УДК 371.3:681.3.06:004.22
DOI https://doi.org/10.12958/3083-6514-2025-3-90-96

Шамоня Володимир Григорович,
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка,
м. Суми, Україна.
shamonawg@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-3201-4090

Момот Роман Анатолійович,
аспірант кафедри інформатики
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка,
м. Суми, Україна.
r.momot@fizmatsspu.sumy.ua
https://orcid.org/0000-0003-0861-1925

Семеніхіна Олена Володимирівна,
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри інформатики
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка,
м. Суми, Україна.
e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
https://orcid.org/0000-0002-3896-8151

ВІЗУАЛЬНІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ ОСНОВ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ І АРХІТЕКТУРИ КОМП'ЮТЕРА: ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА PROTEUS

Постановка проблеми. Сучасна освіта, спрямована на підготовку фахівців з інформаційних технологій та вчителів інформатики, відводить важливу роль вивченню основ мікроелектроніки як ключової складової комп'ютерної інженерії. Однак опанування цієї дисципліни ускладнюється через високий рівень абстракції та необхідність розуміння процесів, що відбуваються на мікрорівні в обчислювальних пристроях. Класичні методи навчання мікроелектронних компонентів часто виявляються недостатньо результативними, оскільки не забезпечують достатньої наочності та інтерактивності у роботі з віртуальними об'єктами.

Підвищити зацікавлення студентів у вивченні апаратної частини комп'ютерів можна за допомогою візуалізації процесів, які відбуваються в цифрових схемах. Особливо важливим є використання інструментів моделювання, що дозволяють сформувати в учнів чітке розуміння принципів роботи елементів обчислювальних систем, таких як суматори, тригери, лічильники та блоки арифметико-логічного пристрою.

Перспективним у цьому контексті є застосування програмного середовища Proteus, яке надає можливість візуалізувати фізичні процеси на рівні функціональних вузлів комп'ютерної системи. Досвід використання цього інструменту в навчальних проєктах підтверджує його ефективність для розвитку візуального мислення та цифрової грамотності майбутніх ІТ-спеціалістів. Актуальність цієї теми також пов'язана з глобальними тенденціями розвитку

інженерної освіти в рамках STEAM-підходу, що передбачає поєднання IT-дисциплін з мистецтвом візуалізації та цифровою творчістю.

Отже, виникає необхідність у науковому аналізі можливостей візуального моделювання для викладання мікроелектроніки, зокрема в рамках курсів «Архітектура комп'ютера» та «Основи мікроелектроніки». Розвиток цього напряму відкриває нові перспективи для оновлення інженерної освіти, зосереджуючись на формуванні вмінь проектувати, моделювати та аналізувати цифрові пристрої за допомогою інтерактивних та віртуальних засобів.

Аналіз актуальних досліджень. Сучасні освітні дослідження одностайно підтверджують, що візуалізація є одним із ключових факторів ефективного навчання у галузі мікроелектроніки, комп'ютерної інженерії та IT. Складність сприйняття абстрактних понять, таких як логічні операції, архітектура цифрових пристроїв чи принципи функціонування мікроконтролерів, зумовлює необхідність впровадження візуально орієнтованих методів викладання симуляцій, моделей, діаграм, графічних інтерфейсів тощо.

У роботі авторів В. Різника, М. Остроги та В. Беспалого доведено ефективність графічної візуалізації знань у середовищах змішаної та доповненої реальності (Різник, Острога, Беспалий, 2025). Дослідження О. Семеніхіної та ін. показало, що інтерактивні концепт-карти та візуалізація взаємозв'язків між поняттями не лише знижують когнітивне навантаження, але й стимулюють сталі наміри учнів до продовження STEM-навчання. Це особливо важливо для дисциплін, де знання базується на складних логічних структурах (Semenikhina et al., 2021).

І. Вовчок та А. Штимак пропонують топік-рівневу візуалізацію навчальних планів, що дозволяє студентам краще орієнтуватися у змісті курсу та формувати персональні траєкторії навчання. Такий підхід може бути адаптований до IT-курсів, де важливо бачити логічну структуру компонентів і тем (Вовчок & Штимак, 2023).

Дослідження F. Vateha і S. Šimoňák зосереджене на порівняльній візуалізації алгоритмів, що демонструє дієвість графічного представлення процесів для засвоєння структур даних та логіки їх функціонування. Візуальні порівняння як метод можуть бути застосовані й до тем мікроелектроніки (наприклад, для демонстрації відмінностей між типами суматорів) (Vateha & Šimoňák, 2025).

В. Шамоня та ін. підкреслюють ефективність візуального моделювання мікроелектронних пристроїв у середовищі Proteus, яке дозволяє симулювати логіку цифрових схем, відображати зміни сигналів та відтворювати реальні електронні процеси у віртуальній формі. У цьому контексті Proteus виступає не лише як інструмент для створення схем, а як візуально орієнтоване навчальне середовище, що поєднує моделювання, експериментування та інтерфейсну взаємодію (Shamonia et al., 2019).

У дослідженні Н. Сороко та В. Ткаченка (2023) показано, що віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR) дозволяють зменшити когнітивне навантаження та покращити сприйняття просторових процесів зокрема в галузі енергетичних симуляцій. Ці висновки цілком релевантні до навчання основ мікроелектроніки, де значення має просторове розуміння розміщення логічних елементів, послідовності передачі сигналу, формування функціональних залежностей тощо (Сороко & Ткаченко, 2023).

Таким чином, візуальні методи симуляції, схеми, графіки, концепт-карти, інтерфейси, 3D-моделі не лише покращують засвоєння матеріалу, а й створюють нові підходи до організації змісту навчання. Їх інтеграція у зміст дисципліни «Архітектура комп'ютера» дозволяє ефективніше формувати вміння працювати з цифровими структурами, аналізувати логіку обчислень та проектувати апаратну частину обчислювальних систем.

Метою дослідження є науково обґрунтувати та апробувати педагогічний потенціал візуальних методів навчання у курсі «Архітектура комп'ютера» шляхом використання симуляційного середовища Proteus для моделювання функціонування базових мікроелектронних компонен-

тів. Особливий акцент зроблено на вивченні ефективності застосування візуального моделювання як засобу формування практичних компетентностей майбутніх ІТ-фахівців.

Методи дослідження. У дослідженні були використані: аналіз і узагальнення з метою систематизації науково-методичних підходів до візуалізації цифрових процесів у навчанні ІТ-дисциплін; метод моделювання, що дозволив створити віртуальні схеми цифрових елементів з подальшою їхньою візуалізацією на основі фізичних процесів, забезпечити умови для детального аналізу роботи схем у динаміці, а також спостереження за зміною логічних станів у реальному часі; педагогічний експеримент, який полягав у застосуванні розроблених моделей при вивченні курсів «Архітектура комп'ютера» та «Основи мікроелектроніки» в умовах змішаного навчання.

Навчальні моделі реалізовано у середовищі Proteus, яке дозволяє не лише створювати цифрові схеми, але й візуалізувати результати їхньої роботи через інтерактивні індикатори, логічні аналізатори, осцилографи та інші віртуальні прилади. Особливу увагу приділено вивченню роботи цифрових компонентів, зокрема суматорів та арифметико-логічного пристрою як елементів архітектури комп'ютера, що підлягають моделюванню і візуалізації в навчальному процесі. Саме використання таких засобів створює можливості для наочного вивчення алгоритмів роботи мікроелектронних компонентів, що зазвичай залишаються недоступними в межах традиційних методів викладання.

Результати дослідження і їх обговорення. Запропонована в дослідженні модель навчання з використанням середовища Proteus реалізує низку візуальних методів, спрямованих на формування глибокого розуміння принципів функціонування цифрових схем. У межах курсу «Архітектура комп'ютера» студенти ознайомлювались із базовими елементами мікроелектроніки не лише на рівні теоретичних описів, а й через візуальну взаємодію з цифровими моделями в симуляційному середовищі. Продемонструємо їх вивчення на прикладі вивчення теми «Суматори» (рис. 1).

Рис. 1. Етапи вивчення теми «Суматори»

На початковому етапі вивчення теми студентам було запропоновано візуалізувати суматор за модулем 2 (елемент XOR), використовуючи логічні індикатори та перемикачі для ручного керування вхідними параметрами. Така форма візуалізації дозволила миттєво простежити зміну логічних станів на виході залежно від зміни входів. У цьому випадку працює принцип динамічної візуалізації, коли логічна операція стає «видимою» та наочною.

У другому модулі навчання було реалізовано структурну візуалізацію роботи напівсуматора цифрової схеми, що формує і суму, і сигнал переносу. Програмне середовище дозволяло чітко простежити, які саме логічні елементи (XOR та AND) забезпечують формування відповідних виходів. Такий підхід ґрунтується на інтерпретації цифрової логіки через схемну візуалізацію, що відповідає когнітивним стилям студентів з наочно-образним мисленням.

Наступним кроком стало моделювання повного суматора, візуалізація якого вимагала складнішої структури: додавання ще одного входу (перенос з молодшого розряду), формування двох виходів і реалізація логіки згідно з формулами булевої алгебри. Тут візуальні методи доповнювались аналітичною візуалізацією, що передбачала одночасне спостереження за структурою схеми, таблицею істинності та зміною логічних сигналів під час симуляції.

Особливу роль відіграло моделювання двобітного суматора, де результат обчислення виводився на семисегментний цифровий індикатор. Це поєднання функціональної та візуальної репрезентації результату дозволило студентам безпосередньо пов'язати логіку цифрового додавання з його числовим еквівалентом, що відображався у зрозумілій формі. Візуалізація числа у вигляді «світлової» цифри на дисплеї дозволяла швидко оцінити правильність обчислення.

На завершальному етапі студенти працювали з візуальною моделлю арифметико-логічного пристрою, що реалізовував як додавання, так і віднімання, залежно від перемикача режиму. Важливим педагогічним ефектом цього етапу стала інтерактивна візуалізація алгоритму роботи АЛП, де один і той самий пристрій змінював поведінку в реальному часі. Студенти мали змогу простежити не лише зміни сигналів, а й вплив представлення чисел у форматі з доповненням на результат обчислення.

Результати педагогічного експерименту підтвердили, що застосування візуальних методів навчання підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу, розвиває навички аналізу та проектування цифрових структур. Студенти зазначали, що саме візуалізація допомогла їм подолати складність абстрактного матеріалу та краще зрозуміти логіку роботи обчислювальних вузлів. У дослідженні вивчалася думка 72 респондентів (здобувачі освіти 2022–2025 років навчання). Опитування виявило, що понад 80% учасників вважають Proteus «наочним засобом розуміння комп'ютерної логіки», а 76% готові використовувати його у майбутній професійній діяльності.

Таким чином, запропонована модель реалізує багатовимірну педагогічну візуалізацію: структурну (схеми), динамічну (симуляції), функціональну (вивід результатів), аналітичну (інтерпретація логіки), що у своїй сукупності формує цілісну систему візуального мислення у сфері цифрових технологій.

Отримані результати підтверджують положення сучасної педагогіки про те, що візуальні методи навчання забезпечують інтеграцію образного й логіко-аналітичного компонентів мислення, що особливо важливо в ІТ-освіті. На прикладі курсу «Архітектура комп'ютера» вдалося експериментально довести, що візуалізація цифрових схем сприяє глибшому розумінню структурних особливостей мікроелектронних компонентів, механізмів побітових операцій, логіки переносу та обробки чисел у двійковому представленні.

У результаті використання симуляційного середовища Proteus спостерігалося підвищення як когнітивної активності студентів (висунення гіпотез, самоперевірка логіки функціонування схем), так і афективного компонента навчання (мотивація, впевненість, інтерес до експериментування). Візуальне представлення зміни сигналів, поєднання структурної та числової візуалізації, можливість бачити результат одразу після зміни вхідних параметрів усе це створювало ефект присутності у цифровій системі, що значно перевершує ефект традиційних статичних зображень у підручниках.

Варто також зазначити, що візуальні методи сприяють індивідуалізації навчання. Кожен студент мав можливість досліджувати схему у власному темпі, вносити зміни, випробовувати граничні значення, спостерігати за помилками таким чином, візуалізація ставала не лише засобом подання, а й засобом дослідницької діяльності.

З точки зору дидактики, реалізовані візуальні моделі стали посередником між формальним (математичним) описом логіки та її апаратною реалізацією. Саме цей посередницький потенціал візуалізації дозволяє розглядати її не як допоміжний інструмент, а як центральну складову методики викладання дисциплін мікроелектронного профілю.

Таким чином, результати дослідження підтверджують: використання візуальних методів у симуляційному середовищі типу Proteus є не лише ефективним засобом засвоєння знань, а й важливою педагогічною умовою розвитку логічного, конструктивного та критичного мислення у студентів ІТ-спеціальностей. Візуалізація як стратегія навчання здатна трансформу-

вати традиційні підходи до викладання мікроелектроніки у бік більш активного, інженерно орієнтованого та пізнавально насиченого освітнього процесу.

Висновки. Проведене дослідження засвідчило значний потенціал візуальних методів навчання у вивченні мікроелектроніки в межах курсу «Архітектура комп'ютера». Візуалізація процесів, що відбуваються у цифрових схемах, забезпечує глибше розуміння логіки функціонування мікроелектронних компонентів, зменшує абстрактність матеріалу та сприяє формуванню цілісної картини внутрішньої структури обчислювальних систем.

Одним із найбільш ефективних інструментів реалізації візуальних методів виявилося програмне середовище Proteus, яке об'єднує симуляційні можливості, інтерфейсну наочність та простоту конструювання цифрових моделей. Студенти, що працювали з візуальними моделями суматорів, арифметико-логічного пристрою та цифрових індикаторів, продемонстрували вищий рівень розуміння, зацікавленості та впевненості у застосуванні знань на практиці.

Отримані результати підтверджують, що системне впровадження візуалізації у ІТ-освіту дозволяє формувати не лише знання про структуру цифрових пристроїв, а й критичне мислення, вміння аналізувати схеми, здійснювати моделювання, прогнозувати наслідки обчислювальних процесів. Крім того, візуальні методи сприяють індивідуалізації навчання: завдяки гнучким можливостям цифрового середовища студенти можуть працювати у власному темпі, адаптувати складність завдань і самостійно перевіряти результати.

Таким чином, візуалізація як дидактичний інструмент набуває статусу ключового компонента оновленої парадигми ІТ-освіти, орієнтованої на інтеграцію технологій моделювання, симуляції, доповненої реальності та цифрової інженерії у навчальний процес. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення ефективності різних типів візуалізації (аналогова, інтерактивна, AR/VR) у змісті суміжних курсів, а також на створення методичних рекомендацій з візуально орієнтованого викладання мікроелектроніки.

Список використаної літератури

1. Semenikhina O., Yurchenko A., Udovychenko O., Petruk V., Borozenets N., Nekyslykh K. Formation of skills to visualize of future physics teacher: results of the pedagogical experiment. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala.* 2021. Vol. 13(2). P. 476–497. DOI: https://doi.org/10.18662/rrem/13.2/432

2. Shamonia V. H., Semenikhina O. V., Proshkin V. V., Lebid O. V., Kharchenko S. Y., Lytvyn O. S. Using the Proteus virtual environment to train future IT professionals. *Educational Dimension.* 2019. Vol. 1. P. 181–198. DOI: https://doi.org/10.31812/educdim.v53i1.3842

3. Vateha F., Šimoňák S. Comparative visualization of algorithms and data structures. *Computing and informatics.* 2025. Vol. 44(2). P. 336–365. DOI: https://doi.org/10.31577/cai_2025_2_336

4. Вовчок І., Штимак А. Моделі індивідуалізованого навчання на основі теорії прийняття рішень: аналіз підходів до розроблення. *Освіта. Інноватика. Практика.* 2023. Том 11, № 10. С. 90–94. DOI: https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i10-013

5. Різник В., Острога М., Беспалий В. Роль SMART-технологій у розвитку візуальної грамотності. *Фізико-математична освіта.* 2025. Т. 40. № 3. С. 32–36. DOI: https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i3-05

6. Сороко Н., Ткаченко В. Моделі взаємодії учасників освітнього середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальностей у закладі загальної освіти. *Фізико-математична освіта.* 2023. Т. 38. № 3. С. 63–72. DOI: https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-009

References

1. Semenikhina, O., Yurchenko, A., Udovychenko, O., Petruk, V., Borozenets, N., & Nekyslykh, K. (2021). Formation of skills to visualize of future physics teacher: results of the pedagogical experiment. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala, 13*(2), 476–497. DOI: https://doi.org/10.18662/rrem/13.2/432

2. Shamonia, V. H., Semenikhina, O. V., Proshkin, V. V., Lebid, O. V., Kharchenko, S. Y., & Lytvyn, O. S. (2019). Using the Proteus virtual environment to train future IT professionals. *Educational Dimension, 1,* 181–198. DOI: https://doi.org/10.31812/educdim.v53i1.3842

3. Vateha, F., & Šimoňák, S. (2025). Comparative visualization of algorithms and data structures. *Computing and Informatics, 44*(2), 336–365. DOI: https://doi.org/10.31577/cai_2025_2_336

4. Vovchok, I., & Shtymak, A. (2023). Modeli indyvidualizovanoho navchannia na osnovi teorii pryiniattia rishen: analiz pidkhodiv do rozroblennia [Models of individualized learning basedon decision-making theory: analysis of approaches to the development of their]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice, 11*(10), 90–94. DOI: https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i10-013 [in Ukrainian].

5. Riznyk, V., Ostroha, M., & Bespalyi, V. (2025). SMART Technologies in the Visual Literacy Development. *Physical and Mathematical Education, 40*(3), 32–36. DOI: https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i3-05 [in Ukrainian].

6. Soroko, N., & Tkachenko, V. (2023). Modeli vzaiemodii uchasnykiv osvitnoho seredovyshcha z vykorystanniam zasobiv dopovnenoi ta virtualnoi realnostei u zakladi zahalnoi osvity [Method of finding the wave function of a system of particles]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education, 38*(3), 63–72. DOI: https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-009 [in Ukrainian].

Шамоня В. Г., Момот Р. А., Семеніхіна О. В. Візуальні методи навчання основ мікроелектроніки і архітектури комп'ютера: використання віртуального середовища Proteus

У статті проаналізовано доцільність використання візуальних методів навчання під час вивчення основ мікроелектроніки майбутніми фахівцями у галузі інформаційних технологій. Обґрунтовано теоретичні засади застосування візуалізації у ІТ-освіті, зокрема у викладанні курсу «Архітектура комп'ютера», що передбачає глибоке розуміння принципів побудови цифрових схем, логічних операцій, функціонування арифметико-логічного пристрою та принципів обробки двійкової інформації. Показано, що візуальні методи (симуляції, цифрові схеми, діаграми, концепт-карти, графічні інтерфейси) є ефективним засобом подолання абстрактності змісту та підвищення когнітивної доступності навчального матеріалу. У фокусі дослідження – використання віртуального середовища Proteus як інструменту реалізації візуальних методів. Розглянуто моделі логічних суматорів (модуло-2, напівсуматор, повний суматор, багаторозрядний суматор) та арифметико-логічного пристрою, що симулюються у Proteus із застосуванням цифрових індикаторів та генераторів патернів. Представлено результати педагогічного експерименту, який засвідчив зростання рівня засвоєння матеріалу, зацікавленості та готовності студентів до самостійного цифрового моделювання. Визначено, що візуалізація сприяє формуванню вмінь аналізувати цифрові процеси, будувати логічні структури, здійснювати відлагодження схем у динамічному середовищі. Запропоновано подальші напрямки дослідження, пов'язані з поєднанням візуальних методів із доповненою та віртуальною реальністю у вивченні комп'ютерної інженерії.

Ключові слова: візуалізація, візуальні методи, мікроелектроніка, архітектура комп'ютера, цифрові схеми, Proteus, симуляція, інформатика, освіта в ІТ, навчання.

Shamonia V. H., Momot R. A., Semenikhina O. V. Visual methods for teaching the fundamentals of microelectronics and computer architecture: using the virtual environment Proteus

The article analyzes the feasibility of using visual teaching methods in studying the fundamentals of microelectronics by future specialists in the field of information technology. The theoretical foundations of applying visualization in IT education are substantiated, particularly in teaching the course «Computer Architecture», which requires a deep understanding of digital circuit design principles, logical operations, the functioning of the arithmetic logic unit, and binary data processing principles. It is shown that visual methods (simulations, digital circuits, diagrams, concept maps, graphical interfaces) are effective tools for overcoming the abstractness of content and increasing the cognitive accessibility of learning materials. The focus of the study is the use of the virtual environment Proteus as a tool for implementing visual methods. The paper discusses models of logic adders (modulo-2, half-adder, full adder, multi-bit adder) and an arithmetic logic unit simulated in Proteus using digital indicators and pattern generators. The results of a pedagogical experiment are presented, which demonstrated an increase in students' level of material comprehension, interest, and readiness for independent digital modeling. It is determined that visualization contributes to the development of skills in analyzing digital processes, constructing logical structures, and debugging circuits in a dynamic environment. Further research directions are proposed, focusing on the integration of visual methods with augmented and virtual reality in studying computer engineering.

Key words: visualization, visual methods, microelectronics, computer architecture, digital circuits, Proteus, simulation, informatics, IT education, teaching.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Дата першого надходження рукопису до видання: 04.07.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 29.08.2025
Дата публікації: 08.09.2025