

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 17.06.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Александар Спасојевић под насловом „Повезивање компајлерских инфраструктура LLVM и GNU GCC користећи међурепрезентацију MLIR". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Александар Спасојевић, рођен је 19.11.1999. године у Бијељини. Завршио је основну школу „Јован Дучић" у Бијељини као вуковац. Уписао је техничку школу „Михајло Пупин" у Бијељини и завршио је као ученик генерације. Током школовања освојио је више првих награда на републичким такмичењима из електротехнике и електронике, физике као и на многобројним иноваторским такмичењима у области ИТ-ија и IoT-а. Електротехнички факултет уписао је 2019. године. Дипломирао је на одсеку за рачунарску технику и информатику 2023. године. Дипломски рад одбранио је у септембру 2023. године са оценом 10. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за Софтверско инжењерство уписао је у октобру 2023. године.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Александар Спасојевић је као припрему за израду мастер рада проучио литературу која се односи на област којој припада тема рада. Проучене су организација компајлерске инфраструктуре LLVM и међурепрезентација LLVM IR, унутрашња организација компајлера GNU GCC са међурепрезентацијама GENERIC, GIMPLE и RTL, као и међурепрезентација MLIR са својим механизмом дијалеката. Анализирани су постојећи начини размене описа програма између различитих компајлера и утврђено је да компајлер GNU GCC своје међурепрезентације не излаже као библиотеку и да не постоји стабилан програмски интерфејс преко кога би их спољашњи програм читао или градио, док MLIR, иако јесте збирка библиотека, не познаје ниједну структуру података тог компајлера. Истраживањем је утврђено да механизам прикључака, који компајлер GNU GCC подржава и документује, представља предвиђен начин да се сопствени код изврши унутар процеса превођења и тако добије непосредан приступ тим структурама, као и да текстуални запис међурепрезентације MLIR представља погодан заједнички запис за размену у оба смера. Као основа за рад одабран је пројекат llvm-gcc-handshake, у коме је већ постојао дијалекат који описује међурепрезентацију GIMPLE.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 40 страна, без прилога, и садржи 9 слика, 4 табеле и 23 референце. Рад садржи увод, пет тематских поглавља и закључак, након чега следе списак литературе и списак скраћеница.

У уводу су представљени предмет и циљ рада, као и проблем неусклађености две компајлерске инфраструктуре. LLVM своју међурепрезентацију излаже кроз библиотеке и подржава широк скуп алата, док GNU GCC своје унутрашње структуре не износи изван процеса превођења, што ограничава употребу тих алата.

Друго поглавље описује инфраструктуру LLVM, њене основне идеје, развој и организацију, фазе превођења и LLVM IR, са освртом на домаћај ове међурепрезентације.

Треће поглавље приказује инфраструктуру GNU GCC, њене међурепрезентације GENERIC, GIMPLE и RTL, основне структуре података, графове тока управљања и позива, организацију пролаза и механизам прикључака који омогућава укључивање спољашњег кода у процес превођења.

Четврто поглавље посвећено је међурепрезентацији MLIR, њеној сврси, месту у екосистему LLVM, основним појмовима, дијалектима, пролазима и спуштању, са нагласком на својства погодна за повезивање различитих система.

Пето поглавље описује предложено решење и његову имплементацију. Представљена је идеја премештања кода који познаје MLIR у процес GNU GCC-а и размене MLIR-а у текстуалном облику. Описана су два прикључка, њихово уклапање у процес превођења, превођење типова и наредби, изградња и тестирање.

Шесто поглавље приказује решење на потпуном примеру од C кода до описа програма прихваћеног од

стране компајлера, укључујући окружење, изградњу пројекта, оба смера превођења и резултате тестирања. У закључку су сумирани резултати рада и наведени правци даљег развоја, попут проширења подржаних типова и наредби, провере улаза и повезивања са постојећим MLIR пролазима.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Александра Спасојевића бави се повезивањем две компајлерске инфраструктуре, при чему је основна тешкоћа то што компајлер GNU GCC своје међурепрезентације не излаже као библиотеку и не поседује стабилан програмски интерфејс преко кога би их спољашњи програм читао или градио, док MLIR, иако јесте збирка библиотека, не познаје ниједну структуру података тог компајлера. Кандидат је проблем решио тако што је код који познаје MLIR, у виду прикључка, уградио у сам компајлер GCC.

Реализована су два прикључка за компајлер GNU GCC, по један за сваки смер превођења. Први се убацује у низ пролаза после пролаза који гради граф тока управљања, обилази основне блокове и наредбе сваке функције и гради опис програма у оквиру MLIR-а, који по завршетку превођења исписује. Други се пријављује на догађај који наступа пре превођења у међурепрезентацију GENERIC, чита задату датотеку са описом програма, над њом покреће пролаз који гради чворове стабла компајлера, преводи их у међурепрезентацију GIMPLE и насталу функцију уписује у граф позива, после чега је компајлер преводи као да је настала из изворног кода. Као заједнички запис у оба смера користи се текстуални запис међурепрезентације MLIR, а као заједнички језик дијалекат који описује међурепрезентацију GIMPLE. Основни резултати рада су: 1) потврда да веза између две инфраструктуре не захтева измену ниједне од њих, него да су довољни механизам прикључака који компајлер GNU GCC већ нуди и заједнички запис који обе стране умеју да прочитају; 2) два реализована прикључка, за оба смера превођења, са придруженим типовима и врстама наредби између две представе програма; 3) провера исправности самосталним тестовима, у сваком смеру понаособ и у оба смера повезана у целину, при чему су сви тестови прошли успешно; 4) изричито наведен опсег до кога решење важи, чиме је дата јасна основа за његово проширење.

5. Закључак и предлог

Кандидат Александар Спасојевић је у свом мастер раду успешно решио задатак преноса описа програма између компајлера GNU GCC и алата изграђених над компајлерском инфраструктуром LLVM, и то у оба смера. Пут од изворног кода до описа програма који је компајлер прихватио као свој прошао је у оба смера, а то је услов без кога ниједно даље проширење не би имало ослонац.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку, што се посебно види у томе да је опсег до кога решење важи навео изричито и да је исправност проверио самосталним тестовима, а не само приказом излаза.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Александра Спасојевића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 31.08.2026. године

Чланови комисије:

др Драган Бојић Редовни професор
сагласан, 31.08.2026.

Михајло Огризовић Асистент
сагласан, 31.08.2026.