

Література

1. Масалов С.А. Решетка со сбоем периода в приборе для точного измерения диэлектрической проницаемости материалов / С.А. Масалов, Ю.К. Сиренко. Докл. 4-й Всес. конф. по методам и средствам измерений характеристик материалов на СВЧ. Новосибирск, 29-30 мая, 1979, с.57-59.
2. Шестопапов В.П. Дифракция волн на решетках / Шестопапов В.П., Литвиненко Л.Н, Масалов С.А, Сологуб В.Г.. – Харьков, Изд-во ХГУ, 1973 278с
3. Казанский В.Б.. Докт. дисс. ХГУ, Харьков, 1975.
4. Shestopalov V.P., Shcherbak V.V., Discontinuities in rectangular waveguides. Double strip obstacles // Radioengineering and Electronic Physics, **11**, 6, 1966, pp. 928-936
5. Щербак В.В. Вплив діелектрика на широкополосність “чистого” перетворення хвиль каскадом щілинних діафрагм / В.В. Щербак // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький. – № 2. – 2011. – С. 88-94.
6. Вращатель плоскости поляризации: А.с. 741721 СССР, МКИ Н 01 Р 1/165. / Полупанов В.Н., Яновский М.С., Князьков Б.Н. – № 2571695/18-09; Заявлено 18.01.78; Опубл. 30.03.86. Бюл. № 12.
7. Модель А.М. Фильтры СВЧ в радиорелейных системах. – М.: Связь, 1967. – 352 с.
8. Shestopalov V.P., Shcherbak V.V., Matrix operators in the diffraction problems. // Radiophysics and Quantum Electronics, Springer NY, **18**, 7, 1975, pp. 161-166.
9. Щербак В.В. Неоднородности в прямоугольных волноводах. Многослойные лент. препятствия / В.В. Щербак // Радиотехника, Изд-во ХГУ, 1967, вип. 4, С. 53-60.
10. Щербак В.В. Розв’язок задач дифракції хвиль на неоднорідностях з довільною кількістю стрічок та щілин на періоді / В.В. Щербак // ДАН УРСР, сер. А. – 1982. – № 12. – С.51÷54.
11. Щербак В.В. Многоэлементные диафрагмы в круглых волноводах / В.В. Щербак. Препр.ИРЭ НАНУ 1-96, Харьков, 1996. 16 С.
12. Шестопапов В.П. Волноводные неоднородности / Шестопапов В.П., Кириленко А.А., Рудь Л.А.. Киев: Наук.думка, -1986, 216 с.
13. Shestopalov V.P., Shcherbak V.V. Suppression mode coupling by multielement diaphragms // Techn. Physic Letters, **22**, 5, 1996, pp. 428-429

Надійшла до редакції
23.3.2012 р.

УДК 621.3

О.І. ПОЛКАРОВСЬКИХ, В.Є. ГАВРОНСЬКИЙ

Хмельницький національний університет

ТЕХНОЛОГІЯ SOFTWARE DEFINED RADIO ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

На підставі проаналізованої інформації зроблено висновки про доцільність розвитку технології **Software Defined Radio (SDR)** для розвитку сучасних телекомунікаційних технологій, що дозволить поставити на новий концептуальний рівень розробку та модернізацію радіоапаратури у нашій державі, а також дасть змогу змінити принципи виробництва сучасної радіоапаратури. Використання технології **SDR** дає можливість використовувати різноманітні телекомунікаційні протоколи на єдиній елементній базі, тим самим радикально здешевлюючи проектування, виробництво та економічну ефективність розробки та впровадження нових телекомунікаційних стандартів.

Based on the analyzed information on whether the conclusions of Technology Software Defined Radio (SDR) for the development of modern telecommunication technologies that will put a new conceptual level of development and modernization of radio in this country, and will help change the principles of modern radio equipment. Use of SDR enables the use of various telecommunications protocols for single components, thus radically drop cost of design, production and economic efficiency of the development and introduction of new telecommunication standards.

Ключові слова: **Software Defined Radio (SDR)**, радіозв’язок з програмованими параметрами компонентів, середня довжина вільного пробігу молекул, АЦП, ЦАП, прямий синтезатор частоти.

Вступ

У розвинених країнах світу активно ведуться розробки технології, що отримала загальну назву **Software Defined Radio (SDR)**, в українській мові ще не закріпився стійкий термін для цієї технології. Один з можливих перекладів, на думку авторів, це – радіозв’язок з програмованими параметрами компонентів (РППК).

Суть технології **SDR (РППК)** полягає у тому, що базові параметри приймально-передавальних пристроїв визначаються саме програмним забезпеченням, а не апаратною конфігурацією. Традиційні системи радіозв’язку підтримують, як правило, один тип сигналів, і не дозволяють приймати сигнали інших

видів (Приймач-передавач стандарту Wi-Fi не може працювати з апаратурою ZigBee, ...). Це є сильним обмеженням і ускладнює організацію радіозв'язку з різними типами радіоапаратури. Радикальним вирішенням проблеми сумісності апаратури різних типів є запропонована технологія РППК. У цій технології вид модуляції передавача визначається вбудованим мікроконтролером. Відповідно і приймач для демодуляції також використовує програмні засоби. У процесі використання SDR можливо суттєво спростити технічне забезпечення міжнародного роумінгу мобільних абонентів, забезпечити збільшення числа сервісів мобільного зв'язку, спростити побудову базових і абонентських пристроїв за рахунок високого ступеню інтеграції рішень на основі РППК [1].

Постановка завдання

Метою цієї роботи став пошук оптимальних шляхів розвитку технології SDR (РППК), огляд існуючих на сьогодні рішень у концепції цієї технології. Виявлення проблемних «вузлових точок» у технології і шляхів вирішення поставлених проблем.

Вирішення завдання

Технології цифрової обробки даних швидко розвиваються, завдяки чому вартість цифрових рішень постійно знижується. Надійність апаратури на основі таких рішень зростає. Тому цілком природною стала тенденція заміни аналогових блоків радіоапаратури на цифрові. Типова SDR архітектура представлена на рис. 1

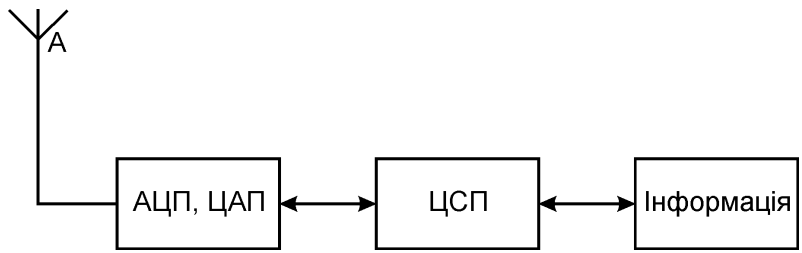


Рис. 1 Спрощена архітектура типового SDR (РППК). ЦСП- цифровий сигнальний процесор.

Вона містить блоки аналогово-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів, антену, кола обробки цифрових сигналів і інші допоміжні блоки. Як правило окрім цифрового сигнального процесора система містить мікроконтролер, який керує загальними функціями. Одним з найважливіших вузлів системи SDR є АЦП, який під'єднується до антени. Очевидно, що характеристики АЦП будуть визначати параметри пристрою загалом. А його параметри, відношення «сигнал-шум», розрізнявальна здатність, динамічний діапазон за відсутності паразитних складових та інші прямо визначатимуть якість роботи РППК. Іншим не менш важливим компонентом системи є цифровий сигнальний процесор (ЦСП). Саме він забезпечує гнучкість системи і використовується в основному для проведення розрахунків, необхідних для виконання алгоритмів обробки сигналів. ЦСП використовуються для детектування, корекції, демодуляції, синтезу частот та фільтрації каналів.

Однак на сьогодні, через велику вартість реалізації подібних систем та суттєвих технологічних обмежень у чистому виді система SDR, як вона представлена на рис. 1, не зустрічається. Але елементи SDR активно використовуються у військових системах.

Мобільні оператори зацікавлені у міграції цієї технології із військової сфери у цивільну. Активний розвиток стандартів телефонії 2G, 3G, 4G ставить проблему інвестування у перспективну інфраструктуру, ціна помилки тут дуже велика. Тому уже сьогодні велика кількість дослідних лабораторій дивляться в сторону РППК. Це зможе забезпечити незалежність конкретних операторів від змін стандартів, більш ефективно використовувати радіоспектр і споживати менше енергії від джерела живлення, перемикатись з одного стандарту зв'язку на інший у роумінгу... Мобільні термінали у технології РППК не будуть містити аналогових елементів, а сам мобільний термінал буде мати високий ступінь уніфікації.

Архітектура мобільного терміналу на основі РППК представлена на рис. 2.

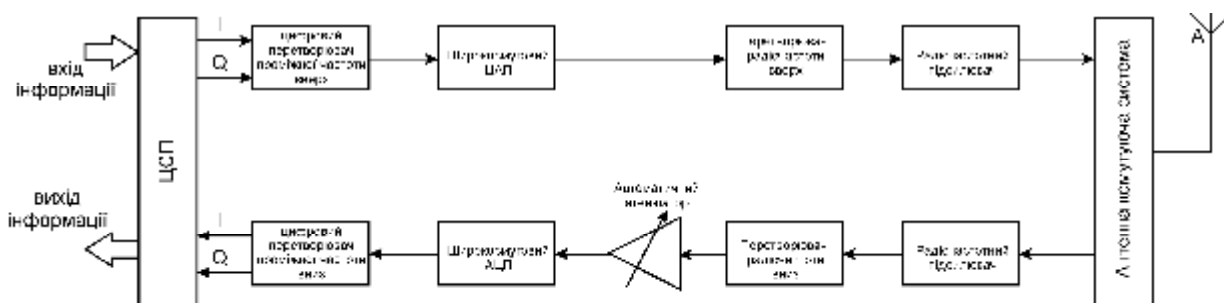


Рис. 2 Функціональна схема мобільного терміналу на базі технології SDR

Отже мобільний термінал на основі технології РППК містить в рази менше апаратного забезпечення ніж у традиційного мобільного телефону. Усі функції визначаються програмно, підтримується велика

кількість стандартів за умови використання одного приймача-передавача. Приймач має аналоговий вихідний, при цьому вихід ПЧ перетворюється у цифрову форму а потім обробляється у ЦСП. Вибір каналу здійснюється перемиканням цифрового фільтру у ЦСП. Найбільш критичними вузлами у цій схемі є: АЦП, ЦСП, фільтри та радіочастотні підсилювачі. АЦП є найбільш критичним елементом усієї системи (необхідно забезпечити його швидкісні параметри, розрізняльну здатність), проте він не може бути надто дорогим для умов масового застосування. На сьогоднішній день АЦП можуть забезпечувати роботу технології SDR лише на проміжній частоті.

Проте перспективним напрямком є розвиток технології на основі архітектури мобільного терміналу на основі РППК з прямим перетворенням представленої на рис. 3.

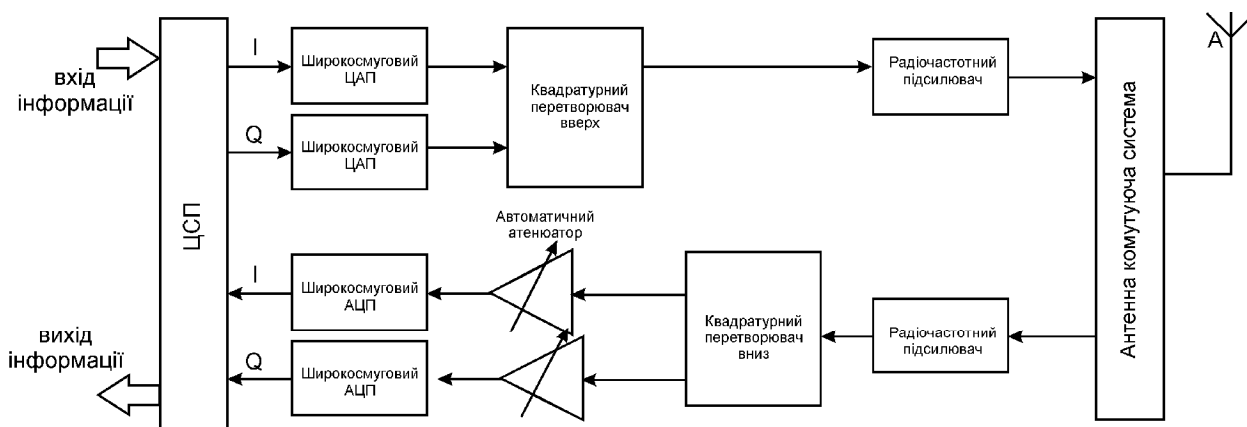


Рис. 3. Функціональна схема мобільного терміналу на базі технології SDR з прямим перетворенням

Ця архітектура містить аналогові блоки, що понижають радіочастотний сигнал напряму, пропускаючи етап проміжної частоти. Така архітектура дозволяє підтримувати більш широкий діапазон частот і смуг пропускання за рахунок прямого перетворення радіочастоти. Потім цей сигнал оцифровується високошвидкісним АЦП, а необхідний канал може бути обрано за допомогою під'єднання необхідного цифрового фільтру.

Яким же чином реалізуються концепції SDR провідними компаніями світу. Для прикладу розглянемо SFF фірми Lyrtech. (Див. рис. 4)



Рис. 4. Зовнішній вигляд платформи SFF фірми Lyrtech у технології SDR. [3].

Технологічна платформа для швидкого прототипування побудована на архітектурі DSP-FPGA. Її функціональні можливості наведено у таблиці 1.

Процедура розробки на базі платформи SDR фірми Lyrtech має наступний алгоритм: розробка програми у системі Matlab, Simulink, RealTime workshop, моделювання та симуляція роботи, генерація коду на мові Сі для цифрових сигнальних процесорів; Сигнальний генератор і оптимізований HDL для ПЛІС Virtex і Spartan; далі проект передається у Code Composer Studio фірми Texas Instruments, який прошиває необхідний алгоритм обробки радіосигналів.

Складність подібного підходу буде подолано із розвитком технологій програмування. Так на міжнародній конференції з твердо тільної електроніки ISSCC-2007 фірмою IMEC було представлено прототип мікросхеми широкосмугового SDR трансивера з кодовою назвою SCALDIO. Ця мікросхема має багато режимів програмування і може працювати з усіма поточними і майбутніми стандартами мобільного зв'язку, а також WLAN, WPAN, новітніми стандартами радіомовлення на будь якій частоті у діапазоні 174МГц до 6 ГГц. Мікросхема реалізована за CMOS технологією з напругою живлення 1.2 Вольта і споживанням 50-100 мА. Структура кристалу наведена на рис. 5.

Можливості системи SFF фірми Lyrtech у технології SDR

№	Апаратні особливості	Сфери застосування
1	<ul style="list-style-type: none"> - DM6446 DSP - Virtex-4 SX35 FPGA - MSP430 MCU for power management - Two, 125 MSPS ADCs - Two, 500 MSPS DACs - 0.2– 1.0 GHz, low-band RF - 1.6– 2.2 GHz, high-band RF - 2.5 GHz WiMAX - 128 MB DDR2 SDRAM - 128 MB NAND flash memory - Stereo audio codec (8 kHz to 48 kHz) - 10/100 Mbps Ethernet - Model-based design flow support 	<ul style="list-style-type: none"> - 802.11 (b, g, n) - 802.16 - GSM - WCDMA - TETRA - APCO - ZigBee - DVB-H - RFID - WiMAX - Bluetooth - Small form factor - Low-power/portable - Base transceiver stations - Software-defined radio - OFDM - ISM 2.4 - White-space devices - Cognitive radio - Mesh networking - Wi-Fi (b, g, n) - Long-term evolution (LTE) Digital communications - Small form factor/portable - Software-defined radio - DSP-FPGA-based prototyping - Model-based design flow training

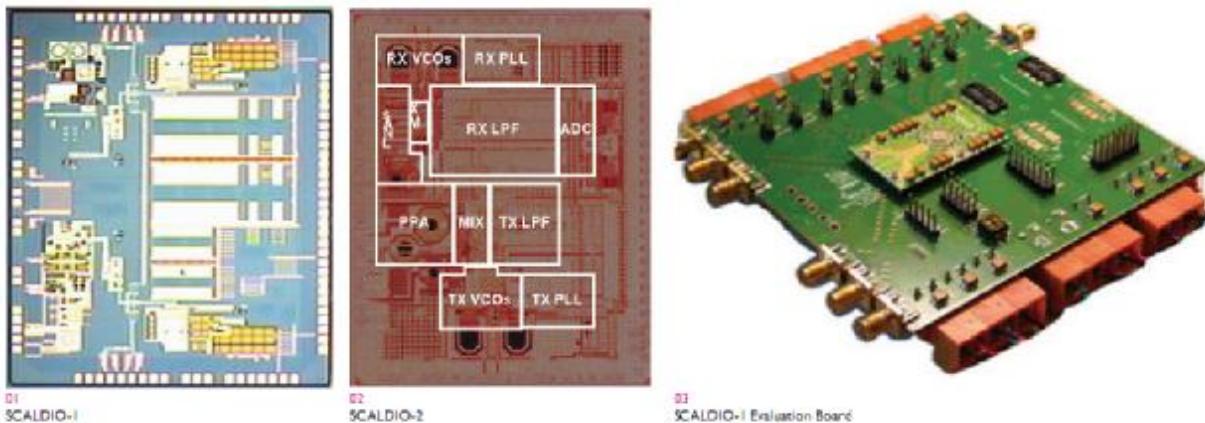


Рис. 5. Фото чіпів 2-х поколінь SDR системи фірми ІМЕС з кодовою назвою SCALDIO та вигляд її оціночної плати. [4].

Вхідні каскади SDR мають високий ступінь інтеграції, їх конструкції оптимізовані з точки зору економії простору і досягаються максимально низька вартість. Мікросхема виконана за технологією 40 нм, площа кристалу 5 мм². Кінцеві каскади SDR містять повністю програмований приймач прямого перетворення, передавач і два синтезатора частоти. Параметри кожного блоку можна регулювати у широкому діапазоні значень за допомогою цифрового керування. За допомогою наборів конфігурацій можна точно підналаштуватися під вимоги, що висуваються конкретним стандартом (частота несівної, ширина смуги, коефіцієнт шуму, лінійність, параметри фільтрації). Обмеження наведеного рішення є відносно вузька смуга пропускання 200кГц-40МГц, що накладає певні обмеження на стандарти що підтримуються. Виходом із цієї ситуації є застосування замість у вихідних каскадах замість технології ФАПЧ синтезаторів частоти на основі прямого перетворення частоти DDS. Застосування DDS у вихідних колах дозволить розширити застосування SDR у FHSS, DSSS, CSS. Проблеми та підходи до їх розв'язку пов'язані з таким застосування будуть проаналізовані у наступній статті.

Висновки

Проаналізовано науково-технічну літературу з питань побудови технології Software Defined Radio (Радіозв'язок з Програмованими Параметрами Компонентів РППК). Окреслено основні підходи до побудови

систем на основі технології РППК. Було показано, що складність побудови традиційних трансиверів набагато більша ніж у РППК, не кажучи про відсутність можливості гнучкої модифікації систем із появою нових стандартів.

При досить високій перспективності методів РППК є ряд проблем: висока вартість АЦП та ЦАП та цифрових сигнальних процесорів для систем РППК. У зв'язку з цим ставиться питання про створення більш дешевих компонентів, або перехід на більш низькі проміжні частоти.

На підставі проаналізованої інформації зроблено висновки про доцільність використання методів прямого цифрового синтезу у вихідних каскадах систем РППК замість систем на основі ФАПЧ.

Література

1. Силин А. Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ / Силин А. // Технологии и стандарты. – 2007. – № 2. – С. 22 – 27.
2. Designing With Confidence for Military SDR Production Applications/ Charlie Jenkins – San Jose.: Altera, 2007. – 120 с.
3. Software-Defined Radio. White Paper/ Wipro T. – Santa Clara.: Altera, 2002. – 75 с.
4. Software Defined Radio [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (80304 bytes). – N.Y.: , 2012. – Режим доступа: <http://www.sdrforum.org/pages/documentsLibrary/> 23.02.2012 14: 07: 02.

Надійшла до редакції
10.3.2012 р.

УДК 621.394.3

Д.В. ЛИСЕНКО, С.В. БЕХ, Ю.О. БАБІЙ

Хмельницький національний університет

ПОРІВНЯННЯ ПОКОЛІНЬ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 3G ТА 4G ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОГО ШЛЯХУ МІГРАЦІЇ GSM ОПЕРАТОРІВ НА НОВИЙ СТАНДАРТ

У статті розглядаються основні принципи та характеристики поколінь мобільного зв'язку 3G та 4G. Розглянуто шлях розвитку та визначаючи характеристики основних стандартів. Подано перелік основних переваг та недоліків.

The article deals with basic principles and characteristics of the mobile generations 3G and 4G. The ways of development and defining characteristics of the basic standards. Lists the main advantages and disadvantages.

Ключові слова: технологія 3G, технологія 4G, мобільний зв'язок, бездротові мережі.

Вступ

Телекомунікаційні мережі на сьогоднішній день є однією з галузей, що розвиваються найшвидше. Незважаючи на те, що мережі мобільного зв'язку у сучасному розумінні цього визначення з'явилися відносно недавно, декілька поколінь вже встигли змінити одне одного. У мобільному зв'язку зміна поколінь виражена набагато яскравіше ніж наприклад у індустрії персональних комп'ютерів чи іншої електронної техніки. У світі мобільного зв'язку все чітко: 1G – (перше покоління) – це аналоговий зв'язок (стандарт NMT). 2G – покоління цифрового зв'язку з комутацією каналів (стандарты GSM і CDMA). 3G – на ряду з комутацією каналів передбачає пакетну передачу даних (стандарт UMTS). 4G – покоління цифрового зв'язку яке повністю переходить на пакетну передачу інформації.

На сьогоднішній день стандарт GSM є найбільш розповсюдженим і займає 82 % світового ринку мобільного зв'язку. Багато країн оголосило про розгортання 3G мереж, проте ряд країн перейшов одразу до створення 4G мереж. Тому актуальним є питання доцільності переходу на стандарт 3G мереж чи відмови від нього на користь 4G.

Постановка задачі

Метою статті є наглядно продемонструвати принципи третього та четвертого покоління які стануть ключовими аргументами у виборі подальшого шляху еволюції та оптимізації мереж мобільного зв'язку.

Основна частина

Між поколіннями повинна бути якісна різниця як на технологічному рівні так і на рівні користувача. Свого часу перехід від технології зв'язку першого покоління до другого означав перехід до цифрових технологій на технічному рівні і до сервісів передачі даних на рівні користувача. Перехід до 3G означає можливість передачі даних на швидкостях що дозволяють дивитися відео, що є якісно новим кроком.

Технологічно він ґрунтується на прориві у створенні мало споживаючих мікроелектронних засобів обробки сигналів – таких як цифрових так і аналогових (наприклад, високочастотні маломощні підсилювачі, напівпровідникові прилади на основі GaAs та інших широкозонних напівпровідникових матеріалів). Мікроелектронні технології глибоко субмікронного рівня (65-45 нм і нижче) це ні що інше, як зниження енергоспоживання і збільшення функціональності на необхідний рівень.