RMCLAB - PRIMJER KORIŠĆENJA DALJINSKE LABORATORIJE U NASTAVI ELEKTRONIKE NA UNIVERZITETU CRNE GORE

Bojan Radović*, Zoran Jakšić*, Radovan Stojanović* , Kostas Efstathiou**, Dimitris Karadimas**, Budimir Lutovac* i Nedeljko Lekić*

*Elektrotehnički Fakultet, Univerzitet Crne Gore, stox@cg.ac.yu
**University of Patras, Department of Electrical Engineering and Computer Technology, Greece

Sadržaj - Rad opisuje Internet-baziranu laboratoriju, nazvanu RMCLab, razvijenu na Univerzitetu u Patrasu, Grčka i adaptiranu za potrebe Univerziteta Crne Gore. Glavna odlika ove laboratorije je rad sa realnim kolima i instrumentima nasuprot simulacija i virtuelnog okruženja. Hardverska infrastruktura RMCLaba sastoji se od više rekonfiguarabilnih FPGA sistema koji prate svaki analogni i digitalni modul koji predstavlja odredjenu vježbu. Na ovaj način se postiže dinamička rekonfiguracija mjernih mjesta i položaja komponenti. Takodje se može testirati u realnom vremenu i sopstveni dizajn za generalnu namjenu. U radu se prezentira i konkretni primjer kola iz digitalne elektronike. Saradnja na ovom projektu je ostvarena u okviru Tempus projekta CD_40017_2005.

1. UVOD

Veliki broj univerziteta i obrazovnih institucija je suočen sa problemom obezbijedjivanja adekvatnih uslova za rad velikog broja studenata. Problem je još izraženiji kada je riječ o laboratorijskim vježbama gdje je potrebno organizovati istovremeni rad u više grupa. Savremena laboratorijska oprema je još uvijek prilično skupocena, naročito u nerazvijenim i zemljama u razvoju, tako da se proces vježbanja ograničava na mali broj instrumenata koji se dijele na veliki broj grupa.

Omogućavanje pristupa stvarnoj laboratorijskoj opremi preko Interneta bi u velikoj mjeri rješilo ovaj problem. U tom pravcu je aktuelno nekoliko pokušaja, [1] i [2]. Jedan od njih prestavlja RMCLab razvijena na Univerzitetu u Patrasu i koja obezbedjuje implementaciju laboratorijskih vježbi upotrebom realnih instrumenata u bilo koje vrijeme i sa bilo kojeg mjesta [3], [4] i [5]. Korišćenjem RMCLaba broj potrebnih instrumenata se drastično smanjuje na samo jedan laboratorijski set kojeg može dijeliti nekoliko stotina studenata, vježbajući više različitih vježbi.

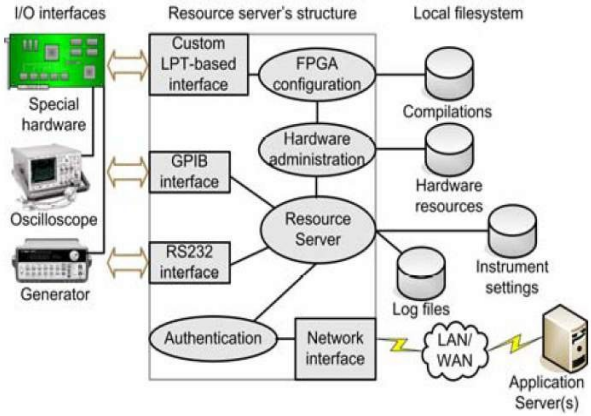
U okviru Tempus projekta CD_40017_2005 čiji je koordinator Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore jedna od aktivnosti je i upotreba sistema daljinskog učenja za potrebe laboratorijskog treninga studenata na odsjeku elektronike. U tom smislu na postojeću strukturu RMCLaba su dodate vježbe koje se odradjuju na našem fakultetu. Na taj način je omogućeno da čitav set laboratorijskih vježbe iz analogne i digitalne elektronike bude efikasno implementiran preko Interneta.

Ovaj rad u osnovnim crtama opisuje arhitekturu i način korišćenja RMCLaba. Takodje, kroz opis načina implementacije proste laboratorijske vježbe iz digitalne elektronike teži se demonstrirati njegova svrsishodnost i efikasnost.

2. STRUKTURA RMC LABORATORIJE

RMCLab predstavlja moćan alat za daljinsko upravljanje i kontolisanje laboratorijskih mjernih instrumenata. Na jednom serveru preko standardnih komunikacionih portova (RS-232, EPP) povezani su mjerni instrumenti i hardver neophodan za realizaciju lab. vježbi, slika 1. Mjerni instrumenti imaju sposobnost komunikacije sa računarom. Na taj način server prikuplja podatke sa više mjernih tačaka istovremeno. Tako akumulirane informacije se proslijeđuju korisniku (klijentu) na njegov zahtjev i u odgovarajućoj formi. Na serveru se pogoni specijalno razvijeni softver koji kontroliše rad pojedinih instumenata i namjenskog hardvera. Softver je zamišljen da u što većoj mjeri približi korisniku rad sa realnim instrumentima. U tom cilju grafički interfejs koji vidi korisnik sadrži sve funkcije za kontrolu i upravljanje realnim instrumentima.

Na ovaj način omogućeno je da se jedan set mjernih instrumenata istovremeno nalazi na raspolaganju većem broju korisnika, što je jedna od glavnih prednosti RMCLaba. RMCLab ne zahtijeva velike brzine prenosa podataka između klijenta i servera, što omogućava korisnicima i sa sporijom Internet vezom korišćenje resursa laboratorije Univerziteta u Patrasu za svoje potrebe. Studenti odsjeka za primjenjenu elektroniku ovdašnjeg fakulteta uspješno koriste RMCLab od 2004. godine na dva akademska kursa.



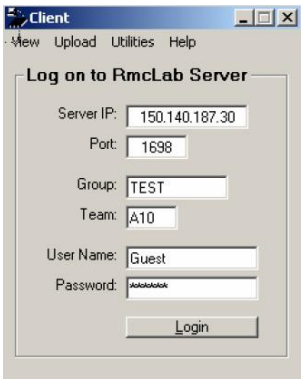
Slika 1. Osnovna struktura RMCLaba

RMCLab ima modularnu strukturu koja omogućava laku nadogradnju i izmjene postojećeg hardvera. Svaka laboratorijska vježba realizovana je na posebnoj štampanoj ploči i ima odgovarajuću grafičku predstavu u programskom interfejsu. To omogućava lake izmjene sadržaja laboratorijskih vježbi (nadogradnju postojećih, uklanjanje i dodavanje novih). RMCLab trenutno od mjernih instrumenata podržava rad sa osciloskopom, generatorom funkcija i izvorima napajanja, dok buduće verzije predviđaju upotrebu analizatora spektra, logičkog analizatora, frekvencijskog i digitalnog sintisajzera. Trenutno, platformu podržavaju jedan PC sa 2.6GHz procesorom i 1024MB RAMa, Agilentov osciloscop 54622D (2 analogna i 16 digitalnih ulaza) i Agilentov signal generator 33120A. Kao I/O jedinica koristi se ploča bazirana na Alterinom FPGAu iz FLEX8K familije.

Za što vjerodostojnije testiranje svaka štampana ploča tj. svaka laboratorijska vježba posjeduje više testnih tačaka sa kojih je moguće izvršiti mjerenja (snimiti talasne oblike signala ili izmjeriti neku od karakterističnih vrijednosti). Od ukupnog broja testnih tačaka, korisnik maksimalno može izabrati dvije u jednom vremenskom trenutku.

3. UPOTREBA RMCLaba

U svrhu korišćenja RMCLaba potrebno je instalirati besplatni klijent program koji se može downloadovati sa sajta laboratorije za primjenjenu elektroniku http://www.apel.ee.upatras.gr/rmclab/ . Pri pokretanju programa korisniku će se prikazati prozor kao na slici 2.



Slika 2. Client log on interface.

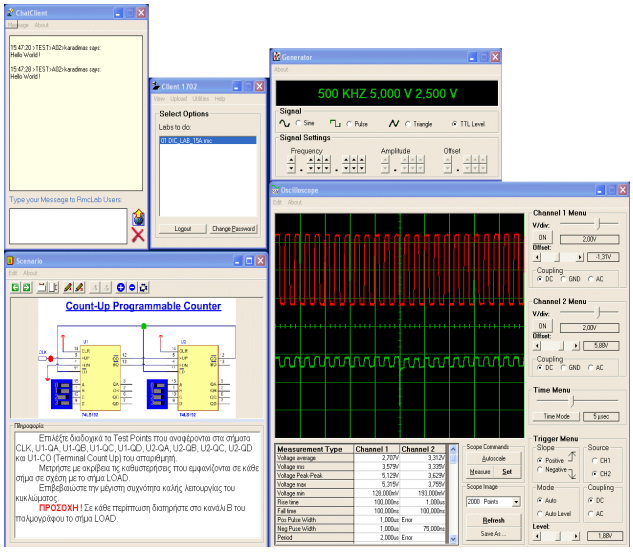
Da bi pristupio RMCLabu korisnik u naznačena polja ukucava odgovarajući nalog i šifru. Za potrebe Univerziteta Crne Gore kreirana je posebna grupa i 10 korisničkih naloga tako da studenti ovog Univerziteta mogu ravnopravno da koriste resurse kao njihovi kolege na Univerizitetu u Patrasu.

Nakon što se klient loguje, pred njim će se naći izbor od sedam laboratorijskih vježbi od koje ovaj bira jednu. Tri od ponuđenih sedam vježbi namijenjene su za osnovni kurs analogne elektronike, dok su ostale 4 namjenjene kursu digitalne elektronike. Naravno kako je to prethodno rečeno, modularnost RMCLaba omogućava njegovu stalnu nadogradnju pa će neka od novijih verzija ponuditi veći izbor laboratorijskih vježbi. Važno je napomenuti da su laboratorijske vježbe koje su do sada realizovene prilagođene jezički i programski potrebama studenata crnogorskog univerziteta.

Kada se pristupi jednoj od ponuđenih laboratorijskih vježbi, prikaže se glavni interface prikazan na slici 3. Svaka vježba sastoji se iz više koraka koji su prikazani u prozoru *Scenario*. Svaki korak sadrži određeni zadatak. U datom prozoru prikazana je elektronska šema kola koje se testira. Na posebno označenim tačkama kola moguće je postaviti sonde osciloskopa kako bi se izvršila potrebna mjerenja. Tekst ispod šeme kola daje studentu sve potrebne instrukcije u cilju implementacije vježbe. Ulazni pinovi svih kola (*clk* za digitalna kola i *Vul* za analogna i sl.) povezani su sa generatorom funkcija. Podešavanje ovog signala vrši se u prozoru generatora funkcija *Generator*. Mjerenja karakterističnih veličina posmatranih signala, kao i prikazivanje njihovih talasnih oblika kontroliše se preko ponuđenih komandi u prozoru *Oscilloscope*.

Važno je napomenuti da rezultati mjerenja dobijeni na ovaj način nijesu proizvod simulacije, koja obično ne odražava pravo stanje i ne može biti totalno vjerodostojna.

Od studenta se zahtjeva da sačuva rezultate mjerenja u izvještaju koji se po završetku vježbe šalje predavaču na razmatranje i bodovanje. Novija verzija RMCLaba će omogućiti automatsko ocjenjivanje odrađenih vježbi čime će se izuzeti faktor subjektivnosti predavača, što predstavlaja jedan od ciljeva u savremenom sistemu obrazovanja.



Slika 3. Glavni interface RMCLaba.

Vremenske performanse sistema su testirane u odnosu na skup kašnjenja, Tabela 1. (i) Td1 - kašnjenje prouzrokovano zadavanjem parametara mjernog hardvera (amlitude, vremenske baze itd.) i na osnovu njih izvršenog mjerenja, (ii) Td2- kašnjenje za rekonfiguraciju FPGA hardvera, (iii) Td3 – kašnjenje za kompalaciju šeme laboratorijske vježbe, (iv) Td4 – kašnjenje komunikacije, slanja paarmetara i prijema podataka o izmjereneim veličinama. Kašnjene Td1 direktno utiču na brzinu dijeljenja (sharing) resursa za implementaciju vježbe, a testiranja su pokazala da je ono obično <3 sec.

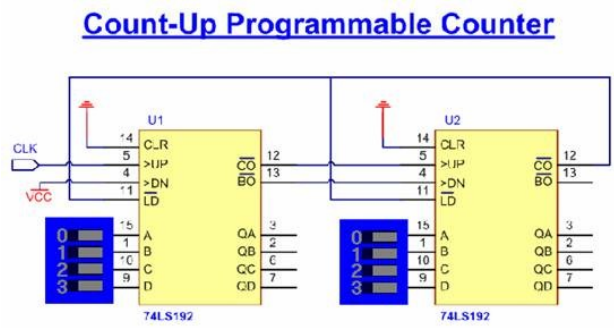
Tabela 1: Vremenska kašnjenja pri korišćenju RMCLab.

Tip kašnjenja	Iznos (sec.)
Td1	3
Td2	5
Td3	10
Td4	<5

4. PRIMJER

Na narednoj slici dat je prikaz jednostavne laboratorijske vježbe iz digitalne elektronike. Radi se o 8bitnom «count-up» brojaču realizovanom pomoću dva TTL 4bitna brojača 74LS192. U prvom koraku, studentima se daje teorijska osnova vježbe, princip rada komponenti i kola u cjelini.

U sledećem koraku od studenta se traži da izvrši odgovarajuća podešavanja generatora funkcija, koji je povezan na *clk* ulaz kola. Da bi kolo ispravno funkcionisalo, izlaz generatora funkcija treba podesiti na TTL nivo (5V peak-to-peak, 2.5V srednja vrijednost) frekvencije 1.2 MHz.



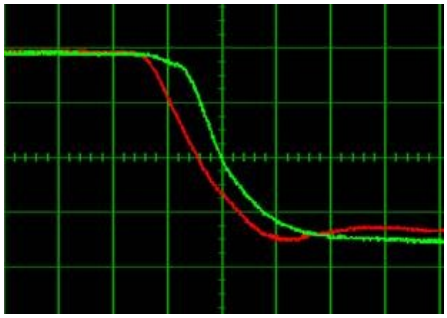
Slika 4. Šema kola 8bitnog brojača.

Kada se izvrše sva podešavanja generatora funkcija treba pristupiti mjerenjima. Sonde osciloskopa koje se označavaju crvenom i zelenom bojom na grafiku kola, potrebno je postaviti na neku od željenih mjernih tačaka. Kanal A osciloskopa se postavlja na *clk* ulaz, a kanal B mjenjamo u zavisnosti od zadatka vježbe.

Snimanje karakterističnih signala se postiže na sledeći način. Klikom na dugme *Autoscale* a zatim i na dugme *Refresh*, u prozoru osciloskopa dobija se prikaz talasnih oblika signala. Koristeći opciju *Save as* talasni oblici se mogu snimiti kao slika u jpg formatu, koju je kasnije potrebno uključiti u izvještaj.

U sledećem koraku od studenta se zahtjeva da izmjeri karakteristične veličine signala (amplituda, period, rise time, fall time). Klikom na dugme *Measure*, tabela u prozoru osciloskopa sa karakterističnim veličinama će se ažurirati.

Napredniju opciju predstavlja mjerenje kašnjenja između pojedinih tačaka kola, slika 5. Na taj način se dokazuje realnost mjerenja u odnosu na simulaciju. Mjerenje kašnjenja zahtjeva ručno podešavanje osciloskopa. Pod tim se podrazumjeva podešavanje vremenske baze i ofseta svakog pojednačnog kanala. U prozoru osciloskopa se nalaze jednostavne komande kojima se podešavaju ovi parametri. Nakon ovih podešavanja potrebno je ažurirati prikaz osciloskopa, što se postiže ponovnim pritiskom na dugme *Refresh*, poslije čega se može očitati vremenska razlika između signala.



Slika 5. Mjerenje kašnjenja, vremenska baza 50ns.

U tekstu vježbe studentu se daju sugestije kako da izvrši mjerenja na što precizniji način, kao i upozorenja na koja treba da obrati pažnju. Pored toga, na kraju vježbe dat je set pitanja vezanih za laboratorijsku vježbu.

Izvršena mjerenja kao i odgovori na pitanja sumiraju se u posebnom dokumentu koji se šalje predavaču na evaluaciju, čime se završava laboratorijska vježba.

5. ZAKLJUČAK

Izvodjenje laboratorijskih vježbi na daljinu pokazalo se dosta efikasnim i koristnim. U prvom planu se misli na finansijsku uštedu, skraćeno vrijeme rada i mnogostruko uvećane kapacitete (broj studenata koji istovremeno vježbaju).

Još jedna, možda ne takouočljiva, ali veoma bitna prednost korišćanja RMCLaba ogleda se u rezultatima koji su studenti postigli prilikom izvođenja laboratorisjkih vežbi na ovakav način. Ocijenili su kao veliku prednost što mogu da izvode vježbe od kuće pa su i postignuti rezultati bili znatno bolji.

Dodatna pogodnost RMCLaba ogleda se u njegovoj modularnosti što omogućava njegovu stalnu nadogradnju. Ova prednost se naročito može zapaziti ukoliko je potrebno izvršiti testiranje nekog posebno dizajniranog elektronskog kola. Specijalno dizajnirana ploča se lako povezuje na RMCLab pa na ovaj način sistem dobija na značaju kada je naučno-istraživački rad u pitanju.

Nastavnici i saradnici sa Univerziteta Crne Gore su učestovali u adaptaciji RMCLaba za potrebe korišćenja u svom nastavnom procesu, a studenti smjera elektronika su odradili ciklus laboratorijskih vježbi upotrebljavajući ovaj alat.

6. ZAHVALNOST

CD_40017_2005 Projekat je finansiran od strane Evropske komisije u okviru Tempus programa. Autori se najsrdačnije uzahvaljuju na pruženoj pomoći i podršci.

Education and Culture
TEMPUS

7. LITERATURA

[1] F. A. Candelas Herías*, C. A. Jara Bravo, F. Torres Medina, Flexible virtual and remote laboratory for teaching Robotics, Current Developments in Technology-Assisted Education (2006), pp. 1959-1963.

[2] Kin Yeung, Jie Huang, Development of a remote-access laboratory: a dc motor control experiment, Computers in Industry , Volume 52, Issue 3, pp. 305-311

[3] Dimitris Karadimas, Kostas Efstathiou: Design, Implementation and Evaluation of a Remote Laboratory System for Electrical Engineering Courses. ICALT 2006: Kerkrade, The Netherlands

[4] Dimitris Karadimas and Kostas Efstathiou Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Patras, Greece: *An Integrated Educational Platform Implementing Real, Remote Lab-Experiments for Electrical Engineering Courses.* JOURNAL OF COMPUTERS, VOL. 2, NO. 2, APRIL 2007, pp. 37-44.

[5] http://www.apel.ee.upatras.gr/

Abstract – Rad opisuje Internet-baziranu laboratoriju, nazvanu RMCLab, razvijenu na Univerzitetu u Patrasu, Grčka i adaptiranu za potrebe Univerziteta Crne Gore. Glavna odlika ove daljinske laboratorije je rad sa realnim kolima i instrumentima nasuprot simulacija i virtuelnog okruženja. Hardverska infrastruktura RMCLaba sastoji se od više rekonfiguarabilnih FPGA sistema koji prate svaki analogni i digitalni modul koji predstavlja odredjenu vježbu. Na ovaj način se postiže dinamička rekonfiguracija mjernih mjesta i položaja komponenti. Takodje, se može testirati u realnom vremenu i sopstveni dizajn za generalne primjene. U radu se prezentira i konkretni primjer kola iz digitalne elektronike. Saradnja na ovom projektu je ostvarena u okviru Tempus projekta CD_40017_2005.

RMCLAB – AN EXAMPLE OF THE USING REMOTE LABORATORY FOR ELECTRONICS COURSES AT UNIVERSITY OF MONTENEGRO

Bojan Radović, Zoran Jakšić, Radovan Stojanović, Kostas Efstathiou, Dimitris Karadimas, , Budimir Lutovac, Nedeljko Lekic