

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему *Дослідження архітектур процесорів для серверів та хмарних
обчислень*

Research of processor architectures for servers and cloud computing

Виконав: студент 6 курсу, групи 6КСМ

напряму підготовки (спеціальності)

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Сербін І. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Григорова А. А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Вороненко М. О.

(прізвище та ініціали)

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення Інформаційних технологій та дизайну

Кафедра, циклова комісія Комп'ютерних систем та мереж

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії комп'ютерних систем та мереж

_____ А.А. Григорова
« » _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Сербіну Іллі Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження архітектур процесорів для серверів та хмарних обчислень

Research of processor architectures for servers and cloud computing

керівник проекту (роботи) Григорова Анжела Анатоліївна, к.т.н., доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» вересня 2025 року №439-с

2. Строк подання студентом проекту(роботи) 01.12.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту. Матеріали практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження архітектур процесорів

Методика порівняльного аналізу

Порівняльний аналіз архітектур

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вивчення предметної області	11.09.2025	
2.	Постановка завдання	19.09.2025	
3.	Дослідження архітектур	15.10.2025	
4.	Вибір методу аналізу	18.10.2025	
5.	Порівняльний аналіз архітектур	14.11.2025	
6.	Оцінка отриманих результатів	22.11.2025	
7.	Оформлення пояснювальної записки	28.11.2025	
8.	Захист роботи	18.12.2025	
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			

Студент _____
(підпис)Сербін І. С.
(прізвище та ініціали)Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)Григорова А.А.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
1. ЕВОЛЮЦІЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ ПРОЦЕСОРІВ	12
1.1 Теоретичні відомості про процесор	12
1.2 Архітектури процесорів.	22
1.2.1 Архітектура CISC.....	24
1.2.2 Архітектура RISC.....	27
1.3 Архітектура x86/Intel	31
1.4 Архітектура ARM.....	38
1.5 Архітектура RISC-V.....	44
2. МЕТОДИ ПОРІВНЯННЯ АРХІТЕКТУР ПРОЦЕСОРІВ.....	54
2.1 Методи оцінювання продуктивності процесорів	54
2.2 Бенчмаркінг процесора.....	57
2.3 NAS Parallel Benchmarks	61
3. ТЕСТУВАННЯ АРХІТЕКТУР ПРОЦЕСОРІВ	63
3.1. Вимоги до процесорів для серверних і хмарних обчислень.....	63
3.2. Вибір процесорів для дослідження та порівняння їх характеристик	64
3.3 Порівняння архітектур процесорів за допомогою NAS Parallel Benchmark	67
3.3.1 Тестовий пакет Integer Sort (IS).....	67
3.3.2 Тестовий пакет Multi Grid (MG).....	68
3.3.3 Тестовий пакет Embarrassingly Parallel (EP)	70
3.3.4 Тестовий пакет Conjugate Gradient (CG)	72
3.3.5 Тестовий пакет Fast Fourier Transform (FFT)	74
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ALU - Arithmetic Logic Unit;

MMU - Memory Management Unit;

CPU - Central Processing Unit;

RAM - Random Access Memory;

CU – Control Unit;

GPU - Graphics Processing Unit;

IoT - Internet of Things;

APU - Accelerated Processing Unit;

ECC - Error-Correcting Code;

ISA - Industry Standard Architecture;

CISC - Complex Instruction Set Computing;

RISC - Reduced Instruction Set Computer;

SSE - Server-Sent Events;

AVX - Advanced Vector Extensions;

SIMD - Single Instruction, Multiple Data;

TDP - Thermal Design Power;

NPB - NAS Parallel Benchmarks.

ВСТУП

Актуальність. У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій серверні системи та хмарні обчислення відіграють ключову роль у забезпеченні функціонування цифрової інфраструктури. Від ефективності процесорі безпосередньо залежать продуктивність, енергоефективність та масштабованість обчислювальних платформ. Постійне зростання обсягів даних, а також потреба у швидкому їх аналізі та обробці вимагають використання процесорів із високою обчислювальною потужністю, оптимізованою архітектурою та підтримкою паралельних обчислень.

Збільшення ролі хмарних технологій у сфері бізнесу, науки та державного управління зумовлює необхідність детального аналізу архітектур процесорів, що використовуються у хмарних сховищах і серверних середовищах. Вибір оптимальної архітектури процесора визначає ефективність роботи дата-центрів, впливає на енергоспоживання, витрати на обслуговування та загальну продуктивність обчислювальних систем.

Практична значимість. Попри наявність значної кількості архітектур процесорів, розроблених для роботи у серверних системах та хмарних середовищах, розробники й адміністратори досі стикаються з труднощами під час вибору оптимальних рішень для конкретних обчислювальних завдань. Сучасні дата-центри постійно розширюють свої можливості, інтегруючи багатоядерні процесори з різними наборами інструкцій, системи з підтримкою апаратної віртуалізації та енергоефективні обчислювальні модулі. Це зумовлює потребу у порівняльному аналізі архітектур, оскільки традиційні методики оцінювання продуктивності часто не враховують специфіку паралельних та розподілених обчислень.

Зі збільшенням обсягів даних, що обробляються у хмарних сховищах, класичні підходи до тестування продуктивності процесорів, орієнтовані на послідовні навантаження, втрачають свою актуальність. Нові обчислювальні

середовища потребують застосування методів, здатних адекватно оцінити ефективність процесорів у паралельних і багатопотокових задачах.

Мета дослідження: Виконати порівняльний аналіз архітектур процесорів x86, ARM, RISC-V з точки зору їхньої ефективності у серверних системах та хмарних обчисленнях.

Архітектури процесорів, що застосовуються у сучасних серверних системах та хмарних сховищах, є ключовими елементами інфраструктури, від яких залежить ефективність обробки даних, стабільність сервісів та масштабованість обчислювальних ресурсів. Із розвитком цифрових технологій підприємства дедалі активніше переходять на хмарні моделі зберігання та обробки інформації, що вимагає використання високопродуктивних процесорів, здатних витримувати складні багатопоточні навантаження та підтримувати паралельні обчислення. У таких середовищах процесор стає центральним компонентом, від якого залежить швидкість доступу до даних, робота віртуальних машин, контейнеризація сервісів і виконання системних задач.

Проте, попри наявність широкого спектра процесорних архітектур, системні інженери й адміністратори часто стикаються з труднощами щодо визначення оптимального обладнання для конкретних умов роботи. Хмарні сервіси та серверні системи активно впроваджують багатоядерні процесори з різною організацією обчислювальних блоків, багаторівневими кешами та механізмами апаратної оптимізації. У результаті традиційні методи оцінювання продуктивності, орієнтовані переважно на послідовну обробку, втрачають актуальність і не дозволяють повною мірою оцінити реальний потенціал сучасних архітектур.

Суттєвою зміною в галузі серверних технологій стало широке впровадження розподілених систем, контейнерних платформ і масштабованих хмарних сервісів, що значно підвищило вимоги до обчислювальної інфраструктури. У таких умовах процесор виступає не просто апаратною одиницею, а ядром складної системи керування ресурсами, де вирішальними

є здатність до паралельної обробки, енергоефективність, продуктивність у задачах високої інтенсивності та швидкість міжпроцесорної взаємодії. Це зумовлює необхідність точного, стандартизованого та об'єктивного порівняння різних архітектур за допомогою спеціалізованих тестів.

Сучасні тенденції у сфері серверних технологій демонструють підвищений інтерес до методів оцінювання ефективності процесорів у багатопотокових і паралельних задачах. Особливого значення набувають бенчмарки, здатні моделювати реальні високопродуктивні навантаження, які дозволяють комплексно оцінити архітектурні особливості та поведінку процесора під час виконання наукових і технічних задач. Використання подібних тестових наборів стає необхідним для вибору апаратних рішень, проєктування дата-центрів і оптимізації хмарних ресурсів.

Незважаючи на наявність численних досліджень у галузі комп'ютерної архітектури, питання ефективного порівняння процесорів, орієнтованих саме на серверні та хмарні обчислення, залишається відкритим. Різні архітектурні підходи пропонують відмінні моделі виконання інструкцій, організації пам'яті та багатопоточності, що ускладнює їх об'єктивне зіставлення. Тому створення методики порівняння та проведення практичного аналізу на основі сучасних тестових інструментів має важливе теоретичне й практичне значення.

Таким чином, дослідження архітектур процесорів є актуальним у контексті постійного зростання навантажень на серверні системи, вимог до продуктивності та енергоефективності хмарних інфраструктур, а також у зв'язку з необхідністю прийняття обґрунтованих рішень при виборі апаратного забезпечення для високопродуктивних обчислень.

Робота складається з трьох розділів.

У вступі: розглянуто актуальність дослідження архітектур сучасних процесорів у контексті стрімкого розвитку серверних систем і хмарних обчислень. Окреслено практичну значущість вибору оптимальної архітектури для ефективної обробки великих обсягів даних, забезпечення масштабованості та зниження енергоспоживання. Також підкреслено необхідність

систематичного аналізу архітектурних підходів CISC, RISC та їх реалізацій у сучасних процесорах, що використовуються у серверному середовищі та хмарних обчисленнях.

У першому розділі: детально описано будову процесора, його основні компоненти та принципи роботи. Окрему увагу приділено розгляду архітектурних концепцій, що лежать в основі сучасних процесорів — зокрема, RISC та CISC. Серед ключових відмінностей виділено різну складність набору команд, глибину конвеєра, методи виконання інструкцій та підходи до оптимізації продуктивності. Розглянуто, як ці архітектури реалізуються у сучасних рішеннях для серверів, включаючи x86-64, ARM та RISC-V. Проаналізовано їхні сильні та слабкі сторони у контексті продуктивності, енергоефективності, масштабованості, а також підтримки паралельних обчислень.

У другому розділі: представлено методики дослідження архітектур процесорів, які поділяються на аналітичний, експериментальний та комбінований підхід. Аналітичний підхід охоплює порівняння структурних характеристик процесорів, аналіз організації обчислювальних блоків, ієрархії кеш-пам'яті, механізмів конвеєризації та підсистеми введення-виведення. З огляду на суттєві відмінності між архітектурами, такий аналіз дозволяє визначити їх потенційні можливості ще до проведення практичних вимірювань. Експериментальний підхід базується на використанні стандартних тестових пакетів, які дозволяють об'єктивно виміряти продуктивність у різних типах навантажень. Комбінований підхід передбачає поєднання аналітичного та експериментального методів дослідження.

Обґрунтовано вибір інструментарію для вимірювань, зокрема пакету NAS Parallel Benchmarks, який широко застосовується у високопродуктивних обчисленнях і дозволяє оцінити роботу процесора в умовах паралельного виконання задач різної складності. Також розглянуто особливості NPВ щодо масштабування, типів задач, структури тестів та можливостей їх інтерпретації в контексті порівняння архітектур.

У третьому розділі: обгрунтовано вибір процесорів трьох різних архітектур та наведено результати тестування процесорів за допомогою бенчмарків, що дозволило на практиці оцінити ефективність різних архітектур у типовому для серверних систем і хмарних платформ паралельному навантаженні. Представлено порівняльні дані виконання задач з набору NAS Parallel Benchmarks та інтерпретовано отримані результати з урахуванням особливостей архітектур RISC і CISC. Проаналізовано вплив кількості ядер, частоти, організації кеш-пам'яті та конвеєрів на швидкість обробки різних типів задач. Зроблено висновки щодо доцільності використання певних архітектур у залежності від специфіки обчислювальних процесів — високого ступеня паралелізму та продуктивності або вимог до енергоефективності.

Висновки: узагальнено результати порівняльного аналізу та дослідження архітектур процесорів, отриманих у ході тестування.

Публікації

Тематика магістерської роботи була представлена у публікаціях:

Сербін І. С., Григорова А.А. Дослідження архітектур процесорів для серверів та хмарних обчислень // Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених та студентів «Сучасні інформаційні системи та технології»

Структура й об'єм роботи

Кваліфікаційна роботи магістра містить 81 сторінки тексту, 16 рисунків, 2 таблиці, 40 найменування джерел посилань.