

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 CELUI DE-AL DOILEA AN DE DERULARE A CONTRACTULUI

1. Introducere

Datorită limitărilor impuse de tehnologia actuală, apare din ce în ce mai acută nevoia găsirii unor alternative la calculul classic (convențional), care să satisfacă cererea de creștere a performanțelor dispozitivelor de calcul. 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, tendință care se lovește de limitările de natură fizică impuse în funcționarea tranzistorului de către reducerea dramatică a dimensiunilor sale.

Integrarea unui număr uriaș de tranzistori în același circuit conduce la creșterea performanțelor, însă are drept consecință directă și imediată creștere complexității substratului hardware, precum și scăderea dimensiunii tranzistorului. Acest ultim fapt, determină un comportament al tranzistorului care se situează sub incidența legiilor fizicii cuantice, introducând astfel aspecte funcționale care până atunci apăreau ca fiind complet disjuncte. Informația binară se metamorfozează, noul context cuantic inducând 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 dezvoltarea QUERIST. Ca o continuare a cercetării, accentul de data aceasta vizează pe de-o parte sinteza cunatică, precum și realizarea unor arhitecturi tolerante la defectare. Ca și support, sunt necesare o serie de activități

premergătoare : găsirea unui set de porți universale, selecția circuitelor benchmark, găsirea unei reprezentări convenabile pentru bitul cuantic (qubit), care să înlesnească realizarea unor ample analize și campanii de sinteză.

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 mai lungă 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 accentul cade asupra organizării deplasărilor la manifestări științifice precum și colaborări cu colective din țară și străinătate.

2. Stadiul atins în derularea grantului

Pentru faza finală de decontare, grantul prevede un număr de 3 obiective, structurate la nivelul a 9 activități, prezentate după cum urmează.

Obiectivul 1. Sinteza circuitelor cuantice și reversibile prin metode de programare genetică

Activitatea 1. Elaborarea unui parser și a unui compilator pentru QHDL (limbaj de descriere hardware introdus de NIST)

Această activitate s-a desfășurat în primele luni ale acestui an și a avut ca rezultat elaborarea unei lucrări științifice diseminată în cadrul ICAISC 2008 (cu implicații inclusiv pentru activitatea doctorală a doctoranților 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 și Cristian Ruican. Activitatea de coordonare a cercetărilor teoretice au fost coordonate de prof.dr. ing. Mircea Vladuțiu.

Activitatea 2. Proiectarea unei structuri de date pentru facilitarea sintezei; construcția unui set universal de porți cuantice și reversibile (folosite în sinteză) în concordanță cu evoluțiile tehnologice actuale

A fost vizată selecția candidațiilor pentru setul universal de porți implementat pentru sinteză precum și în cadrul QUERIST. Acesta joacă un rol important în stabilirea impactului pe care zgomotul cuantic îl are asupra circuitului sintetizat. În această manieră se poate determina o măsură de fiabilitate a acestuia. Setul de porți a fost implementat în cadrul unei biblioteci VHDL în vederea proximirii pașilor de evaluare a fiabilității acestuia. Au participat 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 întâmpina probleme sau dificultăți.

Activitatea 3. Testarea și validarea algoritmului genetic de sinteză prin folosirea unor transformări unitare benchmark.

Pasul următor stabilirii setului universal de porți, vizează selecția circuitelor benchmark necesare validării tehnicilor de sinteză dezvoltate, precum și folosirea acestora în campanii de sinteză a circuitelor cuantice. Din nou se dorește subliniat rolul activ al doctoranților: drd. ing. Cristian Ruican, drd. ing. Alexandru Amăricăi, drd. ing. Oana Boncalo, precum și participarea S.I.dr.ing. Mihai Udrescu și de prof.dr. ing. Mircea Vladuțiu prin activitatea de supervizare și coordonare.

Obiectivul 2. Sinteza automata a circuitelor cuantice si reversibile tolerante la defectare

Activitatea 1. Crearea unei metode de codificare a informatiei si de constructie automata a circuitelor ce corespund prelucrării acestor coduri.

Activitate desfășurată cu succes de către drd. ing. Oana Boncalo, dr. ing. Mihai Udrescu și dr. ing. Lucian Prodan. A fost elaborat un algoritm de codificare eficientă a qubiților pentru sinteza automată a circuitelor cuantice in contextul setului de circuite benchmark amintit la obiectivul 1.

Activitatea 2. Structurarea unui set de template-uri necesar mapării circuitelor necodate cu circuitele bazate pe codul elaborat (tolerante la defectare).

Drd. ing. Alexandru Amaricai, drd. Ing. Oana Boncalo, dr. ing. Mihai Udrescu si dr. ing. Lucian Prodan au elaborat un template care să realizeze abstractizarea qubiților fizici înzestrați cu detecție și corecție, rezultând qubitul logic care încapsulează mecanismul de toleranță la defectare, cu detaliile de sinteză aferente acestuia (uzual este reprezentat de un cod cuantic de detecție și corecție a erorilor).

Activitatea 3. Publicarea rezultatelor in reviste de specialitate si conferinte/workshop-uri cu mare vizibilitate în comunitatea știintifică (cotatii 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, lucrul evidențiat la punctul 3 al actualului raport.

Obiectivul a fost îndeplinit in totalitate.

Obiectivul 3. Arhitecturi de calcul bio-inspirate pentru implementarea fiabila a algoritmilor cuantici

Activitatea 1. Studiul mecanismelor biologice cu relevanta pentru tehnicile de fiabilizare

Extragerea unui set de mecanisme biologice pretabile mecanismelor de fiabilizare a fost realizată de drd. ing. Alexandru Amaricai, dr. ing. Mihai Udrescu și în special dr. ing. Lucian Prodan în contextul îmbunătățirii fiabilității circuitelor cuantice. Rezultatul cercetării a fost publicat la manifestarea științifică 8th International Conference ICES 2008. Menționăm implicarea domnului prof.dr. ing. Mircea Vladutiu prin munca acestuia de coordonare.

Activitatea 2. Implementarea circuitelor aritmetice tolerante la defectare la nivel arhitectural; aritmetica de interval pentru reprezentarea numerelor in virgula flotanta in calculul cuantic

Realizată cu precădere de drd. ing. Alexandru Amaricai, drd. ing. Oana Boncalo (cu ajutorul necontestabil al cercetătorilor cu experiență cu rol de coordonare), care s-a finalizat prin implementări concrete, care au fost evaluate și s-au bucurat de diseminare la manifestări cu înaltă cenzură științifică. Rezultatul a fost obținere unor algoritmi și dispozitive pentru îmbunătățirea performanței operațiilor de virgulă flotantă Au participat drd. ing Alexandru Amaricai, drd. ing. Oana Boncalo s.l. Lucian Prodan si S.l.dr.ing. Mihai Udrescu.

Activitatea 3. Implementarea circuitelor reconfigurabile pentru iteratia Grover si calculul transformatei Fourier cuantice (QFT); reconfigurabilitate inspirata din sistemele biologice.

Dispozitivele cuantice de calcul al iterației Grover și pentru transformata Fourier cuantică au fost implementate în VHDL cu ajutorul setului universal de porți dezvoltat. Pentru acestea s-a realizat studiu toleranței la defectare în contextual unei palete largi de

scenariu de zgomote cuantice. Au participat drd. ing. Oana Boncalo, drd. ing. Amăricăi Alexandru și s.l. d. Mihai Udrescu.

Acest obiectiv a fost îndeplinit în totalitate, fără a întâmpina probleme sau dificultăți.

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 10 articole științifice la edituri de prestigiu (precum IEEE Press, ACM Press și Springer LNCS), acestea având cotații ISI și/sau fiind indexate de baze de date internaționale.

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

- 8th IEEE Conference on Nanotechnology, August 18-21, 2008, Arlington, Texas, USA (cotat ISI Proceedings)
- 19th IEEE Conference on Application Specific Systems, Architectures and Processors (ASAP), July 2-4, 2008, Leuven, Belgium (cotat ISI Proceedings)
- 11th IEEE Workshop on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2008), Bratislava, Slovakia, April 16-18 2008 (cotat ISI Proceedings)
- 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering, September 3-5, Croatia, 2008 (cotat ISI Proceedings)
- 4th International Conference on Networked Computing and Advance Information Management, September 2-4, Korea, 2008
- 8th International Conference on Technical Informatics (CONTI), June 5-6, 2008, Timisoara

De asemenea colectivul nostru s-a bucurat de două prelegeri invitate în cursul lunii Septembrie, care vizau popularizarea preocupărilor și activităților științifice, precum și punerea unor baze în vederea realizării unor parteneriate pentru programele de cercetare europene. Acestea au avut loc la Universitatea din Cork, Irlanda, precum și în Germania. Din nou subliniem implicarea doctoranzilor care au participat și ei la acest demers (Amăricăi Alexandru și Cristi Ruican).

Printre participările la conferințe amintim prezenta lui Mihai Udrescu în comitetul de organizare și participarea ca session chair la sesiunea Digital Design Methods la conferința 11th IEEE Workshop on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2008), Bratislava.

Ș.l. dr. ing. Lucian Prodan a deținut calitatea de membru în comitetul de program al CIT2008 - IEEE 8th International Conference on Computer and Information Technology, Sydney, Australia. De asemenea, ș.l. dr. ing. Mihai Udrescu și doctorand Oana Boncalo au servit în calitate de membru în comitetul de program al conferinței internaționale CIT2008 - IEEE 8th International Conference on Computer and Information Technology, Sydney, Australia, 2008.

4. Diseminarea rezultatelor

Articole publicate

Difuzarea rezultatelor cercetărilor prin publicarea/participarea la manifestări științifice sub egida unor organozații de prestigiu:

- Oana Boncalo, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai **Error-Model Driven Analysis of Quantum Circuit's Reliability** Proceedings 8th IEEE Conference on Nanotechnology, August 18-21, 2008, Arlington, USA, ISBN 978-1-4244-2104-6 (cotat ISI Proceedings)
- Alexandru Amaricai, Mircea Vladutiu, Lucian Prodan, Mihai Udrescu, Oana Boncalo **Floating Point Multiplication Rounding Schemes for Interval Arithmetic** Proceedings 19th IEEE Conference on Application Specific Systems, Architectures and Processors (ASAP), July 2-4, 2008, Leuven, Belgium, pp. 19-24, ISBN 978-1-4244-1898-5 (cotat ISI Proceedings)
- Lucian Prodan, Mihai Udrescu, Mircea Vladutiu **Fault-Tolerant Memory Design and Partitioning Issues in Embryonics** Evolvable Systems: From Biology to Hardware. LNCS5216, 8th International Conference ICES 2008, pp. 372-381(cotat ISI Proceedings)
- Virgil Petcu, Alexandru Amaricai, Mircea Vladutiu **A Dual-Threaded Architecture for Interval Arithmetic Coprocessor with Shared Floating Point Units** Proceedings 11th IEEE Workshop on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2008), Bratislava, Slovakia, April 16-18 2008, pp. 146-149, ISBN 978-1-4244-2276-0. (cotat ISI Proceedings)
- Versavia Ancusa, Razvan Bogdan, Mircea Vladutiu **Discussing Redundancy Issues in Intelligent Agent-Based Non-traditional Grids** Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering, September 3-5, 2008, LNCS, ISSN 0301-9743, pp 297-305 (cotat ISI Proceedings)
- Cristian Ruican, Mihai Udrescu, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu **Software Architecture for Quantum Circuit Synthesis ICAISC "Artificial Intelligence and Soft Computing"**, Zakopane, Poland, June 2008, published in: Computational Intelligence: Methods and Applications, ISBN 978-83-60434-50-5, pp. 562-573
- Alexandru Amaricai, Mircea Vladutiu, Lucian Prodan, Mihai Udrescu, Oana Boncalo **Floating Point Divide-Add Fused for Newton's Interval Method** Proceedings of the Euromicro Work In Progress Session held in Conjunction with Euromicro SEAA 2008 and Euromicro DSD 2008, September 3-5, Parma, Italy, ISBN 978-3-902457-20-3
- Mihai Udrescu, Oana Boncalo, Lucian Prodan, Mircea Vladutiu, Alexandru Amaricai **Towards a Hybrid Methodology for Reliability Assessment of Quantum Circuits** Proceedings of the Euromicro Work In Progress Session held in Conjunction with Euromicro SEAA 2008 and Euromicro DSD 2008, September 3-5, Parma, Italy, ISBN 978-3-902457-20-3

- Versavia Ancusa, Razvan Bogdan, Mircea Vladutiu **Redundancy at Link Level for Non-traditional Grids Implemented with Intelligent Agents** Proceedings 4th International Conference on Networked Computing and Advance Information Management, September 2-4, 2008
- Alexandru Amaricai, Mircea Vladutiu, Lucian Prodan, Mihai Udrescu, Oana Boncalo **Radix-4 Modified Booth Multiplication Algorithm** Proceedings 8th International Conference on Technical Informatics (CONTI), June 5-6, 2008, Timisoara pp 61-64, ISSN 1844-539-X

Cărți de specialitate:

De asemenea, in acest an a fost publicata cartea:

Mircea Vladutiu **Arhitectura si Organizarea Calculatoarelor. Vol. 1 Aritmetica Sistemelor de Calcul** Editura Politehnica, 2008

Referate susținute

La cele enumerate mai sus, mai trebuiesc menționate, referatele sustinute de către doctoranzii participanți la acest grant, care certifică implicarea lor, precum și rolul important pe care acest program (IDEI-17) l-a avut în buna desfășurare a studiilor doctorale:

- Alexandru Amaricai **On the Design of Floating Point Divide-Add Fused Units** Referat de doctoral No 1, Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Martie, 2008.
- Alexandru Amaricai **On the Design of Floating Point Units Assessment of Quantum Circuits** Referat de doctoral No 2, Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Iunie, 2008
- Oana Boncalo. **A VHDL Framework for Simulated Based Reliability Assessment of Quantum Circuits.** Referat de doctoral No 1, Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Martie, 2008.
- Oana Boncalo **Quantum reliability assessment: Towards scalability in an error-model driven analysis** Referat de doctoral No 2, Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Iunie, 2008.

La acestea se mai adauga și un ajutor consistent în desfășurarea activităților aferente programului de doctorat pentru Ancușa Versavia și Răzvan Bogdan (doctoranzi care au reușit sa-si finalizeze cu succes suținerea referatelor din cadrul programului de doctorat în cursul acestui an).

5. Modul de utilizare a fondurilor

Fondurile au fost folosite in deplina conformitate cu Anexa I la contractul de finantare (Deviz Cadru Antecalcul) si 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 celui de-al doilea an de derulare, consistența rezultatelor științifice fiind argumentată prin publicarea unui numar de 10 articole la conferințe cu înaltă cenzură științifică prezintă cotații ISI și/sau sunt indexate în baze de date internaționale.