

РЕАЛІЗАЦІЯ УЗГОДЖЕНОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ ЛЧМ СИГНАЛІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ SDR ТРАНСИВЕРА НА БАЗІ SYSTEM-ON-CHIP

Кайденко М.М., Роскошний Д.В.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: kkk610@ukrl.net*

IMPLEMENTATION OF A MATCHED FILTER FOR LFM SIGNALS USING A SYSTEM-ON-CHIP BASED SDR TRANSCEIVER

The use of LFM signals in UAV communication channels is gaining more and more popularity. The main problem of using LFM for data transmission is the implementation of matched filters. The article deals with the implementation in FPGA of a matched filter for LFM signal based on Fourier transform

Програмно визначені радіосистеми (SDR) - це системи радіозв'язку, де компоненти, які традиційно впроваджуються в апаратне забезпечення замість цього реалізуються за допомогою вбудованих систем, в яких обчислювальні елементи побудовані на сучасних пристроях обробки сигналів, таких як цифрові сигнальні процесори (DSP), програмовані логічні інтегральні схеми (FPGA), системи-на-кристалі (System-on-Chip або SoC) та ін.

Основна ідея використання пристроїв SDR полягає в тому, що одним або декількома аспектами функціональності радіопристрою можна керувати за допомогою програмного забезпечення.[1-3]

Особливий інтерес викликає вивчення можливостей застосування технології SDR при побудові каналів зв'язку з безпілотними літальними апаратами (БПЛА), оскільки вона дозволяє лише програмним способом забезпечити баланс вимог до швидкості та надійності передачі даних на необхідну відстань.

Узагальнена схема побудови SDR трансивера з використанням технологій System-on-Chip та SDR наведена на рисунку 1.

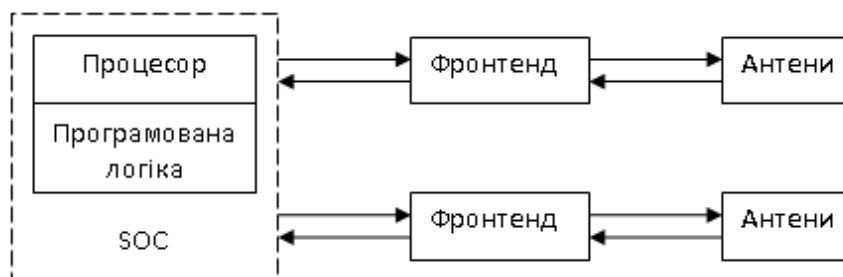


Рис. 1. Узагальнена схема побудови SDR трансивера.

При такому варіанті побудови трансивера фронтенд виконує функції формування сигналу (включаючи підсилювачі та фільтри), аналогового змішування та перетворення даних за допомогою АЦП та ЦАП, а безпосередня обробка сигналів виконується в системі на кристалі, до складу якої входять процесорний модуль та програмована логіка. Застосування такого підходу до побудови сучасних засобів зв'язку дозволяє суттєво розширити їх функціонал за рахунок можливостей цифрової обробки сигналів.

Останнім часом все більшої популярності набуває застосування ЛЧМ сигналів для передачі інформації, зокрема в каналах зв'язку БПЛА. Основною проблемою застосування ЛЧМ для передачі даних є реалізація узгоджених фільтрів. Це пов'язано з тим, що на сучасному етапі засоби зв'язку все більше “цифровізуються” і узгоджена фільтрація ЛЧМ сигналів здійснюється в цифровому вигляді на базі пристроїв ЦОС.

Узгоджена фільтрація є процесом виявлення відомого сигналу, спотвореного впливом шуму, тобто виконується операція кореляції між прийнятим сигналом та його відомим образом. На виході узгодженого фільтра ми отримуємо стиснений сигнал, тобто узгоджений фільтр використовується в якості фільтра стискання імпульсів, що забезпечує високе співвідношення сигнал/шум на його виході. Імпульсна характеристика узгодженого фільтра є оберненою в часі та спряженою копією образу переданого сигналу.

Одним з варіантів побудови узгоджених фільтрів є застосування прямого (ШПФ) та зворотного перетворення Фур'є (ЗШПФ). [5,6] В цьому випадку виконується перетворення Фур'є над сигналом та його образом (перехід з часової до частотної форми), після цього виконується перемноження Фур'є-образів та зворотне перетворення Фур'є (перехід з частотної до часової форми) цього добутку. Після цієї процедури при наявності в прийнятій суміші сигналу та шуму ми отримуємо короткий стиснений імпульс. Спрощена схема такого узгодженого фільтра наведена на рис 2.

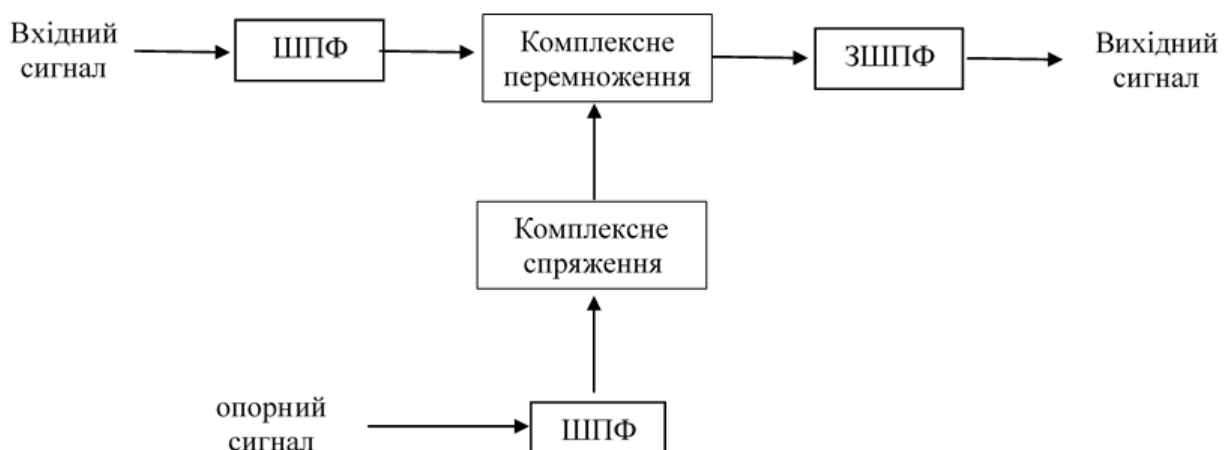


Рис. 2. Спрощена схема побудови узгодженого фільтра.

Дослідження узгодженого фільтра були проведені з використанням стенду, побудованого за схемою, що наведена на рис 1. В якості фронтенда використана мікросхема AD9361, система на кристалі – на базі Cyclone V SX SoC—5CSXFC6D6F31C6N. [7]

При проведенні досліджень використовувались IP – ядра зі складу пакету Quartus Prime.

IP – ядра були сконфігуровані для обчислення ШПФ в трьох режимах - 512, 1024 та 2048 точок, вхідні дані отримувались з 12-розрядних АЦП.

При використанні IP – ядер існує можливість конфігурування не тільки розрядності та довжини перетворення, а і способу обробки вхідних даних – різновиди потокової (streaming) та пакетної (burst). Використання потокової обробки в порівнянні з пакетною дозволяє досягнути більшої швидкості обробки даних.

Опорний ЛЧМ сигнал для проведення досліджень був сформований наступним чином. В пам'яті FPGA була сформована ROM, в яку при ініціалізації записується 512 відліків, які відповідають чверті періода синусоїди.

Інші відліки формуються шляхом зміни знаку та/або напрямку зчитування даних.

Результати імплементації узгодженого фільтра наведено в таблиці 1

Таблиця .1 Результати імплементації узгодженого фільтра.

Кількість точок	Затримка, тактів	Використано логічних елементів	Використано перемножувачів
512	1040	12645	18
1024	2064	14980	18
2048	4112	18690	36

Література

1. Markus Dillinger; Kambiz Madani; Nancy Alonistioti (2003). Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions. Wiley & Sons. p. xxxiii. ISBN 0-470-85164-3.
2. Software Defined Radio in Communications. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technologies. UKRMICO 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 560. Springer, Cham DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-16770-7_11 Print ISBN 978-3-030-16769-1, ISSN 1876-1100.
3. Кайдено М.М, Роскошний Д.В. «Архітектура та вибір компонентів для застосувань SDR» // XII Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2018 Збірник матеріалів конференції.К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.– с.205-208 ISSN (print) 2663-502X, ISSN (online) 2664-3057.
4. G. Turin, "An introduction to matched filters," in *IRE Transactions on Information Theory*, vol. 6, no. 3, pp. 311-329, June 1960, doi: 10.1109/TIT.1960.1057571.
5. L. Brigham, "The fast Fourier transform and its applications", Prentice Hall, 1988.
6. R.G. Lyons, "Understanding digital signal processing", Prentice Hall, 4th edition, 2010.
7. Altera, "Cyclone V Device Handbook, Volume 1", July 2014.