

УДК 004.942:004.42

*Чекун М.А., здобувач*

*Панченко В.І., ст. викладач*

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ІЄРАРХІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АРХІТЕКТУР ЕОМ**

**Вступ.** У сучасній освіті в галузі прикладної комп'ютерної інженерії спостерігається дефіцит інструментальних засобів, що забезпечують наочну демонстрацію принципів функціонування електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), а також підтримують ефективне проектування та оперативне тестування. Існуючі програмні рішення характеризуються обмеженими можливостями застосування та недостатньою універсальністю.

**Мета роботи.** Розробка програмного комплексу на базі рушія Unity та мови програмування C#, призначеного для проектування та симуляції логічних схем, який забезпечує високу обчислювальну продуктивність за рахунок відокремлення ядра симуляції від графічного інтерфейсу.

**Методи та архітектурні рішення.** Для досягнення високої продуктивності в роботі застосовано підхід «Data-Oriented Design». Ядро симуляції реалізовано на C# та базується на використанні плоских масивів структур і бітових операцій, що забезпечує мінімізацію навантаження на центральний процесор. Архітектура системи ґрунтується на принципі рекурсивної вкладеності компонентів: користувач може проектувати логічні схеми з використанням базових примітивів (NAND, NOR, NOT) та об'єднувати їх у функціональні блоки – «чипи» [1, 2]. На початковому етапі реалізовано ієрархічний підхід до симуляції, за якого кожен чип зберігає власну внутрішню структуру. Обчислювальний процес організовано у вигляді рекурсивного оновлення станів вкладених елементів на кожному такті симуляції. Такий підхід забезпечує високу гнучкість системи та підтримує динамічне редагування, оскільки зміни у внутрішній структурі чипа миттєво відображаються на всіх його екземплярах у межах проекту.

Для усунення зниження продуктивності при масштабуванні кількості елементів в архітектурі системи передбачено перехід від ієрархічного представлення у вигляді дерева до плоскої моделі. Процес трансформації полягає у послідовному обході ієрархічної структури проекту з подальшою заміною кожного високорівневого

функціонального блоку його внутрішнім вмістом із збереженням топології зв'язків. Усі логічні стани при цьому переносяться до лінійного буфера пам'яті. Замість об'єктних посилань використовуються цілочисельні індекси, що підвищує ефективність використання кеш-пам'яті процесора. Отримане пласке подання у вигляді списку операцій придатне до векторизації та паралельної обробки із застосуванням механізму «Job System» середовища Unity [3], що забезпечує можливість одночасного обчислення незалежних фрагментів схеми на різних ядрах процесора.

Вибір ігрового рушія Unity дозволив реалізувати динамічний та чутливий інтерфейс, що працює за принципом тайлової сітки. Основний робочий простір моделює нескінченне полотно, на якому користувач може розмішувати компоненти. Завдяки системі багаточарового рендерингу, графічна оболонка здатна відобразити тисячі логічних елементів без втрати продуктивності, що є критичним для проєктів рівня «процесор у зборі». Однією з ключових особливостей комплексу є диференційована візуалізація провідників. Бінарні провідники відображають стан «0» або «1» за допомогою зміни кольору, що дозволяє візуально відстежувати шлях сигналу. Для спрощення архітектури реалізовано підтримку шин даних (8, 16, 32, 64 біти) [4], що виділяються візуально, та при наведенні курсору користувач отримує спливаюче вікно з поточним значенням у шістнадцятковій або десятковій системі числення під час моделювання шин адреси та даних мікропроцесорних систем.

**Висновки.** Було розроблено програмний комплекс, що дозволив користувачеві створювати власні бібліотеки компонентів (від тригерів до повноцінних процесорів) та симулювати їхню роботу при стабільній продуктивності за рахунок оптимізацій. Поєднання ігрових механік із формалізованою інженерною симуляцією забезпечило створення ефективного програмного середовища для вивчення архітектури ЕОМ.

#### **Список використаних джерел**

1. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера : підручник / А. О. Мельник. – Луцьк : Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
2. Жуков І. А. Архітектура комп'ютерів : підручник / І. А. Жуков, О. В. Корочкін. – Київ : НАУ, 2015. – 300 с.
3. Write multithreaded code with the job system. URL : <https://docs.unity3d.com/Manual/job-system.html> (дата звернення: 24.03.2026).
4. Patterson D. A. Computer Organization and Design : The Hardware/Software Interface / D. A. Patterson, J. L. Hennessy. – 6th ed. – Morgan Kaufmann, 2020. – 1128 p.