

SISTEM ZA UČENJE ARHITEKTURE I ORGANIZACIJE RAČUNARA NA DALJINU

Boško Nikolić, Jovan Đorđević, Aleksandar Stojković, Milijan Mitrović, *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*

Sadržaj – U radu je dat opis softverskog sistema za učenje i proveru znanja u oblasti arhitekture i organizacije računara na daljinu. Sistem se sastoji iz tri podsistema: podsistem za simulaciju projektovanih računarskih sistema, podsistem za projektovanje i simulaciju prekidačkih mreža i podsistem za testiranje i samoučenje. Opisani sistem se može koristiti kao podrška proizvoljnom kursu iz ove oblasti. Softver je razvijen kao Internet aplikacija, korišćenjem Java programskog jezika i potpuno besplatnih tehnologija.

1. UVOD

Studenti visokih i viših obrazovnih ustanova slušaju veliki broj različitih tema vezanih za računarsku tehniku, gde je jedna od glavnih oblasti izučavanja arhitektura i organizacija računara. Način organizovanja kurseva iz ove oblasti je definisan od strane IEEE Computer Society i ACM Computer Engineering Task Force [1].

Ako bi se teme iz ove oblasti izučavale samo pomoću teorijskih predavanja i računskih vežbi postigla bi se loša efikasnost i dobilo bi se nedovoljno znanje studenata. Razlog tome je velika apstaktnost teorijskih modela, koje bi kasnije trebalo primeniti u praksi. Zato je postojanje laboratorijskih vežbi i obrada konkretnih primera od neuporedivog značaja za uspešnost bilo kog kursa iz ove oblasti. U okviru laboratorijskih vežbi studenti treba da analiziraju konkretne računarske sistema, ali i da imaju mogućnost projektovanja i simulacije proizvoljnih prekidačkih mreža

U otvorenoj literaturi postoji veliki broj simulatora koji se koriste u okviru laboratorijskih vežbi iz različitih kurseva. Neki od ovih simulatora se zasnivaju na projektovanim konkretnim računarskim sistemima [2]. Simulirani sistemi se veoma razlikuju po arhitekturi, organizaciji i razmatranim temama. Simulatori druge grupe imaju mogućnost projektovanja i simuliranja računarskih sistema, na osnovu modula koji su dati korisnicima na raspolaganje [3].

Razmatrajući raznolikost kurseva koji pripadaju ovoj oblasti i raspoložive simulatore postavlja se pitanje da li postoji sistem koji se može koristiti kao podrška proizvoljnom kursu iz arhitekture i organizacije računara. Postojanje ovakvog simulatora predstavljao bi veliku pomoć i studentima i predavačima. Studenti ne bi imali potrebu da se za laboratorijske vežbe iz svakog novog kursa posebno pripremaju, jer bi za sve kurseve koristili poznati softverski sistem. Predavači bi imali na raspolaganju sistem koji pokriva sve potrebne teme, tako da uvođenje novog predmeta ili reorganizacija starih ne dovodi u pitanje korišćenje laboratorijskih vežbi. Ovaj aspekt je veoma bitan danas, kada se univerzitet nalazi u fazi korenite reforme.

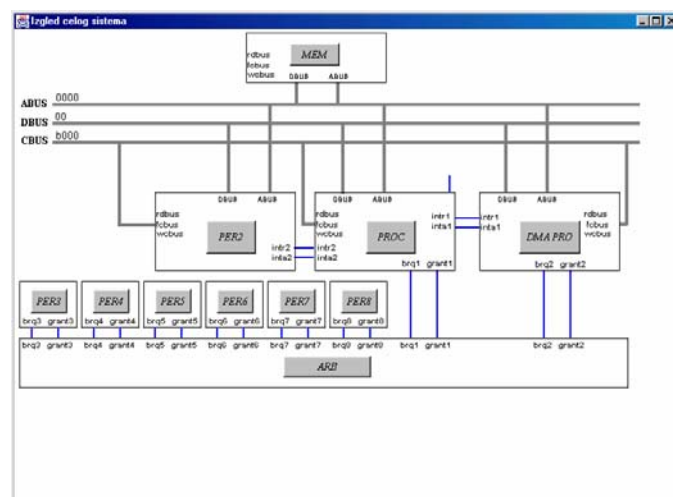
Nad poznatim simulatorima izvršena je kritička analiza na osnovu definisanih kriterijuma. Došlo se do zaključka da ne postoji sistem koji može adekvatno da odgovori na postavljeno pitanje. Zato je i realizovan takav softverski sistem koji se opisuje u okviru ovog rada.

Opisani softverski sistem sadrži tri podsistema. U okviru prvog podsistema studenti imaju mogućnost da prate simulaciju računarskih sistema koji su već projektovani [4]. U okviru drugog podsistema korisnici pomoću modula koji su na raspolaganju projektuju i simuliraju složenije mreže. Treći podsistem omogućava testiranje i samoučenje studenata, kao i niz opcija za predavače za praćenje napretka studenata [5].

Sistem je implementiran korišćenjem Java programskog jezika i to JSP (Java Server Pages) stranica i Java servleta. Kao web server se koristi Tomcat Jakarta Web Server, koji poseduje podršku za rad sa Java klasama. Manipulacija sa podacima je ostvarena korišćenjem MySQL baze podataka. U daljem tekstu će se razmatrati funkcije i primeri korišćenja navedenih podsistema.

2. PODSISTEM ZA SIMULACIJU DIZAJNIRANIH RAČUNARSKIH SISTEMA

U okviru prvog podsistema studenti imaju mogućnost da prate simulaciju računarskih sistema koji su već projektovani. Ovi računarski sistemi su projektovani sa namerom da pokriju sve preporučene teme. Ako bi se svi ti koncepti primenili na jednom računarskom sistemu, on bi bio veoma kompleksan i nepodesan za korišćenje i proces učenja. Zato je bolje rešenje da se projektuje više sistema koji će obrađivati različite oblasti arhitekture i organizacije računara. Tako bi se simulacije različitih računarskih sistema koristile na različitim predmetima.

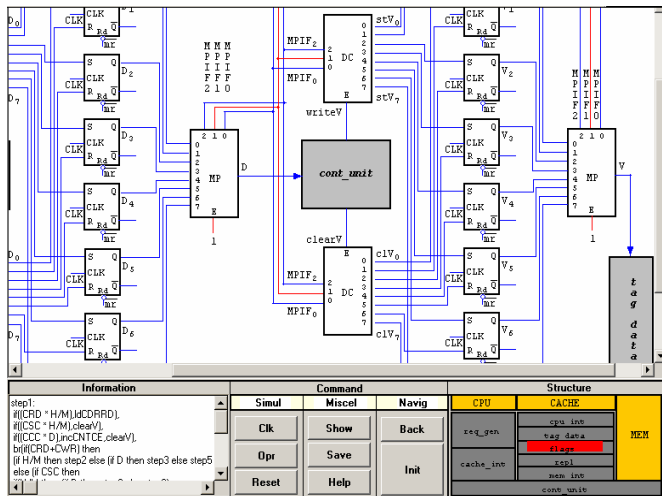


Slika 1. Izgled sistema baziranog na CISC procesoru

Nakon sprovedene analize zaključeno je da je najbolje rešenje da se projektovanje jednog računarskog sistema bazira na CISC arhitekturi računara i da se sa njim ilustruju osnovni principi, deo organizacije procesora, bez obrade pajplajna, računarska aritmetika i deo ulaz-izlaz problema (slika 1).

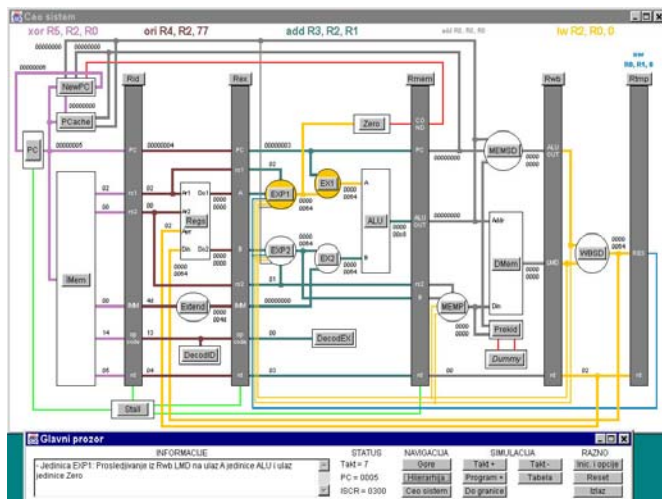
Drugi računarski sistem bi proučavao hijerarhijski memorijski sistem – HMS (slika 2). U okviru ovog

podсистema su prikazane osnovne tehnike realizacije virtualne memorije i jedinice za preslikavanje, osnovne tehnike realizacija keš memorija, i rad pri postojanju preklapanja memorisjkih modula.



Slika 2. Izgled sistema baziranog na HMS organizaciji

Treći računarski sistem ilustruje organizaciju procesora sa paralelnim izvršavanjem instrukcija - pipeline (slika 3). Procesor ima pipeline sa pet stepeni. Strukturalni hazardi se rešavaju realizacijom posebnih memorija za instrukcije i podatke i registarskog fajla sa mogućnošću istovremenog čitanja sadržaja dva registra i upisa u treći. Hazardi podataka se ublažavaju tehnikom prosleđivanja između različitih stepeni pipeline-a. Upravljački hazardi se ublažavaju tehnikom dinamičkog predviđanja redosleda izvršavanja instrukcija. U situacijama kada nijedna od ovih tehnika ne rešava problem korektno izvršavanje instrukcija se obezbeđuje zaustavljanjem pipeline-a.



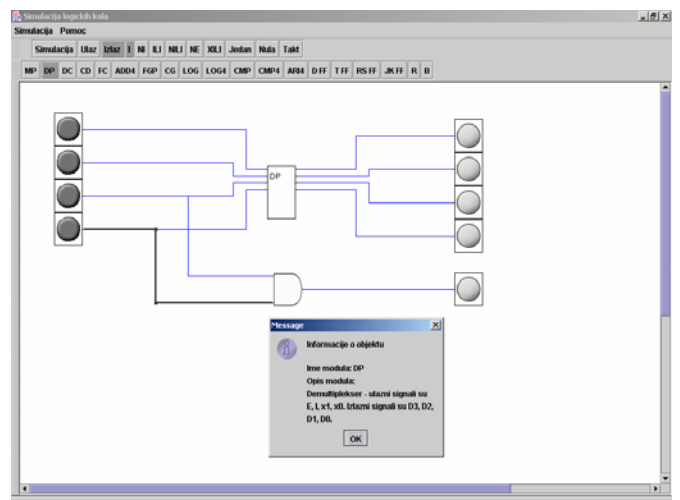
Slika 3. Izgled sistema baziranog na pipeline procesoru

Pomoću navedena tri računarska sistema studenti imaju mogućnost da analiziraju sve tehnike i pojmove navedene u okviru ove oblasti. Svi realizovani simulatori imaju iste karakteristike: korisnički razvijen skup instrukcija, postoji grafička prezentacija sistema, interaktivni tok simulacije, računarski sistem je prikazan sa implementacionim detaljima i mogućnošću izvršavanja na daljinu, postoji mogućnost pokretanja simulacije na nivou programa, instrukcije i takta. Rad sa simulatorima je u sva tri slučaja identičan, tako da

studentima nije potrebna posebna priprema. Za svaki sistem postoje ugrađeni primeri koji studentima naglašavaju najvažnije koncepte obrađene u računarskim sistemima.

3. PODSISTEM ZA SIMULACIJU KORISNIČKI PROJEKTOVANIH PREKIDAČKIH MREŽA

Pored analize već projektovanog računarskog sistema potrebno je da postoji mogućnost i projektovanja određenih računarskih modula. Zato je razvijen i drugi podsistem koji omogućava studentima upoznavanje sa osnovama projektovanja prekidačkih mreža (slika 4). Studenti pomoću modula koje imaju na raspolaganju projektuju i simuliraju složenije mreže. Projektovane module studenti mogu da međusobno povezuju, i da simuliraju sa različitim vrednostima ulaznih signala. Podsistem poseduje i sve osobine savremenih aplikacija, kao što je snimanje konteksta simulacije u fajl, otvaranje već snimljenih mreža, prikazivanje osnovnih informacija o podsistemu.



Slika 4. Podsistem za simulaciju korisničkih mreža

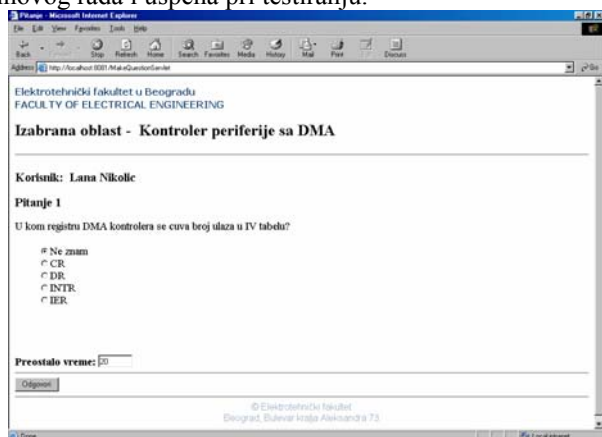
Moduli koji su na raspolaganju korisniku su osnovni logički elementi (I, ILI, NE, NI, NILI kola), standardni kombinatorni (multiplekser, demultiplekser, dekodner, koder, sabirač, aritmetičko logička jedinica, komparator) i standardni sekvencijalni (D FF, T FF, RS FF, JK FF, registar, brojač) moduli. Korisnik ima mogućnost i korišćenja elemenata koji predstavljaju ulazni, odnosno izlazni signal u prekidačkoj mreži. Tokom simulacije mreže ulazni elementi se mogu postavljati na aktivne, odnosno neaktivne vrednosti, dok izlazni elementi definišu trenutno stanje mreže. U okviru podsistema postoji i element koji simulira sistemski takt, i koji tokom simulacije, naizmenično dobija aktivnu i neaktivnu vrednost. Svaki ulaz elementa koji se nalazi na radnoj površini se može postaviti na konstantnu aktivnu ili neaktivnu vrednost.

Korisnik ima mogućnost da projektuje željenu prekidačku mrežu, da je simulira, da dizajn snimi u fajl, da kasnije pokreće snimljeni fajl, da menja postojeću mrežu, ponovo simulira ili snima. Rad sa sistemom je identičan radu sa standardnim Windows aplikacijama.

4. PODSISTEM ZA TESTIRANJE I SAMOUČENJE

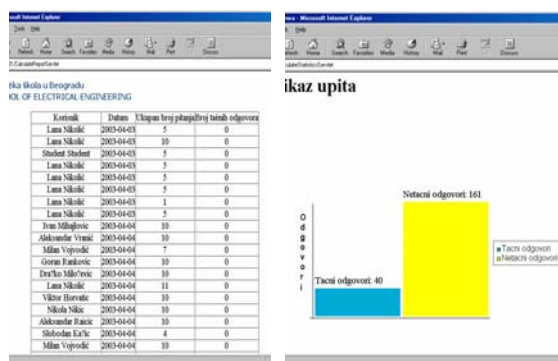
Podsistem za samoučenje i proveru znanja je mrežna aplikacija koja pruža čitav niz mogućnosti i studentima i predavačima. Studenti koriste sistem za proveru znanja pre

rada u laboratoriji i za samotestiranje kod kuće kao deo pripreme za rad u laboratoriji, dok predavači koriste sistem za definisanje kriterijuma testiranja studenata i praćenje njihovog rada i uspeha pri testiranju.



Slika 5. Testiranje studenta

Studenti koristeći ovaj podsistem odgovaraju na pitanja iz odabrane oblasti arhitekture i organizacije računara, automatski se obrađuju odgovori i prikazuju postignuti rezultati. Pitanja se generišu na principu slučajnosti. Pored samih rezultata uz postavljeno pitanje prikazuje se i korektan odgovor sa detaljnim objašnjenjem, na osnovu koga studenti imaju mogućnost da upotpune svoje znanje. Za studente postoje dva režima rada: samotestiranje i testiranje. U prvom režimu studenti sami biraju oblast iz koje se testiraju, broj pitanja, vreme potrebno da se odgovori na jedno pitanje, težinu pitanja. U ovom režimu studenti sami pokreću test sa proizvoljnog mesta. Drugi režim služi za proveru znanja od strane predavača. Prethodno navedene parametre predavač unapred definiše, i na osnovu njih student dobija test.



Slika 6. Tekstualni i grafički izveštaj za predavače

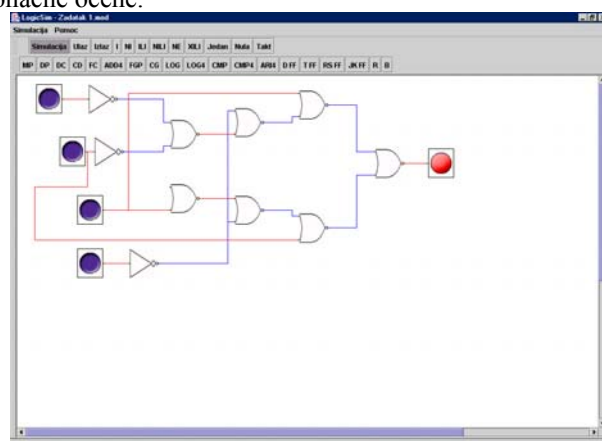
Koristeći podatke koji su snimljeni u bazi podataka tokom samog testiranja predavač može da dobije sve potrebne informacije o studentima, unetim pitanjima i odgovorima i o toku testiranja. Ovaj deo sistema se sastoji od jednostavnih formi koje se koriste za unos, promenu i brisanje određenog studenta, određenog pitanja iz baze podataka, određene oblasti iz koje se generišu pitanja za testiranje. Pored ovih osnovnih mogućnosti, sistem poseduje opcije za generisanja većeg broja izveštaja. U okviru izveštaja su dati razni statistički podaci, na primer za svakog studenta broj urađenih testova, procenat tačnih odgovora po studentu ili grupi, procenat tačnih odgovora po oblasti ili pitanju, itd. Predavaču se omogućava da definiše spisak

studenata za testiranje u laboratoriji i parametre za testiranje. Postoji i mogućnost čuvanja cele baze podataka.

5. LABORATORIJA

Cilj realizacije opisanog softverskog sistema je njegova upotreba u okviru proizvoljnog kursa iz oblasti arhitekture i organizacije računara. Kao praktična potvrda zaključaka iz prethodnog dela teksta može poslužiti činjenica da se sistem upravo i koristi na različitim predmetima različitih ustanova visokog obrazovanja. Koriste ga studenti sa različitim znanjem iz tehničkih nauka na Višoj ekonomskoj školi Valjevo i Višoj poslovnoj školi Blace, studenti Više elektrotehničke škole Beograd, kao i studenti prve tri godina Elektrotehničkog fakulteta.

U okviru laboratorijskih vežbi, studenti imaju i provere znanja tokom semestra. U okviru laboratorije za prvu godinu Elektrotehničkog fakulteta provera se izvršava pomoću podsistema za projektovanje i simulaciju prekidačkih mreža na kraju semestra. Za ostale laboratorije provera znanja se obavlja pre svake laboratorijske vežbe pomoću podsistema za proveru znanja. Studenti dobijaju od pet do deset pitanja na koja odgovaraju. U okviru laboratorija na Elektrotehničkom fakultetu da bi radili tekuću vežbu potrebno je da imaju preko 50% tačnih odgovora. U okviru laboratorija na višim školama procenat tačnih odgovora ulazi u formiranje konačne ocene.

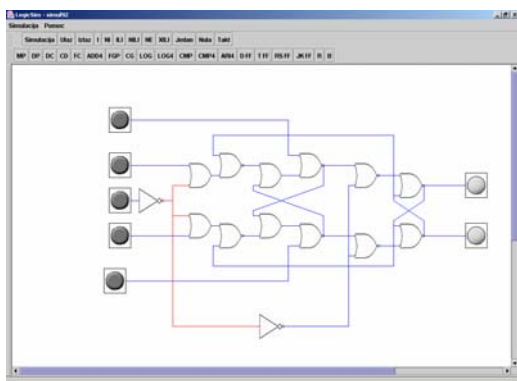


Slika 7. Projektovana zadata prekidačka mreža

U okviru laboratorija na višim školama studenti koriste podsistem za projektovanje i simulaciju prekidačkih mreža da bi se upoznali sa funkcijama osnovnih kombinacionih i sekvencijalnih modula. U okviru prve grupe zadataka proučavaju se funkcije osnovnih kombinacionih i sekvencijalnih elemenata. Drugu grupu zadataka čine zadaci sa analizom već projektovanih jednostavnih prekidačkih mreža. Takođe od studenata se traži i da projektuju neke mreže sa zadatom funkcijom (slika 7).

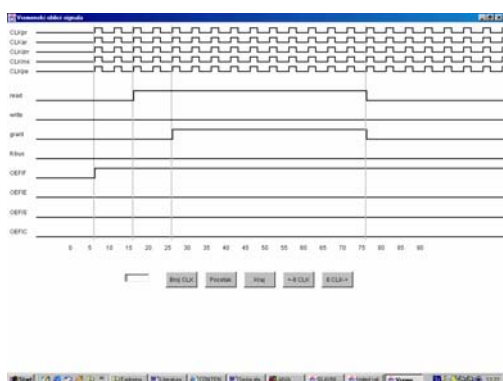
U okviru početnih predmeta Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu studenti se upoznaju sa osnovnim pojmovima računarske tehnike. Upoznaju se sa namenom i funkcijama kombinacionih i sekvencijalnih modula (slika 8). U okviru nastave koristi se podsistem za projektovanje i simulaciju prekidačkih mreža, pomoću koga mogu da se vizuelno upoznaju sa svim elementima koji su pomenuti na predavanjima i vežbama. Laboratorijske vežbe su organizovane u posebnom predmetu i predstavljaju sa

predavanjima osnovu za početne predmete iz osnova računarske tehnike.



Slika 8 Realizovana strukturna šema JK flip-flopa

U okviru predmeta na drugoj godini studenti koriste podsistem za simulaciju projektovanog računarskog sistema. Koristi se računarski sistem baziran na procesoru CISC tipa. Pomoću ovog podsistema studenti se kroz niz laboratorijskih vežbi upoznaju sa osnovnim principima rada računarskog sistema, kao što je rad sa registrima, različiti tipovi podataka, načini adresiranja, formati instrukcija, kao i faze izvršavanja instrukcije. Pored osnovnih funkcija procesora demonstrirane su osnove ulaz-izlaz komunikacije, mehanizam prekida, računarske aritmetike, kao i rad sa magistralom (slika 9).



Slika 9 Vremenski oblici izabranih signala

Na trećoj godini studenti koriste podsistem za simulaciju projektovanog računarskog sistema. Kroz vežbe koriste se sva tri računarska sistema. Pomoću ovog podsistema studenti se kroz niz laboratorijskih vežbi upoznaju sa nestandardnim instrukcijama, kao što su string instrukcije, instrukcije za kontrolu toka, instrukcije za rad sa brojevima sa pokretnim zarezom, pitanje arbitracije za pristup magistrali u slučaju da postoji više modula koji mogu da iniciraju ciklus na magistrali, tri različite realizacije keš memorije, primeri za simulaciju tri tipa virtuelne memorije sa tri tipa realizacije jedinice za preslikavanje virtuelnih u fizičke adrese, sistem operativne memorije koji sadrži 16 memorijskih modula i podržava pet mogućih načina preklapanja pristupa memorijskim modulima, organizacijom procesora sa pajplajn tehnikom pomoću posebno pripremljenih programa.

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisan softverski sistem čiji je cilj efikasniji način predavanja iz Arhitekture i organizacije računara. Celokupan sistem se sastoji iz tri podsistema. U okviru prvog podsistema studenti imaju mogućnost da prate simulaciju računarskih sistema koji su već projektovani. Računarski

sistemi pokrivaju sve teme navedene u opisu ove oblasti. Simulirani računarski sistemi ilustruju organizaciju CISC procesora, RISC procesora sa pajplajnom, i načine realizacije hijerarhijskog memorijskog sistema. Drugi podsistem omogućava studentima upoznavanje sa osnovama projektovanja prekidačkih mreža. Studenti pomoću modula koje imaju na raspolaganju projektuju i simuliraju složenije mreže. Projektovane module studenti mogu da međusobno povezuju, i da simuliraju sa različitim vrednostima ulaznih signala. Kao podrška procesu teorijskog učenja i provere stečenog znanja, realizovan je i treći podsistem za testiranje i samoučenje. Pomoću ovog podsistema studenti odgovaraju na pitanja iz odabrane oblasti arhitekture i organizacije računara, automatski se obrađuju odgovori i prikazuju postignuti rezultati. Pored samih rezultata uz postavljeno pitanje prikazuje se i korektan odgovor sa detaljnim objašnjenjem, na osnovu koga studenti imaju mogućnost da upotpune svoje znanje. Podsistem poseduje i dodatne opcije za profesore, pomoću kojih postoji mogućnost praćenja rada i napredovanja svakog od studenata.

Sistem je implementiran kao Web aplikacija. Time je dobijen jednostavan korisnički interfejs i povećana bezbednost podataka, olakšana je manipulacija podacima i mogućnosti daljeg razvoja. Kao razvojno okruženje korišćen je programski jezik Java (JSP strane i Java servleti), baza podataka MySQL i Tomcat Jakarta Web Server, čime je dobijeno besplatno razvojno i izvršno okruženje.

LITERATURA

- [1] IEEE Computer Society and ACM, "Computer Engineering: Computing Curricula 2001," February 2003.
- [2] N. Kapadia, R. Figueiredo, J. Fortes, "PUNCH: Web Portal For Running Tools," *IEEE Micro*, Vol. 20, No. 3, pp. 38-47, May/June 2000.
- [3] R.N. Ibbet, HASE DLX Simulation Model, IEEE Computer Society, *IEEE Micro, Special Issue on Computer Architecture Education*, Vol. 20, No.3, pp. 38-47, May/June 2000.
- [4] J. Djordjevic, B. Nikolic, A. Milenkovic, Flexible Web-based Educational System for Teaching Computer Architecture and Organization, *IEEE, Transactions on Education*, 2005
- [5] A. Milenkovic, B. Nikolic, J. Djordjevic, CASTLE: Computer Architecture Self-Testing and Learning System, *Proceedings of the IEEE/ACM HPCA-02 Workshop on Computer Architecture Education*, Anchorage, Alaska, May 2002.

Abstract – The paper proposes a method of an effective distance learning of architecture and computer organization. The proposed method is based on a software system that is possible to be applied in any course in this field. The overall system comprises three subsystems. Within the first subsystem students are enabled to observe simulation of already created computer systems. The second subsystem provides creation and simulation of switch systems. The third subsystem is aimed at self-teaching and assessment.

THE SYSTEM FOR ARCHITECTURE AND COMPUTER ORGANIZATION DISTANCE LEARNING

B. Nikolić, J. Đorđević, A. Stojković, M. Mitrović