

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кваліфікаційна робота

## «Методи та засоби генерації коду на VHDL»

Виконал:  
ст. гр. СПм-22-4  
Івахновський П.С.

Керівник:  
доц. Федорченко В.М.

### Мета та завдання кваліфікаційної роботи

2

**Мета кваліфікаційної роботи:** аналіз методів та засобів генерації коду на VHDL для існуючих рішень апаратного прискорення за рахунок використання штучних нейронних мереж.

**Об'єкт дослідження:** інструменти генерації коду.

**Завдання:**

- аналіз існуючих інструментів генерації коду VHDL;
- аналіз існуючих рішень апаратного прискорення;
- розробка методу апаратного прискорення згорткових нейронних мереж на FPGA;
- моделювання розробленого методу;
- розробка інструменту генерації VHDL.

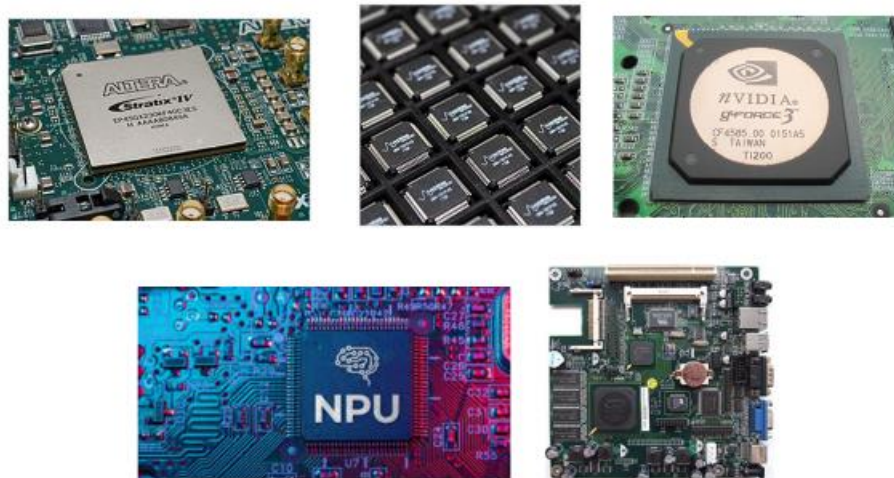
### Інструменти генерації коду VHDL

3



### Інструменти та технології для апаратного прискорення ШНМ

4



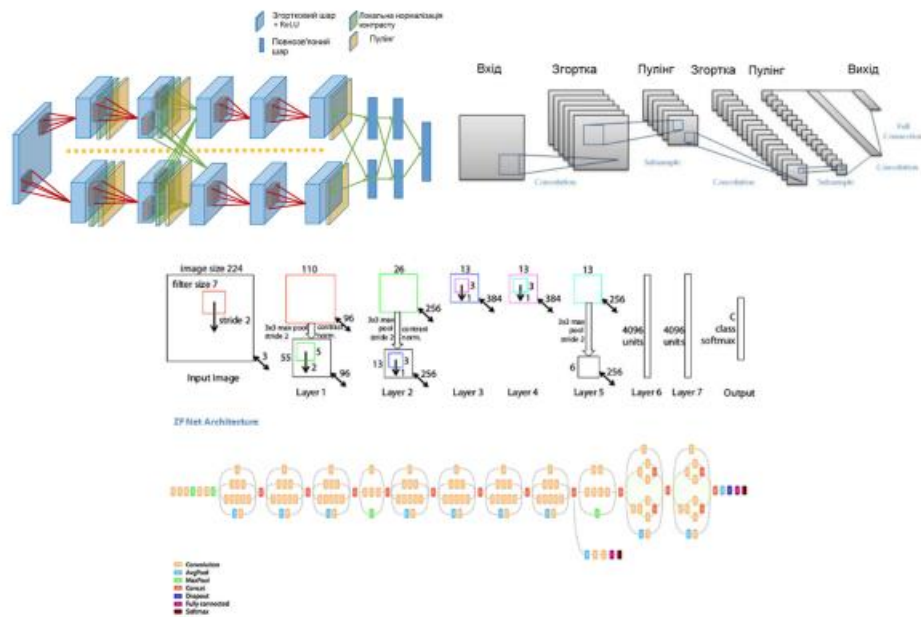
## Порівняльна таблиця інструментів та технологій для апаратного прискорення ШНМ

5

Технологія	Опис	Продуктивність	Енергоспоживання	Вартість розробки	Гнучкість	Приклади
FPGA	Програмовані користувачем логічні матриці, які можуть бути налаштовані для виконання певних завдань.	Висока	Низьке	Висока	Висока	Xilinx Vivado, Intel Quartus Prime
ASIC	Спеціалізовані мікросхеми, створені для конкретних завдань.	Найвища	Найнижче	Дуже висока	Низька	Google TPU, Graphcore IPU
GPU	Графічні процесори, здатні паралельно обробляти великі обсяги даних.	Висока	Середнє	Низька	Середня	NVIDIA CUDA, AMD ROCm
NPU	Спеціалізовані процесори для обробки нейронних мереж.	Висока	Низьке	Висока	Низька	Huawei Ascend, Google Edge TPU
Вбудовані системи	Інтегровані рішення для конкретних пристроїв, таких як смартфони або IoT.	Середня	Дуже низьке	Низька	Низька	Apple Neural Engine, Qualcomm Hexagon DSP

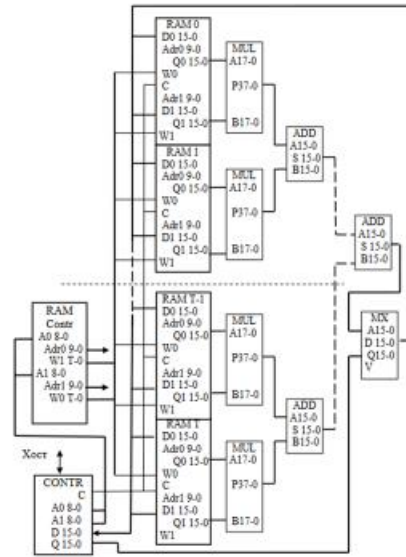
## Топології згорткових нейронних мереж

6



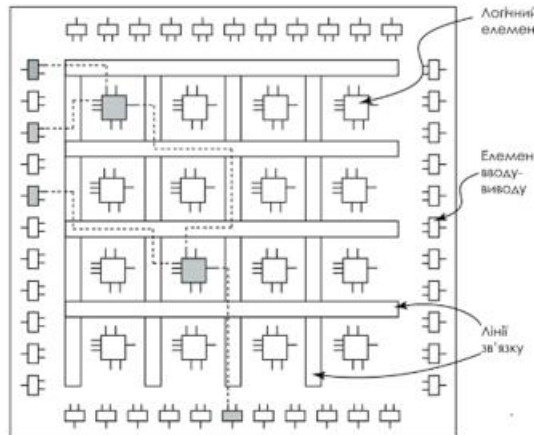
Структурна схема нейромережі на FPGA з паралельним обчисленням ваг

7



Спрощена архітектура FPGA

8



## Методика апаратного прискорення

9

Пропонується впровадження інструменту генерації VHDL на основі FPGA для реалізації згорткових нейронних мереж. Для розробки використовується мова Java. Метод призначений для полегшення процесу апаратного прискорення моделей згорткових нейронних мереж з використанням FPGA шляхом параметризації реалізації цих моделей. Інструмент має містити графічний інтерфейс користувача, за допомогою якого можливе налаштування своєї цільової моделі згорткової нейронної мережі, надавши специфікації моделі. Використання методу значно зменшить час розробки, необхідний для впровадження згорткової нейронної мережі, також значить недоліки, що виникають через складність розробки мов опису апаратних засобів, і має пом'якшити недостатню оптимізацію, викликану інструментами синтезу високого рівня. Інструмент повинен бути оптимізований для створення модульної, масштабованої, реконфігурованої та паралельної реалізації моделей згорткових нейронних мереж.

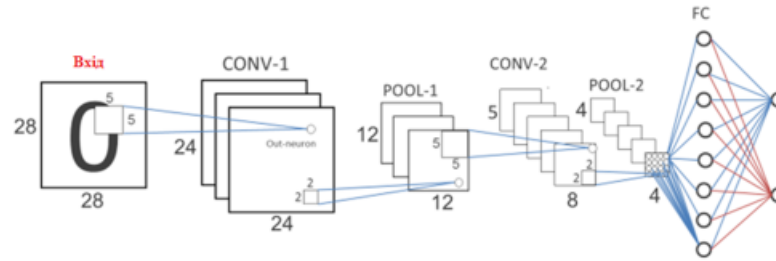
## Інструмент генерації VHDL

10





Тестова модель згорткової нейронної мережі 13



Реалізація моделі

14

**Model/Architecture Configuration**

Layer Index	Layer Type	No. of Feature Maps	Filter Size	Padding	Stride	Activation Function
1	Convolution	24	5	0	1	ReLU
2	Pooling	12	2	0	2	ReLU
3	Convolution	8	5	0	1	ReLU
4	Pooling	4	2	0	2	ReLU
5	Fully Connected	4	-	-	-	ReLU

**Invalid Architecture**

Invalid configuration of Layer: 4  
Check Filter Size or Stride

**Your Model is Valid**

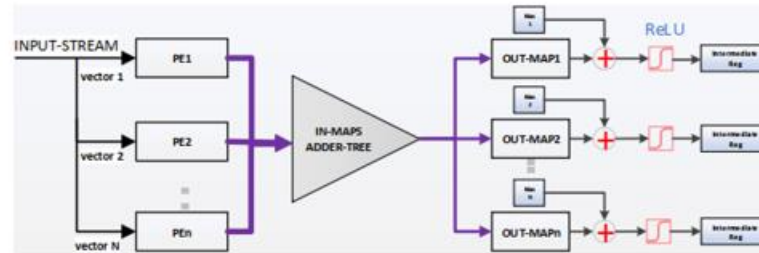
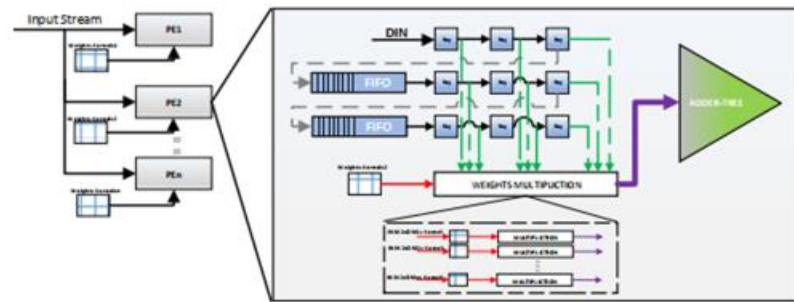
Your Model is Valid. Now you can load weights.

**Weights and Biases Incorporation**

Weights and Biases Incorporation window showing a list of weights and biases for each layer.

## Результати роботи

15



## Висновки

16

Проведено аналіз методів та засобів генерації кода VHDL. Розроблено метод апаратного прискорення згорткових нейронних мереж на FPGA з використанням VHDL. Проведено аналіз топологій згорткових нейронних мереж; аналіз існуючих алгоритмів навчання згорткових нейронних мереж. Досліджено існуючі рішення апаратного прискорення. Розроблений інструмент генерації VHDL. Використання методу значно зменшить час розробки, необхідний для впровадження згорткової нейронної мережі, також значить недоліки, що виникають через складність розробки мов опису апаратних засобів.

# ДОДАТОК Б

## Апробація

ISSN 2073-7394

Системи управління, навігації та зв'язку. 2024. № 2

УДК 004.6

doi: 10.26906/SUNZ.2024.2.095

В. Д. Залеський, П. С. Івановський, В. М. Федорченко

Харківський національний технічний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

### СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ ОРКЕСТРАЦІЇ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ КОНВЕРСІВ АВТОМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ

**Анотація.** Всесвіт даних у сучасних компаніях постійно розширюється. Зі збільшенням кількості даних збільшується потреба в управлінні, синхронізації розкладів та вирішенні проблем обробки. Компаніям потрібно ламати бар'єри між джерелами даних та сховищами, щоб по-справжньому використовувати всю інформацію, яку вони збирають. Оркестрація даних дозволяє організаціям автоматизувати та оптимізувати свої дані, перетворюючи їх на операційні активи, щоб швидко інформацію можна було використовувати для прийняття бізнес-рішень у режимі реального часу. За деякими оцінками, 80% роботи, пов'язаної з аналізом даних, зводиться до збирання та підготовки даних, що означає, що оркестрація даних може скоротити велику кількість часу на обробку та планування. Метою даної роботи є аналіз сучасних інструментів оркестрації. Об'єктом дослідження є дані інженерів. Предметом дослідження є оркестрація даних.

**Ключові слова:** оркестрація даних, конверси обробки даних, ETL, DAG.

#### Вступ

Відправною точкою для аналізу даних з нуля - є сценарій, коли організація хоче максимально використовувати свої дані, але не має всіх даних про клієнтів в одному місці. Організація не може централізувати та оновлювати дані про клієнтів. Дані можуть бути ненадійними або неточними.

Оркестрація даних ідеально підходить для організації даних з багатьма системами, оскільки не потребує масового перенесення даних до сховища. Натомість, вона надає доступ до потрібних даних, у потрібному форматі та в потрібний час. Інформацію, яка зберігається в різних сховищах, можна легко отримати та обробити синхронно, ніби дані знаходилися в централізованому репозиторії [1].

Центральну роль в оркестрації даних відіграє ETL процес [2], який розшифровується як "випливання (extract), перетворення (transform), завантаження (load)".

Етап випливання передбачає підготовку перевірку цілісності та правильності даних, подання миток та позначень або збагачення нових сторонніх даних наявними наборами даних.

Етап перетворення передбачає виконання та управління (або видалення) пошкоджених, неточних, дублюючих або аномальних даних та перетворення їх у стандартний формат.

Після того, як необроблені дані видобуто та адаптовано, вони завантажуються в цільову систему, що забезпечує синхронізацію - безперервний процес оновлення даних між джерелами та призначеннями для забезпечення їх узгодженості [3-6].

#### Коротка історія розвитку оркестрації робочих процесів

Оркестрація даних часто плутають з оркестрацією робочих процесів. Оркестрація робочих процесів - це процес запуску та моніторингу стану завдань. Її сутність - реалізувати аналог event-driven систем на базі пакетної обробки.

Оркестрація даних є підмножиною оркестрації робочих процесів і забезпечує надійну та ефектив-

ного синхронізацію даних у продакшен середовищі. На ряду з елементами ETL вона може також включати: елементи управління середовищем (CI/CD для даних або GitOps для даних або безперервна інтеграція та доставка даних), контроль доступу на основі ролей ("RBAC"), оповіщення та моніторинг стану даних.

Інструменти оркестрації робочих процесів існували вже протягом тривалого часу, але лише нещодавно їх почали називати інструментами оркестрації даних.

Оркестрація даних у сфері обробки даних бере свій початок від великих технологічних компаній. Luigi був створений у Spotify на початку 2010-х років. Airflow, переможць шість битви та лідер галузі, з'явився у Airbnb. У Meta є дуже складий внутрішній, непублічний інструмент під назвою DataSwarm.

З того часу з'явилося багато інших пакетів оркестрації робочих процесів із відкритим вихідним кодом.

На відміну від Airflow і Luigi, які дійсно були відкритими (Airflow вважалося частково Apache Software Foundation), Prefect, Dagster, Mage, Kestra претендують на те, щоб бути кращими, простішими та зручнішими альтернативами Airflow [7], особливо для організації даних.

По суті, всі вони дуже схожі, пропонуючи фреймворк для написання коду та виконання орієнтованих ациклічних графів (DAG) у контейнеризованому середовищі. Ці інструменти є безкоштовні, але за розгортання та додаткові хмарні функції, такі як логування, контроль доступу на основі ролей, підтримку клієнтів доведеться заплатити.

#### Огляд сучасних інструментів

До основних характеристик сучасних інструментів оркестрації робочих процесів з відкритим вихідним кодом можна віднести:

1) Визначення DAG за допомогою Git-контролю: інструменти дозволяють користувачам створювати та керувати DAG як кодом, використовуючи переваги Git для версіонування, історії змін та спільної роботи.

© Залеський В. Д., Івановський П. С., Федорченко В. М., 2024

95

Рисунок Б.1 – Публікація

## З М І С Т

## НАВІГАЦІЯ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Гурін А. П., Худов Г. В., Масленко О. В., Мичко П. Є., Соломоненко Ю. С. Метод пошуку об'єктів інтересу за спектральними ознаками на зображеннях з активної оптико-електронної системи спостереження .....	5
Нечудов А. С., Горелик С. І., Андреев С. М., Латина А. В. Методика аналізу зон пішої доступності утриттів залежно від типу балістичних снарядів за допомогою сучасних засобів геоспросторового аналізу .....	11

## АВТОМОБІЛЬНИЙ, РІЧКОВИЙ, МОРСЬКИЙ ТА АВІАЦІЙНИЙ ТРАНСПОРТ

Головань А. І. Дослідження процесів адаптивізації системи технічного обслуговування за результатами зміни стану суднових технічних засобів .....	18
Савчук В. П., Зінченко Д. О., Дзигар А. К., Сатюлов А. І. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану модернізованих поршнів малооборотних суднових двигунів WARTSILA RT-FLEX96C та RTA96C .....	24
Сибірський Г. Д., Пськова Г. А., Костикова М. В., Очеретенко С. В. Застосування інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки для проведення випробувань у транспортних засобах .....	28

## УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

Вожесневський М. О., Чапа О. О. Автоматизація внутрішньо-складських виробничих логістичних процесів для впровадження концепції INDUSTRY 4.0: енергоощадливість, продуктивність, мобільність, модульність, автономність .....	34
Запорожцев О. В., Штефан Н. В., Яценко І. С. Випробування якості програмного забезпечення на основі стандартів SQUARE .....	39
Леві П. І., Бороздін М. К., Ястреба О. С. Застосування комбінаторно-графового підходу до оперативного управління інженерними мережами .....	44
Гузіан А., Зіжков Д., Везелюк А. Models of the system of collective self-organisation of unmanned aerial vehicles using artificial intelligence .....	47

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Аль-Амьорі Алі, Ключан А. Є., Дегтярьова А. О., Шкурко О. П., Аль-Амьорі Х. А. Інформаційна модель аналізу пожеж силової установки повітряних суден .....	53
Vavatenko R., Mostova A., Szar N., Kivbanova O. CRM tools to ensure the protection of intellectual property rights .....	60
Боевалюк С. Я., Коломосць Е. М., Коломосць В. С., Гаращенко Я. В. Розвиток моделі та структури керуючих пристроїв з паралельною архітектурою .....	64
Бульба С. С., Соловейова О. І., Семеренко Ю. О. Дослідження алгоритмів пошуку оптимального шляху .....	67
Валк М. О., Курочкін В. С., Запорожченко А. П., Паронієв П. А. Гібридний метод розподілу ресурсів в хмарних системах .....	70
Нилевуш М. CIDER: assisted automation tool for C++ libraries testing .....	74
Деченко Д. О., Кайда В. В., Левченко А. О., Міхаль О. П. Методи функціонування пристроїв IoT з використанням машинного навчання .....	78
Срьоміна Н. С., Колтун Ю. М., Беспалій А. В., Шматко Ю. М. Аналіз сучасних методів сегментації зображень в інтересах навігації мобільних роботів .....	82
Зночтонішко Д., Зибенко V., Moshayev O., Nik A. Study of local image features detectors .....	87
Заковеронний О. Ю., Хулан А. В. Оптимізація обчислення нейроммерек за допомогою використання плічисельної арифметики .....	90
Затеський В. Д., Івановський П. С., Федорченко В. М. Сучасні інструменти оркестрації даних для побудови конвейрів автоматичної обробки даних .....	95
Ісаєнко Г. С., Онищенко О. І., Бондаренко М. Е., Здорих Н. В. Методи рішення задачі комівояжера на основі обчислювального інтелекту .....	99
Карєін А. О., Гісєвський Д. О., Олішник Д. Г. Безперервне планування і ситуаційне управління як завдання штучного інтелекту що відчуває .....	106
Кожєвніков Г. К., Черниш Д. С., Матвиш О. Ю. Онтологічний підхід до перерозподілу навантаження Інтернету Речей .....	111
Ладона В. Г., Мельнішє С. В., Якименко М. С. Розробка та програмна реалізація інтелектуального вебсервісу для визначення іноземної мови методом інтервальних повторень .....	115
Mazin D., Kuchuk N., Lyashova A., Parudka S., Lyuzitsia D. The method of observing moving objects .....	122
Міхулін С. В., Башкіров М. О. Дослідження ефективності методів генерації тестових даних в реляційних базах даних .....	127

Рисунок Б.2 – Публікація