

## СЕКЦІЯ 9.

# ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

**Суловець Руслан Ігорович**, здобувач вищої освіти

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*

**Науковий керівник: Чумак Валерія Сергіївна**, асистент кафедри мікропроцесорних технологій і систем

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*

## ВИКОРИСТАННЯ YOSYS ДЛЯ СИНТЕЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЦИФРОВИХ СХЕМ НА БАЗІ FPGA

З розвитком технологій інтеграції мікросхем та зростанням вимог до обчислювальної потужності, особливо у контексті телемедичних комплексів на основі нейронних мереж, використання різноманітних інструментів стає все більш актуальним [1-4]. Завдяки гнучкості та ефективності Yosys, розробники отримують змогу створювати високопродуктивні паралельні і розподілені системи, що сприяють покращенню контролю та надійності інформаційних систем [5].

Yosys є відкритим інструментом для синтезу цифрових логічних схем, який здобув визнання серед розробників завдяки своїй гнучкості та ефективності. Yosys підтримує різноманітні мови опису апаратури, такі як Verilog та VHDL, що робить його універсальним засобом для проектування схем на FPGA.

Однією з ключових особливостей Yosys є його модульна структура, яка дозволяє користувачам легко додавати нові функції та алгоритми синтезу. Це досягається за рахунок використання модулів, які можуть бути розширені або модифіковані відповідно до потреб конкретного проекту. Така архітектура забезпечує високу гнучкість і дозволяє ефективно використовувати Yosys для різноманітних завдань.

Yosys пропонує широкий набір алгоритмів для оптимізації логічних схем. Це включає у собі мінімізацію логічних виразів, оптимізацію затримок та використання ресурсів FPGA. Інструмент також підтримує можливість інтеграції з іншими відкритими інструментами, такими як nextrnr, що дозволяє виконувати комплексний цикл проектування від синтезу до розміщення і трасування. Yosys має ряд переваг у порівнянні з комерційними інструментами, такими як Intel Quartus та Xilinx Vivado. Однак, у нього є й певні обмеження, які варто враховувати.

**Вартість та доступність:**

Yosys: Як відкритий інструмент, Yosys безкоштовний і доступний для будь-кого. Це робить його привабливим вибором для освітніх установ та стартапів з обмеженим бюджетом. Intel Quartus та Xilinx Vivado: Обидва інструменти є комерційними продуктами і можуть вимагати значних фінансових вкладень, особливо для отримання доступу до повного набору функцій.

**Гнучкість та розширюваність:**

Yosys: Завдяки своїй модульній архітектурі, Yosys легко налаштовується і

розширюється. Користувачі можуть додавати нові алгоритми та функції, що робить його ідеальним для дослідницьких проектів та інновацій. Intel Quartus та Xilinx Vivado: Хоча обидва інструменти мають потужні можливості, вони менш гнучкі у порівнянні з Yosys. Їхня закрита архітектура ускладнює додавання користувацьких функцій.

**Підтримка і документація:**

**Yosys:** Як проект з відкритим кодом, Yosys має активну спільноту користувачів та розробників, які можуть надати підтримку та поради. Проте, офіційна документація може бути менш детальною порівняно з комерційними продуктами. **Intel Quartus та Xilinx Vivado:** Обидва інструменти мають велику кількість офіційної документації та пропонують професійну підтримку, що може бути важливим для великих комерційних проектів.

**Продуктивність та оптимізація:**

**Yosys:** Відкритий код Yosys дозволяє користувачам оптимізувати інструмент під свої потреби, що може призвести до високої продуктивності в специфічних завданнях. **Intel Quartus та Xilinx Vivado:** Комерційні інструменти часто забезпечують кращу продуктивність "з коробки" завдяки оптимізованим алгоритмам та тісній інтеграції з апаратними рішеннями від Intel та Xilinx.

Yosys може відігравати важливу роль у розробці телемедичних комплексів на основі нейронних мереж. Наприклад, FPGA на базі Yosys можуть використовуватись для апаратного прискорення обробки медичних зображень, аналізу біомедичних сигналів та інших завдань, які потребують високої продуктивності [7-12]. Yosys дозволяє швидко прототипувати і тестувати нові алгоритми, що є критичним для розробки ефективних телемедичних рішень.

Yosys є потужним і гнучким інструментом для синтезу та оптимізації цифрових схем на базі FPGA. Завдяки своїй модульній архітектурі та відкритому коду, він надає розробникам можливість налаштовувати та розширювати функціональність інструменту під конкретні завдання. Порівняння з комерційними інструментами, такими як Intel Quartus та Xilinx Vivado, показує, що Yosys має певні переваги, зокрема у вартості та гнучкості, але також має і обмеження, які варто враховувати при виборі інструменту для проектування цифрових схем. Одним з основних обмежень Yosys є відсутність деяких просунутих функцій, доступних у комерційних інструментах. Наприклад, підтримка специфічних архітектур FPGA може бути обмеженою, а також можуть виникати труднощі з інтеграцією складних комерційних IP-ядр. Однак, у поєднанні з сучасними телемедичними комплексами на основі нейронних мереж, Yosys відкриває нові можливості для розробки високоефективних та інноваційних медичних рішень.

### Список використаних джерел:

1. Столовий І. В. Система керування клімату для мінітеплиці на базі мікроконтролера STM32 / І. В. Столовий; науковий керівник к.т.н, проф. О. В. Воргуль // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: тези доповідей 28-го Міжнародного молодіжного форуму, 16–18 квітня 2024 р.* – Харків: ХНУРЕ, 2024. – Т. 3. – С. 600-601.
2. Кирпота, Ф. В. Алгоритм канні для обробки зображень на FPGA / Ф. В. Кирпота, Я. І. Халімонов, науковий керівник – Чумак В. С. // *Науковий простір: аналіз, сучасний стан, тренди та перспективи: матеріали III Всеукр. студ. наук. Конф.* – м. Київ, 2023р. – С. 119-120.
3. V.Semenets, V. Chumak, I. Svyd, O. Zubkov, O. Vorgul, N. Boiko. Features of the Design of a Telemedicine Complex of a Wide Profile Based on FPGA. // *III International Scientific and Practical*

- Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 41-42, doi: 10.35598/mcfpga.2021.014.
4. В. Чумак, І. Свид. Створення модуля VHDL-опису при проектуванні цифрових систем на ПЛІС в Xilinx ISE Design Suite. // Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2019). Тези доповідей на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції: 27-29 листопада 2019 р., м. Дніпро. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2019. – С. 94-95.
  5. Iryna Svyd, Oleksandr Vorgul, Valerii Semenets, Oleg Zubkov, Valeriia Chumak, Natalia Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017.
  6. Чумак В.С. Використання нейронних мереж в адаптивних системах онлайн-медичної освіти на базі мікроконтролерів STM32 в умовах воєнних криз // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології (AERT-2023): матеріали V форуму, 29–30 листопада 2023 р. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – С. 134-135.
  7. Чумак В. С. Інтеграція нейронних мереж у медичні пристрої на основі STM32 для автоматичної діагностики та моніторингу пацієнтів / В. С. Чумак // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології (AERT-2023): матеріали V форуму, 29–30 листопада 2023 р. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – С. 132-133.
  8. Луценко О. В. Використання FPGA для реалізації штучної нейронної мережі / О. В. Луценко, В. С. Чумак // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології: матеріали IV форуму, 24–25 листопада 2022 р. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – С. 26-27.
  9. Малахова О. Ю. Електроміограф на FPGA / О. Ю. Малахова, І.О. Шевцов // Авіація, промисловість, суспільство: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кременчук, 12 трав. 2022 р.) / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж., Наук.парк «Наука та безпека». – Харків : ХНУВС, 2022. – С. 117 -120.
  10. V.Semenets, V. Chumak, I. Svyd, O. Zubkov, O. Vorgul, N.a Boiko. Designing the Structure of a General-Purpose Telemedicine Complex. International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA). Kharkiv, Ukraine. 2021, pp. 47-48, doi: 10.35598/mcfpga.2021.016.
  11. Чумак, В. С., Аврунін, О. Г., Чугуй, Є. А., & Свид, І. В. (2021). Аналіз принципів побудови телемедичних комплексів широкого призначення. АСУ та прилади автоматики, 177, 80–85.
  12. Дерюга І. М. Дослідження можливості використання алгоритму Прюїт для обробки медичних зображень / І. М. Дерюга, В. С. Чумак // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології (AERT-2023): матеріали V форуму, 29–30 листопада 2023 р. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – С. 129-131.