

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na sednici Komisije za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu od 12.06.2018. godine, imenovani smo u Komisiju za pregled i odbranu master rada Uroša Popovića, dipl. inž. elektrotehnike, pod nazivom „Primena Grebnerovih baza u dizajnu i verifikaciji integrisanih digitalnih kola“. Posle analiziranja podnetog materijala Nastavno-naučnom veću podnosimo sledeći

IZVESTAJ

1. Biografski podaci o kandidatu:

Dipl. inž. Uroš Popović rođen je 09.10.1994. godine u Nišu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2013. godine i diplomirao 2017. godine na smeru Računarska tehnika i informatika, sa prosečnom ocenom 9,68 i ocenom 10 na diplomskom radu sa temom "Razvoj ugrađenog računarskog sistema u FPGA tehnologiji za video igru". Školske 2017/2018. upisao je master studije na smeru Računarska tehnika i informatika, na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu.

2. Predmet, cilj i metodologija istraživanja

Predmet ovog rada jeste razmatranje potencijalne upotrebe modernih otkrića apstraktne algebre (preciznije, Grebnerovih baza) u oblasti EDA (eng. electronic design automation) alata za razvoj VLSI hardvera. Značaj rada se ogleda u tome što upotreba apstraktne algebre u ovoj oblasti predstavlja inovativnu i neistraženu strategiju u implementiranju algoritama za EDA alate. Ispostavlja se da veliki broj problema koji EDA alati rešavaju mogu da se svedu na probleme sistema jednačina polinoma više promenljivih, za čije rešavanje je upotreba Grebnerovih baza najpogodniji metod. Neki od tih problema su provera ekvivalencije digitalnih kola, uklanjanje redundanse u hardveru, rutiranje signala i FPGA sinteza. Cilj rada je softverska implementacija algoritama za računanje Grebnerovih baza za date ideale, kao i algoritma za konvertovanje KNF-a (konjunktivna normalna forma) logičke formule u sistem jednačina polinoma više promenljivih, kao deo rešavanja SAT problema (eng. satisfiability problem, skraćeno SAT problem).

3. Sadržaj i rezultati

Master rad Popović Uroša podeljen je u 5 poglavlja i napisan na 57 strana. Rad sadrži 27 slika. U radu je priložen spisak korišćene literature.

U prvom delu dat je kratak pregled VLSI tehnologije i njene važnosti u poslednjim decenijama. Takođe je urađen i kratak pregled apstrakcija rasprostranjenih u razvoju hardvera. Na kraju, urađen je i kratak uvod u Grebnerove baze kao alat za rešavanje sistema jednačina polinoma više promenljivih.

Zatim u drugom poglavlju sledi detaljna izgradnja teorije Grebnerovih baza. Najpre su pokrivenе definicije vezane za prstene polinoma. U nastavku su obrađeni ideali polinoma i njihovi skupovi generatori. Dalje, obrađeni su problemi vezani za deljenje polinoma kao i algoritmi za računarske implementacije deljenja polinoma. Pokrivenе su i bitne teoreme odnosno leme algebre kao što je Hilbertova teorema o bazi i Diksonova lema. Direktni teorijski sledbenik ovih teorema jesu Grebnerove baze i njihova važna svojstva (poput deljenja polinoma Grebnerovom bazom) su obrađena u radu. U ovom poglavlju su takođe obrađene opšte primene Grebnerovih baza, ali i specifične primene u robotici i automatskom dokazivanju teorema. Na kraju poglavlja dati su i algoritmi koji se koriste za dobijanje Grebnerovih baza.

U trećem delu su detaljno opisane različite apstrakcije prisutne u dizajnu i verifikaciji digitalnog hardvera. Opisan je tok razvoja hardvera od makroarhitekture i specifikacije ponašanja sa visokog nivoa apstrakcije do dobijanja fizičke implementacije čipa (tok od specifikacije na jeziku visokog nivoa, kao što je SystemC, preko RTL dizajna u VHDL-u/Verilog-u do raspoređivanja poluprovodničkih komponenti). Naglašena je neophodnost za verifikacijom i objasnjena je matematička osnova za neke od osnovnih metoda kao što su provera ekvivalencije kombinacionih mreža i provera ekvivalencije sekvensijalnih mreža, odnosno, mašina stanja, čime se postavlja osnova za povezivanje Grebnerovih baza sa gotovo svim pomenutim delovima toka razvoja hardvera. Na kraju je dat i kratak uvod u formalnu verifikaciju i temporalnu logiku kao alat formalne verifikacije.

U četvrtom delu je detaljno opisano suočenje nekih problema koji su pristuni u EDA alatima na probleme sistema jednačina polinoma više promenljivih. Fokus je na rešavanju problema da li je za datu logičku formulu $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ sa n promenljivih moguće formirati vektor od n vrednosti tačno ili netačno za koji važi da je $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ tačno. Bez gubljenja opštosti, pokriven je KNF oblik logičkih formula, tako što je dat postupak za transformisanje svake od klauzula KNF-a u polinom više promenljivih, čime se dobija sistem jednačina polinoma više promenljivih, za koji je dalje moguće korišćenjem Grebnerovih baza odrediti da li rešenje postoji. Nakon obrade ovog opštег problema matematičke logike, prikazana je i neočigledna veza raznih problema EDA alata, kao što je na primer vremenska analiza digitalnih kola i Grebnerovih baza tako što se pomenuti problemi najpre svode na logičke probleme kao što je SAT problem.

Na kraju, u petom delu je data programska implementacija računanja Grebnerovih baza (Buhbergerov algoritam) kao i implementacija algoritma za konvertovanje KNF-a u sistem jednačina polinoma više promenljivih, sve u programskom jeziku C++. Dati kodovi predstavljaju kompaktnu biblioteku koja se lako može integrisati u raznim C++ matematičkim alatima uz intuitivan interfejs prema funkcionalnostima biblioteke.

4. Zaključak i predlog

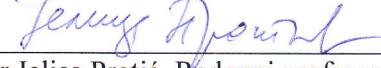
Kandidat Uroš Popović je u svom master radu predstavio inovativni metod za rešavanje velikog opsega problema EDA alata koristeći nove matematičke metode apstraktne algebre. Pored toga, kandidat je uspešno implementirao i generičku softversku biblioteku koja se može koristiti u svim problemima koji se mogu svesti na problem sistema jednačina polinoma više promenljivih. Rezultati ovog rada doprinose izuzetno inovativnim metodima za rešavanje EDA problema koji su jako novi i veoma malo istraženi u otvorenoj literaturi.

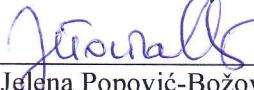
Na osnovu izloženog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad Uroša Popovića pod naslovom „Primena Grebnerovih baza u dizajnu i verifikaciji integrisanih digitalnih kola” prihvati kao master rad i kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

U Beogradu, 14.06.2018.

Članovi komisije:


dr Branko Malešević, Redovni profesor


dr Jelica Protić, Redovni profesor


dr Jelena Popović-Božović, Docent