

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kos

Kraków. 16/08/2016 r.

Katedra Elektroniki
Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
al. Mickiewicza 30/C3, 30-059 Kraków

tel.:126173435
kos@agh.edu.pl
http://scalak.elektro.agh.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**DLA RADY WYDZIAŁU ELEKTROTECHNIKI, ELEKTRONIKI, INFORMATYKI I AUTOMATYKI
POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**

**Tytuł rozprawy: Modelling of multicore processors for the investigation of temperature
reduction methods**

Autor rozprawy: Melvin Estuardo Galicia Cota

1. **Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Rozprawa doktorska ogólnie dotyczy termicznego modelowania nanosystemów scalonych warstwowych 3D, w szczególności nanoprocesorów numerycznych wielowarstwowych wykonach w najnowszych technologiach (tranzystory o długościach kanałów 22-90um).

Wyniki rozprawy mogą być przydatne przy projektowaniu topografii wielordzeniowych nanoprocesorów 3D o dużej wydajności obliczeniowej, w których procesy termiczne odgrywają kluczową rolę.

Autor sformułował dwie tezy rozprawy. Obie dotyczą planowania rozmieszczenia przewodników termicznych pomiędzy warstwami i konsekwencji wynikających z różnych wariantów ich rozmieszczenia. Wykorzystał dostępne oprogramowanie oraz analog elektro-termiczny do analizy termicznej obiektów.

Przedstawiony problem jest ważne zarówno z naukowego punktu widzenia jak również zastosowania uzyskanych wyników w praktyce inżynierskiej.

Projektowanie coraz bardziej złożonych nanosystemów elektronicznych 3D, w tym wielordzeniowych procesorów numerycznych wymaga uwzględnienia dużych strat dynamicznych energii zasilania. W konsekwencji wzrost energii wewnętrznej systemu scalonego, mierzony temperaturą, może doprowadzić do trwałego uszkodzenia struktury, zaś utrzymywanie zbyt dużego marginesu bezpieczeństwa wpływa na istotne ograniczenie szybkości przetwarzania informacji. Zatem istnieje potrzeba poszukiwania kompromisu. Praca doktorska włącza się w ważny nurt współtworzenia systemów obliczeniowych o bardzo wysokich wymaganiach częstotliwościowych.

Rozprawa ma charakter teoretyczny.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczą o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Autor rozprawy przeprowadziła studia literaturowe. Przytoczył 125 pozycji, w tym 6 własnych, współautorskich. Wśród nich są 4 referaty wygłoszone na ważnych międzynarodowych konferencjach i 2 artykuły w recenzowanych czasopismach. Jedno z czasopism notowane jest na tzw. liście filadelfijskiej. Wykorzystane zostały także publikacje członków Zespołu prof. Andrzeja Napieralskiego, wiążące się z ocenianą rozprawą.

Autor rozprawy trzykrotnie w wymienionych współautorskich publikacjach występował jako pierwszy współautor. Przedstawione wyniki studiów literaturowych świadczą o umiejętności korzystania z istniejącej wiedzy.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Autor rozprawy w znaczącym stopniu rozwiązał postawione ważne dla współczesnej elektroniki zagadnienie, wykorzystując ogólnodostępne oprogramowanie, m. in. *ANSYS, HotSpot, Gem5, McPAT*, adresując rozwiązanie do konkretnych komercyjnych nanoprocesorów scalonych, głównie produkowanych przez koncern *INTEL*.

Wykonane prace teoretyczne – analiza termiczna i oprogramowanie dowodzą posiadania wiedzy teoretycznej niezbędnej kandydatom do stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Przyjęte założenia oraz zastosowane metody badawcze są ogólnie trafne biorąc pod uwagę stan wiedzy w obszarze przeprowadzonych badań naukowych. Jakkolwiek brakuje opracować własnych narzędzi analizy, w szczególności do optymalizacji geometrii nanosystemów pod względem termicznym.

Słabszą stroną rozprawy jest brak weryfikacji eksperymentalnej wyników teoretycznych, zwłaszcza biorąc pod uwagę dostępność do bardzo dobrze wyposażonych laboratoriów termowizyjnych funkcjonujących w Katedrze kierowanej przez prof. Andrzeja Napieralskiego.

Biorąc pod uwagę bardzo silną nieliniowość równań opisujących proces transportu ciepła z systemu scalonego do otoczenia i konieczność zaakceptowania rozwiązań przybliżonych należy uznać, że zaproponowane w rozprawie metody i narzędzia są właściwe.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność rozprawy polega na analizie różnych, wybranych rozwiązań geometrycznych wielowarstwowej struktury scalonej 3D i sformułowaniu wniosków dotyczących polepszenia chłodzenia wybranych skomercjalizowanych procesorów numerycznych. Przeprowadzona została także analiza przydatności poszczególnych narzędzi do symulacji termicznej złożonych systemów, będących przedmiotem rozprawy, w szczególności metody elementów skończonych i modelu kompaktowego.

Główne osiągnięcia polegają na wykorzystaniu istniejących narzędzi analizy termicznej dla potrzeb analizy rzeczywistych układów 3D pracujących w naturalnych warunkach chłodzenia. Przeprowadzone analizy pokazują, że można uzyskać lepszą wydajność obliczeniową współczesnych komercyjnych procesorów dzięki właściwemu rozmieszczeniu rdzeni procesora oraz przewodników ciepła.

Przedstawione osiągnięcia znajdują zastosowanie w teorii projektowania systemów scalonych zawierających procesory wielordzeniowe pracujące z bardzo wysoką częstotliwością.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Rozprawa napisana jest w języku angielskim. Nie zawiera streszczenie w języku polskim.

Rysunki dobrze komponują się z tekstem, są czytelne i zawierają istotne szczegóły. Jednak redakcja tekstu zawiera wiele błędów językowych. Wiele sformułowań tylko przypomina język angielski. Staranność opracowania tekstu należy do słabych stron rozprawy. Duża część rozprawy zawiera ogólnie znaną wiedzę. Ważne osiągnięcia opisane są od strony 89. Rozprawa liczy 132 strony plus jedna strona zawierająca przestrożę, zapewne skierowaną do recenzentów.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Usterki merytoryczne

1. W rozdziale 2 Autor stanowi, że przekazywanie ciepła do otoczenia odbywa się jedynie dzięki przewodzeniu i konwekcji. Jest to istotne niedopatrzenie trzeciego zjawiska – radiacji, odgrywającej ważną rolę we współczesnych szybkich nanosystemach.
2. Odkrywanie i modelowanie przyczyn opóźnień wzrostu temperatury ciała względem strumienia ciepła (str. 22) jest zbędną stratą czasu. Wynika to z modelu inercyjnego RC wysokiego rzędu.
3. Str. 36, patrz uwaga 1
4. Istotny problem analizowany w rozprawie dotyczy zwiększenia wydajności procesorów dzięki polepszeniu ich warunków chłodzenia. Jednak proponowane rozwiązania polegające na wprowadzeniu przegród między rdzeniami są w kontradycji ze wzrostem czasu propagacji sygnałów między blokami funkcjonalnymi, a zatem przyczyniają się do obniżenia wydajności obliczeniowej.

Uwagi szczegółowe

1. Błąd gramatyczny na stronie / linijka od góry: 4/4, 20/2, 23/14, 27/8, 27/11, 27/17, 29/22, 29/25, 29/28, 31/5, 43/24, 49/15, 76/6, 76/13, 99/5.
2. Wzór 2.4 sformułowano na podstawie wzoru 2.1, zatem niepotrzebnie zamieniono zmienną.
3. Zbyt długie zdania, np. str. 23/5.
4. Rozdział 2.2.1. Zamiast *power* powinno być *energy*. Ponadto pierwsze zdanie jest banalne.
5. Str. 56 Niepotrzebny dwukropek po tytule rozdziału.
6. Często pojawiające się wyjaśnienia skrótów w niewłaściwych miejscach.
7. Błąd logiczny w zdaniu rozpoczynającym rozdział 3.2.1.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

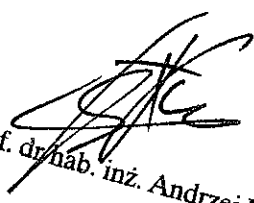
Rozprawa wnosi pewien wkład do rozwoju nauk technicznych. W szczególności projektowania systemów scalonych wielkiej skali integracji 3D z uwzględnieniem zjawisk termicznych. Wyniki badań mogą być wykorzystane przez inżynierów projektantów.

Podsumowanie:

Autor rozprawy doktorskiej - Pan Melvin Estuardo Galicia Cota wykazała dostateczną wiedzę w obszarze nakreślonym tematyką rozprawy i wymaganą od kandydatów do stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Ostatecznie oceniam rozprawę Pana Melvina Estuardo Galicia Cota jako spełniającą wymagania stosownej Ustawy i wnoszę o dopuszczenie tej rozprawy do publicznej obrony.

Kraków, 16 sierpnia 2016 r.


Prof. dr hab. inż. Andrzej Kos