

УДК 004.382

## МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПЛІС СИСТЕМИ ЗБОРУ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

К. т. н. В. С. Глухов<sup>1</sup>, к. т. н. А. А. Лукенюк<sup>2</sup>, С. Г. Шендерук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,

<sup>2</sup>Львівський центр Інституту космічних досліджень НАН та ДКА України

Україна, м. Львів

valeriygl@ukr.net

*Розглянуто структуру програмного стенду (testbench) для моделювання роботи ПЛІС системи збору наукової інформації на борту космічних апаратів (СЗНІ), яка є розвитком СЗНІ супутника «Січ-2». До комплексу ПЛІС СЗНІ входять ПЛІС центрального блоку, ПЛІС периферійних пристроїв, ПЛІС контрольно-перевірочної апаратури. Стенд забезпечує моделювання обмінів каналами SciWay, CAN, RS та через радіоканал.*

*Ключові слова:* СЗНІ, програмний стенд, ПЛІС.

Одним з напрямків космічної діяльності в Україні є розвиток технологій для проведення наукових досліджень. У 2011 році було запущено український супутник «Січ-2» [1], на борту якого була створена система збору та оброблення наукової інформації (СЗНІ) [2, 3], яка виконує наступні задачі:

- управління науковими приладами та приймання інформації від наукових приладів;
- приймання масивів даних та команд, що поступають від бортового цифрового обчислювального комплексу;
- збирання та оброблення інформації за прийнятими командами або за наперед заданими програмами;
- накопичення та збереження накопиченої інформації;
- прив'язка наукової інформації до астрономічного часу, даних навігації, орієнтації супутника та інших анотаційних даних;
- формування та кодування вихідного потоку цифрових даних для передачі їх на наземні пункти приймання інформації;
- передача даних в бортову апаратуру радіолінії;
- видача даних давачів та цифрової телеметрії.

В основу побудови СЗНІ покладено принцип системи з розподіленими обчислювальними параметрами. Вона складається з центрального блоку (ЦБ) та периферійних процесорних мікромодулів (ПМ). Одними з основних елементів при побудові СЗНІ були ПЛІС [4—6], використання яких дозволило забезпечити реконфігурованість СЗНІ, зменшити її габаритні показники.

Аналіз результатів використання даної СЗНІ дозволив сформулювати вимоги до нової перспективної СЗНІ, на ПЛІС якої було покладено виконання додаткових функцій, а саме забезпечення обміну каналом CAN та робота з динамічним ОЗП. Для центрального блоку додатковими функціями є ще робота з радіолінією та каналами RS. Для забезпечення надійної роботи СЗНІ необхідно моделювання її роботи, для чого необхідно розробити програмний стенд (testbench), до складу якого входять моделі усіх ПЛІС нової СЗНІ. Даний програмний стенд повинен дозволяти комплексне моделювання роботи усіх ПЛІС та інтерфейсів, які утворюють СЗНІ і її контрольно-перевірочну апаратуру (КПА).

Одним з найскладніших елементів програмного стенду є модель ПМ, який може вбудовуватись в склад приладів. Обчислювальні потужності ПМ достатні для використання його в якості центрального процесорного модуля для широкого класу приладів. Стикування ПМ з рештою схем цих приладів виконується відповідним репрограмуванням прошивки ПЛІС мікромодуля, тобто існує декілька варіантів виконання ПМ. Для забезпечення інформаційного зв'язку периферійного процесорного мікромодуля з центральним блоком СЗНІ ПМ використовує уніфікований інтерфейс SciWay [7], спеціально розроблений для стикування з центральним блоком СЗНІ. На рис. 1 наведено зовнішній вигляд резервованого ПМ.



Рис. 1. Зовнішній вигляд резервованого ПМ

Структурні схеми ПЛІС периферійного модуля та ПЛІС центрального блоку СЗНІ наведені на рис. 2 та 3 відповідно. Результати імплементації ПЛІС периферійного модуля та центрального блоку містить таблиця.

Результати імплементації ПЛІС

Параметр	ПМ	ЦБ
ПЛІС	xc6slx45	xc6slx150
Корпус	csg324	fgg676
Швидкодія	-3	-3
Кількість синхронних каналів SciWay	1	4
Частоти синхронного каналу SciWay, МГц	120/240	125/250
Кількість контролерів CAN	1	4
Частота CAN, МГц	20	20
Системна шина мікроконтролера, біт	16	32
Частота мікроконтролера, МГц	24	31,25
Частота радіоканалу, МГц	немає	1 ... 160
Кількість задіяних слайсів ПЛІС	1189 (17%)	7758 (33%)
Кількість задіяних контактів ПЛІС	105	274
Кількість блоків RAMB 16-бітних	6 (5%)	21 (7%)
Кількість блоків RAMB 8-бітних	1 (1%)	4 (1%),
Кількість DRAM (частота DRAM, МГц)	1 (192)	2 (200)
Споживана потужність, загальна (на кристалі), мВт	913 (701)	3435 (2997)
Джиттер синхронного каналу, пс	200	200
Температура кристалу ПЛІС, °С	40,8	68,2
Струм джерела Vccint 1,2 В, мА	198 / 173 / 25*	1107 / 900 / 207*
Струм джерела Vccaux 3,3 В, мА	90 / 42 / 48*	139 / 68 / 71*
Струм джерела Vcco33 3,3 В, мА	33 / 31 / 2*	292 / 272 / 21*
Струм джерела Vcco18 1,8 В, мА	150 / 14 / 137*	380 / 94 / 286*

\*загальний / у динаміці / у статиці

Схема програмного стенда для їх відлагодження наведена на рис. 4. Моделі мікроконтролерів (\*) — неповні, описують тільки їх інтерфейсну частину, що дозволяє моделювати обміни системними шинами. При моделюванні роботи СЗНІ за допомогою розробленого програмного стенда можна змінювати конфігурацію СЗНІ, параметри і кількість вузлів, параметри і кількість інтерфейсів. Орієнтовно, за 1 с роботи програмного стенда моделюється 1 мкс роботи СЗНІ.

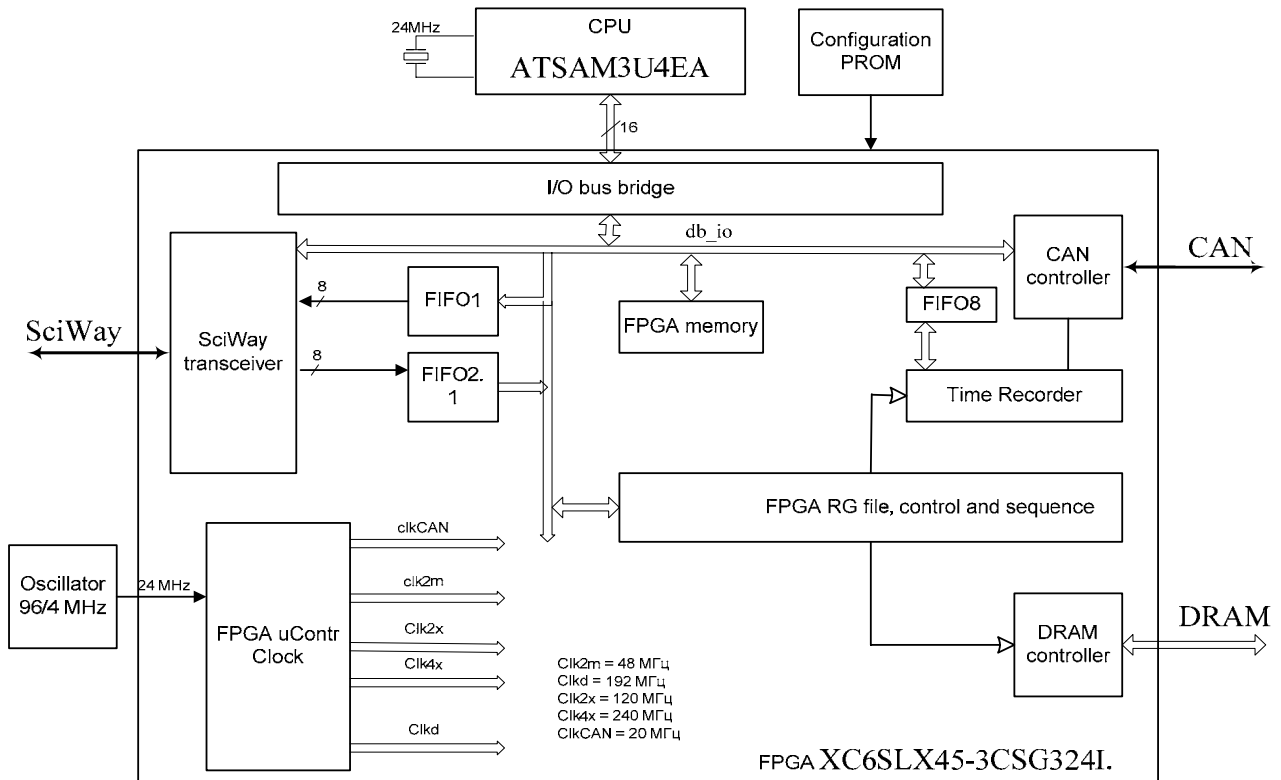


Рис. 2. ПЛІС периферійного модуля

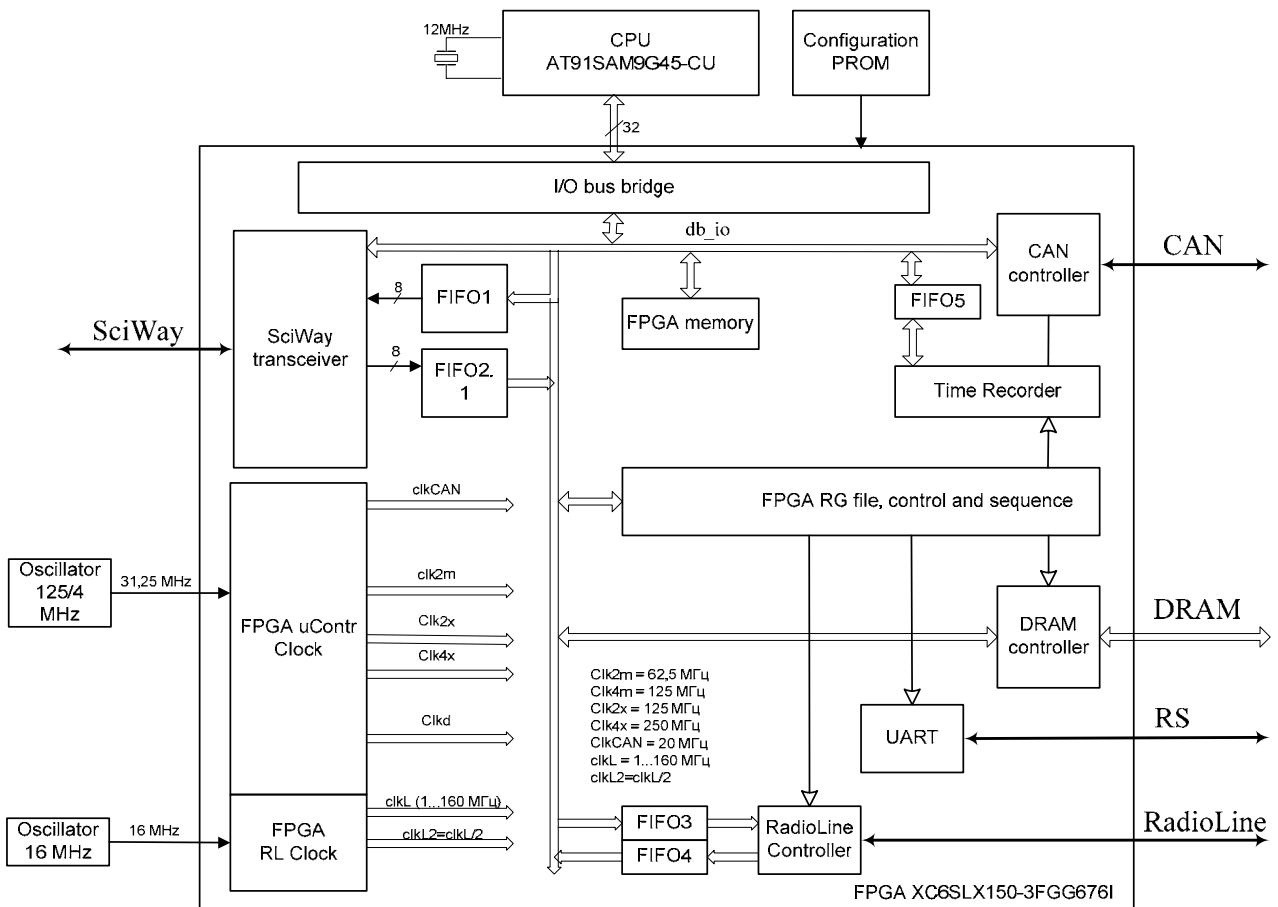


Рис. 3. ПЛІС центрального блоку

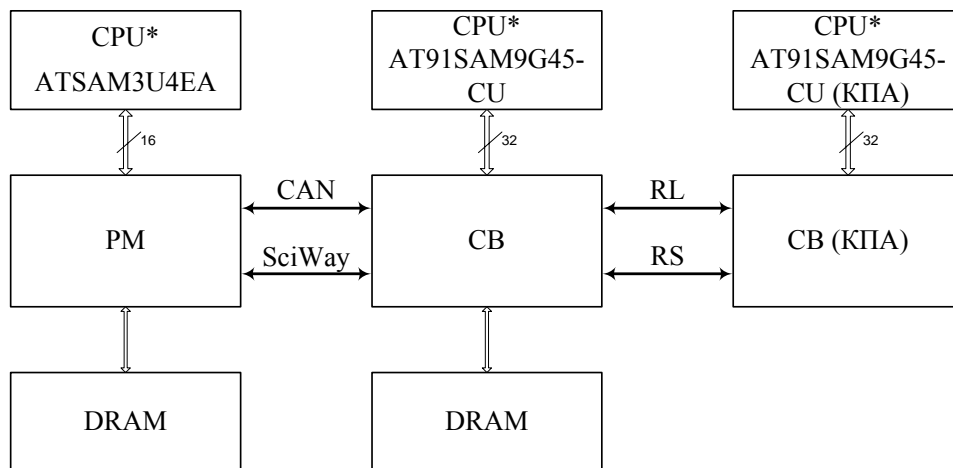


Рис. 4. Програмний стенд

Аналіз результатів використання СЗНІ супутника «Січ-2» дозволив сформулювати вимоги до нової перспективної СЗНІ, на ПЛІС якої було покладено виконання додаткових функцій. Для моделювання роботи СЗНІ було розроблено програмний стенд (testbench), до складу якого входять моделі усіх ПЛІС нової СЗНІ та її КПА. Даний програмний стенд дозволив провести комплексне моделювання роботи усіх ПЛІС та інтерфейсів, які утворюють СЗНІ, визначити їхні технічні характеристики.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Космічна система «Січ-2»: завдання та напрями використання — Київ: ДКАУ, 2011.
2. Лукенюк А. А., Шендерук С. Г. Принципи побудови бортової системи збору та обробки наукової інформації для космічних досліджень // Зб. доп. VI Міжнародної науково-технічної конференції «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки». — Україна, м. Київ.— 2007.— Ч. II.— С. 313—319.
3. Глухов В. С., Лукенюк А. А., Шендерук С.Г. Уніфікована бортова система збору і обробки інформації з наукової апаратури // Сб. тезисов Второй Украинской конференции по перспективным космическим исследованиям.— Кацивели, Крым.— 2002.— С. 68.
4. Глухов В. С., Лукенюк А. А., Шендерук С. Г. Спеціалізований контролер для системи збору наукової інформації супутника «Січ-2» // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Комп'ютерні системи та мережі».— 2011.— № 717.— С. 10—16.
5. Глухов В. С., Лукенюк А. А., Шендерук С. Г. Використання реконфігурованих елементів у бортових системах збору й обробки даних // Сб. тезисов Второй Украинской конференции по перспективным космическим исследованиям.— Кацивели, Крым.— 2002.— С. 67.
6. Глухов В., Лукенюк А., Шендерук С. НВІС системи збору наукової інформації супутника «Січ-2» // Матер. 5-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні комп'ютерні системи та мережі: розробка та використання» ACSN-2011.— Україна, м. Львів.— 2011.— С. 57—60.
7. Воськало В. І., Лукенюк А. А., Шендерук С. Г. Уніфікація інтерфейсів космічної апаратури з використанням технології LVDS // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Комп'ютерні системи та мережі».— 2006.— № 573.— С. 30—34.

V. S. Hlukhov, A. A. Lukenuk, S. G. Shenderuk

#### **Simulation of FPGA system for gathering scientific information.**

The paper describes advanced FPGAs for satellite scientific information collector and its test and evaluation system. Testbench structure for scientific information collector simulation and evaluation is proposed. Also advanced FPGA structures are proposed and their characteristics are evaluated.

Keywords: *collecting scientific information system, FPGA, testbench.*