljnim naponom u opsegu od 1Hz do 1MHz. Frekvenciju oscilatora je moguće linearno menjati spoljnim naponom u opsegu od 1000:1.

Frekvencija generisanog signala V_{GEN} je proporcionalna struji I_T , koja teče kroz pin 7 integrisanog kola XR-2206, i može se predstaviti empirijskom jednačinom:

$$f = \frac{320I_T [mA]}{C [\mu F]} [Hz] \quad (1)$$

gde C predstavlja kapacitivnost kondenzatora između pinova 5 i 6. Pin 7 je ulaz male impedanse i polarizovan je sa +3V u odnosu na pin 12. Frekvencija se menja linearno sa strujom I_T , u širokom opsegu njenih vrednosti od 1μA do 3mA. Ova struja je kontrolisana jednosmernim naponom V_{FREQ} , generisanim na analognom izlazu akvizicione kartice, i može se predstaviti jednačinom:

$$I_T = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{FREQ}}{V_T}\right)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad (2)$$

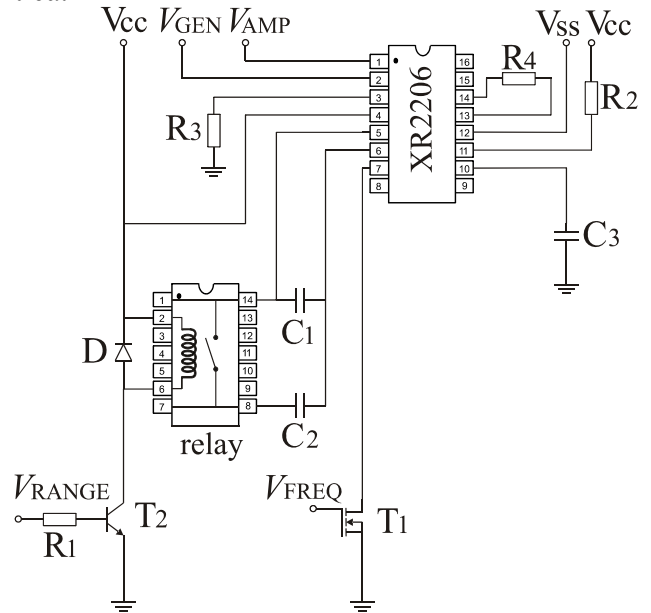
gde su I_{DSS} , I_{DSS} i λ konstante, i $V_{DS}=3V$. Sledeći jednačine (1) i (2), frekvencija oscilovanja ge-

neratora signala se može predstaviti jednačinom:

$$f = \frac{320I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{FREQ}}{V_T}\right)^2 (1 + \lambda V_{DS})}{R_2 [k\Omega] C [\mu F]} [Hz] \quad (3)$$

Frekventni opseg generatora se menja promenom kondenzatora između pinova 5 i 6. Spoljni TTL signal koji generiše kartica kontroliše rele čija je uloga promena kondenzatora, odnosno frekventnog opsega generatora. Drajver relea je realizovan upotrebom bipolarnog tranzistora. Dioda D postavljena paralelno kalemu relea ima zaštitnu ulogu. Kada je signal V_{RANGE} na niskom nivou, struja koja protiče kroz kalem relea I_R je jednaka nuli tako da je rele otvoren [4]. Kada je V_{RANGE} na visokom nivou, struja I_R je jednaka $\frac{V_{CC} - V_{CES}}{R_R}$, gde je R_R otpornost kalema relea, i rele je zatvoren. U prvom slučaju, ukupna kapacitivnost između pinova 5 i 6 je C_1 , a u drugom $C_1 + C_2$.

Amplituda generisanog signala zavisi od otpornika R_3 i napona V_{AMP} . Napon V_{AMP} je jednosmerni napon koga generiše akviziciona kartica.



Slika 2.2 Izdvojeni generator naizmeničnog napona

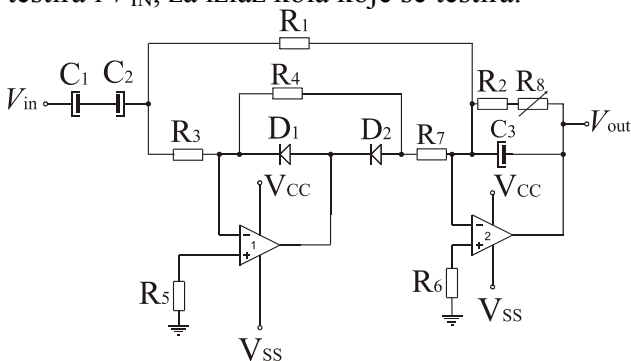
Voltmetar je realizovan kao punotalasni precizni usmerač sa aktivnim NF filtrom (slika 2.3). Prvi operacioni pojačavač je punotalasni precizni usmerač, predstavljen u radovima Milmana i Halkiasa [3]. Izlazni signal usmerača je punotalasni signal sa jednosmernom kompen-

tom V_{DC} proporcionalnom efektivnoj vrednosti ulaznog naizmeničnog signala V_{RMS} :

$$V_{DC} = \frac{2V_{RMS}\sqrt{2}}{T} \int_0^{T/2} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) dt = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{RMS} \quad (4)$$

Drugi pojačavač je deo aktivnog NF filtra, koji potiskuje naizmeničnu komponentu usmerenog signala. Trimer R_8 služi za kalibraciju voltmetra. Svi otpornici u kolu preciznog naizmeničnog voltmetra su metal-film otpornici male tolerancije (1%). Operacioni pojačavači su deo integrisanog kola LM258 [5]. Preciznija kalibracija instrumenta se može izvesti softverski.

Generator i voltmetar su integrisani na štampanoj ploči. Ploča ima klemne konektore za ulazne signale V_{AMP} , V_{FREQ} i V_{RANGE} , generisani naizmenični signal V_{GEN} , signal koji se meri V_{in} i jednosmerni izlazni signal V_{OUT} . V_{AMP} i V_{FREQ} su vezani za analogne izlaze akvizicione kartice, V_{RANGE} za TTL digitalni izlaz kartice, V_{OUT} za analogni ulaz kartice, V_{GEN} za ulaz kola koje se testira i V_{IN} , za izlaz kola koje se testira.



Slika 2.3 Voltmetar za naizmenični napon

Akviziciona kartica može da obezbedi samo +5V/500mA, tako da je za napajanje generatora i voltmetra upotrebljen poseban $\pm 12V$ galvanski izolovani generator.

Analogni ulaz akvizicione kartice su povezani diferencijalnom metodom u cilju smanjenja šuma i povećanja CMRR.

3. SOFTVERSKA REALIZACIJA

Softverska komponenta trasera karakteristika je dvoslojna. Niži sloj je sistemski drajver koji upravlja hardverom kartice i obezbeđuje odgovarajuće aplikacione interfejsne (API). *National Instruments* PCI-6014 kartice su podržane Traditional NI-DAQ i NI-DAQmx drajverima. Pri realizaciji trasera karakteristika su korišćeni NI-DAQmx drajveri koji podržavaju DMA način rada, konfiguraciju na nivou sistema i skup apli-

kacionih interfejsa koji omogućavaju programiranje na visokom nivou. Sva merenja se obavljaju preko virtuelnih kanala, koji predstavljaju skup parametara kao što su logičko ime kanala, realni fizički kanal, ulazni terminalni konektori, tip merenja ili generisanja signala i skaliranje signala. Virtuelni kanali se mogu konfigurisati globalno na nivou sistema ili programski preko aplikacionog interfejsa. Kod NI-DAQmx drajvera moguće je izvršiti objedinjavanje više različitih kanala u jedan proces (*task*) koji predstavlja merenje, odnosno generisanje signala, pri čemu će svi kanali imati isti način akvizicije. Analogno kanalima, procesi se mogu kreirati globalno na nivou sistema, i preko aplikacionog interfejsa programiranjem.

Semplovani signal se može proizvoljno skalirati. Ovakva operacija sa signalom omogućuje jednostavnu transformacije električnog signala dobijenog očitavanjem sa senzora u fizičku veličinu koja je pomoću senzora merena. Za realizaciju merenja karakteristika je ova mogućnost iskorišćena kod merenja struje – merni naponski signal u virtuelnom kanalu se transformiše u strujni primenom linearne skale koja deli napon vrednošću otpornosti od 100 Ω . Pored linearne skale, moguće je definisati polinomsku, tabelarnu i skalu sa određenim granicama.

Podešavanje parametara procesa i virtuelnih kanala za izlazne signale je slično. Kod izlaznih virtuelnih kanala nije omogućeno skaliranje signala, tako da se obrade signala moraju izvršiti na višem programskom nivou.

Ponudeni skup aplikacionih interfejsa omogućava jednostavnu programiranu akviziciju i generisanje signala. U sloju povezivanja podataka merene električne veličine se prezentuju kao podaci dostupni višem aplikacionom sloju. Način realizacije konkretne aplikacije i dalja obrada podataka dobijenih akvizicijom je stvar izbora. U ponudi su različiti softverski alati za realizaciju softverskog dela sistema. Proizvođači akvizicione opreme isporučuju razvojna okruženja za realizaciju. *National Instruments* nudi niz softverskih alata za razvoj aplikacija. Softverski alati mogu biti samostalna radna okruženja, kao što je LabVIEW i LabWINDOWS, ili skup klasa, ACTIVEX i .NET i komponenti za druga razvojna okruženja (pre svega Visual C++), kao što je *Measurement Studio*.

Softverska komponenta koja upravlja procesima merenja, obrađuje podatke i prezentuje rezultate je realizovan je u LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) razvojnom okruženju, koje omogućava jednostavnu vizuelnu izradu aplikacija virtuelnih instrumenata [6,7].

Aplikacija virtuelnog instrumenta u principu ima sledeće bitne elemente: interfejs ka sistemskom drajveru akvizicione kartice (DAQ assistant), funkcije za manipulaciju i obradu signala (programiranih u G kôdu) i korisnički interfejs (front panel). Interfejs ka sistemskom drajveru akvizicione kartice – DAQ assistant – prosleđuje aplikaciji neobrađene signale dobijene akvizicijom realnih fizičkih veličina, odnosno u slučaju generisanja signala, dobijene podatke od aplikacije prosleđuje drajveru.

Svi parametri virtuelnih kanala se mogu kontrolisati preko *DAQ assistant* interfejsa programski. LabVIEW okruženje ima podršku za instrumente drugih proizvođača u vidu *Instrument Assistant*-a, koji ima slične mogućnosti kontrole. Interfejs pruža mogućnost merenja različitih električnih i drugih fizičkih veličina koje se mogu senzorom transformisati u električne.

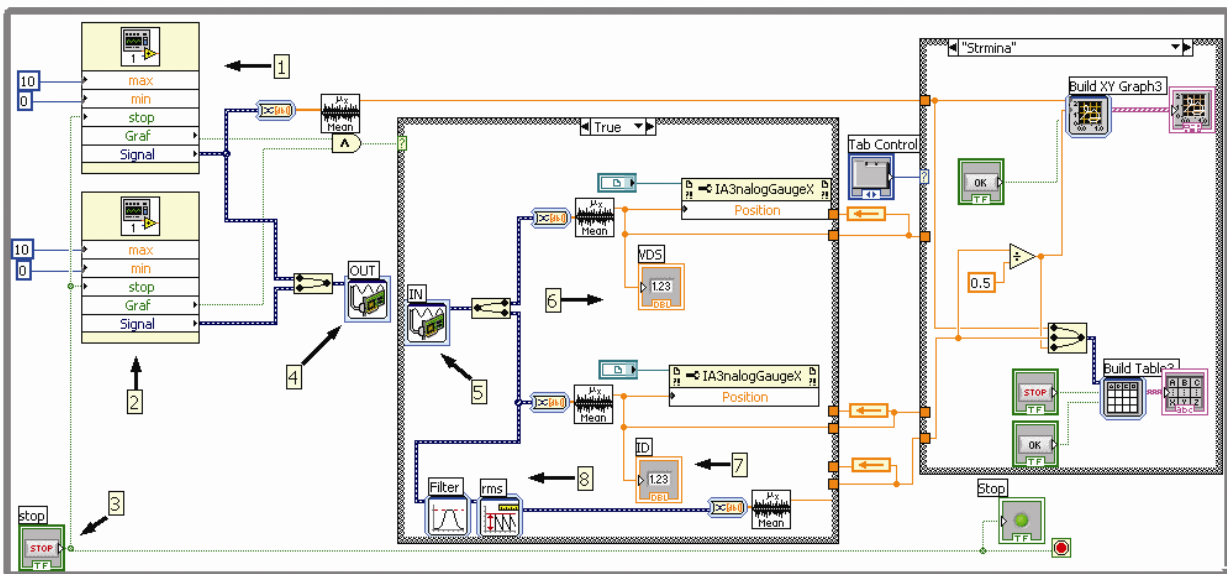
Funkcije za manipulaciju i obradu podataka se mogu podeliti u više različitih grupa: funkcije za elementarnu obradu numeričkih podataka, stringova, nizova i zapisa, funkcije za obradu dinamičkih podataka – signala, funkcije za kontrolu toka programa, funkcije za povezivanje sa

kontrolama, funkcije za komunikaciju, funkcije za rad sa fajlovima, bazama podataka, itd. Veliki broj funkcija se može posmatrati kao virtuelni instrument nižeg nivoa, tako da celokupna aplikacija ima hijerarhijsku strukturu.

Korisnički interfejs je grafički. Funkcija korisničkog interfejsa je da omogući kontrolu procesa merenja, definisanje parametara generisanih signala i predstavljanje dobijenih i obrađenih signala. Osim toga, prisutne su funkcije za kontrolu izvršavanja aplikacije i dijalog za snimanje dobijenih rezultata.

Aplikacija sadrži integrisani ACTIVE X i web server, čime je omogućeno praćenje i kontrola procesa merenja sa drugog računara u mreži.

Aplikacije virtuelnih instrumenata su realizovane kao *multithread* aplikacije. Osnovni *thread* sadrži funkcije za generisanje, akviziciju, obradu i prikazivanje signala. Generisanje signala je implementirano posebnim virtuelnim instrumentom – modulom za generisanje jednosmernog napona – koji se inicira iz osnovnog *thread*-a (slika 3.1). Modul za generisanje jednosmernog napona kontroliše napon na analognom izlazu akvizicione kartice. Vizuelne kontrole korisniku omogućavaju uključivanje jednosmernog napona na analognom izlazu akvizicione kartice i podešavanje njegove vrednosti. Vrednost napona se može zadati analogno okretanjem vizuelne kontrole i brojčano, upisivanjem odgovarajuće vrednosti u polje.



Slika 3.1 Grafički kôd virtuelnog instrumenta – osnovni thread aplikacije

Izlazni podatak modula za generisanje jednosmernog napona je dinamička promenljiva koja se dovodi na ulaz *DAQ assistant*-a, koji upravlja analognim izlazima akvizicione kartice.

Ostale funkcije glavnog *thread*-a su specifične za svaki instrument.

Funkcija drugog *thread*-a je generisanje izlaznog fajla sa izmerenim, obrađenim i tabelarno predstavljenim podacima i njegovo snimanje u odabrani fajl od strane korisnika.

4. TRASER KARAKTERISTIKA

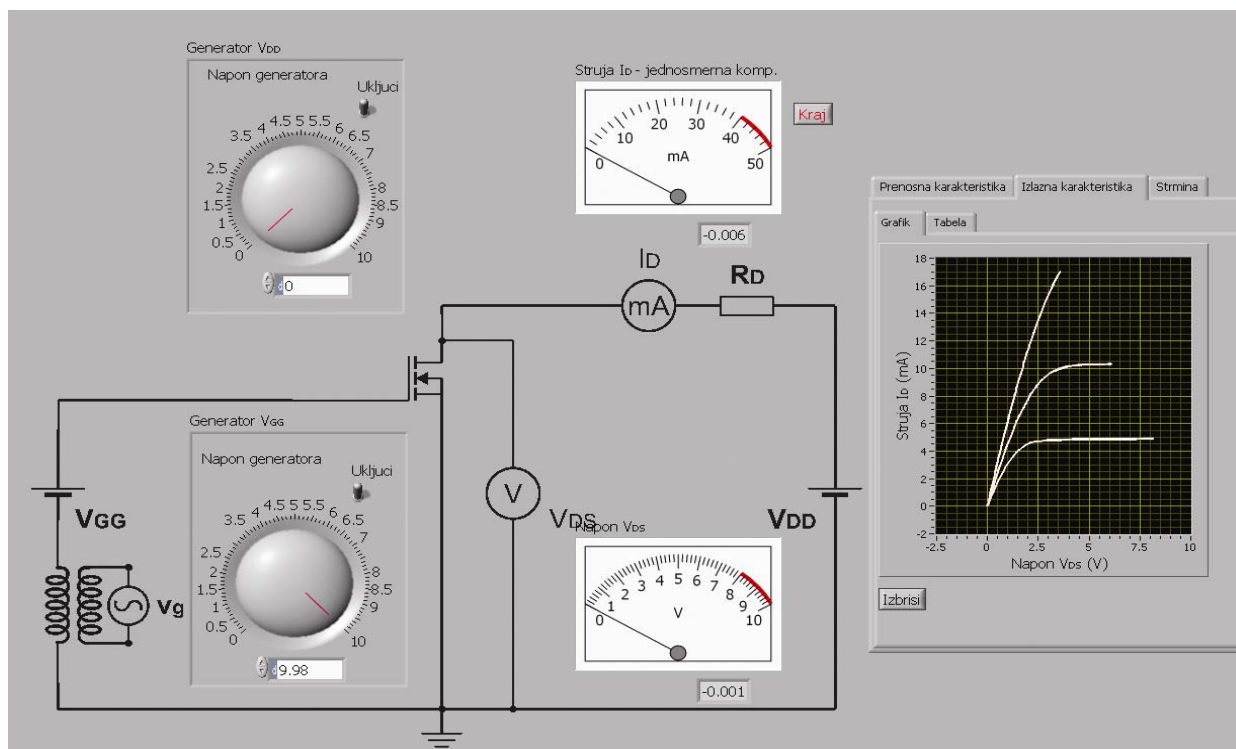
Osobine svih elektronskih kola zavise od karakteristika poluprovodničkih komponenata ugrađenih u njih. Poznavanje karakteristika poluprovodničkih elemenata i njihovih karakterističnih statičkih i dinamičkih parametara je iz tog razloga važno. Statičke osobine komponenti se određuju merenjem jednosmerne struje i napona. Dinamičke osobine ovih komponenti se određuju pobudom naizmeničnim signalima malih amplituda, kao i merenjem odgovarajućih naizmeničnih struja i napona.

Virtuelni instrumenti za određivanje karakteristika dioda i tranzistora predstavlja virtuelni traser karakteristika [8,9]. Moguće je meriti i upoređivati parametre i karakteristike različitih

tipova dioda: silicijumske diode, germanijumske diode, Schottky diode, Zener diode i LED diode. Mere se naponi i struje na direktno i inverzno polarisanom p-n spoju.

Virtuelni instrumenti omogućuju određivanje parametara i karakteristika bipolarnog tranzistora, JFET-a i MOSFET-a u aktivnom režimu rada (slika 4.1). Ove komponente karakterišu tri terminala – priključaka od kojih se jedan bira za zajednički, tako da se ove komponente analiziraju kao četvorpoli. Analiziraju se u praksi najčešće korišćene konfiguracije aktivnih elemenata, konfiguracija sa zajedničkim emitorom kod bipolarnog tranzistora, odnosno konfiguracija sa zajedničkim sorsom kod JFET i MOSFET tranzistora. Meri se i se uticaj temperature na statičke karakteristike bipolarnog tranzistora, kao i temperaturska stabilizacija radne tačke povezivanjem emitorskog otpornika.

Prilikom određivanja karakteristika i parametara neophodno je istaći razliku između karakteristika koju različite poluprovodničke komponente imaju u odnosu na jednosmerne napone i struje i osobina koje ispoljavaju u odnosu na naizmenične signale malih amplituda, kao i način polarizacije pojedinih poluprovodničkih elemenata.



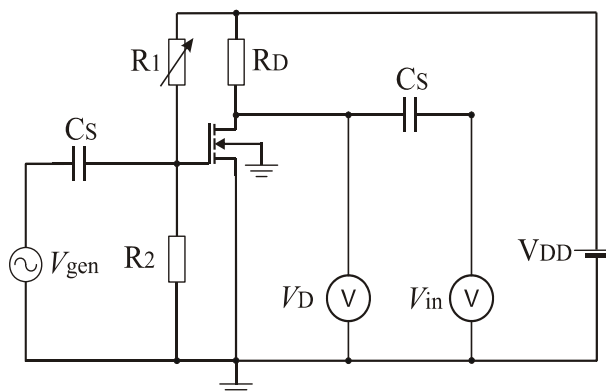
Slika 4.1 Virtuelni instrument za merenje karakteristika i parametara MOSFET-a

Virtuelni instrument trasera karakteristika MOSFET-a je prikazan na slici 4.1.

5. SKALARNI ANALIZATOR MREŽA

Pasivna i aktivna elektronska kola se posmatraju kao četvoropoli, pri čemu se mogu definisati ulazne i izlazne veličine – struje i naponi. Najznačajnije karakteristike ovih kola su prenosne karakteristike i prenosne funkcije u funkciji frekvencije – amplitudske karakteristike. Vrše se merenja naponskog pojačanja u funkciji frekvencije pobudnog signala u opsegu od 0 do 1MHz.

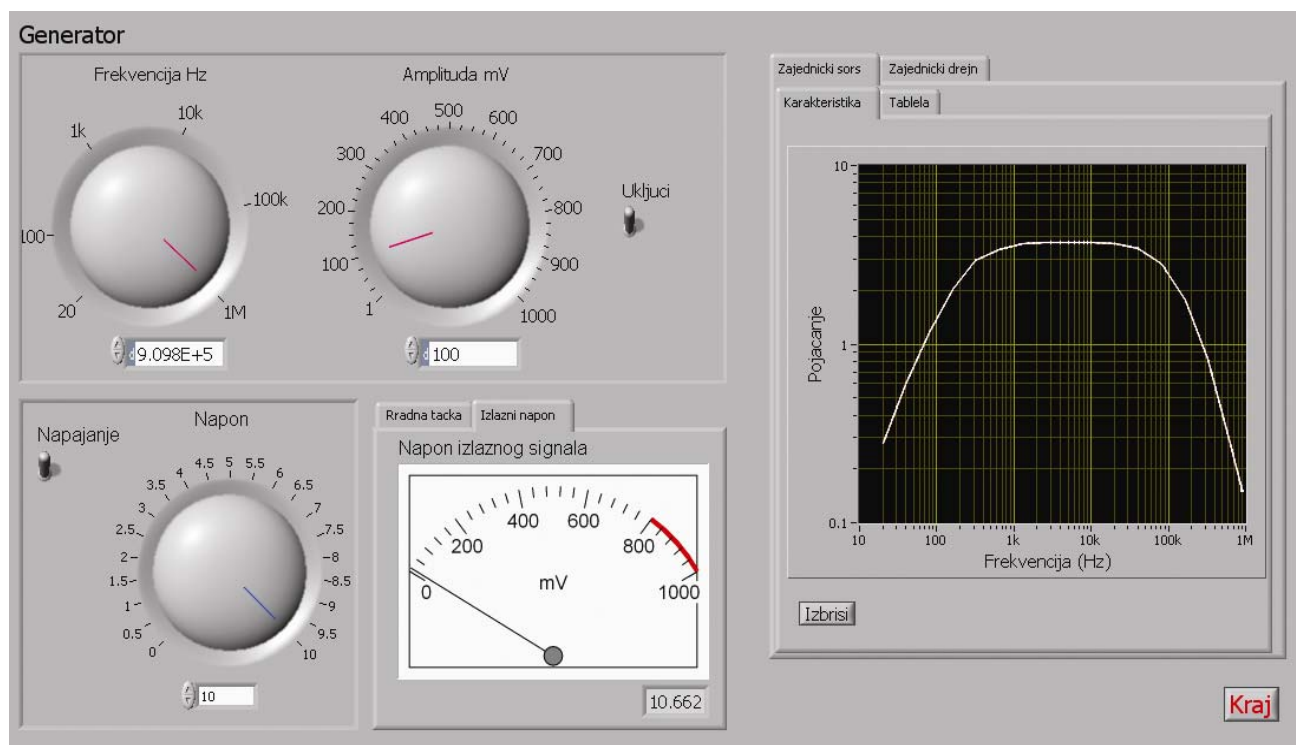
Integrisana laboratorija razmatrane amplitudske karakteristike RC filtera u konfiguracijama propusnika niskih i visokih frekvencija. Predmet laboratorijske analize su jednostepeni pojačavač sa bipolarnim tranzistorom u konfiguracijama sa zajedničkim emitorom i zajedničkim kolektorom, zatim jednostepeni pojačavač sa MOSFET tranzistorom u konfiguracijama sa zajedničkim sorsom i zajedničkim drejnom, i na kraju, dvostepeni pojačavač sa JFET tranzistorima u konfiguraciji sa zajedničkim sorsom.



Slika 5.1 Jednostepeni pojačavač sa MOSFET-om

Za izvođenje navedenih merenja je neophodno realizovati generator pobudnog sinusoidalnog signala i voltmetar za širok opseg frekvencija.

Ovi instrumenti se mogu implementirati upotrebom računara, akvizicione kartice, dodatnog hardvera, odnosno implementacijom odgovarajućih virtuelnih instrumenata. Ovakav sistem predstavlja virtuelni skalarni mrežni analizator [10].



Slika 5.2 Virtuelni instrument za merenje amplitudske karakteristike pojačavača sa zajedničkim sorsom

Na slici 5.2 prikazana je amplitudska karakteristika pojačavača sa slike 5.1 na virtuelnom instrumentu, dobijena merenjem pomoću akvizicione kartice.

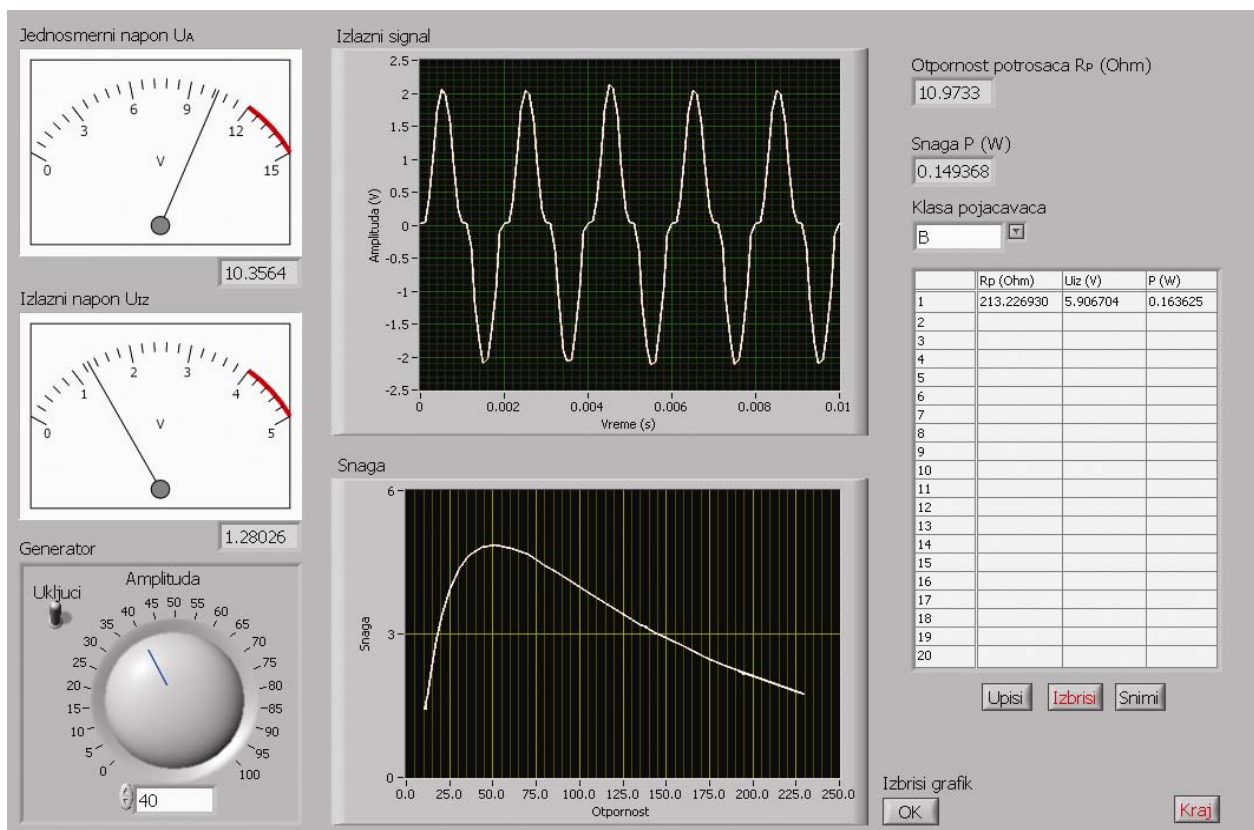
6. ANALIZA SPECIFIČNIH LINEARNIH ELEKTRONSKIH KOLA

Predmet analize specifičnih linearnih elektronskih kola su diferencijalni pojačavač, operacioni pojačavač, LC oscilator, pojačavači snage u klasama AB i B, punotalasni usmerač sa diodnim mostom i stabilizator [11].

Karakter primenjenih virtuelnih instrumenta zavisi od kola koja se analiziraju. Prilikom analize diferencijalnog pojačavača posmatra se njegova statička prenosna karakteristika i osobine ovog kola kao uobličavala signala. Analiza operacionog pojačavača u različitim konfiguracijama obuhvata posmatranje ulaznog i izlaznog

talasnog oblika napona. Karakteristike pojačavača snage koje se analiziraju su snaga u funkciji opterećenja i izobličenje izlaznog signala.

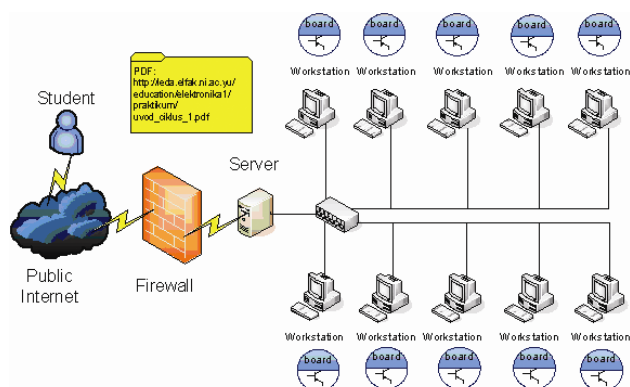
Frekvencija oscilovanja u funkciji reaktivnih elemenata je osnovni parametar u analizi LC oscilatora. Analiza usmerača i stabilizatora obuhvata merenje jednosmernih i naizmeničnih napona, određivanje faktora talasnosti i posmatranje oblika i spektra usmerenog napona. U većini slučajeva virtuelni instrument ima karakter osciloskopa, u slučaju analize oscilatora karakter frekvencometra i prilikom analize usmerača i stabilizatora karakter osciloskopa i spektralnog analizatora signala. Virtuelni instrumenti su realizovani primenom PCI-6014 akvizicione kartice, čije su osobine predstavljene. Aplikacija virtuelnog instrumenta je urađena u LabVIEW razvojnom okruženju. Na slici 6.1 predstavljen je virtuelni instrument za analizu pojačavača snage u klasama AB i B.



Slika 6.1 Virtuelni instrument za analizu pojačavača snage

7. INFORMATIČKA INFRASTRUKTURA I DOKUMENTOVANJE REZULTATA MERENJA

Računari na kojima se izvode vežbe su povezani u računarsku mrežu. Mrežna infrastruktura omogućava centralizovanu administraciju, kontrolu izvođenja vežbi, testiranje pripremljenosti i evidenciju prisutnosti [12]. U ovakvom okruženju je omogućen i koncept učenja na daljinu (slika 7.1).



Slika 7.1 Mrežna infrastruktura integrisane laboratorije za elektroniku

Na ovaj način je omogućena personalizacija i individualizacija izvođenja vežbi. Svaki virtuelni instrument ima ugrađeni *web* server koji omogućuje praćenje procesa merenja preko mreže, odnosno pojednostavljena kontrola i praćenje rada sa jednog mesta. U određenim slučajevima, može se daljinski preuzeti kontrola nad procesom. Ovakav pristup pruža studentu samostalnost u radu i jednostavnu kontrolu nastavniku.

Rezultati merenja se arhiviraju u obliku elektronskih dokumenata. U narednoj fazi razvoja laboratorije predviđen je razvoj sistema za upravljanje dokumentima, test generator i *web* portal. Sistem za upravljanje dokumentima je integrisan sa bazom podataka i ima funkcije arhiviranja rezultata merenja i evidencije studenata.

Test generator će biti realizovan u cilju efikasnijeg testiranja pripremljenosti i ocenjivanja studenata.

Portal je namenjen pre svega studentima. Tome odgovara i sadržaj portala, koji obuhvata sve bitne informacije potrebne studentima za praćenje nastave. Portal ima status javnog servisa.

LITERATURA

- [1] National Instruments: PCI-6014 Product Data Sheet, <http://ni.com>.
- [2] EXAR: XR-2206 Monolithic Function Generator, <http://www.exar.com>.
- [3] Millman J., Halkias C. C.: Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems McGraw-Hill, 1972.
- [4] Meder Electronics, Reed Relay Datasheet, <http://www.meder.com>.
- [5] National Semiconductor: LM158, LM258, LM358, LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers, <http://www.national.com>.
- [6] Instruments: LabVIEW™ 7 Express Measurement Manual, <http://ni.com>.
- [7] National Instruments: LabVIEW™ 7 Express User Manual, <http://ni.com>.
- [8] Dimitrijević M., Litovski V.: "Implementation of the Component Characteristic Curve Tracer Using PC-based Acquisition Card," Proc. of Small System Simulation Symposium 2005, ISBN 86-85195-23-3, st. 63-66.
- [9] Dimitrijević M., Litovski V.: "Implementation of the Component Characteristic Curve Tracer Using PC-based Acquisition Card," Electronics Vol. 8 No. 2, decembar 2004, ISSN 1450-5843, st. 35-38.
- [10] Dimitrijević M., Litovski V.: "Implementation of 1MHz Scalar Network Analyzer Using PC-based Acquisition Card," Zbornik radova 49. konferencije ETRAN, ISBN 86-80509-53-1, sveska 1., st. 90-93.
- [11] Dimitrijević M., Litovski V., "Specific Linear Electronic Circuits Analysis Using PC-based Acquisition Card," Proceedings of IEEE Region 8 EUROCON 2005 Conference, Beograd, ISBN 1-4244-0050-3, pp. 910-913
- [12] Dimitrijević M., Litovski V., Jovanović S.: „Računarski sistem za izvođenje laboratorijskih vežbi iz elektronike“, Zbornik radova konferencije Indel 2004, ISBN 86-7122-014-1, sveska 1., st.156-160.
- [13] Litovski V., Petković P., Milenković S., Milovanović D., Glozić D., Mrčarić Ž., Maksimović D., Randelović Z., Praktikum laboratorijskih vežbi iz Elektronike I, šesto izdanje, Elektron-ski fakultet Niš, 1998.

- [14] Litovski V., Lazović S., Osnovi elektronike, Prosveta Niš, 1996.
- [15] Dimitrijević M., Litovski V., "Computer integrated analogue electronics laboratory for undergraduate teaching," Proc. of REV 2005 Conference, ISBN 3-89958-137-7.
- [16] Dimitrijević M., Litovski V., "Computer integrated analogue electronics laboratory for undergraduate teaching," International Journal of Online Engineering iJOE, november 2005, ISSN 1861-2121.
- [17] Bass R. M.: "Simulation laboratory for teaching switching power supplies," International Journal of Electrical Engineering Education, oktobar 1997.
- [18] Cooper M.: "Remote laboratories in teaching and learning – issues impinging on wide-spread adoption in science and engineering education," International Journal of Online Engineering iJOE Vol. 1, No. 1, jul 2005, ISSN 1861-2121.
- [19] Scopolla A.M., Bagnasco A., Ponta D., Parodi G.: "A Modular and Extensible Remote Electronic Laboratory," International Journal of Online Engineering iJOE Vol. 1, No. 1, jul 2005, ISSN 1861-2121.
- [20] Ferreira J. M. M., Cardoso A.: "A Moodle extension to book online labs", Proc. of REV 2005 Conference, ISBN 3-89958-137-7.
- [21] Cvjetković M., Sulema, Y. S.: "Remote Laboratory for Supporting e-Studies in Electronics," Proc. of REV 2005 Conference, ISBN 3-89958-137-7.

SUMMARY

Computers are used in all phases of planning, development and testing of electronic circuits. Applications in process of measurement, acquisition, processing and presentation of acquired data are denoted as virtual instrumentation. The most important advantages of this approach are visualization and possibility of additional processing. This concept is applicable in electronics education with obvious advantages. It provides students to concentrate on the main goal – understanding of semiconductor component characteristics and properties of electronic circuits, while measurement technique is simplified.