

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ-НА-КРИСТАЛІ РАДІОЧАСТОТНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ SDR СИСТЕМ

Гетьман О.В., Кайденко М.М., Роскошний Д.В.
*Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: kkk610@ukrl.net*

USING RF SYSTEM-ON-CHIP IN THE DEVELOPMENT OF SDR SYSTEMS

The concept of SDR and the three primary architectures for implementing SDR has considered. The RFSoc devices are able to perform many of required functions in MIMO systems, beamforming, radio standards for mobile networks.

Програмно визначені радіосистеми (SDR) - це системи радіозв'язку, де компоненти, які традиційно впроваджуються в апаратне забезпечення (змішувачі, фільтри, підсилювачі, модулятори / демодулятори, детектори тощо), замість цього реалізуються за допомогою програмного забезпечення на персональному комп'ютері або за допомогою вбудованих систем, в яких обчислювальні елементи побудовані на сучасних пристроях обробки сигналів, таких як процесори загального призначення (GPP), цифрові сигнальні процесори (DSP), програмовані логічні інтегральні схеми (FPGA), системи-на-кристалі (SoC) та ін.[1]

Основна ідея використання пристроїв SDR полягає в тому, що одним або декількома аспектами функціональності радіопристрою можна керувати за допомогою програмного забезпечення.

Сьогодні не існує єдиної остаточної архітектури для SDR. Для створення систем SDR можна використовувати кілька різних варіантів побудови пристроїв, деякі з них наведено на рис 1 (а – реалізація на трьох пристроях, б – на двох, в – одночіпова реалізація).

Основними апаратними елементами SDR є:

- Антена(и)
- Фронтенд, що виконує функції формування сигналу, (включаючи підсилювачі та фільтри), аналогового змішування та перетворення даних за допомогою АЦП та ЦАП)
- Платформа(и) обробки

Вибір апаратних компонентів у SDR зазвичай залежить від функціональних критеріїв (таких параметрів, як несуча радіочастота, швидкості передачі даних і параметрів, що витікають з них), продуктивності та обмежень щодо вартості.

Іншим важливим фактором є кількість підтримуваних радіоканалів передачі та прийому.

Хоча можливо реалізувати SDR, використовуючи окремі компоненти для реалізації кожного з перерахованих вище елементів, все частіше з'являються інтегровані продукти, які поєднують деякі з вищезазначених функцій.

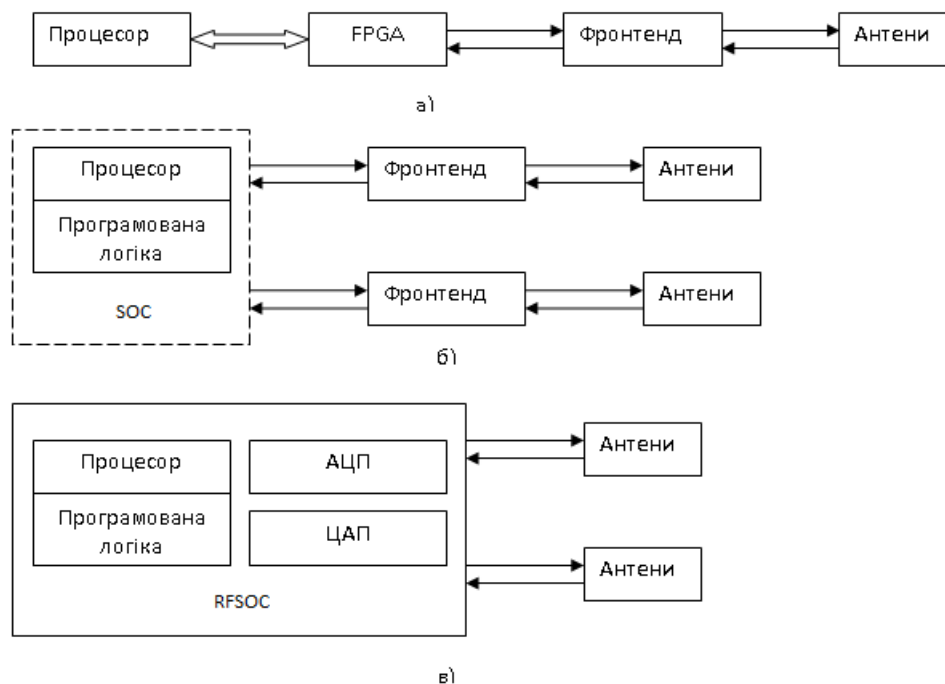


Рисунок 1. Варіанти побудови пристроїв SDR.

Одним з таких високоінтегрованих продуктів є новітні апаратні платформи – системи на кристалі для радіочастотних застосувань - RFSoc, які поєднують в собі конвертери даних із платформою обробки.

Більшість пристроїв RFSoc підтримують до 16 каналів передачі та прийому. Інтеграція такої великої кількості каналів на одному чіпі є потужним засобом для побудови різноманітних радіосистем. Багатоканальні можливості RFSoc можна використати для реалізації: систем із кількома входами та кількома виходами (MIMO), формування променя та радіосистем, які підтримують кілька різних стандартів одночасно.

MIMO — це техніка бездротового зв'язку, яка поширюється на конфігурацію Single Input Single Output (SISO), тобто один передавач і приймач, замість цього використовується кілька передавачів і приймачів.

Техніка MIMO використовує просторове рознесення, оскільки кожна з передавальних та приймальних антен займає різне положення в просторі, і тому компоненти сигналу проходять різні фізичні шляхи через радіоканал. Набори передавальних і приймальних антен зазвичай розташовуються в лінійних або двовимірних масивах, при цьому найпростіші системи MIMO включають два передавача і два приймача. Існує концепція «Massive MIMO», яка використовує значно більше антен. Системи Massive MIMO можуть використовувати до 64 антен [2].

Чим більша кількість антен, тим більший потенціал для використання просторового рознесення та, таким чином, покращення пропускної здатності через бездротове з'єднання.

Формування променю є ще одним прикладом системи, де потрібно кілька антен. Цю техніку використовують на передавачі, щоб електронно керувати напрямком випромінюваної енергії, і на приймачі, щоб електронно керувати чутливістю в бажаному напрямку. Також можна генерувати «нулі» в певних напрямках як засіб пом'якшення впливу перешкод.

Одна з головних переваг у цьому контексті полягає в тому, що напрямок променю можна динамічно змінювати за допомогою алгоритмів цифрової обробки без будь-якої необхідності фізично переміщувати антени. Подібно до MIMO, антени можна розташовувати в різних конфігураціях у фізичному просторі, і більша кількість антен передбачає більшу точність керування під час керування променем. Формування променю та MIMO також можна комбінувати, щоб направляти промені на конкретних абонентів у тривимірному просторі [3]. Ця техніка збільшує пропускну здатність стільникових мереж шляхом просторового повторного використання доступного радіоресурсу.

Як для додатків MIMO, так і для програм формування променю важливо, щоб канали були синхронізовані з однаковим опорним часом і частотою. У RFSoc це підтримується функцією Multi-Tile Synchronization, яка може синхронізувати канали в одному або на кількох пристроях [4], [5].

Крім систем з декількома антенами, багатоканальні властивості RFSoc також можна використовувати для підтримки кількох різних радіостандартів на одному чіпі. [6], [7]. Цей підхід можна порівняти з більш складною загальною системою або навіть реалізацією, яка вимагає кількох окремих пристроїв.

Література

1. Кайдено М.М., Роскошний Д.В. «Особливості застосування SYSTEM-ON-CHIP INTEL та XILINX при розробці SDR систем» // XV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2021 Збірник матеріалів конференції.К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.– с.183 - 185
2. T. L. Marzetta, "Massive MIMO: An Introduction," Bell Labs Technical Journal, vol. 20, pp. 11-22, March 2015
3. M. N. Hamdy, "Beamformers Explained," Commscope white paper, 2020. Available: <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/542044-beamformer-explained-wp-114491-en.pdf> <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/products/programmable/soc.html>
4. AMD, "Zynq UltraScale+ RFSoc RF Data Converter v2.6 Gen 1/2/3 Product Guide", April 2022. Available: https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/support/documents/ip_documentation/usp_rf_data_converter/v2_6/pg269-rf-data-converter.pdf
5. AMD, "Synchronization of Signal Processing in Multiple RF Data Converters Subsystems," XAPP1349 (v1.0), February 2022. Available: https://xilinx.eetrend.com/files/2022-03/wen_zhang_/100558157-244514-xapp1349-rfdc-subsystems.pdf
6. Microwave Journal, "AMD's Latest RFSoc Added to Evenstar O-RAN Reference Designs," 11th May 2022. Available: <https://www.microwavejournal.com/articles/38122-amds-latest-rfsoc-added-to-evenstar-o-ran-reference-designs>
7. S. S. Pereira, L. Almeida, A. S. R. Oliveira, N. B. Carvalho, and P. P. Monteiro, "Multi-band, Multi-technology Remote Unit (RU) Based on RFSoc", 50th European Microwave Conference, Utrecht, Netherlands, January 2021.