

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**



Факультет комп'ютерних наук та технологій  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

**ІЛ ЯНЦЕВ ВЛАДИСЛАВ ВАДИМОВИЧ**  
Група КНТ-612м

**FPGA СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного  
рівня «магістр» 123 «Комп'ютерна інженерія»  
освітньої програми «Спеціалізовані комп'ютерні системи»

2023 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

**Керівник** кандидат технічних наук, доцент  
**ГРУШКО Світлана Сергіївна,**  
Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний рецензент:** **КАПЛІЄНКО Тетяна Ігорівна,**  
к.т.н., доцент кафедри «Програмні засоби» НУ «Запорізька політехніка»

Захист відбудеться "14" грудня 2023 р.

Секретар екзаменаційної комісії, старший викладач кафедри комп'ютерних систем та мереж Куликовська Н.А.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність теми.**

У світі, де технології невинно розвиваються, віддалений моніторинг став важливою складовою сучасного життя та промисловості. Віддалений моніторинг включає в себе спостереження за станом об'єктів, процесів, середовища, а також збір і аналіз даних на відстані. Однак однією з ключових проблем є забезпечення надійності та ефективності цих систем моніторингу, особливо коли потрібно здійснювати моніторинг в режимі реального часу та оброблювати великі обсяги даних. Віддалений моніторинг вимагає потужних рішень, здатних виконувати завдання навіть у важких умовах.

Актуальність теми полягає в тому, що сучасний світ стикається з рядом викликів, які передбачають віддалений моніторинг як необхідний інструмент для їх вирішення. Наприклад, сфера безпеки потребує систем віддаленого відеоспостереження та виявлення незвичайних подій. Сільське господарство потребує моніторингу урожаїв та стану ґрунту. Медицина вимагає систем телемедицини для віддаленого нагляду за станом хворих. Усі ці сфери потребують надійних та продуктивних рішень для віддаленого моніторингу. При цьому потрібні інструменти, які забезпечують якість та ефективність моніторингу, а також забезпечують безпеку та конфіденційність даних.

Дослідження у галузі використання FPGA в системах віддаленого моніторингу має велику практичну цінність. Впровадження цих технологій дозволяє створювати надійні та продуктивні системи моніторингу, які забезпечують надійність, низьку латентність та можливість реагувати в реальному часі на зміни та надзвичайні події. Використання FPGA дозволяє оптимізувати обробку даних та ефективно використовувати ресурси, що робить їх ідеальним інструментом для віддаленого моніторингу в різних галузях, від промисловості та сільського господарства до медицини та екології. Таким чином, дана дипломна робота спрямована на вирішення актуальних проблем та надання практичних рекомендацій щодо використання FPGA в системах віддаленого моніторингу.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської роботи полягає у розробці та аналізі ефективних та надійних рішень для систем віддаленого моніторингу з використанням FPGA, задля оптимізації обробки даних та забезпечення надійності та ефективності цих систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі основні завдання:

- провести аналіз існуючих методів та технологій віддаленого моніторингу;
- провести аналіз і вибір апаратного і програмного забезпечення;
- розробити і впровадити систему віддаленого моніторингу, реалізовану на FPGA.

**Об’єкт дослідження** – системи віддаленого моніторингу.

**Предмет дослідження** – використання FPGA в системах віддаленого моніторингу.

**Методи дослідження** базуються на теоретичному аналізі літератури та існуючих технологій; експериментальній розробці та тестуванні FPGA системи, аналізі ефективності та порівняльній оцінці з іншими методами.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- розробка інноваційної FPGA системи, яка спрощує і покращує ефективність процесу віддаленого моніторингу;
- вдосконалення архітектури та методології реалізації FPGA систем віддаленого моніторингу.

**Практичне значення отриманих результатів:**

Реалізація алгоритму хешування на FPGA дозволяє заощадити апаратні ресурси і підвищити швидкість виконання операцій завдяки використанню паралельної обробки даних.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Основна частина містить 70 сторінок, 20 рисунків і 9 таблиць, список використаних джерел з 24 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Перший розділ** детально розглядає Інтернет речей (IoT) і його значення у віддаленому моніторингу. Він описує IoT як технологічну концепцію, яка дозволяє фізичним об'єктам, пристроям і системам підключатися до Інтернету та взаємодіяти, збираючи та обмінюючись даними для спрощення життя людей. Основна увага приділяється архітектурі та основним компонентам IoT, включаючи датчики, мережеві пристрої, хмарні сервіси, аналітику даних, застосунки та мережі зв'язку. Розділ також розкриває, як IoT може бути застосований у різних сферах віддаленого моніторингу, включаючи медицину, сільське господарство, промисловість та екологічний моніторинг, підкреслюючи його великий потенціал для покращення ефективності та безпеки у цих областях. Розділ також висвітлює переваги та можливі обмеження використання IoT у віддаленому моніторингу, включаючи питання безпеки даних, залежності від Інтернету, витрати на впровадження та проблеми стандартизації та сумісності.

Крім цього, у розділі розглядаються спільні технології та стандарти, які сприяють розвитку IoT-рішень у сфері моніторингу, включаючи протоколи MQTT та CoAP, технологію LoRaWAN, NB-IoT, а також важливість протоколів шифрування та форматів обміну даними, таких як JSON та XML.

Далі в розділі обговорюється роль FPGA (Field-Programmable Gate Array) технологій у IoT системах. FPGA відіграє ключову роль в забезпеченні гнучкості, високої швидкості обробки даних та здатності до паралельних обчислень, що робить їх ідеальними для застосувань у відеомоніторингу, медичних системах, промислового моніторингу та інших сферах. Розглядаються як переваги, так і обмеження FPGA у контексті IoT, включаючи вимоги до знань у апаратному програмуванні та витрати на розробку. На завершення, наводяться конкретні приклади успішної реалізації IoT рішень на базі FPGA, які підкреслюють їхній потенціал у різних застосуваннях.

**Другий розділ** охоплює детальний вибір апаратного та програмного забезпечення для реалізації проекту. В ньому розглядаються різні плати FPGA, такі як Xilinx Zynq-7000, PYNQ-

Z2, Basys 3 Artix-7, Arty A7, DE10-Nano Kit, та Zybo Z7. Кожна з цих плат відрізняється своїми унікальними характеристиками, що робить їх придатними для різних застосувань, від освітніх проєктів до промислових застосувань.

Також описано вибір модулів вимірювання освітленості, включаючи SparkFun Ambient Light Sensor Breakout з TCM6000, Adafruit TSL2591, Grove - Light Sensor v1.2, Seeed Studio Luminance Sensor та Digilent Pmod ALS. Ці сенсори відрізняються своїми технічними характеристиками та призначеннями, пропонуючи гнучкість у виборі відповідно до специфічних потреб проєкту.

У розділі розглядаються різні програмні інструменти для розробки на FPGA, такі як Xilinx ISE, AMD Vivado Design Suite, Xilinx Vitis Unified Software Platform, а також IFTTT Hue service для автоматизації взаємодії з системою розумного освітлення Philips Hue. Ці інструменти та сервіси забезпечують широкий спектр можливостей для проєктування, розробки, тестування та автоматизації систем, що дозволяє розробникам ефективно використовувати FPGA для різноманітних задач.

Загалом, цей розділ надає вичерпний огляд доступного апаратного та програмного забезпечення, необхідного для розробки високоєфективних та адаптивних систем на базі FPGA.

**Третій розділ** описує розробку системи, яка використовує образ PYNQ для розробницької плати Zybo (рис. 1) з метою легкого підключення до сенсорів та хмарних сервісів IoT. У проєкті використовується плата ZYBO Z7, обрана за наявність шести інтерфейсів Pmod для підключення різноманітних сенсорів. Перший крок полягає у створенні образу PYNQ, починаючи з роботи у Vivado для реалізації базового дизайну апаратного забезпечення. Фреймворк PYNQ використовує процесори вводу-виводу (IOP) у програмованій логіці для підтримки інтерфейсів Pmod, переносячи завдання нижчого рівня, що вимагають реального часу, на програмовану логіку.

У розділі детально описано процес створення базового додатку за допомогою Vivado та PetaLinux, включаючи клонування директорії PYNQ, створення нового проєкту PetaLinux, налаштування для апаратного забезпечення у Vivado, а також необхідність використання Linux для створення образів PetaLinux

та PYNQ. Описано процес збірки, експорту, тестування та відправлення даних на хмарний сервіс Adafruit IO.

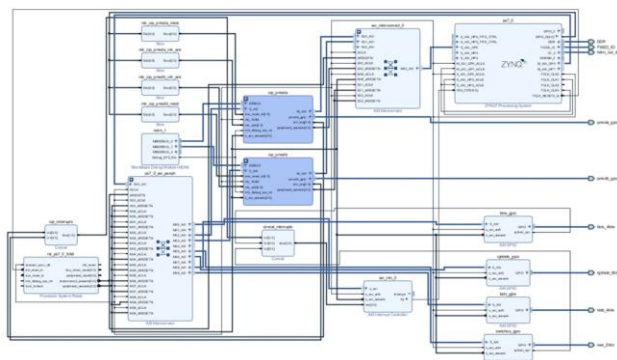


Рисунок 1 - Дизайн для плати Zybo Z7

Також розглядається інтеграція з хмарою Adafruit, яка дозволяє легко моніторити та контролювати IoT-проекти на відстані, та IFTTT для автоматизації взаємодії між різними сервісами. Зокрема, розроблено застосування для керування світлом Phillips Hue через IFTTT, залежно від даних, отриманих від датчика ALS.

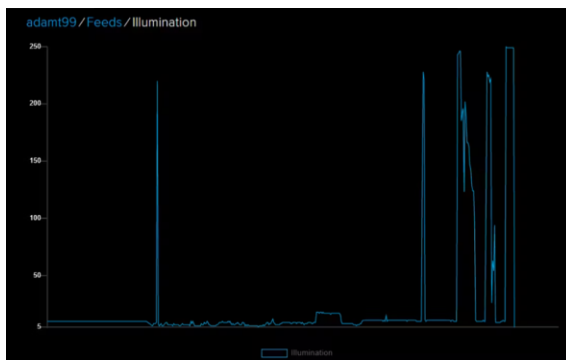


Рисунок 2 - Дані в хмарі Adafruit. Освітлення

## ВИСНОВКИ

У роботі було проведено дослідження та розробку систем віддаленого моніторингу з використанням FPGA (Field-Programmable Gate Array). Головною метою було розробити та проаналізувати ефективні та надійні рішення для оптимізації обробки даних і забезпечення надійності та ефективності цих систем.

В роботі проведено опис сучасних рішень в області віддаленого моніторингу. Виявлено, що сучасні дослідження визнають FPGA як потужний інструмент для віддаленого моніторингу та пророчать їхню успішну інтеграцію в різні сфери застосування, сприяючи вдосконаленню систем моніторингу та керування у реальному часі. Нові технології та рішення, які виникають на базі FPGA, відкривають широкі перспективи для покращення продуктивності та ефективності систем віддаленого моніторингу.

Було виконано дослідження апаратних платформ, які можуть використовуватися для реалізації системи віддаленого моніторингу на FPGA. Для побудови системи обрано плату Zybo Z7, яка є багатофункціональною, готовою до використання платою для розробки вбудованого програмного забезпечення та цифрових схем, побудованою на базі сімейства Xilinx Zynq-7000. Zybo Z7 володіє багатим набором мультимедійних та комунікаційних периферій, створюючи потужний одноплатний комп'ютер.

В якості переферійного датчика освітлення обрано Digilent PmodALS, який комунікує з основною платою через SPI.

В магістерській роботі описано розробку системи, яка використовує образ PYNQ для розробницької плати Zybo з метою легкого підключення до сенсорів та хмарних сервісів IoT. У розділі детально описано процес створення базового додатку за допомогою Vivado. Також розглядається інтеграція з хмарою Adafruit, яка дозволяє легко моніторити та контролювати IoT-проекти на відстані, та IFTTT для автоматизації взаємодії між різними сервісами. Зокрема, розроблено застосування для керування світлом Phillips Hue через IFTTT, залежно від даних, отриманих від датчика ALS.