

Министарство науке и заштите животне средине

Пројекат ИТ.1.02.0075.А

**ПРОЈЕКТОВАЊЕ, ТЕСТИРАЊЕ И
ЕКОПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРОНСКИХ КОЛА И
СИСТЕМА**

Завршни извештај

Руководилац пројекта: Ванчо Б. Литовски

НИО реализатор пројекта: Електронски факултет Ниш

Организације корисници-партиципанти: Еи Холдинг Ниш,
Мачкатица АД Сурдулица,
Ирвас Интернационал Ниш

Број истраживача: 10

Трајање пројекта: 36 месеци.

Ниш, јануара 2005. год.

Министарство науке и заштите животне средине

Пројекат ИТ.1.02.0075.А

ПРОЈЕКТОВАЊЕ, ТЕСТИРАЊЕ И ЕКОПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРОНСКИХ КОЛА И СИСТЕМА

Завршни извештај

1. ОБАВЕЗЕ ПРЕДВИЂЕНЕ ПРОГРАМСКИМ ЗАДАТКОМ ПРОЈЕКТА

1.1 Предмет истраживања

Истраживање и развој поступака и алата за моделовање и симулацију електронских кола и система. Развој и имплементација језика за опис хардвера. Освајање и развој технологије пројектовања интегрисаних кола са мешовитим (А/Д) функцијама.. Увођење концепта пројектовања за тестабилност и развој методологије примене стандарда. Истраживање поступака и развој еко-пројектовања укључујући и пројектовање за животни век.

1.2 Циљ истраживања

Потпуно оспособљавање за пројектовање интегрисаних кола и штампаних кола и то: везано за технологију производње, технологију пројектовања и кадровско оживљавање. Развој сопствених алата и поступака за аутоматизацију пројектовања, симулацију и тестирање. Увођење концепата еко-пројектовања.

1.3 Садржај истраживања

Пројектовање интегрисаних кола и штампаних кола код нас је истраживачка дисциплина која је у потпуности занемарена у последњој декади. То је довело до потпуног застоја развоја у земљи и транспозицију истраживања на проблеме који су од интереса за стране партнере. У оквиру овог пројекта треба да се створе услови за потпуно оживљавање и истраживања и развоја у овој области.

Ударно истраживање и развој у оквиру овог пројекта односиће се на избор технологије (или технологија) производње интегрисаних кола, на избор и усвајање система за пројектовање (један или два) са нагласком на пројектовање кола са мешовитим (А/Д) функцијама. Нарочита пажња биће посвећена развоју алата за аутоматско пројектовање заснованих на туђим основним системима. Слично важи и за пројектовање штампаних кола, с тим што се технологија производње зна (Еи ШК), а систем за пројектовање ће бити освајан.

Истраживачки задаци имаће за циљ и унапређење метода пројектовања и уградњу сопствених нових знања у доменима где имамо компаративну предност. То се најпре односи на:

I. Унапређење домаћег симулатора Alecsis у следћим доменима:

- а) Simulacija zasnovana novim modelima iskazanim u obliku neuronskih mre`a
- б) Симулација у фреквенцијском домену
- в) Моделовање и симулација микромеханичких система.

II. Унапређење постојећих решења у домену језика за опис хардвера и стварања услова за употребу VHDL-AMS описа у оквиру Алецсис симулатора.

III. Усвајање и имплементација концепата пројектовања за тестабилност са нагласком на стандард IEEE 11.49.1.

IV. Усвајање и имплементација концепата еко-пројектовања са нагласком на животни век што у домену електронике значи: "са нагласком на потрошњу енергије" током активног рада или у режиму stand-by.

V. Пројектовање узорака (чипова) ради верификације концепта.

1.4. Очекивани резултати предвиђени програмским задатком

	Планирани број резултата
Радови на домаћим конференцијама (Т82)	1
Радови у домаћим часописима (Т52)	2
Радови на међународним конференцијама (Т81)	6
Радови у међународним часописима (Т51)	1
Укупан број радова	10

Министарство науке и заштите животне средине

Пројекат ИТ.1.02.0075.А

ПРОЈЕКТОВАЊЕ, ТЕСТИРАЊЕ И ЕКОПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРОНСКИХ КОЛА И СИСТЕМА

Завршни извештај

2. РЕАЛИЗАЦИЈА ОБАВЕЗА ДЕФИНИСЕНИХ ПРЕДЛОГОМ ПРОЈЕКТА

2.1 Увод

Пројектовање електронских интегрисаних и штампаних кола у Србији као истраживачка и развојна активност датира од касних седамдесетих година и има свој континуитет до 1992. год. када су увођењем санкција затворени сви контакти и путеви за приступ напредним технологијама производње и пројектовања. До тада уведена технологија производње постала је застарела и постепено престала да функционише. Слично важи и за системе за пројектовање који су постојали у Србији. Истовремено су престали да буду функционални хардверски ресурси и софтверске лиценце. Наравно, овај процес је праћен миграцијом свих кадрова. Једни су се делимично преоријентисали и прихватили послове који су били расположиви у земљи, а дурги су напустили земљу и нашли ухлебљење у иностраним компанијама. Имајући у виду њихова садашња запослења може се рећи да је ондашњи кадровски ниво наших стручњака био веома висок.

Да би се делимично ублажиле последице оваквог стања покушали смо сарадњу са иностраним универзитетима тако што би се уклопили у њихове постојеће пројекте. Тако, резултати те сарадње били су једини основ за стицање квалификација за рад на једном оваквом пројекту.

Имајући у виду овакво стање, постављени предмет истраживања

"Истраживање и развој поступака и алата за моделовање и симулацију електронских кола и система. Развој и имплементација језика за опис хардвера. Освајање и развој технологије пројектовања интегрисаних кола са мешовитим (А/Д) функцијама.. Увођење концепта пројектовања за тестабилност и развој методологије примене Boundary scan стандарда. Истраживање поступака и развој еко-пројектовања укључујући и пројектовање за животни век."

требало је да обезбеди следеће.

Најпре је морала да се обезбеди регенерација кадровске структуре. Поред тога што су неколико младих новозапослених истраживача били ангажовани на пројектима сарадње са Middlesex универзитетом из Лондона, успешно је покренут петогодишњи пројекат сарадње са Техничким универзитетом у Илменау. Треба напоменути да је успостављена сарадња и са Техничким универзитетом у Бечу, Техничким универзитетом у Атини, Техничким универзитетом у Лозани и Универзитетом у Саутемпτονу. Када се сабере, у периоду од јесени 1999. год. до краја 2004. год., у иностранству је боравило девет сарадника са овог пројекта у интервалима од по три месеца. Тиме смо обезбедили да кроз подршку страних колега, у кратком року подигнемо ниво знања, вештина и аспирација наших младих сарадника. С друге стране, имајући у виду потребу за научном афирмацијом младих истраживача било је потребно поставити истраживачке задатке који не само да доприносе технолошком развоју наше земље већ омогућавају креирање нових знања од глобалног значаја и тиме нас интегришу у глобалне научне концепте. Моделовање и симулација електронских кола и система једна је од области у којој смо у ранијем периоду били међу водећим истраживачким организацијама у свету и зато је такав један задатак био примерен истраживачком тренутку. Као потврда овога навешћемо да се чланку : Zhang, T., Chakrabarty, K., and Fair, R.B., "Behavioral modeling and performance evaluation of microelectrofluidics-based PCR systems using SystemC", IEEE Trans. on CAD of Integrated circuits and Systems, Vol. 23, No. 6, June 2004, pp. 843-858, чији су аутори запослени код CADENCE корпорације, највећег светског произвођача софтвера за пројектовање интегрисаних и штампаних кола, каже: "We adopt the strategy of trading-off behavioral fidelity with the efficiency of analysis, "blinding" unnecessary low-level detail, and paying more

attention to certain tractable subsystems [42]. "Под [42] се цитира: Ž. Mrčarica, V. B. Litovski, M. Jakovljević, H. Detter, "Hierarchical modelling of microsystems in an object-oriented HDL", Proc. of the 21st Int. Conf. On Microelectronics, MIEL'97, Niš, Yugoslavia, September 1997, pp. 475-478. Слични циљеви требало је да се остваре прихватањем обавезе за увођењем Boundary scan концепта за тестирање. Наиме, примена овог стандарда на системе са мешовитим (А/Д) функцијама још увек је научни изазов и на тај начин овај пројектни задатак, у ствари, ствара услове да се приликом решавања проблема пројектовања за домаће конкретне потребе примењују истраживачки резултати најнапреднијег светског значаја. Тиме се истовремено домаћим производима даје светски квалитет и значај.

Затим, било је потребно да се од самог почетка установе услови за пројектовање интегрисаних кола. При томе мисли се на отварање приступа технологији производње интегрисаних кола (скидање санкција), отварање приступа хардверу за пројектовање интегрисаних кола (скидање санкција) и отварање приступа софтверу за пројектовање интегрисаних кола (скидање санкција). У исто време, наравно, требало је стећи партнере у свим трима областима који ће прихватити почетника који касни најмање четири године за било којим партнером са којим су имали посла у тренутку покретања овог пројекта.

Када се ради о пројектовању штампаних кола било је потребно да се заједно са нивим власником фабрике штампаних плоча у Нишу, приступи изградњи система за пројектовање који је прилагођен новој технологији која ће бити уведена односно новим правилима пројектовања и софтверских алата који ће биоти инсталисани.

Најзад, уочавањем значаја утицаја модерне електронике на проблеме животне средине и неоспорне везе пројектовања и животног века једног електронског производа, постваљен је пионирски задатак за се, најпре, установи свест о постојању овог проблема, затим да се сакупе потребна знања за почетак истраживања и, најзад, да се поставе стварни друштвено релевантни оквири за истраживања у овој области.

Сматрамо да су сви постављени постављени циљеви у потпуности одтварени.

2.2 Услови рада

При оцењивању резултата истраживања на овом пројекту треба да се имају у виду следећи аспекти. Најпре, прва истраживачка година на овом пројекту, као и код свих осталих, десила се после једног дугог периода недостатка финансирања истраживања у Србији. Не треба заборавити да у 2001. год. нису дата никаква средства за истраживање. То је значило недостатак најосновнијег материјала за рад, одсуство са свих стручних догађаја у земљи и иностранству, недостатак литературе, масовни одлазак квалификованог истраживачког кадра, амортизација ионако застареле рачунарске и мерне опреме, губитак веза са привредом, губитак лиценци за софтвер и престанак конаката са потенцијалним партнерима у производњи и сл. Затим, изнемогла привреда није могла својим кадровима и средствима да се суштински уклопи у циљеве пројекта, покушавајући да на најбољи начин учествује и у фази дефинисања истраживачких задатака и у фази реализације истих.

Када се ради о односу Министарства према пројекту можемо да кажемо следеће. Најпре, министарство није прихватило комплетни списак истраживача што није од кључног значаја али је важно и то да истовремено није прихватило и прилагођавање обима истраживања одобреном броју истраживача. Даље, Министарство је у потпуности подржало све активности на овом пројекту укључујући:

- а) доделу средстава за поправку опреме која је била од раније у поседу (ово је било од кључне важности с обзиром да је набавка нове опреме ишла знатно касније по посебном конкурс);
- б) по конкурс за нову опрему доделило је пуни износ тражених средстава и тако најзад установило праву лабораторију за пројектовање електронских кола на Електронском факултету са најнапреднијим условима за рад и у хардверском и у софтверском али и у делу приступа страним технологијама за производњу;
- в) одобрило је значајна средства за уређење радног простора у оквиру ЛЕДА (Лабораторије за пројектовање електронских кола);
- г) набавило неколико персоналних рачунара за потребе истраживача са овог пројекта
- д) одобрило додатна средства којима су покривени трошкови специјалног ормана, транспорта, царине и шпедиције за суперрачунар који смо добили од стране немачког партнера, а у оквиру сарадње са Универзитетом у Илменау и
- е) одобрило средства у пуном износу намењених плаћању трошкова за израду узорака чипова који су испројектовани као резултат истраживања на овом пројекту.

Овде треба посебно нагласити да је постојао проблем у сарадњи између власти Електронског факултета и истраживача са овог пројекта. Овај проблем је кулминирао у тренутку када је Декан електронског факултета ненаменски потрошио средства намењена за набавку опреме (у висини од два и

половина милина динара) и тиме одложио исту за три месеца. На тај начин су одузета три најдрагоценија месеца за реализацију овог пројекта што је морало бити надокнађивано ноћним радом истраживача у једном релативном дугом периоду.

2.3 Пројектовање штампаних плоча

Када се ради о пројектовању штампаних плоча постигнут је значајан напредак у прихватању Еи ШК да пројектовање штампаних плоча постепено прихвати као своју комерцијалну активност. Наиме, полазно стање било је такво да се од корисника прихватао готов лејаут и једина пројектантска активност била је верификација правила пројектовања што се углавном обављало визуелно. Зато се најпре приступило разрешавању основних проблема конверзије формата тако да је омогућено прихватање наруџбуна генерисаних најразличитијим софтверским пакетима за пројектовање. Затим је искључиво на основу рада овог пројекта формирана рачунарска мрежа фабрике да би, најзад, био инсталиран модеран софтвер за пројектовање чиме су испуњени сви циљеви пројекта. Верификације ради, испројектована је једна плоча чија је намена у радио-предајном уређају. Резултати истраживања у овом последњем случају били су награђени на конференцији ЕТРАН као најбољи рад у комисији за електронику. Сматрамо да је радом на овом потпројекту дат значајан допринос постизању највиших стандарда у пројектовању штампаних плоча у оквиру Електронске индустрије. Иначе, ова фабрика је једна од најуспешнијих у систему Еи.

2.4 Пројектовање интегрисаних кола

2.4.1 Избор технологије производње

Као што је већ речено у уводу, производња интегрисаних кола у Нишу престала је са увођењем санкција крајем 1992. год. Потребне за интегрисаним колима специјалне намене, међутим, постојале су и постоје тако да је настао проблем успостављања сарадње са страним партнером који би производио интегрисана кола за српске потребе. При томе требало је решити следеће:

- а) наћи партнера који прихвата сарадњу. У овоме треба највише гледати проблем поверења о заштити интелектуалне својине и опасности од сарадње (извоза чипова) са земљама које нису на позитивној листи власника технологије и интелектуалних права.
- б) наћи партнера који ће прихватити израду узорка по ценама за академске институције из Европске Уније.
- в) наћи партнера који неће постављати ограничења у погледу напредности технологије
- г) наћи партнера који ће пружити масималну подршку у фази верификације пројекта.
- д) наћи партнера који ће по минималним ценама да прихвати комерцијализацију академских пројеката.

Проблем је решен тако што смо поднели захтев агенцији Европске Уније за подршку развоја микроелектронике под називом EUROPRACICE са седиштем у Великој Британији. После једногодишњих преговора успели смо да добијемо право на чланство у овој организацији што, ако се покрије чланарина у висини од две хиљаде евра, подразумева право на приступ технологији производње и право на повлашћени откуп годишње лиценце за широк скуп софтвера. Тражећи оптимум, прихватили смо технологију фирме Alcatel са 0,35 микронским правилима. То подразумева информације о правилима пројектовања у стилу потпуног пројектовања по наруџбини и информације о функцијама и спољним особинама претпројектованих дигиталних ћелија. Другим речима стављено нам је на располагање веома ограничено знање о стандардним ћелијама и релативно скроман скуп истих. Аналогне ћелије нису биле на располагању. Сама сарадња са Alcatel-ом остварује се преко истраживачког центра IMEC у Leuven-у у Белгији који прихвата пројекте интегрисаних кола, комплетира их са детаљима библиотеке ћелија које су интелектуална својина, верификује их и у интеракцији са пројектантима (са нама) доноси коначну одлуку о наруџбини израде чипа.

2.4.2 Избор софтвера за пројектовање

Мада се чини да се чланством у EUROPRACICE-у решавају сви проблеми, проблем софтвера остаје, у ствари, нерешен. Разлог томе је што је за сваки пакет који се тражи потребна извозна дозвола америчког министарства за спољну трговину. Тако, за програм CADENCE лиценца је дошла веома брзо, на самом почетку 2001. год. То није био случај са програмом Synopsys за који се сваком даном очекује коначно активирање.

Имајући у виду све ове тешкоће, ради осигурања да ће се пројектовање одвијати у току преговора са EUROPRACICE-ом, набавили смо програм нижих перформанси Tanner који је, међутим, послужио изузетно корисно за оспособљавање младих сарадника за пројектовање интегрисаних кола.

CADENCE је систем програма за пројектовање интегрисаних кола чија је комерцијална цена око тристапедесет хиљада долара. Он је у употреби у највећем броју универзитетских и професионалних центара за пројектовање широм света. Поседовање CADENCE-а значи компатибилност са већином колега као и са већином произвођача компонената. Он обухвата све фазе пројектовања од описа на језицима који су данас у употреби, преко симулације аналогних, дигиталних и мешовитих кола, генерисања лејаута за стил потпуног пројектовања по наруџбини и стил стандардних хелија, генерисања лејаута аналогних кола, стапање лејаута, постлејаут верификације, креирање документације у свим фазама пројекта, руковање верзијама и сл.

У примени CADENCE-а наилазимо на тешкоће када треба да симулирамо кола са мешовитим (А/Д) сигнаlima, кола са прекидачима или када треба да проценимо потрошњу интегрисаног кола.

EUROPRACICE пружа изузетне услуге корисницима ових софтверских пакета у свим фазама њихове експлоатације. Може да се каже да је скоро необјашњив ниво стрпљења и добре намере који су показани од стране сарадника ове институције у току сарадње са нашим пројектантима.

Треба напоменути да је због кашњења конкурса за велику опрему прва чланарина за EUROPRACICE и лиценца за CADENCE плаћена из средстава личних доходака сарадника овог пројекта и пројекта ИТ.1.01.0076.Б.

2.4.3 Изградња система за пројектовање у оквиру Лабораторије за пројектовање електронских кола

Средствима Министарства набављене су четири радне станице SUN Blade 150 које су заједно са старом SUN Ultra 10 станицом повезане у кластер који је, опет, повезан за LAN Лабораторије за пројектовање електронских кола. Овај је затим, повезан у мрежу Електронског факултета За инсталирање и одржавање софтвера брине се посебно ангажована особа. Када се каже одржавање софтвера највише се мисли на сталне иновације и нове верзије појединих пакета које доставља EUROPRACICE.

Да би се избегли значајни трошкови за обуку пројектаната, увођење CADENCE технологије пројектовања реализовано је у фазама тако што су истраживачи појединачно били задужени за поједине пакете које је требало да проуче. Тако је на низу семинара формирано колективно знање пре него што се приступило конкретним задацима. У овој фази, помоћ EUROPRACICE била је драгоценца.

Тренутно стање је такво да смо изградили најмање седам одличних пројектаната интегрисаних кола оспособљених за рад са CADENCE –ом који су у стању да прихвате било који задатак било да се ради о синтези аналогних и дигиталних подсистема, било да се ради о симулацији или о пројектовању лејаута.

2.4.3 Развој алата за напредно пројектовање аналогних интегрисаних електронских кола

У сарадњи са Техничким универзитетом у Лозани покренут је истраживачки задатак чији је циљ био да се развије софтвер за пројектовање аналогних интегрисаних кола који је заснован на уграђеном знању пројектанта. Овај концепт полази од следећих потреба пројектанта који приступа пројектовању једног аналогног електронског кола:

- Скратити време пројектовања
- Користити алат као помоћ при пројектовању, а не за искључење пројектанта
- Пружити увид у комплексне међузависности параметара кола и последице промена различитих скупова параметара
- Омогућити интерактивну употребу симулатора за фино подешавање са минималним бројем симулација
- Уградити искуство и знање пројектанта-експерта активних аналогних интегрисаних кола
- Уградити библиотеку основних градивних блокова и методологију пројектовања основних блокова у окружењу кола
- Користити модел транзистора који је погодан за пројектовање аналогних кола
- Реализовати алат који пружа интерактивну комуникацију са корисником и визуелизацију промена параметара.

На основу ових захтева развијен је софтверски алат за пројектовање аналогних CMOS интегрисаних кола који је назван ПАД (Procedural Analog Design) . ПАД је алат за пројектовање који се заснива на основном концепту који је назван калкулатор. Калкулатор на нивоу транзистора у стању је да истражи неке комплексне релације, које се затим представљају преко различитих елемената графичког интерфејса, који истовремено омогућава интерактивну акцију корисника. На тај начин се остварује

пројектовање и оптимизација. Симулатор се може користити интерактивно за фино подешавање са минималним бројем симулација. Уграђена је библиотека основних аналогних блокова као што су: струјно огледало, диференцијални пар, каскодни степен, касодно струјно огледало и комплементарни каскодни пар. Један транзистор (NMOS и PMOS) се такође сматра основним аналогним блоком. За сваки аналогни блок дефинисан је скуп основних параметара.

Употребом овог софтверског пакета пројектован је низ аналогних кола, а израђени су узорци Милеровог операционог појачавача у 0,5 микронској технологији. Мерени и симулирани одзиви овог кола били су у потпуној сагласности.

2.4.5 Примери испројектованог интересаног кола

Функција носилац истраживања у области конкретног пројектовања интегрисаних кола била је ИМПЕГ (Интегрисани мерач електричне енергије). То је чип који се уграђује у електронско бројило и обавља основне радње које су везане за мерење електричне енергије на ниском напону. Он обухвата узимање узорака, аналогно дигиталну конверзију, филтрирање, дигиталну обраду сигнала и комуникацију са околином по задатом протоколу. Намена му је општа, а замишљено је да буде уграђен у електронско бројило партиципанта Мачкатице из Сурдулице. Мачкатица има фабрику бројила. Бројило је домаћи развој и развијено је у предузећу Стар инжењеринг из Ниша.

Детаљан опис функције и структуре овог чипа биће дат у оквиру извештаја по пројекту ИТ.1.01.0076.Б.

Узорци чипа су произведени до краја истраживачке године. Стар Инжењеринг развија бројило са истим.

Поред овога истраживачи са овог пројекта су у сарадњи са истраживачима Фуџицу компаније (филијала у Франкфурту на Мајни) бавили се проблемима синтезе модерних контролера за апликацију у аутомобилској индустрији. Наше учешће на овом пројекту било је само консултативно и односило се на сагледавање стања у овој динамичкој области. Сматрамо да је у постојећим микроконтролерима који се производе код Фуџицуа уграђено и наше знање.

2.5 Унапређења симулатора Alecsis

Програм за симулацију електронских кола и система са мешовитим сигнаlima Alecsis развијен је у Лабораторији за пројектовање електронских кола у периоду од 1993. до 1997. год. Он је стекао афирмацију у свету симулације до те мере да је један од радова који је саопштавао резултате симулације засноване на Alecsis-у добио највеће европско признање од стране Европске федерације душтава за симулацију. Као што је раније речено у овом извештају, Alecsis је постао референтни софтвер по стратегији која је уграђена.

Новији развој у електроници као и новији развој у симулацији електронских кола и система намеће и нове захтеве у погледу прилагођавања постојећих симулатора. То се показало потребним и при реализацији пројектних задатака који су описани у претходним одељцима овог извештаја.

Међу тим задацима од примарног значаја били су они који су описани у наредним одељцима.

2.5.1 Развој VHDL-AMS компајлера

Alecsis је писан на програмском језику "C", а генерише компајлер који препознаје текст који је написан у суперсету језика C++. Језик је назван Alec++ што стоји за Analogue and logic electronic C++. То је објектно оријентисани језик што је веома важно са становишта моделовања електронских кола и компонената с обзиром на особине наслеђивања и инкапсулација. Суперсет значи да су додате неке нове кључне речи и конструкције које омогућавају погодности при опису електронских кола и система. Наше је мишљење да овакав језик највише одговара обичном кориснику с обзиром да се од њега очекује знање језика C++. То потврђује и најновији развој у овој области који тежи ка програмском језику SystemC који је суперсет од језика C.

Ипак, од 1987. год. уведен је стандардни језик за опис хардвера дигиталног VHDL, десет година касније и стандардни језик за опис система са мешовитим сигнаlima VHDL-AMS. Овај стандард је углавном базиран на програмском језику ADA. Због инсистирања америчког министарства одбране које је и наложило израду овог стандарда он је веома широко прихваћен од стране стручне јавности. То је био разлог за постављање задатка: развити VHDL-AMS компајлер за наш симулатор Alecsis.

Задатак је извршен у потпуности. Развијени компајлер има следеће особине. У стању је да преведе и креира објектни код за текст писан у целости на VHDL-AMS језику; у стању је да преведе текст описан у потпуности на језику Alec++; у стању је да прихвати мешовит опис Alec++ и VHDL-AMS;

прихвата и део кода који је написан на језику програма за анализу електронски кола Spice и најзад, прихвата и делове описа који су написани на програмском језику "C".

На овај начин, поред тога што је наш симулатор постао компатибилан са најважнијим светским стандардом, створени су услови за коришћење постојећих библиотека независно у ком су језику писане.

2.5.2 Моделовање применом вештачких неуронских мрежа

Истраживачи са овог пројекта су још 1992. год. први показали како је могуће вештачке неуронске мреже употребити за моделовање електронских компонената. Ради се о примени концепта "black box" који подразумева да се модел генерише на основу спољних особина компоненте или кола које су обично добијени мерењем или симулацијом. Када се ради о моделовању кола које полази од особина тог кола које су добијене симулацијом, циљ моделовања јесте подизање нивоа описа и тако убрзање симулације система у коме се то коло налази.

Напредак у моделовању који је постигнут у оквиру истраживања на овом пројекту у највећој мери односи се на развој модела нелинеарних реактивних кола дакле кола и система који се описују нелинеарним диференцијалним једначинама. Моделовање је примењено на више примера међу којима је најважније моделовање А/Д и Д/А спреге у колима са мешовитим сигнаlima. Наиме, постојећи модели ових спрега ни у ком случају нису могли да се сматрају задовољавајућим, а постојећи програми за симулацију нуде само могућност за примену модела које је развио сам корисник. Тиме су у ствари створени услови за симулацију и верификацију пројекта кола са мешовитим сигнаlima које никако нисмо могли да купимо.

Нерекурентне вештачке неуронске мреже представљају "универзалне" апроксиматоре и због тога су веома погодне за примену у моделовању. Наиме, када се користи вештачка неуронска мрежа за моделовање у електроници, аутоматски су решена два проблема. Први је избор апроксимационе функције – у овом случају преносна функција неуронске мреже, а други је избор топологије модела. Томе треба додати и поступак апроксимације који се, у овом случају, своди на примену познатог алгоритма за учење неуронске мреже.

Рекурентна неуронска мрежа има додатно својство да моделује не само пресликавање улаза на излаз већ и динамичке (меморијске) особине компоненте или кола које се моделује.

Захваљујући томе, ми смо први применили рекурентне неуронске мреже за моделовање

- линеарних реактивних кола,
- нелинеарних реактивних кола (са карактеристичном применом на пројектовање чипа за побуду слушног апарата; за моделовање карактеристике џозефсоновског споја као и за моделовање улазне импедансе дигиталног кола које оптерећује аналогно на месту А/Д спреге),
- интегрисаних микроелектромеханичких компонената као и
- кола за спрегу дигиталног и аналогног дела (Д/А) у систему са мешовитим сигнаlima.

У овом последњем и најважнијем случају добијени су сјајни резултати који су тестирани на широком спектру примера где се излаз дигиталног кола оптерећује, дигиталним колом, аналогним MOS колом, водом са губицима и, чак, диодом.

2.5.3 Симулација у фреквенцијском домену

Не постоји симулатор заснован на модерном језику за опис хардвера као што је VHDL-AMS, Verilog или SystemC који је у стању да анализира линеарна кола у фреквенцијском домену. Значај ових кола у CMOS технологији појављује се тек одавно. Разлог томе је појава интегрисане индуктивности. Наиме, створени су услови за пројектовање и производњу линеарних електронских кола са интегрисаним пасивним филтрима. Поред тога интегрисана индуктивност постаје витални део модерног високофреквентног интегрисаног кола које чини основни елемент осцилатор такта. С обзиром да је фреквенција такта интегрисаног кола постала веома висока, нити је могуће направити погодан кристал, нити је лако спрегнути исти споља за чип. Радије би осцилатор интегрисали, а то се данас ради са осцилатором са негативном отпорношћу који садржи осцилаторно коло.

Сагласно томе могућност симулације линеарних кола у фреквенцијском домену у амбијенту симулатора заснованом на напредном језику за опис хардвера постаје веома важан захтев према симулатору.

Имајући у виду наше раније резултате у симулацији линеарних електронских кола остало нам је да

- развијемо проширење језика за опис хардвера Alec++ и
- применимо концепте који су уграђени у језик Spice у симулатор Alecsis.

Језик је проширен кратким скупом конструкција који омогућава задавање захтева за симулацију у фреквенцијском домену и потребне податке за реализације симулације. Скуп нових речи је минималан и језик за опис хардвера односно компајлер је проширен на ефикасан начин. Наравно, као и оригинална верзија језика Аles++, и његов апгрејд је објектно оријентисан што га чини јединственим у свету.

Када се ради о унапређењу симулатора, најпре, било је потребно да се имплементира концепт екстракције линеарних реактивних модела транзистора (биполарни, JFET и MOSFET). Затим, било је потребно да се модели имплементирају софтверски односно да се развије поступак формулације једначина за линеарна реактивна кола. Најзад, било је потребно да се развије део софтвера који се односи на решавање система линеарних једначина са комплексним елементима уз примену концепата растреситих матрица и оптималног уређења истих.

2.5.4 Символичка анализа

Символичка анализа електронских кола у фреквенцијском домену је алтернатива обичној нумеричкој фреквенцијској анализи. Главна разлика између ових двају концепата односи се на чињеницу да симболичка анализа омогућава генерисање функција кола које се касније могу користити за евалуацију особина линеарног електронског система, за оптимизацију његових својстава, за израчунавање осетљивости и, како смо ми раније показали, за тестирање.

У истраживачком периоду који обухвата овај пројект, развијен је програм за симболичку анализу линеарних електронских кола у фреквенцијском домену SymSimC v2.2. У ову верзију програма уграђен је алгоритам за раздвајање сабирака који ће се међусобно потрти. На тај начин вишеструко се повећава ефикасност генерисања функције кола у симболичком облику. Програм је писан на C++ језику, ради под Windows (98 - 2000, XP) и Linux (Red Hat дистрибуција) платформама. Досадашња искуства показују да се без великих проблема може инсталирати из изворног кода под свим оперативним системима на којима постоји компајлер за C++.

Оригинални алгоритам за генерисање функције кола у факторизованом облику значајно повећава ефикасност параметарске анализе.

Касније се приступило унапређењу овог програма. Тако је настао програм за симболичку анализу линеарних кола у фреквенцијском домену SymSimC v2.3. За разлику од претходне верзије, проширен је опцијом за генерисање функције кола у факторизованом облику. Овај облик нарочито је погодан за параметарску анализу кола и израчунавање осетљивости јер резултира значајно мањим бројем аритметичких операција.

Програм је писан на C++ језику, ради под Windows (98 - 2000, XP) и Linux (Red Hat дистрибуција) платформама. Досадашња искуства показују да се без великих проблема може инсталирати из изворног кода под свим оперативним системима на којима постоји компајлер за C++.

Посебни резултати добијени су на мешовитој нумеричкој и симболичкој симулацији. Наиме, у неким апликацијама показује се ефикаснијим да се део кола разматра на симболички начин, а остатак нумерички. Тиме се стварају услови да се установи утицај параметара од локалног значаја на целокупну функцију кола, а да се то обавља на економичан начин.

2.6 Тестирање и дијагностика

2.6.1 Конкурентна симулација електронских кола ради генерисања и верификације тестних сигнала

Тестирање електронских кола може бити функционално и структурно. Наиме, мада се чини да је провера функције кола (функционално тестирање) једини прави начин за верификацију исправности кола, због енормно великог броја комбинација могућих сигнала на улазу, најчешће није је могуће остварити. Зато се бира скуп највероватнијих дефеката и синтетизује тестни сигнал који треба да детектује евентуално постојање тих дефеката у произведеном колу. Овај концепт тестирања је структурни.

Састављени тестни сигнал треба проверити. То се чини тако што се у коло угради изабрани дефект, а онда се обави симулација кола. Ако се добијени одзив разликује од исправног, тестни сигнал је добар. Он открива дефект. Проблем је у томе што је број потенцијалних дефеката обично велики и време симулације ради верификације тестног вектора постаје неприхватљиво велико. Решење лежи у конкурентној (истовременој) симулацији више кола. Конкурентна симулација заснива се на претпоставци да се оригинално коло и коло са дефектима не разликују много.

Резултат овог пројекта је један нови метод за конкурентну симулацију који омогућава знатно скраћење укупног времена потребног за верификацију тестног вектора при тестирању аналогних кола.

Он се базира на новом концепту симултане формулације једначина исправног и кола са дефектом. Добијена убрзања реда су око пет пута.

2.6.2 Генерисање тестних сигнал дигиталних кола за тестирање дефеката кашњења

Ради естимације пута са највећим кашњењем у интегрисаном комбинационом дигиталном колу применом логичког симулатора, развијена су два оригинална метода: метод директне симулације (МДС) и метод инверзне симулације (МИС). МДС проналази пут са највећим кашњењем за сваки сигнал и за растућу и за опадајућу ивицу само са једним симулационим кораком. Ако се покаже да је кашњење на неком од путева које је одредио МДС недопустиво велико, може се применити МИС како би се идентификовао део кола који треба препројектовати ради минимизације кашњења. Оба метода су веома брзи и могу се лако употребити на интерактиван начин током верификације логичког пројекта. Софтверска имплементација метода заснована је на моделовању сигнала са атрибутима. Alec++ се показао као изванредна околина за моделовање, а симулације се реализују на Alecsis-у. Тестна кола на којима је верификован поступак припадају бенчмарк скупу ISCAS86. Бирана су изузетно сложена комбинациона кола са више стотина улазних и исто толико излазних прикључака.

2.6.3 Хардверска решења за тестирање и примена Boundary scan концепта за синтезу кола са мешовитим сигналимa

Boundary scan концепт пројектовања за тестабилност дефинисан је IEEE 1149.1 стандардом. Овај стандард подразумева уградњу додатне тестне логике у чип ради поједностављења тестирања логике на чипу и у његовом окружењу. Чип који се реализује у складу са овим стандардом састоји се од системске логике која обавља примарну функцију чипа и додатне тестне логике која омогућава тестирање. Основни елементи тестне логике су меморијски елементи који су распоређени по ободу интегрисаног кола. То су Boundary scan ћелије (БСС). Да би доспео до системске логике, сигнал са примарног улаза мора да прође кроз једну БСС. Такође, да би дошао до примарног излаза, сигнал са излаза системске логике мора да прође кроз једну БСС. Све БСС повезане су у Boundary scan регистар који има могућност серијског и паралелног уписа.

У нашој имплементацији, функционаност логике је верификована логичким симулатором. Затим је на штампаној плочи реализована шема по Boundary scan концепту и приступило се мерењима ради верификације успешности реализације. Дефекти су физички извођени један за другим на штампаној плочи и тако створени услови за тестирање. Посебна пажња је посвећена развоју мерне сонде која је пројектована и реализована на бази Алтера програмабилног логичког поља.

Искуства стечена на овом експерименту била су драгоценa за синтезу чипа ИМПЕГ који је рађен за партиципанта, а који ће бити детаљно описан у оквиру извештаја за пројекат ИТ.1.01.0076.Б.

2.5.4 Дијагностика електронских кола и система заснована на примени вештачких неуронских мрежа

Док је циљ тестирања једног електронског кола да се одреди његова исправност, независно од самог узрока, када говоримо о дијагностици, себи постављамо задатак да одредимо место настајања и узрок непрописног понашања система. То међутим не значи да су активност тестирања и дијагностике потпуно независне делатности. Наиме, приликом генерисања тестних вектора сигнала и њихове верификације, формира се низ парова (дефект, ефект дефекта) који се у жаргону назива речник дефекта. Он говори о томе какав је одзив кола са датим дефектом на изабрани тестни сигнал. Код тестирања тај се одзив пореди са одзивом исправног кола и закључује о томе да ли тестни сигнал открива дефект. Речник дефеката може, међутим, да се користи и при дијагностици на више начина што одређује концепт дијагностике.

Техничка дијагностика данас је једна од најпривлачнијих истраживачких дисциплина. Тренутно се завршава период када се је дијагностика заснивала искључиво на хеуристичким концептима и на знању живих експерата. Данас, међутим, у примени су све моћнији концепти који су у највећој мери засновани на увећаној рачунској моћи савремених средстава за дијагностику. Међу концептима који су данас у употреби два су доминантна: дијагностика заснована на моделу и дијагностика заснована на продукционим правилима. Овај последњи концепт познат је и као концепт вештачке интелигенције. И један и други представљају специфичне поступке претраживања речника дефеката с тим што су продукциона правила рестриктивна, а концепт заснован на моделу захтева постојање модела који симулира понашање система у условима квара што је, свакако, тешко направити и нема универзалну применљивост.

Као алтернатива горњим концептима ми смо предложили примену неуронских мрежа за дијагностику електронских кола и система. У основи овог концепта лежи двострука примена неуронских мрежа.

Најпре, речник дефеката који је раније креиран симулацијом система који треба дијагностицирати посматра се као пресликавање: ефект-дефекта односно одзив кола, у дефект односно код дефекта. Обично се претпоставља да је ефект дефекта исказан са више величина које представљају одзив као што би били: једносмерна компонента напона на излазу, гранична фреквенција, напонско појачање и сл. Такво пресликавање сматра се функцијом и овде долази прва употреба неуронске мреже. Она се обучи да запамти то пресликавање односно да апроксимира ту функцију. Улазни сигнал мреже су вредности параметара одзива који су добијени симулацијом, а излаз је код дефекта. Код се обично исказује као бинарна величина тако да неуронска мрежа има онолико излазних прикључака колико је бинарних цифара потребно да се код искаже. Тако, ако "меримо" три величине на излазу, неуронска мрежа ће имати три улазна прикључка. С друге стране ако треба да мрежу оспособимо да препозна 25 дефеката број излазних прикључака мора бити пет.

Приликом обучавања мреже на улаз се сукцесивно доводе "мерени" излазни сигнали и захтева се да излаз поприми задату вредност кода. На крају процедуре "учења" мрежа је оспособљена да репродукује табелу коју смо назвали речник дефеката.

У фази експлоатације просто се стварно мерене вредности доведу на улаз, а неуронска мрежа ће на излазу генерисати код дефекта и тиме дијагностицирати систем.

Провера овог концепта остварена је на више примера као што је отпорна мрежа и интегрисани CMOS оперативни појачавач. У оба случаја симулацијом је генерисан исцрпан речник дефеката који садржи тврде дефекте (кратке спојеве и празне ходове) и меке дефекте (толеранције отпорности, дужина и ширина канала). Добијене неуронске мреже су испољиле изванредна својства у ефикасности дијагностике. Наиме, и у случајевима када су нам се ефекти дефеката чинили потпуно нераздвојиви, неуронска мрежа је могла са сигурношћу да их препозна. Штавише, сигнаlima који су добијени "мерењем" додати су шумови (грешке) који се приписују мерној опреми, а ипак је неуронска мрежа успела да обави успешну дијагностику.

Сматрамо да овај концепт обећава велику примену и сада се ради на примени за кола са мешовитим сигнаlima што ће омогућити развој метода за тестирање и дијагностику електронских комуникационих кола као и микроелектромеханичких система.

2.7 Концепт еко-пројектовања у електроници

Огромне количине индустријског отпада које су као рецидив потрошачких друштава развијених земаља почеле да угрожавају капацитете одлагалишта наомак великих индустријских центара, принудиле су законодавство да реагује доношењем низа прописа којима би то спречиле. Од индустријских потрошача се све више тражи да преузму комплетну одговорност за еколошку подобност својих производа, од екстракције сировине до коначног одлагања или неког другог начина збрињавања исслуженог производа. На тај начин, уместо старог модела који је ишао на руку произвођачу, јер се он на тржишту дефинитивно "ослобађао" свог производа, сада, под притиском јавности и законске регулативе, ступа нови модел у коме произвођач у току производног процеса ствара средство за пружање услуге, које привремено препушта купцу на коришћење, а затим, на крају животног века производа опет га узима назад.

Животни век једног електронског производа обухвата, у ствари, пут производа од преузимања сировине из природе, производње производа, транспорт, његово коришћење (регуларна употреба и употреба репарираниог производа) до поступка на крају живота производа. При пројектовању новог производа, сагласно ИСО 14040 серије стандарда, потребно је сагледати његов утицај на околину. Концепт који се примењује познат је као оцена животног циклуса (LSA од Life Cycle Assessment). Овај концепт обезбеђује методологију која ће се користити за процену цене: избора материјала, производње, дистрибуције, експлоатације, прераде и одлагања производа. Као што се види, процењује се целокупни животни циклус.

Европска Унија и њене чланице изражавају сталну забринутост поводом одлагања чврстог отпада чије количине превазилазе простор предвиђен за одлагалишта. У 1999-ој години Европска Комисија усвојила је директиву која ће се примењивати од 2015 године којом се ограничава количина отпада из домаћинства који се одлаже, на само 35% количине која је одлагана у 1995-ој години. Ова правила треба да поспеше поступке одлагања који смањују масу и запремину отпада. С друге стране генерисање електричног и електронског отпада расте како време одмиче. Према извештају Британске агенције за размену еколошких информација, Европа је у 1998-ој години произвела 6 милиона тона оваквог отпада. Од ове количине само 10% је приведено поновној употреби. Садржај овог отпада био је:

3,6 милиона тона метала, 1,2 милиона тона пластике, 27 000 тона олова и 8 тона живе. Персонални рачунари су међу највећим изворима електронског отпада. Животни век рачунара често траје само три године. Тако, сматра се да ће до 2007-ме године у САД изаћи из употребе 500 милиона рачунара. Код нас, само један продавац у 2004-ој години одбацио је старе рачунаре у вредности од 7 милиона динара, а у наредној години се очекује да се та цифра удвостручи. Треба напоменути да је цена једног рачунара, на крају животног века, око педесет пута мања од цене новог рачунара. Сагласно томе треба процењивати укупну масу и запремину рачунара који су у овој компанији доживели крај животног века.

У овом тренутку, у нашој земљи нити државни, нити привредни субјекти немају планове сакупљања старе електронске опреме, а тиме и рачунара. Штавише, у широј заједници не постоји свест о значају проблема и његовим краткорочним и дугорочним импликацијама. Недостатак програма за сакупљање ставља наше продавце електричне и електронске опреме у ризик од прекорачења Европских директива и домаћих закона који се односе на одлагање.

Имајући све то у виду у протеклом истраживачком периоду остварени су следећи резултати:

- Установљена је корелација између електронике као струке и проблема одрживог развоја. Наиме, уврежено је мишљење да је електронска индустрија чиста индустрија и тиме проблеми интеракције са природном околином не постоје. Разлог оваквом гледишту био је посматрање производње ван контекста животног века електронских производа, а нарочито игнорисање краја животног века и проблема одлагања.
- Установљени су аспекти животног века који у највећој мери утичу на одрживи развој:
 - експлоатација природних сировина (нарочито ретких метала) које не могу да се врате природи,
 - употреба отровних материјала, тешких метала, пластике која генерише отрове приликом сагоревања, стакла и сл.,
 - потрошња енергије током експлоатације,
 - мала вероватноћа поновне употребе компонената и екстрахованих материјала на крају животног века и огромна маса електричних и електронских уређаја који на крају животног века морају да се одложе.
- Установљен је концепт одрживог пројектовања који полази од пројектанта као најодговорније особе у животу једног производа. Наиме, од пројектанта се очекује да минимизује целокупни утицај производа на животну околину још пре него се приступи производњи и тако омогући процену одрживости производа. Пројектант је одговоран и за дизајн који ће на крају животног века омогућити лако и једноставно растављање ислуженог производа.
- Установљени су захтеви који би се додали уобичајеним пројектантским захтевима, а који би допринели одрживости пројекта. Ово се посебно односи на штедњу енергије, електромагнетну компатибилност, растављивост и сл.
- Генерисана информациона инфраструктура (база података) са материјалима за електронику која говори о особинама материјала и са становишта применљивости и са еколошког становишта.

2.8 Оцена успешности реализације пројекта

Сматamo да је пројекат у потпуности успео. Наше је мишљење да смо у току истраживања генерисали широк скуп нових идеја и концепата и завидну количину нових знања. Једна од потврда оваквог става је табела која следи, а у којој су упоређене цифре планираних и остварених резултата (техничких решења и објављених радова).

	Планирани број резултата	Остварени број резултата
Техничка решења (Т11)	/	29
Радови на домаћим конференцијама (Т82)	1	20
Радови у домаћим часописима (Т52)	2	5
Радови на међународним конференцијама (Т81)	6	25
Радови у међународним часописима (Т51)	1	6
Магистарске тезе (Т92)	/	2
Укупан број радова	10	87

Министарство науке и заштите животне средине

Пројекат ИТ.1.02.0075.А

ПРОЈЕКТОВАЊЕ, ТЕСТИРАЊЕ И ЕКОПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРОНСКИХ КОЛА И СИСТЕМА

Завршни извештај

3. ПРИМЕНА РЕЗУЛТАТА ПРОЈЕКТА

3.1 Техноекономска анализа

Овај пројекат по својој концепцији био је инфраструктурни и то:

- а) За развој система за пројектовање у оквиру фабрике штампаних кола Еи ШК
- б) За увођење система за пројектовање у Лабораторији за пројектовање електронских кола
- б) За реализацију пројектних задатака на пројекту ИТ.1.01.00.76.Б.

Сагласно томе сматрамо да су економски ефекти индиректни. На пример, када се ради о Еи ШК, тачно је да је поред инвестиција у систем за пројектовање знатно улагано у производну опрему, реорганизацију и обуку кадрова, али је тачно и то да без система за пројектовање фабрика не би могла да опстане као конкурентан учесник на светком тржишту. Не треба заборавити да је домаће тржиште за ову фабрику више него тесно.

Слично важи и када се ради о пројектовању интегрисаних кола. По нашем сазнању, Лабораторија за пројектовање електронских кола је једина Српскоцрногорска институција која поседује лиценце за врхунске светске софтвере за пројектовање. Тиме је завршен један дуги период изолације и створени су технолошки услови и кадрови за прихватање најнапреднијих захтева. То је учињено пројектовањем чипа ИМПЕГ који ће бити детаљно описан у извештају са пројекта ИТ.76Б. Овде је од изузетне важности имати у виду следеће. Због разлика у законодавству појединих земаља као и због сталних промена прописа и напретка технологије, захтеване перформансе електронских бројила су различите од земље до земље и стално се мењају односно прилагођавају. Отуда је од великог значаја за једног произвођача да поседује сопствени дизајн чипа који је језгро бројила. Лако и у кратком периоду може се прилагодити промењеним тржишним захтевима. Поред тога, заштићен је од "нестанка" верзије чипа коју он користи са светског тржишта чиме би се његова производња угасила. Отуда и техно-економска предност поседовања сопствене технологије пројектовања.

Алати који су развијени, у више наврата током пројектовања, представљали су једино средство за превазилажење недостатака купљеног софтвера. Просто, без наших решења или би пројектовање трајало неприхватљиво дуге или би ризиковали да наручимо чипове у чију функцију нисмо потпуно сигурни.

Најзад, добијени су научни резултати светског нивоа што се види по часописима у којима су објављени. Сматрамо да се тиме показује изузетни квалитет и ниво истраживача што је по нашем мишљењу добитак од највећег економског и друштвеног значаја. Не треба занемарити и очување међународне сарадње за коју је незаобилазни основ добар научни резултат.

3.2 Активности корисника

Фабрика штампаних кола Еи ШК већ пуне две године рутински користи рачунарску мрежу исистем за пројектовање који је изграђен као резултат овог пројекта.

"Мачкатица" из Сурдулице спроводи техно-економску анализу за уградњу развијеног чипа ИМПЕГ у своје бројило и тако замени увозни чип. У овом тренутку, због услова на тржишту, не може се доказати исплативост производње чипа ИМПЕГ с обзиром на серије које се продају. То, међутим, биће врло брзо промењено те се очекује прихватање чипа ИМПЕГ. Изузетно је важно да овај привредни субјект прихвата да партиципира у наставку истраживања на овој проблематици.

3.1 Могућности масовне примене

Очекујемо да чип ИМПЕГ уђе у масовну производњу.

Сматрамо да ће алгоритми и идеје који су објављени у истраживачком периоду да утичу на развој научне мисли уопште и тиме остварити масовност у најширем смислу речи.

Министарство науке и заштите животне средине

Пројекат ИТ.1.02.0075.А

**ПРОЈЕКТОВАЊЕ, ТЕСТИРАЊЕ И ЕКОПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРОНСКИХ
КОЛА И СИСТЕМА**

Завршни извештај

4. ПРОБЛЕМИ РЕАЛИЗАЦИЈЕ ПРОЈЕКТА

Најтежи проблеми при реализацији овог пројекта били су везани за реализацију средстава партиципанта. Индустрија на коју се ослањамо налазила се у тако тешком стању да је просто невероватно да су преживеле аспирације овако високог нивоа.

Све остало може се сматрати рутинским и уобичајеним.