

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт
Вычислительная техника
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ О. В. Непомнящий
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Кроссплатформенный генератор кода с применением библиотеки LLVM
Тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
код и наименование направления

09.04.01.04 «Технология разработки программного обеспечения»
код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук
должность, ученая степень

Д.А. Швец

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А.В. Шахматова

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук,
должность, ученая степень

Д.А. Швец

инициалы, фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Исследование LLVM	6
1.1 Определение LLVM	6
1.2 Классическая архитектура компиляторов	7
1.3 Сравнение подходов	10
1.4 Промежуточное представление IR LLVM	10
1.5 Выводы	12
2 Влияние LLVM на производительность	14
2.1 Исследование оптимизации циклов в LLVM	14
2.1.1 Выполнение оптимизации	15
2.1.2 Влияние оптимизации на производительность	19
2.3 Выводы	22
3 Интеграция LLVM в транслятор O2M	23
3.1 Развертывание LLVM	23
3.2 Встраивание LLVM в транслятор O2M	26
3.3 Прототипирование кодогенератора O2M	29
3.3.1 Структура транслятора O2M	29
3.3.2 Абстрактное синтаксическое дерево в трансляторе	33
3.3.3 Методы для LLVM	36
3.3.4 Кодогенерация средствами LLVM	37
3.4 Выводы	40
Заключение	41
Список сокращений	43
Список использованных источников	44

Изъято с 3 по 43 страницы, так как имеют потенциальную коммерческую ценность

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. LLVM Overview [Электронный ресурс]: The LLVM Compiler Infrastructure // LLVM – Режим доступа: <https://llvm.org/>
2. Что такое LLVM и зачем он нужен? [Электронный ресурс]: Хабр // ТМ – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/huawei/blog/511854/>
3. Clang: C language family frontend for LLVM [Электронный ресурс]: The Clang project provides a language front-end and tooling infrastructure // Clang – Режим доступа: <https://clang.llvm.org/>
4. Что такое JVM? Знакомство с виртуальной машиной Java [Электронный ресурс]: TOPJAVA // Практические курсы программирования на Java – Режим доступа: <https://topjava.ru/blog/what-is-the-jvm>
5. Reduced Instruction Set Computing [Электронный ресурс]: Bauman National Library // Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана – Режим доступа: [https://ru.bmstu.wiki/RISC_\(Reduced_Instruction_Set_Computing\)](https://ru.bmstu.wiki/RISC_(Reduced_Instruction_Set_Computing))
6. LLVM [Электронный ресурс]: Chris Lattner // The Architecture of Open Source Applications – Режим доступа: <http://www.aosabook.org/en/llvm.html>
7. LLVM: An Infrastructure for Multi-Stage Optimization [Электронный ресурс]: Chris Lattner // M.S. Thesis – Режим доступа: <https://llvm.org/pubs/2002-12-LattnerMSThesis.html>
8. Справочник по языку C++ [Электронный ресурс]: MSDN // Microsoft – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/cpp/cpp/cpp-language-reference?view=msvc-160>
9. Robert A. van Engelen. Efficient Symbolic Analysis for Optimizing Compilers [Электронный ресурс]: Dept. of Computer Science // Florida State University, Tallahassee – Режим доступа: <https://www.cs.fsu.edu/~engelen/cc01.pdf>
10. Olaf Bachmann, Paul S. Wang, Eugene V. Zima. Chains of recurrences – a method to expedite the evaluation of closed-form functions [Электронный

- ресурс]: Dept. of Computational Mathematics and Cybernetics (ВМК) // Moscow State University – Режим доступа: <https://www.cs.fsu.edu/~engelen/cc01.pdf>
11. Eugene V. Zima. On computational properties of chains of recurrences [Электронный ресурс]: Department of Computer Science // University of Waterloo – Режим доступа: https://bohr.wlu.ca/ezima/papers/ISSAC01_p345-zima.pdf
12. Symbolic Evaluation of Chains of Recurrences for Loop Optimization. [Электронный ресурс]: Robert A. van Engelen // semantic scholar – Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Symbolic-Evaluation-of-Chains-of-Recurrencesfor-OptimizationRobert-van/d247e00ddea346258916c19b1480048ce0fd20be?p2df>
13. How LLVM optimizes power sums. [Электронный ресурс]: Krister Walfridsson. // kristerw Blogspot – Режим доступа: <https://kristerw.blogspot.com/2019/04/how-llvm-optimizes-geometric-sums.html>
14. Downloads [Электронный ресурс]: --distributed-even-if-your-workflow-isnt // git – Режим доступа: <https://git-scm.com/download>
15. Get the Software [Электронный ресурс]: Build with CMake. Build with Confidence // CMake – Режим доступа: <https://cmake.org/download/>
16. Documentation [Электронный ресурс]: Visual Studio // Лучшие в своем классе средства для разработчиков – Режим доступа: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>
17. Download the latest version for Windows [Электронный ресурс]: Python // Python is a programming language – Режим доступа: <https://www.python.org/downloads/>
18. GetGnuWin32 [Электронный ресурс]: GGW32 // Maintaining a Gnuwin32 Package archive – Режим доступа: <http://getgnuwin32.sourceforge.net/>

19. Getting Started with the LLVM System [Электронный ресурс]: LLVM // Compiler Infrastructure – Режим доступа: <https://llvm.org/docs/GettingStarted.html>
20. Building LLVM with CMake [Электронный ресурс]: LLVM // Compiler Infrastructure – Режим доступа: <https://www.llvm.org/docs/CMake.html>
21. Спенсер, Пол XML. Проектирование и реализация. / Пол Спенсер – Москва, Лори. – 2001. – 509 с.
22. Легалов, А. И. Средства программирования на языке Оберон-2М / А. И. Легалов, Д. А. Швец // В кн.: Проблемы информатизации региона. ПИР-2001: Сб. науч. трудов. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. – С. 61-67.
23. Швец, Д. А. Система программирования на языке O2M / Д. А. Швец // В кн.: IV Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям: Программа и тезисы докладов. – Красноярск, 2003. – С. 67.
24. Швец, Д. А. Инструментальная поддержка языка программирования O2M / Д. А. Швец // В кн.: Технологии Microsoft в информатике и программировании: Тезисы докладов. – Новосибирск: НГУ, 2004. – С. 41-42.
25. Легалов, А. И. Инструментальная поддержка процесса разработки эволюционно расширяемых параллельных программ / А. И. Легалов // В кн.: Проблемы информатизации региона. ПИР-2003 – Материалы 8-й Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2003, – С. 132-136.
26. Инструментальная поддержка процедурно-параметрической парадигмы программирования / Д. А. Швец // 05.13.11 : Красноярск, 2004 180 с. РГБ ОД, 61:05-5/1782

27. Understanding source code evolution using abstract syntax tree matching [Электронный ресурс]: ACM DL // Digital Library – Режим доступа: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1083142.1083143>
28. Abstract Syntax Tree Unparsing [Электронный ресурс]: Eli // Online Documentation – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20070913222016/http://eli-project.sourceforge.net/elionline4.4/idem_2.html
29. ASTs - What are they and how to use them [Электронный ресурс]: Twilio // Blog – Режим доступа: <https://www.twilio.com/blog/abstract-syntax-trees>
30. Introduction to the Clang AST [Электронный ресурс]: Clang 13 documentation // LLVM – Режим доступа: <https://clang.llvm.org/docs/IntroductionToTheClangAST.html>

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт
Вычислительная техника
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой


подпись О.В. Непомнящий
инициалы, фамилия
« 12 » 06 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


Кроссплатформенный генератор кода с применением библиотеки LLVM
Тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
код и наименование направления

09.04.01.04 «Технология разработки программного обеспечения»
код и наименование магистерской программы

Научный

руководитель

 11.06
подпись, дата

доцент, канд. техн. наук
должность, ученая степень

Д.А. Швец
инициалы, фамилия

Выпускник

11.06 
подпись, дата

А.В. Шахматова
инициалы, фамилия

Рецензент

11.06 
подпись, дата

тех. директор ООО «ДМД»
должность, ученая степень

В.Л. Шашков
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 11.06
подпись, дата

доцент, канд. техн. наук
должность, ученая степень

Д.А. Швец
инициалы, фамилия

Красноярск 2021