

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТКОВОЇ РЕКОНФІГУРАЦІЇ ДЛЯ ПЛІС

Скорбатюк М.В.

e-mail: maksym.skorbatiuk@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., асистент Волох А.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МТС
м. Харків, Україна

Partial reconfiguration (PR) of field-programmable gate arrays (FPGAs) is a technology that enables dynamic modification of specific hardware logic components without interrupting the device's operation. This provides several advantages, such as increased resource utilization efficiency, reduced configuration time, adaptability to environmental changes, and lower external memory requirements. Despite the additional design requirements needed to implement PR in FPGA-based systems, this technology is becoming increasingly popular due to its unique capabilities.

Основною перевагою використання ПЛІС є можливість їх повторного перепрограмування. При цьому традиційним підходом до циклу редагування-компіляції-виправлення помилок є створення кожного разу повного файлу прошивки та його завантаження в ПЛІС. Часткова реконфігурація (partial reconfiguration, PR) ПЛІС використовує інший підхід, коли система проектується таким чином, щоб виконувалась модифікація однієї або декількох частин логіки ПЛІС, тоді як інші частини залишаються незмінними. Тобто цілісний проект ділиться на статичну частину, яка завантажуються в ПЛІС та завжди присутня в ній, та частину, яка може бути оперативно замінена та заново завантажена.

В незалежності часткова реконфігурація ПЛІС відбувається в момент завантаження чи під час виконання логіки, можна виділити такі її переваги:

- збільшення ефективної логічної щільності за рахунок часового мультиплексування апаратних ресурсів між взаємовиключними обчисленнями;
- зменшення часу реконфігурації, оскільки час прошивки ПЛІС прямопропорційно залежить від розміру файлу прошивки, що корисно в системах з жорсткими часовими обмеженнями;
- адаптивність до змінних умов, коли проект може бути побудований таким чином, щоб дозволити системі змінюватись в залежності від змін середовища, при цьому продовжуючи обробку даних;
- підтримка безперервного функціонування інтерфейсів, коли проект вимагає щоб взаємодія була постійно активна, навіть коли відбувається оновлення прошивки ПЛІС;
- зменшення зовнішнього обсягу пам'яті для зберігання прошивки ПЛІС, що, наприклад, актуально для вбудовуваних систем з обмеженнями щодо розміру, вартості та енергоспоживання.

Завдяки вказаним перевагам, підтримку PR в інструментах розробки запровадили всі провідні виробники ПЛІС. Але водночас з перевагами, використання PR має і свої обмеження. Для ефективного використання PR необхідне більш глибоке розуміння фізичної архітектури ПЛІС на низькому рівні, додатковий час на проектування системи з метою розділення проєкту на статичну та реконфігуровані області, а також правильне планування інтерфейсів взаємодії динамічно змінюваних частин програми зі статичною частиною. Незважаючи на такі обмеження, існують проєкти, які тільки виграють або робота яких заснована на використанні PR.

PR дозволяє реалізовувати адаптивні системи, які змінюють свою поведінку на апаратному рівні з метою підлаштування під зміну навколишніх умов. Прикладом може бути система обробки мережевих пакетів, в якій за рахунок використання PR можна на апаратному рівні динамічно змінювати протокол, який підтримує порт обладнання. Використання швидкої часткової зміни конфігурації ПЛІС в таких системах, порівняно з традиційними системами, робить їх більш компактними та енергоефективними, дозволяє швидко виконувати виправлення помилок в роботі існуючих чи оновлення до нових протоколів.

Гнучкість використання PR в ПЛІС також використовується в програмно-керованих радіо (software-defined radio, SDR) для адаптації схем модуляції, кодування, фільтрів та інших характеристик базового каналу з урахуванням вимоги низькоенергетичності таких рішень. Використання PR дозволяє адаптувати кожен характеристику окремо, а не мати окремі канали під окрему задачу. Іншим прикладом може бути використання PR в ПЛІС в автомобільній промисловості для систем допомоги водіям, коли виникає необхідність частих оновлень таких систем на протязі всього довгого життєвого циклу автомобіля.

PR в ПЛІС здобула значний розвиток за останні роки і знайшла застосування в широкому спектрі додатків. Хоча проектування систем з використанням PR вимагає додаткових зусиль від розробника, переваги які вона дає роблять її популярною в застосунках, які вимагають адаптації апаратної реалізації під зміну зовнішніх умов, або робота яких не повинна перериватися під час часткового оновлення системи на апаратному рівні.

Список використаних джерел:

1. Vivado Design Suite User Guide: Dynamic Function eXchange: веб-сайт. – URL: docs.amd.com/r/en-US/ug909-vivado-partial-reconfiguration/Introduction (дата звернення: 10.01.2025).
2. Koch D. Partial reconfiguration on FPGAs in practice – Tools and applications. // in Proc. ARCS. 2012. P. 1-12.
3. Kizheppatt V., Suhaib A. FPGA dynamic and partial reconfiguration: A survey of architectures, methods, and applications // ACM Computing Surveys (CSUR). 2018. P. 1–39.