

Universitatea "Politehnica" din Timisoara
Facultatea de Automatică și Calculatoare
Departamentul de Calculatoare

Director de grant : Prof. dr.ing. Mircea Vlăduțiu
Titlul grantului: ARHITECTURI BIO-INSPIRATE DE CALCUL PENTRU CIRCUITE
LOGICE REVERSIBILE SI CUANTICE

Nr. contract: 219/1.10.2007
Cod proiect: ID_17

SINTEZA LUCRĂRII

RAPORT DE ACTIVITATE PE DURATA ANULUI 2009 DE DERULARE A CONTRACTULUI

1. Introducere

Datorită evoluției accelerate tehnologice, și a integrării intensive a dispozitivelor responsabile de implementarea fizică a proceselor computaționale, ne îndreptăm spre era nanometrică. Situația prezentă se conturează ca fiind premergătoare unei noi ere în care clasicul transistor va fi înlocuit de dispozitive care se află sub incidența legilor fizicii cunatice. Toate acestea vor schimba în mod dramatic modul în care este percepută și utilizată paradigma calculului digital.

Trebuie avut în vedere că integrarea unui număr uriaș de tranzistori în același circuit revendică soluții pentru gestionarea eficientă a acestora și foarte critice cerințe de gestiune a puterii, precum și dificultăți inerente în realizarea măștilor. Micirea tranzistorului are ca efect modificarea comportamentului acestuia, care devine unul guvernat de legile fizicii cuantice, introducând astfel aspecte funcționale care până atunci apăreau ca fiind complet disjuncte. Informația binară cuantică apare reprezentată ca o superpoziție de stări binare clasice. Toate acestea fac ca manipularea să poată fi realizată cu ajutorul circuitelor reversibile și cuantice. Conform rapoartelor ITRS, fezabilitatea acestor circuite este puternic afectată de zgomote cuantice. Așadar, trebuie tratate elemente legate de fiabilitatea proceselor de stocare și prelucrare a stărilor cuantice, fiind necesară investigarea asistată de calculator a metodelor prin care se pot îmbunătăți parametri de fiabilitate.

Prezentul proiect are ca principale obiective investigarea acestor metode în special din punct de vedere arhitectural dorind îmbinăria unor tehnici de fiabilizare prezente în arhitecturile de calcul cu inspirație de sorginte biologică și cele referitoare la analiza și sinteza circuitelor reversibile și cuantice.

Cercetările întreprinse până în prezent în ceea ce privește domeniul mai larg al calculului cuantic au condus la conturarea obiectivelor pentru anul 2009 de desfășurare astfel încât să fie respectat panul de activități și obiective asumat. Astfel, sunt avute în

vedere metodologiile și tehnicile care au ca țintă îmbunătățirea fiabilității circuitelor cuantice și reversibile. Implementarea unei metode meta-euristice de sinteză a circuitelor reversibile și cunatică cu eficientizarea timpului de rulare se încadrează în obiectivul mai amplu de proiectare a circuitelor evolutive cuantice. De asemenea din domeniul vast al fiabilității se remarcă realizări în ceea ce privește analiza de fiabilitate în calculul distribuit și paralelizabil.

Din perspectiva unei asemenea abordări, obiectivele asumate acoperă atât aspecte tehnice sau de natură conceptuală, cât și aspecte legate de diseminarea rezultatelor și elaborarea de planuri concrete pentru activitățile ulterioare. Fiind vorba despre o perioadă scurtă de derulare a grantului, obiectivele științifice și cele manageriale apar în proporții diferite, ambele categorii fiind încheiate cu succes. Dacă cele de ordin științific au fost deja enumerate, din punct de vedere managerial grantul și-a propus un minim de achiziții.

2. Stadiul atins în derularea grantului

Pentru faza finală de decontare, grantul prevede un număr de 3 obiective, structurate la nivelul a 10 activități, prezentate după cum urmează.

Obiectivul 1. Metodologii și tehnici de toleranță la defectare pentru circuitele reversibile și cuantice în vederea creșterii parametrilor de fiabilitate și surmontării problemelor introduse de zgomot.

Activitatea 1. Analiza care se justifice necesitatea găsirii unui mecanism de toleranță la defectare pentru circuitele cuantice la nivel logic, și care să fie pretabile construirii arhitecturilor proiectate pentru obiectivul 3 din anul 2008.

Această activitate s-a desfășurat în primele luni ale anului, fiind o continuare a realizărilor din anul 2008, și a avut ca rezultat conturarea unei lucrări științifice. Această tematică vizează în primul rând tema de cercetare al dr. ing. Oana Boncalo, sl. Mihai Udrescu și dr. Ing. Alexandru Amăricăi. Activitatea de coordonare a cercetărilor teoretice au fost coordonate de prof.dr. ing. Mircea Vladuțiu.

Activitatea 2. Publicarea rezultatelor în reviste de specialitate și conferințe/workshop-uri cu mare vizibilitate în comunitatea științifică (cotatii ISI).

Această activitate este consecința muncii de cercetare depuse în cadrul activităților desfășurate care se își propune creșterea vizibilității grupului de cercetare prin publicarea unei lucrări în cadrul unei manifestări științifice desfășurate sub egida unei organizații profesionale (IEEE) și care se află în circuitul ISI. La această activitate au fost implicați as. dr. ing Alexandru Amăricăi, as. dr. ing. Oana Boncalo sub coordonarea domnului Profesor Mircea Vlăduțiu.

Acest obiectiv a fost îndeplinit în totalitate, fără a întâmpina probleme sau dificultăți, cu mențiunea că lucrarea a fost foarte bine primită în cadrul comunității științifice unde a fost prezentată.

Obiectivul 2. Proiectarea circuitelor evolutive (Evolvable Hardware) cuantice

Activitatea 1. Proiectarea algoritmilor genetici cuantici (QGA).

Activitate desfășurată cu succes de către dr. Ing. Cristian Ruican, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu și S.I. dr. ing. Lucian Prodan. Au fost investigate metode meta-euristice prin care poate fi îmbunătățită convergența algoritmilor genetici cuantici. S-a realizat un studiu al principalelor tehnici în acest sens.

Activitatea 2. Simularea funcționării QGA și implementarea unor probleme NP (traveling salesman, factorizarea) prin QGA.

Dr. ing. Alexandru Amaricai, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu și S.I. dr. ing. Lucian Prodan au elaborat o analiză a algoritmilor pretabili unei platforme de tip QGA, precum și a câștigului în termeni de performanță avut prin utilizarea acestor structuri.

Activitatea 3. Publicarea rezultatelor în reviste de specialitate și conferințe/workshop-uri cu mare vizibilitate în comunitatea științifică (cotatii ISI). Dr. ing. Oana Boncalo, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu, S.I. dr. ing. Lucian Prodan și prof. dr. ing. Mircea Vladuțiu au contribuit la sistematizarea rezultatelor cercetării și conturarea a două lucrări: o lucrare prezentată în cadrul unei manifestări științifice și o lucrare de jurnal amandouă fiind în circuitul ISI.

Acest obiectiv a fost îndeplinit în totalitate, având rezultate cu relevanță deosebită pentru parcursul viitor al cercetărilor în acest domeniu, pentru colectivul laboratorului ACSA (Advanced Computing Systems and Architectures) – locul unde se desfășoară prezentul grant.

Obiectivul 3. Metode eficiente de testare a circuitelor cuantice și reversibile

Activitatea 1. Modelarea defectelor, erorilor și esecurilor în circuitele cuantice în maniera multinivel.

Activitate desfășurată cu succes de către dr. Ing. Cristian Ruican, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu și S.I. dr. ing. Lucian Prodan. Au fost realizate modele de erori care pot fi aplicate la nivelele mai înalte de abstractizare ale dispozitivelor cuantice și reversibile.

Activitatea 2. Teoretizarea unui lanț al amenințărilor cuantic (chain of threats): defect-eroare-esec.

Dr. ing. Alexandru Amaricai, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu și S.I. dr. ing. Lucian Prodan au analizat care este rata de activare a defectelor și care este numărul de cazuri de eșec al circuitului, pentru o serie de circuite cuantice folosite pentru îmbunătățirea toleranței la defectare (circuite de codificare, calcul al sindromului, decodificare).

Activitatea 3. Elaborarea de algoritmi de activare a lanțului amenințărilor. dr. ing. Alexandru Amaricai, dr. Ing. Oana Boncalo, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu și S.I. dr. ing. Lucian Prodan au elaborat o analiză a algoritmilor care activează defectele și urmăresc propagarea acestora.

Activitatea 4. Publicarea rezultatelor în reviste de specialitate și conferințe/workshop-uri cu mare vizibilitate în comunitatea științifică (cotatii ISI) Dr. ing. Oana Boncalo, S.I. dr. ing. Mihai Udrescu, S.I. dr. ing. Lucian Prodan și prof. dr. ing. Mircea Vladuțiu au contribuit la sistematizarea rezultatelor cercetării și conturarea a două lucrări publicate în circuitul ISI. Doctor Alexandru Amăricăi a participat cu o lucrare la o manifestare de prestigiu pentru prezentarea muncii doctorale.

Obiectivul a fost îndeplinit în totalitate.

Concluzionând, putem afirma că obiectivele asumate pentru această perioadă de derulare a grantului au fost îndeplinite în totalitate.

3. Valoarea și nivelul științific

Valoarea și nivelul științific al rezultatelor obținute până în stadiul actual al grantului sunt caracterizate de profilul publicațiilor aferente acestui grant și de nivelul activității științifice pe care au avut-o participanții la grant pe parcursul derulării acestuia.

Rezultatele cercetărilor au fost concretizate prin publicarea unui număr de 6 articole științifice la edituri de prestigiu (precum IEEE Press, ACM Press și Springer LNCS), acestea având cotații ISI sau fiind indexate de baze de date internaționale, precum și a unei publicații jurnal B+. De asemenea trebuie menționată publicarea unui articol în revista publicată de editura de prestigiu Springer-Verlag Berlin Heidelberg, LNCS.

Astfel, doctoranzii (recent validați cu titlul de doctor) Oana Boncalo, Alexandru Amăricăi și Cristian Ruican au participat cu lucrări acceptate la următoarele conferințe internaționale:

- 5th International Conference on Ph.D. Research in Microelectronics and Electronics (PRIME 2009), Cork, Ireland
- 16th International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, Theory and Design (MIXDES'09), Lodz, Poland
- IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2009), Trondheim, Norway

Ș.l. dr. ing. Lucian Prodan membru în comitetul de program al CIT2009 - IEEE 9th International Conference on Computer and Information Technology, CEC 2009. De asemenea, ș.l. dr. ing. Mihai Udrescu a servit în calitate de membru în comitetul de program al conferinței internaționale CIT 2009 - IEEE 9th International Conference on Computer and Information Technology, CEC 2009, DDECS 2009, și ca reviewer pentru jurnalul Microelectronics Jurnal, Elsevier.

4. Diseminarea rezultatelor – articole publicate

Difuzarea rezultatelor cercetărilor întreprinse prezintă următoarele coordonate:

- Amăricăi Alexandru, Udrescu Mihai, Prodan Lucian, Vladutiu Mircea, Boncalo Oana. Hardware Integer Multiplier Design Based on Booth's Algorithms. SCIENTIFIC BULLETIN of "Politehnica" University of Timisoara, ROMANIA, Transactions on AUTOMATIC CONTROL and COMPUTER SCIENCE, ISSN 1224-600X. 2009. 54 (68), pp. 25-30 (revistă B+)
- Ruican Cristian, Udrescu Mihai, Prodan Lucian, Vladutiu Mircea. Genetic Algorithm Based Quantum Circuit Synthesis with Adaptive Parameters Control. IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2009), Trondheim, Norway, 18th-21th May 2009. pp. 896-903, ISBN 978-1-4244-2959-2 (cotatie ISI)
- Ruican Cristian, Udrescu Mihai, Prodan Lucian, Vladutiu Mircea. Quantum Circuit Synthesis with Adaptive Parametres Control. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, LNCS), LNCS 5481, pp. 339-350, ISSN 0302-9743 (cotatie ISI)
- Opritoiu Flavius, Vladutiu Mircea, Udrescu Mihai, Prodan Lucian. Round-Level Concurrent Error Detection Applied to Advanced Encryption Standard. 12th IEEE Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Systems, April 15-17, 2009, Liberec, Czech Republic. pp. 270-275, ISBN 978-1-4244-3339-1 (cotatie ISI)
- Opritoiu Flavius, Vladutiu Mircea, Prodan Lucian, Udrescu Mihai. Built-In Self Test Applicability for the Non-Linear Operations of Advanced Encryption Standard. 5th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, May 28-29, 2009, Timisoara, Romania, pp. 307-312, ISBN: 978-1-4244-4478-6

- R. Bogdan, V. Ancusa, M. Vladutiu - Performance Metrics for Information Security in Intelligent Grid, International Conference on Machine Learning and Computing (ICMLC 2009), Australia 2009
- Amaricai Alexandru, Vladutiu Mircea, Boncalo Oana. Design of Floating Point Units for Interval Arithmetic. 5th International Conference on Ph.D. Research in Microelectronics and Electronics (PRIME 2009), Cork, Ireland, July 12-17, 2009
- Oana Boncalo, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai. Two-phase simulation for quantum reliability assessment. Proceedings 16th International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, Theory and Design (MIXDES'09), Lodz, Poland, June 25-27 2009, (cotatie ISI)

5. Modul de utilizare a fondurilor

Cheltuielile de personal insumeaza 100802 lei pentru contravaloarea activitatii a 3 cercetatori cu experienta si 2 cercetatori in formare. Din structura detaliata a acestora se remarcă susținerea acordată tinerilor cercetători.

Regia este de 9009,2 lei, calculata ca fiind 7% din contravaloarea fiecarei activitati prevazute in AnexaII la contractul de finantare.

In anul 2009 au fost cheltuiți 7289,75 **RON** din bugetul deplasărilor pentru lunile de desfasurare a proiectului.

Au fost cheltuiti 5102,5 lei pentru plata unor cheltueli de diseminare - publicare monografie științifică, precum si prelungirea membership-urilor la organizatiile profesionale IEEE si ACM Nu s-au realizat achizitia alte achiziții.

Totatul bugetului pe anul in curs este de 122203,45 lei. După cum se poate constata din devizul postcalcul, toate obiectivele grantului au fost atinse și exercițiul bugetar pe acest an se înscrie în parametri ceruți.

6. Concluzii

Pe baza celor prezentate în secțiunile precedente, se poate concluziona că grantul intitulat ARHITECTURI BIO -INSPIRATE DE CALCUL PENTRU CIRCUITE LOGICE REVERSIBILE SI CUANTICE și-a îndeplinit cu succes toate obiectivele prevăzute pentru perioada primului an de derulare, consistența rezultatelor științifice fiind argumentată prin publicarea unui numar de 8 articole la conferințe și jurnale de prestigiu și care prezintă cotație ISI sau sunt indexate în baze de date internaționale.