

WPLYNEŁO

dn. 2023 -10- 18

Gliwice, 12.10.2023 r.

dr hab. inż. Robert Czerwiński, prof. PŚ
Katedra Systemów Cyfrowych
Politechnika Śląska

Recenzja pracy doktorskiej

Tytuł rozprawy: **Functional Bus Description Language**

Autor rozprawy: mgr inż. Michał Kruszewski

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Wojciech Zabołotny

Dyscyplina: automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Kruszewskiego, która została opracowana na zlecenie wyrażone w piśmie z dnia 27. czerwca 2023 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej, prof. dr. hab. inż. Tomasza Stareckiego.

1. Zakres i cel rozprawy

Tematem rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Kruszewskiego jest opracowanie języka opisu sprzętu funkcjonalnych magistral. Zarządzanie rejestrami oraz interfejsami jest jednym z kluczowych problemów w projektowaniu architektury systemu cyfrowego. Istnieje obecnie wiele narzędzi wspomagających projektowanie magistral w cyfrowych układach dedykowanych, mikroprocesorach i systemach na chipie (System-on-Chip; SoC). Istotną cechą powszechnie stosowanych rozwiązań jest ukierunkowanie ich na sterowanie rejestrami. Doktorant nazywa to paradygmatem opartym na rejestrach („register-centric paradigm”). Takie podejście ma swoje ograniczenia, związane między innymi z brakiem w opisie magistral informacji o danych obejmujących wiele rejestrów lub danych tworzących szerszy kontekst. Ponadto, opis nie zawiera informacji na temat celu danych. W rezultacie wygenerowany kod dostępu jest niskopoziomowy i zwykle wymaga enkapsulacji lub zestawu komentarzy. Taka metodyka projektowania jest narażona na „ludzkie” błędy.

W rozprawie doktorskiej Doktorant proponuje nowe podejście, skoncentrowane na funkcjonalności magistral („functionality-centric paradigm”). W tym ujęciu użytkownik definiuje dane z typem ich funkcjonalności, zaś zestaw rejestrów i same magistrale są automatycznie syntezowane. Tym samym, magistrale są implementowane w sposób, w którym projektant abstrahuje od fizycznego interfejsu. Takie podejście ma niewątpliwe zalety w postaci minimalizacji błędów wynikających z „ręcznego” projektowania architektury połączeń i sterowania modułami w systemie cyfrowym, poprawy

czytelności opisu projektu i skrócenia procesu implementacji interfejsów. Ze względu na powyższe, należy podkreślić, że działania Doktoranta wpisują się w obecne tendencje wysokopoziomowego projektowania systemów cyfrowych HLS, i chociaż takie podejście ma swoje istotne wady, to pracę mgr. inż. Michała Kruszewskiego należy uznać za podejmującą ważny i aktualny temat badawczy. Wyniki pracy Doktoranta będą mogły być wdrożone w praktyce inżynierskiej (co zgodnie z informacją przedstawioną w Rozdziale 8 na stronie 86 już ma miejsce).

Głównym celem rozprawy jest zaprojektowanie języka pozwalającego na opisanie magistral systemowych i rejestrów z nimi powiązanych poprzez zdefiniowanie funkcjonalności danych, zamiast magistral i rejestrów samych w sobie. Doktorant postawił sobie za cel również implementację kompilatora potwierdzającego poprawność koncepcji, a także omówienie niektórych ogólnych szczegółów implementacji. Cel i zakres rozprawy przedstawiono w Rozdziale 4 (strona 54) w następujący sposób:

„The main aim of the dissertation is to design a language allowing to describe system bus and registers by defining functionality of the data. The work also includes the implementation of the proof of the concept compiler as well as the discussion of some general implementation details that any FBDL-compliant compiler will likely have to face.”

Cel i zakres rozprawy jest jasno sformułowany, a stopień złożoności i zakres zadań odpowiadają ustawowym i zwyczajowym wymogom stawianym rozprawie doktorskiej.

W Rozdziale 4 Doktorant definiuje również tezę rozprawy doktorskiej:

„It is possible to infer the bus and register structure based on the description of the functionality of the data that shall be stored in the registers. Moreover, such an approach offers some significant advantages in most typical use cases compared to the classic approach in which register structure is described explicitly.”

Pierwsza część tezy jest zdefiniowana precyzyjnie. Z kolei druga część tezy nie jest precyzyjna. Doktorant używa określeń ogólnych: „pewne znaczące korzyści” („some significant advantages”) lub „w większości typowych” („in most typical”). Tego typu określenia nie pozwalają stwierdzić, że teza jest właściwie sformułowana. Brak w niej wskazania precyzyjnego i mierzalnego wskaźnika, który pozwoliłby w dalszej części stwierdzić, że została bez wątplenia udowodniona.

2. Struktura i zawartość rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska napisana jest w języku angielskim. Składa się z dziewięciu zasadniczych rozdziałów, poprzedzonych streszczeniami w języku angielskim i polskim, spisem treści, spisem skrótów oraz przedmową. W przedmowie Doktorant przedstawia zawartość dysertacji oraz swoją motywację do podjęcia tematu badań. Zasadniczą część pracy kończy bibliografia oraz spisy rysunków i tabel.

Gentko

Treść pracy rozpoczyna Przedmowa. Jest to raczej nietypowy rozdział rozprawy doktorskiej, co nie jest oczywiście wadą, ale już jej traktowanie jako integralnej, zasadniczej części pracy uważam za nie najlepszą praktykę. Sformułowanie w niej niektórych celów to właśnie sugeruje. Przedstawienie struktury rozprawy w Przedmowie również uważam za zły pomysł, chociaż w niektórych monografiach jest stosowane.

Rozdział 1 stanowi wprowadzenie do tematyki rozprawy. Doktorant przedstawia problem zarządzania magistralą i rejestrami w dwóch ujęciach, w których istotę stanowi: sterowanie rejestrami lub funkcjonalność magistrali. Rozdział zawiera również uproszczony przykład projektowania magistral dla tych dwóch podejść. Uważam, że w tym rozdziale powinny zostać przedstawione dwa omawiane przez Doktoranta paradygmaty w sposób jednoznaczny, zobrazowane odpowiednimi przykładami. Rysunek 1.1 niewiele wnosi. Odpowiednie rysunki (lub odpowiednio opisane przykłady) powinny się pojawić w Rozdziałach 1.2 i 1.3, przedstawiające różnicę w podejściu do projektowania w tych dwóch metodykach. Przedstawienie w Rozdziale 1.3 „listingu” w języku FBDL (podczas, gdy FBDL zostanie przedstawiony znacznie później) jest dla czytelnika strasznie trudne w analizie. Przykłady na tym etapie powinny mieć charakter ogólny, wprowadzający do tematyki. Ponadto, skrót FBDL nigdzie nie jest formalnie zdefiniowany w tekście. W treści jest użyty już w Rozdziale 1.3 (nie licząc Przedmowy, Streszczenia i spisów), ale nigdzie nie jest rozwinięty.

Rozdział 2 poświęcony jest skrótowemu przedstawieniu dwóch typowych magistral. Spośród wielu wstępnie przedstawionych, zostały wybrane dwie: AMBA AXI oraz Wishbone. Autor przedstawił tylko zarys podstawowej specyfikacji tych magistral, bez omówienia istotnych elementów. Natomiast w Rozdziale 2.3 Doktorant skrótowo wprowadza czytelników do struktury Network-on-Chip (NoC), która zaczyna znajdować zastosowanie w praktycznych zastosowaniach. Tutaj podobnie – przedstawione informacje stanowią tylko zarys i skrótowe przedstawienie pomysłu, bez przedstawienia jakichkolwiek szczegółów, przykładów implementacji lub rzeczywistego użycia. Niestety, kolejne odniesienie do tej struktury w treści pracy znajduje się dopiero w Podsumowaniu. Doktorant podsumowuje możliwość użycia języka FBDL pod kątem implementacji struktury NoC, ale wcześniej w pracy nie mówi o tym ani słowa, nie przedstawia przykładów, sposobu takiej implementacji, itd.

Stan techniki został przedstawiony w Rozdziale 3. Doktorant przedstawia piętnaście różnych narzędzi, w tym otwarto-źródłowych i komercyjnych. Należy zaznaczyć, że wszystkie narzędzia są zgodne z paradygmatem rejestru. Rozdział zawiera liczne, często bardzo długie, „listingi” przykładowych opisów oraz tabelę porównującą cechy prezentowanych narzędzi. Większość opisów sprowadza się do jednego lub dwóch krótkich akapitów. Przegląd uważam za zbyt skrótowy i w mojej opinii nie przystaje do rozprawy doktorskiej. Trudno się zgodzić, że po tak skrótowej analizie materiałów źródłowych można przeprowadzić głęboką analizę znanych rozwiązań i wyciągnąć odpowiednie wnioski.

Przedstawione w Rozdziale 3 „listingi” są praktycznie pozostawione bez komentarzy, co zdecydowanie utrudnia jakąkolwiek analizę i wyciągnięcie wniosków. Każdy przykład i kod źródłowy musi być

Gzarchus

odpowiednio skomentowany i opisany w tekście lub przykłady muszą być samo-komentujące. Trudno oprzeć się wrażeniu, że kody źródłowe mają sztucznie wydłużyć Rozdział 3.

W Rozdziale 2 Doktorant przedstawia magistrale AXI i Wishbone, które są wykorzystywane, przez część narzędzi przedstawionych w Rozdziale 3. Korzystniej byłoby dokonać podziału treści na rozdział obejmujący magistrale typowe (AXI, Wishbone) wraz z opisem narzędzi oraz dedykowane (pozostałe narzędzia).

Tabela 3.1 powinna stanowić podsumowanie Rozdziału 3. Zdziwiającym jest uwzględnienie w tabeli języka FBDL, który zostanie przedstawiony dopiero w dalszej części pracy. Na tym etapie powinna się znaleźć raczej analiza oczekiwanych cech opracowywanego języka.

Cel i zakres, wraz z tezą rozprawy zostały przedstawione dopiero w Rozdziale 4. Ponadto, elementy celu pracy znajdują się w kilku miejscach (np. Przedmowa, Rozdział 1.3). Czytelnik może czuć się zagubiony i trudno mu zrozumieć sekwencję zawartych w poszczególnych rozdziałach treści. Uważam, że cel pracy powinien być precyzyjnie przedstawiony w podsumowaniu Rozdziału 1.

W Rozdziale 5 zawarte są wybrane elementy specyfikacji opracowanego języka FBDL, przy czym Doktorant skupia się raczej na uzasadnieniu potrzeby istnienia poszczególnych elementów języka, pomijając samą ich funkcjonalność i sposób użycia. Zostały przedstawione tylko elementy odpowiedzialne za podstawową funkcjonalność opisu magistrali, a pominiętych zostało szereg innych ważnych aspektów, jak elementy leksykalne, wyrażenia, typy danych, itd.

Z kolei w Rozdziale 6 przedstawione są elementy języków/narzędzi zgodnych z paradygmatem rejestrowym, a nieobecnych z języku FBDL. Wymienionych jest pięć elementów (m.in. typ wyliczeniowy, „ręczne adresowanie”). Autor poprawnie uzasadnia nieobecność tych elementów. Mam jednak poważne zastrzeżenia do sformułowania „double side writable data”. Nie spotkałem się z takim określeniem. Jeżeli to jest określenie zdefiniowane przez Doktoranta, to uznałbym je za zbyt uproszczone, wręcz żargonowe. W kontekście uzasadnienia dla danych zapisywanych z wielu źródeł (Rozdział 6.1), brak odniesienia do pamięci wielobramowych.

Do zaproponowanego języka FBDL Doktorant stworzył odpowiedni kompilator. Ogólna struktura kompilatora została przedstawiona w Rozdziale 7, przy czym Autor skupia się w dość skrótowy sposób na najistotniejszych kwestiach początkowego i końcowego przetwarzania opisu. Nie są przedstawione szczegółowe informacje, ale tylko ogólna koncepcja.

W Rozdział 8 Doktorant zawarł informację o przypadku użycia („use case”) języka FBDL wraz z opracowanym kompilatorem w zastosowaniu przemysłowym.

Pracę kończy podsumowanie zawarte w Rozdziale 9.

Odrębną część pracy stanowią dodatki, z najważniejszym elementem – specyfikacją języka opisu funkcjonalnych magistral FBDL, zawartą na kolejnych 44 stronach. Doktorant przedstawia opis techniczny wszystkich elementów opracowanego języka.

Czerniński

Bibliografia cytowana w pracy zawiera 84 pozycje: 4 monografie, 20 pozycji w recenzowanych czasopismach i materiałach konferencyjnych, 6 artykułów opublikowanych w portalach, których materiały nie są recenzowane (np. LinkedIn) oraz 53 pozycje z różnego rodzaju stron internetowych, w tym serwisów hostingowych (jak GitHub) oraz serwisów przedstawiających dokumentację techniczną i specyfikacje techniczne. Dwie pozycje ([1] i [2]) są ujęte w przedmowie i nie mają znaczenia dla rozprawy – Doktorant wskazuje na motywację do podjęcia pracy poprzez cytowanie projektu, w którym brał udział, przy czym te pozycje nie zawierają istotnych szczegółów powiązanych z pracą Doktoranta. Spośród dwudziestu czterech pozycji literaturowych o znaczeniu naukowym, dwanaście jest starszych niż 10 lat. Niektóre pozycje są trudne do zakwalifikowania (np. pozycja [53]). Sama bibliografia jest zrobiona bardzo niestarannie, np. gdzieś tam brakuje informacji bibliograficznych.

Oceniając strukturę przedłożonej dysertacji, nie mogę stwierdzić, że jest poprawna. Rozprawa sprawia wrażenie napisanej pośpiesznie i niedokończonej, a ogólna koncepcja rozprawy zawiera istotne braki. Struktura pracy (np. kolejność wprowadzanych treści, podział treści) również wymagałaby udoskonalenia.

W kilku miejscach dysertacji Doktorant zaleca zapoznanie się ze specyfikacją języka zawartą w dodatkach przed przeczytaniem rozprawy (np. Rozdział 5; strona 55). Taki sposób czytania rozprawy jest trudny do zaakceptowania. Rozprawa powinna zawierać w części zasadniczej wszystkie treści niezbędne do zrozumienia dokonanych wyborów. Ponadto, każdy element języka powinien być dobrze zobrazowany odpowiednio opisanymi przykładami. Specyfikacja zawiera definicje niektórych terminów używanych w rozprawie. Zmusza to czytelnika do rozpoczęcia lektury rozprawy od Dodatków, które to powinny stanowić suplement, a nie podstawową treść.

Cel pracy został jednoznacznie przedstawiony w Rozdziale 4.2. na stronie 54. Zważając na to, że rozprawę (zasadniczą część) kończy podsumowanie zawarte na stronie 87, to taki układ uznaję za wadliwy. Wygląda na to, że tylko nieco ponad 30 stron jest poświęconych osiągnięciom Doktoranta.

3. Najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć przedstawionej rozprawy zaliczam:

- dokonanie szczegółowej analizy i opracowanie języka opisu funkcjonalności danych FBDL umożliwiającego przeprowadzenie automatycznej syntezy magistral na podstawie skompilowanego opisu,
- opracowanie i implementację kompilatora języka FBDL.

Niestety, Doktorant nie przedstawił w rozprawie żadnych wyników badań. Wobec tego nie sposób uznać wskazanych w Rozdziale 4 celów za osiągnięte, a tezę za udowodnioną (szerzej w punkcie 4 recenzji).

Czerwik

4. Uwagi krytyczne

W tej części mojej recenzji zamieszczam uwagi dotyczące treści, wprowadzenia których oczekuję do rozprawy. W mojej opinii, bez nich ocena rozprawy nie może być pozytywna.

- 1) W Rozdziale 8 Doktorant zawarł krótką informację (10 linii), że opracowany kompilator (w domyśle język FBDL) był użyty w trakcie realizacji projektu przez firmę Fluence Sp. z o.o. oraz „Due to the proprietary nature of the project, no internal details can be revealed.”, nie przedstawiając jakichkolwiek wyników badań, eksperymentów, porównań, etc. Na podstawie zawartości przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej nie jest możliwa ocena jakości opracowanego rozwiązania oraz wskazanie, czy teza została udowodniona. Nie sposób również ocenić warsztat naukowy Doktoranta.

W rozprawie **muszą się znaleźć wyniki eksperymentów, badań i wielokryterialna analiza porównawcza uzyskiwanych efektów**. Nie muszą to być wyniki uzyskane przez firmę Fluence Sp. z o.o. Wprost przeciwnie, uważam, że powinny to być stworzone na potrzeby doktoratu opisy magistral, przykłady, czy przypadki użycia (benchmarki).

- 2) W Rozdziale 5 (lub kolejnych rozdziałach) **muszą być przedstawione wszystkie elementy opracowanego języka FBDL** z ich opisem i odpowiednimi przykładami użycia, zawierającymi odpowiednie komentarze w treści pracy. Ta część pracy musi zawierać wszystkie treści istotne dla zrozumienia opracowanego języka, bez odsyłania czytelnika do specyfikacji. Długie „listingi” w całości mogą być zawarte w dodatkach, jednak istotne fragmenty kodów źródłowych powinny być przedstawione i opisane w treści rozdziału. Nie można zakładać, zrozumienie istoty doktoratu możliwe jest dopiero po wnikliwej i trudnej analizie treści zawartych w dodatkach.
- 3) Bibliografia cytowana w pracy zawiera 84 pozycje, z czego aż 53 pozycje to różnego rodzaju strony internetowe i serwisy hostingowe. Tylko 24 pozycje stanowią istotne źródła naukowe (w tym połowa jest starszych niż 10 lat). Te proporcje są nie do zaakceptowania w pracy o charakterze naukowym. Artykułów z portali typu LinkedIn (tym bardziej stron internetowych) nie można traktować jako poważnych źródeł, ponieważ nie są w żaden sposób weryfikowane przez społeczność naukową (nie są recenzowane). Przegląd literatury w przeważającej liczbie musi obejmować aktualne pozycje o charakterze naukowym. Przegląd literatury **musi być ponowiony i uzupełniony**.

5. Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta oraz oryginalną propozycję specyfikacji języka umożliwiającego projektowanie magistral na poziomie funkcjonalnym. Jednak Pan mgr inż. Michał Kruszewski nie przedstawił żadnych wyników badań, analiz wyników eksperymentów i porównań z istniejącymi rozwiązaniami, co stanowi istotny brak

Grzegorz

rozprawy. Zatem, niemożliwa jest ocena rozprawy pod kątem umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta. Brak jakichkolwiek wyników eksperymentów nie pozwala stwierdzić, że cele pracy zostały osiągnięte, a teza udowodniona.

Podsumowując, uważam, że zgodnie z Ustawą o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789), oraz zgodnie z Ustawą z 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z póź. zm.) w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, **recenzowana praca doktorska w obecnym kształcie nie spełnia wymagań stawianych rozprawom doktorskim, dlatego wymaga wprowadzenia istotnych poprawek oraz ponownego recenzowania.**

Robert Czerwik