

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЄКТУВАННІ ІС

Бондаренко І.М., Карнаушенко В.П., Грицунов О.В.

Харківський національний університет

радіоелектроніки. Україна.

vladimir.karnaushenko@nure.ua

Abstract

Information Technology has attracted the attention of developers with its potential in developing integrated circuits by simplifying the design process, increasing productivity, and accelerating the time to market. By automating routine tasks and optimizing complex design decisions, Artificial Intelligence can help developers achieve greater efficiency than before. However, despite the numerous advantages of modern solutions, there are also significant limitations, especially in critical cases involving real-world tasks related to coordinating external data sources. Therefore, it is necessary to consider both the benefits of artificial intelligence in designing integrated circuits, including automation, optimization, and error reduction, and the problems that limit its effectiveness in specific complex applications.

Інформаційні технології привернули увагу своїм потенціалом у розробці інтегральних схем завдяки спрощенню процесів проектування, збільшенню продуктивності і прискоренню часу виходу продукції на ринок. Завдяки автоматизації рутинних завдань і оптимізації складних проектних рішень, Штучний інтелект може допомогти розробникам досягти більшого рівня ефективності, ніж раніше. Однак, незважаючи на численні переваги сучасних рішень, існують також значні обмеження, особливо в критично важливих випадках, які включають реальні завдання, пов'язані з узгодженням зовнішніх джерел даних. Отже, потрібно розглядати як переваги штучного інтелекту при проектуванні інтегральних схем, включаючи автоматизацію, оптимізацію та зменшення помилок, так і проблеми, що обмежують його ефективність у певних складних додатках.

Перспективи ІТ і ШІ в розробці ІС

ШІ виявився таким собі «конвеєром Форда» в схемотехніці завдяки його здатності зменшувати ручну працю та підвищувати продуктивність. Завдяки автоматизації завдань, таких як створення макета, розміщення компонентів, маршрутизація та розробка схем, інструменти на основі ШІ дозволяють платформам EDA прискорити цикл проектування.

Робочі процеси, оптимізовані за допомогою штучного інтелекту, дозволяють інженерам переходити від моделювання до перевірки та забезпечення відповідності вимогам з більшою точністю. Програмне забезпечення моделює швидкі цифрові з'єднання, використовуючи наскрізні моделі компонентів та вимірювання, що відповідають стандартам, створюючи точний цифровий двійник для складних мікроелектронних конструкцій.

Там, де традиційні методи можуть вимагати значного часу для завершення кожної ітерації проекту, штучний інтелект дозволяє інженерам швидко генерувати кілька варіантів для порівняння, оптимізації та перевірки, що призводить до швидших ітеративних процесів проектування. Ця швидкість має вирішальне значення в динамічному світі напівпровідників та електроніки, де нова технологія має швидко виходити на ринок, щоб підтримувати конкурентну перевагу.

Що стосується оптимізації продуктивності, штучний інтелект може аналізувати та узгоджувати численні параметри схем, такі як енергоспоживання, цілісність сигналу, шумові та теплові характеристики, що є важливим для сучасних високопродуктивних схем. Моделі штучного інтелекту можуть оцінювати величезні обсяги задач проектування, визначаючи потенційні покращення ефективності чи результативності, які можуть бути неочевидними для людини.

Наприклад, досягти найкращого компромісу між низьким енергоспоживанням і високою тактовою частотою може бути складно через складний, взаємозалежний характер параметрів схеми. Однак моделі штучного інтелекту можуть обчислювати ці компроміси паралельно, пропонуючи конфігурації, які оптимізують декілька показників одночасно та допомагають розробникам будувати схеми, які досягають найкращої можливої продуктивності.

Подолання складнощів та зменшення людських помилок

Сучасні мікросхеми експоненціально зросли в складності, особливо з появою SoC і 3D-ІС дизайну, які включають в себе кілька функціональних можливостей в одній мікросхемі. Це зростання складності створює проблеми, які традиційні методи не можуть ефективно вирішити. Штучний інтелект, зокрема алгоритми машинного навчання, такі як глибоке навчання та навчання з підкріпленням, можуть аналізувати великі набори даних і знаходити оптимальні рішення серед складності дизайну ІС. Ці алгоритми відмінно справляються з ідентифікацією шаблонів, що робить штучний інтелект ідеальним інструментом для обробки величезних просторів проектування та дозволяє дизайнерам оптимізувати для тисяч потенційних конфігурацій.

Симуляції на основі штучного інтелекту також можуть пришвидшити процеси перевірки, які мають вирішальне значення для забезпечення правильного функціонування схеми перед її пуском у виробництво. Традиційне моделювання, яке перевіряє наявність несправностей або слабких місць у схемах, може зайняти багато часу, особливо якщо врахувати крайові випадки або рідкісні робочі умови.

Проте штучний інтелект може інтелектуально визначати пріоритетність зон високого ризику в рамках дизайну для тестування, що призводить до більш ефективного використання ресурсів моделювання та підвищення точності виявлення потенційних проблем. Зменшуючи ймовірність людської помилки на цих етапах, ШІ підвищує загальну надійність конструкції та допомагає забезпечити відповідність високопродуктивних схем суворим стандартам якості. Включення квантових алгоритмів та розгортання моделей машинного навчання може призвести до створення ефективніших систем, що дозволить штучному інтелекту вирішувати проблеми, які раніше вважалися занадто складними або ресурсоємними.

Проектування з урахуванням технологій

Окрім стандартного дизайну схеми, ШІ надає значні переваги для нових спеціалізованих технологій. Розробка нейроморфних чіпів, які імітують структуру людського мозку, або специфічних процесорів ШІ, які оптимізовано для таких завдань, як паралельна обробка, часто потребує підходів до проектування, які виходять за рамки традиційних методологій. Інструменти на основі штучного інтелекту можуть керувати цим рівнем складності, автоматизуючи дизайнерські рішення та пропонуючи нові рішення, адаптовані до цих спеціальних вимог. Методи проектування, керовані штучним інтелектом, також можуть бути цінними для квантових і фотонних схем, де принципи проектування все ще розвиваються, а традиційні методи можуть бути неспроможними впоратися з новими проблемами, які представляють ці нові технології.

Наприклад, у контексті спеціального апаратного забезпечення штучного інтелекту оптимізація для таких факторів, як висока пропускна здатність і енергоефективність, вимагає значних обчислювальних ресурсів і здатності досліджувати величезні простори проектування. Традиційним інструментам проектування може бути важко задовольнити ці вимоги, але штучний інтелект здатний симулювати та вдосконалювати проекти на основі зворотного зв'язку в реальному часі, пропонуючи конфігурації, які розробникам було б важко уявити.

Таким чином, штучний інтелект відкриває двері для розширених апаратних можливостей, які можуть підтримувати зростаючі обчислювальні вимоги самих додатків ШІ, сприяючи взаємовигідному циклу інновацій як у апаратному, так і в програмному забезпеченні.

Обмеження ШІ в критичних застосуваннях

Незважаючи на свій потенціал, штучний інтелект не позбавлений обмежень, особливо в додатках для критичних галузей, де надійність має першорядне значення. Наприклад, у завданнях калібрування датчика точність є важливою, і навіть невеликі відхилення можуть мати серйозні наслідки. Традиційні методи, які ґрунтуються на детермінованих алгоритмах і добре встановлених

фізичних моделях, пропонують точність, необхідну для критично важливих додатків, таких як аерокосмічна, автомобільна промисловість і охорона здоров'я. Моделі штучного інтелекту, навпаки, є імовірнісними за своєю природою, тобто вони можуть вносити невизначеності, які ставлять під загрозу надійність результатів. У галузях, де навіть незначна помилка калібрування може бути катастрофічною, часто надають перевагу узгодженості, запропонованій традиційними методами.

Крім того, калібрування часто вимагає роботи з рідкісними або жорсткими фізичними умовами, такими як екстремальні температури або тиск, для яких дані за своєю суттю обмежені. Алгоритми штучного інтелекту потребують даних, і без достатньої кількості навчальних даних їм важко робити точні прогнози.

У сенсорних програмах важко зібрати достатньо даних для цих крайніх випадків, а це означає, що модель на основі штучного інтелекту може погано узагальнюватись, що призведе до потенційно ненадійної роботи. Ці обмеження роблять ШІ менш придатним для завдань калібрування, де висока точність і надійність не підлягають обговоренню.

Проблеми з базами даних та їх розумінням

Одним із значних викликів штучного інтелекту є вимога до обширних високоякісних даних. Для багатьох завдань проектування схем збір цих даних може бути складним, особливо для нових технологій, де наявні дані проектування обмежені. Для ефективної роботи алгоритмів штучного інтелекту потрібні великі різноманітні набори даних, а без них їх продуктивність може значно погіршитися, обмежуючи потенціал штучного інтелекту щодо повної революції в дизайні схем.

Крім того, коли моделі штучного інтелекту створюють нові конфігурації схем, розробникам все одно потрібно перевірити ці конфігурації на відповідність реальним обмеженням, таким як технологічність або екологічні міркування, які штучний інтелект може не враховувати.

Крім того, природа «чорної скриньки» штучного інтелекту ускладнює інтерпретацію аргументів, що стоять за його рішеннями. Багатьом моделям ML, особливо архітектурам глибокого навчання, бракує прозорості в тому, як вони отримують конкретні результати. Ця відсутність пояснень особливо критична в галузях, які вимагають підзвітності та суворого дотримання нормативних вимог. У таких галузях, як охорона здоров'я, аерокосмічна промисловість і автомобілебудування, де прозорість дизайну є критичною для цілей безпеки та регулювання, непрозорість штучного інтелекту може стати суттєвою перешкодою для впровадження нових алгоритмів. Традиційні методи калібрування даних, навпаки, спираються на добре зрозумілі принципи, засновані на фізичних законах, що полегшує їх пояснення та обґрунтування.

Балансування ШІ з традиційними методами

Традиційні методи обробки сигналу та калібрування довели свою ефективність у багатьох сенсорних застосуваннях і мають досвід стабільності та надійності. Такі методи, як фільтрація, аналогові схеми та математичні виправлення, забезпечують добре оптимізовані рішення, які відповідають галузевим стандартам без додавання непотрібної складності.

Методи, керовані штучним інтелектом, хоча й багатообіцяючі, часто привносять додаткові рівні складності, які можуть не принести суттєвих переваг порівняно з усталеними методами. У програмах, які вимагають низького енергоспоживання, швидкої обробки або відповіді в режимі реального часу, обчислювальні вимоги ШІ можуть бути непрактичними. Традиційні підходи, які вже точно налаштовані для цих застосувань, у багатьох випадках залишаються більш практичними та ефективними.

Вимоги щодо стандартизації та сертифікації також віддають перевагу традиційним методам. У багатьох галузях промисловості дотримуються суворих стандартів калібрування датчиків і формування сигналу, які були ретельно перевірені та перевірені з часом. Моделі AI за своєю природою є більш динамічними та змінними, що може ускладнити процеси сертифікації та регулювання.

У цих випадках сильні сторони штучного інтелекту можуть бути найкраще реалізовані як доповнення до традиційних методів, особливо коли вони використовуються для допомоги в

областях проектування, які виграють від швидкої автоматизації, залишаючи критичні завдання калібрування перевіреною, детермінованим підходам.

Приклад застосування ШІ на практиці

Щоб вирішити проблеми проектування пристроїв, які створюються для підтримки дедалі складніших функцій, особливо штучного інтелекту, сам ШІ необхідно застосовувати на ранніх етапах процесу проектування.

Наприклад, Cadence використовує цей підхід з Voltus InsightAI, першою в галузі генеративною технологією штучного інтелекту, яка автоматично виявляє проблеми на ранніх етапах процесу проектування та вибирає й впроваджує ефективні методи для покращення дизайну. Voltus InsightAI – перший у галузі продукт EDA, який використовує штучний інтелект для ефективного прогнозування першопричин та вирішення проблем цілісності сигналу та живлення на етапі реалізації проекту, і повністю сумісний з повноцінним робочим процесом Cadence, щоб забезпечити коригування проекту з урахуванням часу та правил проектування (DRC). Voltus InsightAI інтегровано із системою впровадження Innovus від Cadence, що дозволяє розробникам значно зменшити споживання енергії, затримку, покращити цілісність сигналу та живлення, запобігти коротким замиканням та досягти потенційних переваг у щільності/якості, ефективно зменшуючи перевантажені сучасні мережі розподілу електроенергії (PDN). Однією з суттєвих проблем є цілісність живлення, яка стає все більш складною у вузлах передових технологій, оскільки розробники розміщують більше транзисторів у менших та щільніших просторах. Використовуючи Voltus InsightAI, розробники можуть використовувати внутрішній аналіз конструкції для покращення цілісності живлення на кристалі або чіплетах.

Деякі висновки

Штучний Інтелект вже сьогодні має значні перспективи для чергової революції в проектуванні інтегральних схем, що особливо помітно з точки зору автоматизації процесу розробки, оптимізації продуктивності та управління складністю. Однак, слід зауважити, що у програмах, які взаємодіють із реальними джерелами даних, наприклад датчиками, або вимагають виключної точності та надійності в транспортних, військових додатках, або аерокосмічної, енергетичної галузі, або охорони здоров'я, обмеження ШІ стають більш очевидними.

Проблеми, пов'язані з доступністю даних, їх розуміння та дотриманням нормативних вимог як проектування, так і технологічних норм виробництва, підкреслюють необхідність збалансованого підходу, який інтегрує ШІ з традиційними методами. Оскільки штучний інтелект продовжує розвиватися, він, ймовірно, відіграватиме дедалі більшу допоміжну роль, доповнюючи традиційні підходи до проектування інтегральних схем, залишаючись під наглядом людини. Таке збалансоване використання штучного інтелекту, використовуючи як його сильні сторони, так і надійність традиційних методів, обіцяє сформулювати майбутнє проектування інтегральних схем інноваційним і відповідальним способом.

Література

1. Payal Maida, Yogesh Patidar. Integration of Artificial Intelligence in Electronic Circuit Design for Enhanced Performance //International Journal of Engineering Applied Science and ManagementISSN (Online): 2582-6948Vol. 5 Issue 9, September 2024

2. Transforming IC design with agent-based artificial intelligence / Volodimir Karnaushenko, Ihor Shcherban, Ihor Bondarenko, Oksana Babychenko / VII Міжнародна науково-практична конференція «Теоретичні та прикладні аспекти розробки пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС». MC&FPGA-2025. 27 червня 2025 року, м. Харків, Україна.

3. Multi-Sense Sensing – A Path to Design Optimization / Volodimir Karnaushenko, Hennadii Bendeberia, Ihor Bondarenko, Oksana Babychenko / VII Міжнародна науково-практична конференція «Теоретичні та прикладні аспекти розробки пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС». MC&FPGA-2025. 27 червня 2025 року, м. Харків, Україна

4. <https://www.eetimes.com/ai-needs-new-breakthroughs-in-energy-efficient-computing/>

5. Moonita Limiany Prasetyo. Artificial intelligence in open innovation project management.// Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. Volume 11, Issue 1, March 2025, 100445.