

Gdańsk, 19.03.2021 r.

dr hab. inż. Bogdan Pankiewicz, prof. uczelni
Katedra Systemów Mikroelektronicznych
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
tel. 58 347 1974, email: Bogdan.Pankiewicz@pg.edu.pl

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEE

Wpłynęło dnia 25.03.2021
Zarejestrowano pod nr
Podpis *Jm*

Recenzja rozprawy doktorskiej

Mariusza Węgrzyna

zatytułowanej:

Testing of soft processor cores implemented in FPGA

1. Zakres recenzji.

Recenzję przygotowano zgodnie z art. 187 „Ustawy o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r.” na wniosek dr hab. inż. Ryszarda Sroki prof. uczelni będącego przewodniczącym Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (nr pisma RPW/1539/2021N). Recenzji poddana została kopia rozprawy otrzymana drogą pocztową w dniu 27.01.2021 r. wraz z dodatkami w formie plików, które otrzymałem w załączniku do korespondencji elektronicznej i są kopią płyty CD dołączonej do pracy. Recenzja dotyczy dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika.

2. Opis ogólny zawartości rozprawy doktorskiej.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Mariusza Węgrzyna została napisana w języku angielskim i łącznie ze spisami liczy 178 stron. Praca składa się z jedenastu rozdziałów. W początkowej części pracy zawarte jest wprowadzenie do poruszanej problematyki,

sformułowane są dwie tezy rozprawy a w kolejnych rozdziałach przedstawiono kolejno: problemy związane z błędami systemów mikroelektronicznych wynikającymi z promieniowania, testami programowymi procesorów osadzonych w układach FPGA, metodami wprowadzania uszkodzeń do badanych układów, zaprezentowano proponowaną metodą testowania, przedstawiono metody redukcji ilości wektorów testowych, zaprezentowano przypadki testowania dla procesorów PicoBlaze i MicroBlaze, przedstawiono sposób oceny poprawności programu testowego oraz zaprezentowano problemy związane z maskowaniem niektórych typów uszkodzeń i związanymi z tym trudnościami w ich wykryciu. Styl pracy jest dobry, praca czytelna i dobrze się ją czyta. Jako pewną wadę można zaliczyć jej dość dużą obszerność. Autor powołuje się na 93 pozycje literatury opublikowane w latach 1993-2017 z czego większość stanowią artykuły w czasopiśmie i na konferencjach w tym 6 artykułów własnych. Tylko kilka pozycji stanowią odnośniki do witryn internetowych i są to głównie odnośniki do dokumentacji technicznej testowanych procesorów programowych.

3. Tematyka rozprawy, aktualność i znaczenie problemu naukowego.

Tematyka rozprawy jest aktualna i ważna dla nowoczesnych systemów mikroelektronicznych realizowanych programowo w cyfrowych układach programowalnych FPGA. Obecna złożoność takich systemów jest bardzo duża i ich testowanie zarówno w trakcie produkcji jak i w czasie eksploatacji jest niezwykle ważne. Dostępna literatura związana z zagadnieniami poruszonymi w rozprawie doktorskiej jest bardzo obszerna co świadczy o dużym zainteresowaniu rozważaną tematyką zarówno w środowisku naukowym jak i przemysłowym. Wyniki prac doktoranta mogą mieć także bezpośrednie zastosowanie przemysłowe.

4. Czy autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego właściwych metod?

Tematem rozprawy jest testowanie programowych rdzeni procesorowych implementowanych w układach cyfrowych typu FPGA. Doktorant przedstawił dwie poniżej wymienione tezy. Tłumaczenie tez z języka angielskiego podane jest za doktorantem z jego autoreferatu rozprawy.

Teza 1: „Stosując zasadę ścieżki wrażliwej na dane, która wykorzystuje bijektywną właściwość programu testowego można znacząco ułatwić procedurę testową oraz poprawić pokrycie błędów.”

Teza 2: „Heurystyki optymalizacyjne w połączeniu z proponowaną metodologią wstrzykiwania błędów mogą znacząco zredukować liczbę wektorów testowych wymaganych do osiągnięcia maksymalnego pokrycia błędów procesorów implementowanych w FPGA.”

Tezy te wpisują się bezpośrednio w tematykę pracy a wykazanie ich prawdziwości przedstawione jest przez autora rozprawy głównie w rozdziale 5 zatytułowanym „Proposed Solution: Sensitive-Path Approach” oraz rozdziale 6 p.t. „Reduction of number of test vectors”. Pewne wątpliwości budzi treść tezy 1, co szczegółowo opisano w punkcie 7) niniejszej recenzji. W pracy udowodniono skuteczność zaproponowanej metody i pokrycie błędów podobne lub lepsze jak metod przedstawianych w literaturze. Udowodnienie tez przedstawiono na podstawie przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych i porównania wyników z dostępnymi w literaturze.

5. Oryginalny dorobek autora, jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna.

Doktorant przedstawia własną metodę opracowywania i przygotowywania testów procesorów wykorzystującą funkcje bijektywne w ścieżce przetwarzającej dane. Pomysł jest ciekawy jednak jego realizacja wymaga szczególnego traktowania dużej części rozkazów procesora, które nie są same w sobie operacjami bijektywnymi i wymagają zamiany na zestaw rozkazów, które po ich zgrupowaniu, z punktu widzenia całego ciągu przetwarzającego stanowią bijekcję. Tak wykorzystany ciąg instrukcji następnie jest przetwarzany w testowanym środowisku procesora dla każdego możliwego wektora wejściowego lub wybranego zestawu wektorów i wszelkie błędy w przetwarzaniu manifestują istnienie wykrywanego błędu. Zastosowanie, powyżej skrótowo przedstawionej metodologii, umożliwia manipulację i redukcję liczby wektorów przez co możliwe jest skrócenie czasu testowania jak i zmniejszenie liczby wprowadzanych i wyprowadzanych danych. Jako osiągnięcia autora można bezsprzecznie zaliczyć następujące elementy:

- zaproponowanie oryginalnej metody opracowywania testów bazując na operacjach bijektywnych,
- osiągniętą dużą efektywność wyszukiwania błędów, FC na poziomie zbliżonym do innych rozwiązań przy mniejszej liczbie wymaganych operacji np. w porównaniu do techniki mnożenia macierzy,
- realizacja testowania w dwóch formach, globalnie oraz lokalnie poprzez kolejne testowanie podbloków,

- oryginalna technika wstrzykiwania błędów poprzez modyfikację pamięci bloków LUT, która zapewnia większe pokrycie możliwych uszkodzeń niż modele stuck-at oraz wierniej oddaje możliwe uszkodzenia dla układów FPGA pracujących w środowisku narażonym na promieniowanie,
- opracowanie skryptów automatyzujących testowanie procesorów PicoBlaze oraz MicroBlaze,
- zaproponowanie optymalizacji doboru wektorów testowych umożliwiające około dziesięciokrotne przyśpieszenie testowania w stosunku do zastosowania wszystkich możliwych kombinacji wektorów,
- możliwość adaptacji metody do testowania przemysłowego lub przygotowania testów wbudowanych BIST (ang. Build In Self Test).

6. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora zwłaszcza znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej której dotyczy?

Rozdziały rozprawy doktorskiej od 1 do 4 stanowią wprowadzenie do problemów związanych z tematyką pracy. W rozdziałach tych autor często i trafnie odnosi się do literatury tematu. W kolejnych rozdziałach (5 – 9) przedstawiona jest metoda zaproponowana przez doktoranta wraz z zestawieniami i odniesieniami do rozwiązań literaturowych. Na zakończenie przedstawione jest podsumowanie wraz ze szczególnym zwróceniem uwagi na dokonania doktoranta. Zawartość pracy jak i rozwiązanie postawionego problemu świadczą o dostatecznej wiedzy i znajomości literatury tematu.

7. Wady i słabe strony rozprawy.

Wady rozprawy podzielono na dwie następujące kategorie: wady edycyjne oraz wady merytoryczne. Poniżej wyszczególniono kilka zauważonych wad edycyjnych:

- 1) Str. 8 – błędne rozwinięcie skrótu VHDL.
- 2) Str. 9 - zbędne powtórzenie tytułu rozprawy w rozdziale 1.1.
- 3) Str. 15 - brak spacji w połączonym słowie „describesthe”.
- 4) Str. 106, 13 linia pierwszego paragrafu, słowo „marked” powinno być zastąpione słowem „market”.

Wady edycyjne w ogólnym rozrachunku są mało liczne i nieistotne i jedynie nieznacznie wpływają na ogólną jakość rozprawy doktorskiej.

Pierwszą istotną wadą merytoryczną jest zakres czasowy zarówno publikacji na które powołuje się autor jak i publikacji własnych. Pozycje umieszczone w spisie literatury pochodzą z lat 1993- 2017, publikacje własne doktoranta z lat 2006 - 2014 natomiast sama rozprawa doktorska została napisana w roku 2020. Zastanawiające jest więc tak duże opóźnienie czasowe pomiędzy ostatnią publikacją autora a przedstawieniem rozprawy doktorskiej i brak umieszczenia pozycji literaturowych z lat ostatnich.

Kolejnym zastrzeżeniem co do rozważań doktoranta jest skupienie się na jednym rozwiązaniu praktycznym procesora a mianowicie niezbyt złożonym jak na dzisiejsze standardy procesorze programowym PicoBlaze. Jest co prawda w pracy zawarty rozdział 7 p.t. „MicroBlaze case study” jednak zawarto w nim jedynie częściowe wyniki prac eksperymentalnych, prawdopodobnie w sposób znaczący ograniczone przez fakt iż kod HDL tego procesora nie jest ogólnie dostępny a właśnie opierając się głównie na kodzie HDL badanych bloków doktorant przedstawił własne pomysły zarówno co do przygotowania procedury testowej, wstrzykiwania błędów jak i samego procesu testowania poprzez symulacje w komercyjnych symulatorach układów cyfrowych. Brak dostępności do kodu HDL procesora MicroBlaze utrudnił również proces wstrzykiwania błędów, który autor rozprawy zrealizował zastępczo przez operacje logiczne XOR na części wyników operacji instrukcji procesora.

Ostatnia wada, nadmieniona już wcześniej w części 4) recenzji, to mało precyzyjne sformułowanie pierwszej tezy rozprawy, która w wersji oryginalnej brzmi: „Stosując zasadę ścieżki wrażliwej na dane, która wykorzystuje bijektywną właściwość programu testowego można znacząco ułatwić procedurę testową oraz poprawić pokrycie błędów”. W rozprawie doktorskiej brak jest porównania zaproponowanej metody z innymi metodami stosowanymi w literaturze pod kątem „łatwości procedury testowej”. Teza ta w części rozpoczynającej się „znacząco ułatwić...” powinna być zamieniona na bardziej techniczne sformułowanie np. „Stosując zasadę ścieżki wrażliwej na dane, która wykorzystuje bijektywną właściwość programu testowego można zmniejszyć liczbę niezbędnych operacji przez co skrócić czas i ogólny koszt testowania” lub „Stosując zasadę ścieżki wrażliwej na dane, która wykorzystuje bijektywną właściwość programu testowego można zaplanować i wykonać procedurę testową dającą duże pokrycie błędów”. Recenzja niniejsza została wykonana zakładając, że „znaczące ułatwienie” ze wspomnianej tezy oznacza możliwość prawidłowego zaplanowania testów z wykorzystaniem względnie małej liczby operacji procesora i zredukowanej ilości wektorów testowych.

8. Wniosek końcowy.

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach oraz wymagania zdefiniowane przez artykuł 187 Ustawy o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r., pomimo zaprezentowanych przez mnie powyższej uwag krytycznych, oceniam rozprawę doktorską pana mgr. inż. Mariusza Węgrzyna jako spełniającą wymagania i wnioskuję o dopuszczenie do obrony.

Jednocześnie zwracam uwagę na kwestię natury prawnej, której rozstrzygnięcie nie należy do mnie a dotyczącą zgodności dorobku publikacyjnego doktoranta z wymaganiami art. 179, ust. 6, pkt. 1 lit. a) „Ustawy z dnia 3 lipca 2018, Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z późniejszymi zmianami. Z punktu widzenia nauki doktorant wykazał się wiedzą, przedstawił ważny problem naukowy, zaprezentował metodę jego rozwiązania a wyniki swoich prac opublikował w 6 publikacjach z czego 2 publikacje są na liście wymienionej w ustawie co moim zdaniem upoważnia do pozytywnej oceny rozprawy doktorskiej.



dr hab. inż. Bogdan Pankiewicz, prof. uczelni