

I. IDENTIFICATION DATA

Thesis title:	Branch Prediction with Visualization for RISC-V Educational Simulator
Author's name:	Bc. Jiří Štefan
Type of thesis :	master
Faculty/Institute:	Faculty of Electrical Engineering (FEE)
Department:	Department of Control Engineering
Thesis reviewer:	Ing. Pavel Píša, Ph.D.
Reviewer's department:	Department of Control Engineering

II. EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA

Assignment	ordinarily challenging
<i>How demanding was the assigned project?</i>	
<p>The QtRvSim is becoming one of the most referenced graphic simulators for the basic level of computer architectures education (over 400 stars at GitHub, references from universities over the world, from RISC-V International, etc). Its extension to make it valuable for branch predictor principle teaching and demonstration is the most needed enhancement for now. The required framework to connect predictor into processor pipeline has been already provided in Jakub Dupak's work on switch of the simulator to RISC-V ISA.</p>	

Fulfilment of assignment	fulfilled with minor objections
<i>How well does the thesis fulfil the assigned task? Have the primary goals been achieved? Which assigned tasks have been incompletely covered, and which parts of the thesis are overextended? Justify your answer.</i>	
<p>The original task list includes request to provide visual Smith's predictor state automaton graphical visualization to help understanding of the predictor. The final implementation includes only table/textual widgets to demonstrate the principle. But internal mechanism as well as chosen visualization is educative and well designed so added value which would be provided by automaton graphical visualization is not crucial. The BHR (global branch history register) has been implemented above the goals specified in assignment. The result is fully functional for education in the single-cycle processor configuration. The proper function in pipelined configuration creates additional problems mainly for BHR based predictions. The problems has been discussed when the work has been presented the first time but there has not been time reserve to come with optimal solution. The discussion is ongoing and the student expressed interest to contribute to solution. Actual code needs minor cleanups even in other/implementation aspects but I believe that it will be included in mainline and provides valuable teaching aid in the next B35APO computer architectures course cycle at CTU as we as for already negotiated seminars for RISC-V International.</p>	

Activity and independence when creating final thesis	D - satisfactory.
<i>Assess whether the student had a positive approach, whether the time limits were met, whether the conception was regularly consulted and whether the student was well prepared for the consultations. Assess the student's ability to work independently.</i>	
<p>I and Jakub Dupák have offered our time to familiarize student with the project. Only single meeting has been realized before start of the second attempt. On the other hand, implementation has been really done in independent manner and presented short before deadline. There has been identified some problems by both B35APO lecturers (Pavel Píša and Petr Štěpán) but project structure and student orientation in the code have been on good level and problems have been solved before final thesis text submission.</p>	

Technical level	B - very good.
<i>Is the thesis technically sound? How well did the student employ expertise in his/her field of study? Does the student</i>	

explain clearly what he/she has done?

The code is at good quality and needs only minor cleanup for basic mode utilization.

Formal level and language level, scope of thesis

B - very good.

Are formalisms and notations used properly? Is the thesis organized in a logical way? Is the thesis sufficiently extensive? Is the thesis well-presented? Is the language clear and understandable? Is the English satisfactory?

The thesis structure is logical, contains analysis, description of the predictors principles, references to similar educational simulators, provides basic manual for use. All key points are included but some of them show lack of remaining time for more detailed description.

Selection of sources, citation correctness

B - very good.

Does the thesis make adequate reference to earlier work on the topic? Was the selection of sources adequate? Is the student's original work clearly distinguished from earlier work in the field? Do the bibliographic citations meet the standards?

The list of references is relatively short but the citation practice is correct.

Additional commentary and evaluation (optional)

Comment on the overall quality of the thesis, its novelty and its impact on the field, its strengths and weaknesses, the utility of the solution that is presented, the theoretical/formal level, the student's skillfulness, etc.

I have question/plea to student to prepare slide(s) for followup discussion about possible solution of problems with BHR use in PC computation stage but its update in memory stage. Modern CPUs usually solve problem by pre-decoding instruction during their load into L1 cache to know which are branch and jump instructions in the fetch stage. They add trace cache as well. But this solution is not aligned with simple approach presented in introductory lectures. Solution which limits missing classification of branches during fetch should be solved probably by suboptimal mechanism which limits only to single incorrect/missing BHR update when the instruction is found the first time.

III. OVERALL EVALUATION, QUESTIONS FOR THE PRESENTATION AND DEFENSE OF THE THESIS, SUGGESTED GRADE

Summarize your opinion on the thesis and explain your final grading.

I propose to grade the thesis as it is submitted as **C - good**. On the other hand student has implemented valuable work and when he defends its quality during presentation, I have no objections against better final grade.

Date: 10.6.2024

Signature:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh a vizualizace prediktoru skoků pro výukový RISC-V simulátor
Jméno autora:	Bc. Štefan Jiří
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Karel Kočí
Pracoviště oponenta práce:	Elektroline a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Implementace prediktorů nepovažuji za náročnou. Jedná se o známé algoritmy, které jsou představeny v předmětu B35APO. Samotné začlenění do kódu existujícího projektu a navržení vhodné vizualizace vidím jako složitější. Celkově tedy hodnotím zadání jako průměrně náročné.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání bylo splněno. Práce dokonce obsahuje nad rámec zadání implementaci Branch History Register.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení navazuje na již existující kód a samotné řešení odpovídá požadavkům zadání.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce je na dostatečné odborné úrovni a splňuje kritéria kladené na diplomové práce.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	C - dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psaná v anglickém jazyce a její jazyková úroveň je velmi dobrá. Rozsah pro diplomovou práci je taktéž dostatečný. Mám ovšem formální výhrady k teoretické části. Teoretická část dopodrobna rozebírá kódování instrukcí. Tento rozbor ale pro implementaci prediktorů není nutný. Naopak přesouvá do ústraní důležité informace jako rozdíly mezi skokovými instrukcemi. Kapitola 3 pak neodděluje vysvětlení a teoretický rozbor "branch history" a "branch target" prediktorů. Rozdělení by zde pomohlo k lepšímu popisu. Práci by také prospěl seznam zkratk. Například význam BTFNT není při uvedení v teoretické části vysvětlen.	

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Vybrané zdroje zcela vycházejí ze zdrojů ze zadání a jsou adekvátní.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Provedené rozšíření simulátoru QtRvSim umožní reálné předvedení řešení řídicích hazardů pomocí predikování ve výuce, a tak snad lepší pochopení této problematiky studentů. Student se ale více zaměřil na možnosti prediktorů než na jejich vizualizaci. Vypracované řešení dobře předvádí stav prediktorů pro lidi obeznámení s problematikou, ale může být méně informativní pro studenty. Například by bylo mnohem informativnější, pokud by Smith prediktory byly někde skutečně zobrazeny jako stavové diagramy, jak je to vyobrazeno v doprovodném textu. Vhodným místem by byl popis minulé predikce a aktualizace. Další vylepšení, které bych ocenil je možnost dvojitým poklikem na adresu v Branch Target přejít na danou adresu v programové paměti.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Vypracovaná DP demonstruje že student chápe problematiku řídicích hazardů ve vícestupňové pipeline. Dále prokázal schopnost se zorientovat v existujícím projektu a přidat požadovanou funkcionalitu dle zadání. Mé největší výhrady směřují na teoretickou část závěrečné práce. Podle mě přesně neidentifikuje problematiku, kterou se práce zabývá v praktické části a díky tomu obsahuje nadbytečné informace, které upozadují skutečně nutný rozbor, ke kterému by se následně odkazovala praktická část.

Otázky k obhajobě:

- V kapitole 3 zmiňujete, že možná optimalizace je aktualizace Branch prediktoru již v Decode fázi pro instrukce JAL a JALR. Jaký efekt by tato optimalizace měla?
- Jak by implementaci ovlivnilo, kdyby se měnila pipeline (došlo by k rozdělení nebo naopak sjednocení stupňů)?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 9.6.2024

Podpis: