

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 PRIMULUI AN DE DERULARE A CONTRACTULUI

1. Introducere

Din punct de vedere strict tehnologic, contextul actual al realizării sistemelor de calcul este dominat de tendința integrării intensive a dispozitivelor responsabile de implementarea fizică a proceselor computaționale. Situația prezentă se conturează ca fiind premergătoare unor schimbări esențiale, avînd potențialul de a afecta în mod dramatic modul în care este percepută și utilizată paradigma calculului digital, factorul principal constînd în limitările de natură fizică impuse în funcționarea tranzistorului de către reducerea dramatică a dimensiunilor sale.

Pe de o parte, integrarea unui număr uriaș de tranzistori în același circuit presupune soluții pentru gestionarea eficientă a acestora. Pe de altă parte însă, complexitatea substratului hardware rezidă în comportamentul tranzistorului la aceasă scară, care devine unul guvernat de legile fizicii cuantice, introducând astfel aspecte funcționale care până atunci apăreau ca fiind complet disjuncte. Informația binară se metamorfozează, noul context cuantic inducînd o superpoziție de stări binare. Manipularea informației în acest nou context poate fi realizată cu ajutorul circuitelor reversibile și cuantice. Conform rapoartelor ITRS, fezabilitatea acestor circuite este afectată de considerente legate de fiabilitatea proceselor de stocare și prelucrare a stărilor cuantice, fiind necesară investigarea modalităților de creștere a parametrilor de fiabilitate.

Prezentul proiect își propune investigarea acestor modalități din punct de vedere arhitectural, în ipoteza unei îmbinări fericite dintre tehnicile 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 primul an de desfășurare astfel încât să fie investigate cu precădere aspecte legate de fiabilizarea circuitelor cuantice și de punerea la punct a unei metodologii de evaluare și partiționare a acestora prin prisma

criteriilor de fiabilitate. Astfel a fost realizată continuarea proiectului QUERIST, rezultatele obținute în desfășurarea de până acum a grantului reliefând metodologia (algoritm) de construcție a diagramelor Markov și a grafurilor de fiabilitate pentru circuitele reversibile/cuantice, algoritmul de partiționare a circuitelor reversibile/cuantice, colecția de circuite benchmark, documentul cu specificațiile de test și seturile de vectori test pentru circuitele alese.

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 necesar pentru derularea acestuia.

2. Stadiul atins în derularea grantului

Pentru faza finală de decontare, grantul prevede un număr de 2 obiective, structurate la nivelul a 5 activități, prezentate după cum urmează.

Obiectivul 1. Completarea proiectului QUERIST (QUantum ERror Injection Simulation Tool) pentru circuite cuantice și reversibile de dimensiune arbitrară.

Activitatea 1. Elaborarea modelului matematic de calcul al fiabilității circuitului din ratele de defectare ale componentelor sale. Se vor folosi diagrame Markov sau grafuri de fiabilitate.

Această activitate s-a desfășurat în prima lună de după semnarea contractului, și a avut ca rezultat elaborarea planurilor de cercetare (cu implicații inclusiv pentru activitatea doctorală) pentru doctoranzii Oana Boncalo, Alexandru Amăricăi și Cristian Ruican (primii 2 fiind participanți în cadrul prezentului grant de cercetare). Această tematică vizează în primul rând tema de doctorat al drd. ing. Oana Boncalo. Activitatea de coordonare a cercetărilor teoretice au fost coordonate de prof.dr. ing. Mircea Vladutiu.

Activitatea 2. Elaborarea unui algoritm de partiționare a circuitului arbitrar în subcircuite ce pot fi supuse metodologiei QUERIST de găsire a ratei de defectare.

A fost elaborată o nouă tehnică de codificare și reprezentare a circuitelor reversibile/cuantice bazată pe grafuri, utilizată în cercetarea tehnicilor de sinteză a circuitelor cuantice și a partiționării acestora, de către drd. ing. Cristian Ruican, drd. ing. Alexandru Amăricăi, drd. ing. Oana Boncalo și S.I.dr.ing. Mihai Udrescu.

Acest obiectiv a fost îndeplinit în totalitate, fără a avea de a face cu probleme sau dificultăți.

Obiectivul 2. Dezvoltarea proiectului QUERIST pentru găsirea seturilor eficiente de vectori de test

Activitatea 1. Selecția de seturi de circuite benchmark specifice algoritmilor implementați.

Activitate desfășurată cu succes de către drd. ing. Oana Boncalo, dr. ing. Mihai Udrescu și dr. ing. Lucian Prodan. A fost elaborat un model al erorii ce poate fi pusă cu succes în evidență pentru setul de circuite pe platforma utilizată pentru simulări, precum și o metodă automată de calcul al pragului de acuratețe (accuracy threshold) în contextul setului de circuite benchmark.

Activitatea 2. Stabilirea scenariilor de testare și a modelelor de defectare.

Drd. ing. Alexandru Amaricai, dr. ing. Mihai Udrescu și dr. ing. Lucian Prodan au elaborat o analiză a metodologiei de desfășurare a experimentelor de testare simulată, în contextul modelelor de defectare asumate, pentru circuite benchmark și arbitrare.

Activitatea 3. Efectuarea unor serii relevante de simulări QUERIST și procesarea rezultatelor. Drd. ing. Oana Boncalo, dr. ing. Mihai Udrescu și prof. dr. ing. Mircea Vladutiu au realizat 8 campanii de simulări, a câte 20 de serii de injecție simulată de defecte (în cadrul proiectului QUERIST). Aceste campanii au condus la o analiză prin care se evidențiază avantajele folosirii limbajelor de descriere hardware și a injecției simulate de defecte pe platforme HDL, pentru circuitele reversibile/cuantice. În același timp se demonstrează faptul că măsura cea mai relevantă a fiabilității, în condițiile date, este accuracy threshold (acest parametru este folosit pe scară largă și în lucrările de referință din domeniul fizicii cuantice).

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 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.

Astfel, doctoranzii Oana Boncalo, Alexandru Amăricăi și Cristian Ruican au participat cu lucrări acceptate la următoarele conferințe internaționale:

- IEEE 40th Annual Simulation Symposium, Norfolk VA, USA, March 26 - 28, 2007
- 4th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, 2007. SACI '07, Timisoara, Romania, May 18 2007
- IEEE 10th EUROMICRO Conference on Digital System Design, Architectures, Methods and Tools (DSD 2007), Lübeck, Germany, August 29 - 31 2007
- Adaptive and Natural Computing Algorithms Conference (ICANNGA), Warsaw, Poland, 2007

Ș.l. dr. ing. Mihai Udrescu a participat cu o lucrare acceptată la conferința:

- IEEE 18th European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD'07), Seville, Spain, August 26-30 2007

În plus, directorul grantului – prof. dr. ing. Mircea Vladutiu a servit ca membru în comitetul de program al conferinței IEEE 18th European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD'07).

Ș.l. dr. ing. Lucian Prodan a deținut calitatea de workshop și session chair la conferința 4th ACM Computing Frontiers 2007, precum și membru în comitetul de program al CIT2007 - IEEE 7th International Conference on Computer and Information Technology University of Aizu, Fukushima Japan. De asemenea, ș.l. dr. ing. Mihai Udrescu a servit în calitate de membru în comitetul de program al conferinței internaționale CIT2007 - IEEE 7th International Conference on Computer and Information Technology University of Aizu, Fukushima Japan, October 16 - 19, 2007, și ca reviewer pentru jurnalul Simulation Modeling Practice and Theory, Elsevier (SIMPAT-D-07-212).

4. Diseminarea rezultatelor – articole publicate

Difuzarea rezultatelor cercetărilor întreprinse prezintă următoarele coordonate:

- Oana Boncalo, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai. Assessing Quantum Circuits Reliability with Mutant-Based Simulated Fault Injection. Proceedings 18th European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD'07), Seville, Spain, August 26-30 2007, pp. 942-945, ISBN 1-4244-1342-7 (cotatie ISI)
- Oana Boncalo, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai. Saboteur Based Fault Injection for Quantum Circuits Fault Tolerance Assessment. Proceedings 10th EUROMICRO Conference on Digital System Design, Architectures, Methods and Tools (DSD 2007), Lübeck, Germany, August 29 - 31 2007, pp. 634-640, ISBN 0-7695-2978-X (cotatie ISI)
- Lucian Prodan, Mihai Udrescu, Oana Boncalo, Mircea Vladutiu. Design for Dependability in Emerging Technologies. ACM Journal of Emerging Technologies in Computing, Volume 3, Issue 2 (Article 6), July 2007, ISSN 1550-4832 (cotatie ACM, DBLP) Obs. Acest jurnal este considerat între primele 3 din lume în domeniul tehnologiilor emergente de calcul; motivul pentru care nu are încă o cotatie ISI este pur birocratic – jurnalul a fost înființat de abia în anul 2006.
- Oana Boncalo, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai. Using Simulated Fault Injection for Fault Tolerance Assessment of Quantum Circuits. Proceedings IEEE 40th Annual Simulation Symposium, Norfolk VA, USA, March 26 - 28, 2007, pp. 213-220, ISSN: 1080-241X, ISBN: 0-7695-2814-7 (cotatie ISI)
- Cristian Ruican, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu. Automatic Synthesis for Quantum Circuits using Genetic Algorithms. Proceedings ICANNGA'07 “Adaptive and Natural Computing Algorithms”, LNCS 4431 (Springer-Verlag Berlin Heidelberg), Warsaw, Poland, 2007, pp. 174–183, ISBN: 978-3-540-71589-4 (cotatie ISI)
- Oana Boncalo, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai. Simulated Fault Injection for Quantum Circuits Based on Simulator Commands. 4th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, SACI, May 17-18 2007 Page(s):245 – 250 (cotatie ISI)

5. Modul de utilizare a fondurilor

Fondurile au fost folosite în deplină conformitate cu Anexa I la contractul de finanțare (Deviz Cadru Antecalcul) și cu Anexa I (Deviz Cadru Postcalcul pe anul 2007).

Cheltuielile de personal insumeaza 28000 lei pentru contravaloarea activitatii a 3 cercetatori cu experienta si 2 cercetatori in formare.

Regia este de 2350 lei, calculata ca fiind 7% din contravaloarea fiecarei activitati prevazute in AnexaII la contractul de finantare.

In anul 2007 nu au fost prevazute deplasari pentru lunile de desfasurare a proiectului.

Au fost cheltuiti 88,20 lei pentru achizitia a 10 topuri de hartie si 211,80 lei pentru cumpararea unui toner de imprimanta laser HP 1200 series. In total, cheltuielile cu logistica se ridica la valoarea de 300 de lei.

Totatul bugetului pe anul in curs este de 30650 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, fiind cheltuită întreaga sumă alocată.

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 6 articole la conferințe și jurnale de prestigiu și care prezintă cotație ISI sau sunt indexate în baze de date internaționale.