

УДК 004.032.2

В.С. ГЛУХОВ<sup>1</sup>, 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

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФАЗУВАННЯ ДАНИХ В ІНТЕРФЕЙСІ СИСТЕМИ ЗБОРУ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

У статті пропонується метод синхронізації даних, які передаються через синхронний інтерфейс *SciWay* системи збору наукової інформації космічних апаратів. У цьому інтерфейсі для передачі даних використовується метод кодування, при якому синхроімпульси у відкритому вигляді не передаються. Для їх виділення в приймачах використовується додатковий комбінаційний вузол, який вносить додаткові затримки у роботу приймача. Це створює проблему синхронізації вхідних даних з внутрішніми синхроімпульсами приймача. У роботі пропонується використовувати відомий метод багатофазної синхронізації вхідних даних, вдосконалений з метою зменшення затримок, які вносяться вузлом виділення синхроімпульсів. У роботі пропонується схема синхронізатора, на якій визначені можливі місця розташування вузлів виділення синхроімпульсу.

**Ключові слова:** синхронний інтерфейс, *SciWay*, багатофазна синхронізація, *Data-Strobe*, виділення синхроімпульсів.

### Вступ

Останнім часом для космічних експериментів широко використовують нано- і мікросупутники, що викликано їхньою низькою вартістю та зацікавленістю в них багатьох навчальних закладів, комерційних структур та інших організацій. Підвищення ефективності космічних досліджень з використанням малих космічних апаратів (КА) пов'язано, передовсім, зі зменшенням їхнього енергоспоживання, масогабаритних характеристик та підвищенням достовірності отримуваних даних під час вимірювань параметрів космічного середовища, яке досягається мінімізацією впливу електромагнітних випромінювань КА на результати вимірювань. Досягненню зазначених характеристик також сприяє раціональне стикування бортової апаратури КА із використанням відповідних інтерфейсів.

До бортової апаратури КА входять системи забезпечення його функціонування та прилади, призначені для космічних досліджень. Нині бортова апаратура КА створюється великою кількістю організацій; вибір конкретних типів інтерфейсів апаратури визначається не тільки необхідністю забезпечення відповідних технічних характеристик, а й уподобаннями розробників. Використання різнотипних інтерфейсів апаратури при вирішенні питань її інформаційного стикування приводить до зайвих енергетичних, фінансових та апаратурних затрат. Окрім цього, ускладнення бортової апаратури приводить до зниження її надійності. Важливим компонентом КА є інтерфейси взає-

модії її основних компонент. У сучасних КА широко використовується ряд інтерфейсів, зокрема асинхронний *CAN*, швидкісний канал синхронного передавання даних, інтерфейс на базі диференціальних сигналів з малими напругами. Кожний із відомих інтерфейсів має як переваги, так і недоліки. Створення уніфікованого інтерфейсу, який максимально враховував би переваги відомих та мінімізував би їхні недоліки, є актуальною задачею при створенні КА.

Фрагменти уніфікованого інтерфейсу (швидкісний канал синхронного передавання даних) відпрацьовуються на супутнику «Січ-2», який був запущений 17 серпня 2011 р. Уніфікований інтерфейс є складовою частиною бортової системи збору та оброблення наукової інформації (СЗНІ) супутника «Січ-2», також він використаний у контрольно перевірочній апаратурі (КПА) для СЗНІ.

У статті описаний метод синхронізації даних, які передаються через синхронний канал інтерфейсу *SciWay*, а також заходи підвищення його надійності, які пропонується реалізувати у перспективній СЗНІ. У синхронному каналі використовується метод кодування *Data-Strobe*, коли синхроімпульси у відкритому вигляді не передаються. Для їх виділення в приймачах використовується комбінаційний вузол, який вносить додаткові затримки у роботу приймача. Це створює проблему синхронізації вхідних даних з внутрішніми синхроімпульсами приймача синхронного каналу. У роботі пропонується використовувати відомий метод багатофазної синхронізації вхідних даних,

вдосконалений з метою зменшення затримок, які вносяться вузлом виділення синхроімпульсів. Також використовуються можливості сучасної елементної бази. У роботі пропонується схема синхронізатора, на якій визначені місця розташування вузлів виділення синхроімпульсу, які забезпечують нечутливість приймача до вказаних затримок.

**Окреслення проблеми.** У сучасних космічних апаратах широко використовується ряд інтерфейсів, кожний із відомих інтерфейсів має як переваги, так і недоліки. Створення уніфікованого інтерфейсу, умовно названого *SciWay*, який максимально враховував би переваги відомих та мінімізував би їхні недоліки, є актуальною задачею при створенні КА. При цьому актуальною задачею також є забезпечення гарантоздатності уніфікованого інтерфейсу, забезпечення надійності передавання інформації, синхронізації процесу передачі інформації із процесами, що відбуваються в приймачах інформації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У сучасних космічних апаратах широко використовується ряд інтерфейсів, зокрема за стандартом MIL-STD-1553B (ГОСТ 26765.52-87) [1, 2], мережа *SpaceWire* [3] з *DS*-методом кодування даних (*Data-Strobe*), асинхронний CAN [4], за ГОСТ 18977-79 (Aginc429) [2], інтерфейс на базі диференціальних сигналів з малими напругами [5]. Підходи до створення уніфікованого інтерфейсу, умовно названого *SciWay*, який максимально враховував би переваги відомих та мінімізував би їхні недоліки, представлені у роботах [6 - 9]. Особливості контролерів синхронних каналів, які реалізують фрагменти інтерфейсу *SciWay*, наведені у роботі [10]. Метод багатофазної синхронізації вхідних даних описаний у роботі [11]. Особливості сучасних ПЛІС наведені у роботах [12, 13].

Метою статті є визначення методів надійної синхронізації закодованих *Data-Strobe*-методом даних та принципів роботи вхідного каскаду приймача інтерфейсу *SciWay* у складі перспективної системи збору наукової інформації космічних апаратів.

## 1. Інтерфейс *SciWay* та *DS*-кодування

В системі збору наукової інформації (СЗНІ) супутника Січ-2 для під'єднання периферійних пристроїв в рамках експерименту «Потенціал» використовуються контролери послідовних каналів на основі інтерфейсу *SciWay*.

Для зменшення розбіжностей у часі надходження даних та їхніх синхроімпульсів кодування у цьому інтерфейсі здійснюється методом *Data-Strobe (DS)* [3], особливості якого ілюструє рис. 1. Дані *D* при цьому передаються без змін, сигнал *S* змінює своє значення, якщо наступний біт даних повторює попередній. Для

вилучення синхроімпульсів *Clk* у приймачі необхідно виконати додаткову операцію  $Clk = D \text{ xor } S$ . Використання комбінаційного елемента XOR вносить додаткові затримки у тракт проходження синхроімпульсів, що зменшує надійність роботи приймача.

Data 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0

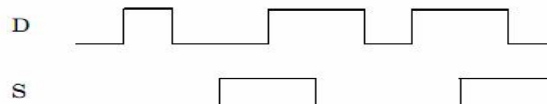


Рис. 1. Кодування за методом *Data-Strobe*

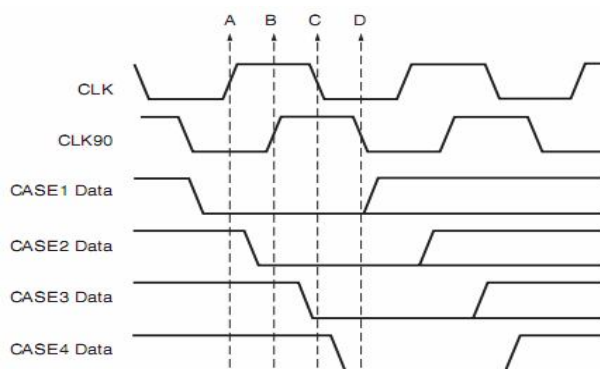


Рис. 2. Моменти фіксації даних

## 2. Багатофазна синхронізація

Відома технологія багатофазної синхронізації вхідних даних [11]. Вхідний сигнал фіксується у чотири моменти часу (A, B, C, D) із зсувом на  $90^\circ$  (рис. 2, рис. 3), стани яких поступово прив'язуються до нульової фази синхроімпульсів *CLK* приймача.

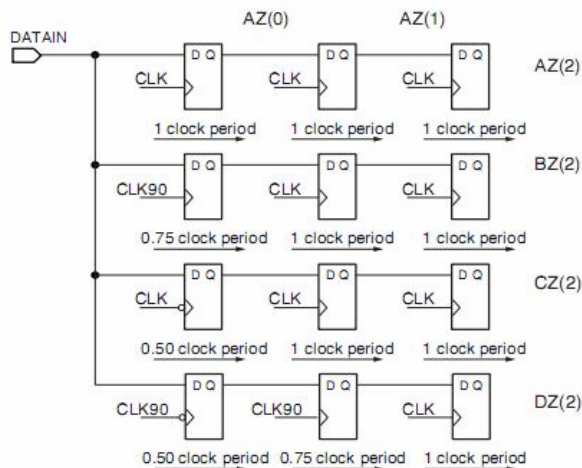


Рис. 3. Схема фіксації даних

За результатами фіксації визначається факти зміни значення вхідного сигналу (моменти надходження фронтів наростання P і спадання N) (рис. 4).

Вузол арбітражу визначає фазу синхроімпульсів, коли вперше була зафіксована зміна вхідного сигналу (рис. 6).



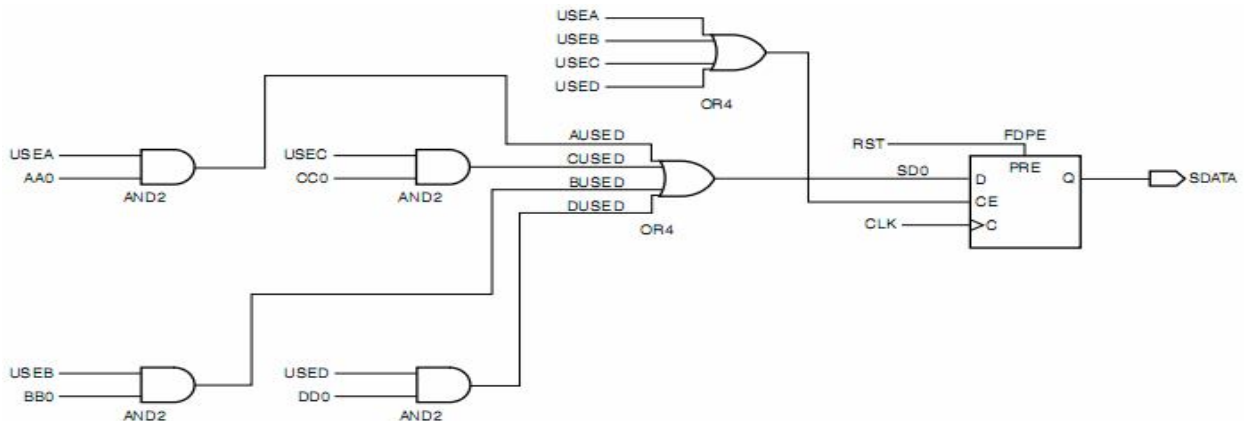


Рис. 6. Визначення фази

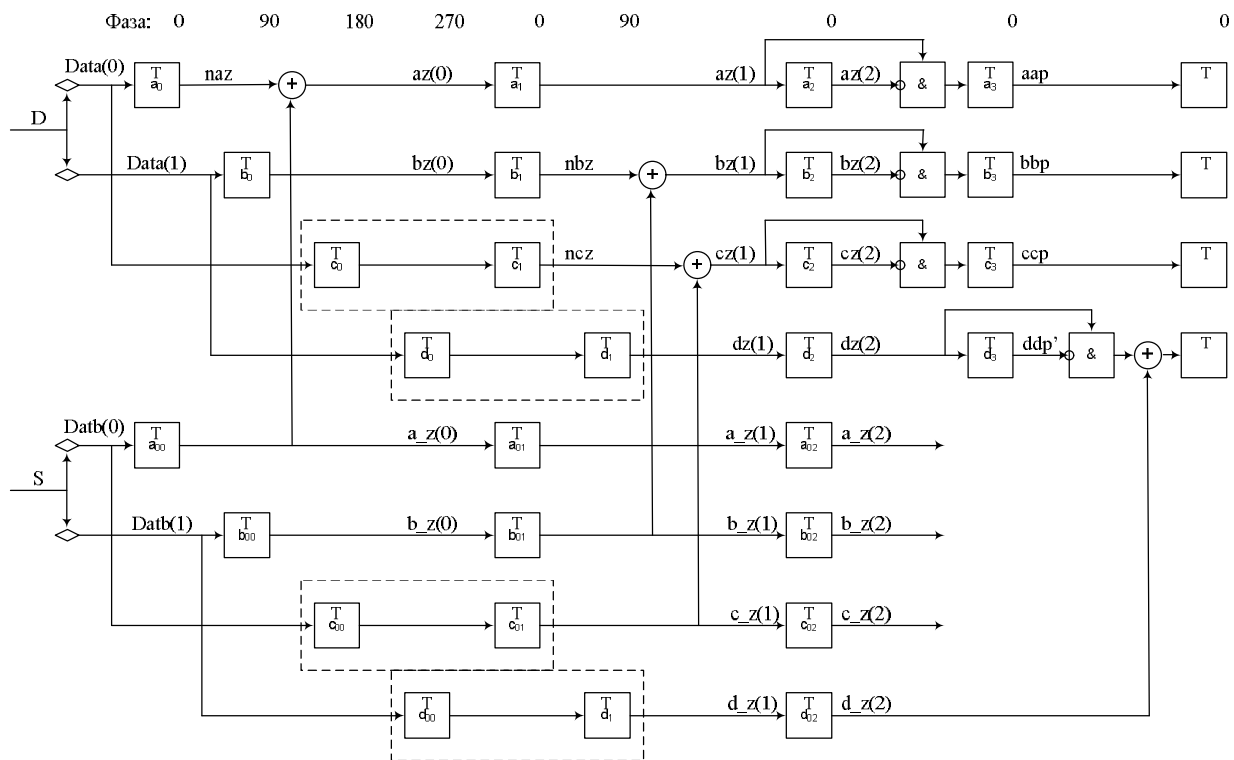


Рис. 7. Вхідний каскад приймача з виділенням синхроімпульсів

**Література**

1. Косткин, М. Концепция информационно-управляющей системы космического аппарата. [Текст] / М. Косткин, П. Поздняков, А. Попович // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2008. – № 4. – С. 87 – 90.

2. Тяпченко, Ю.А. Интегрированная СОИ космического корабля «Союз-ТМА» и пульт ручного контура управления Российского сегмента МКС «Альфа» (за материалами доповіді на МАКС-99) [Электронный ресурс] / Ю.А. Тяпченко. – Режим доступа: <http://www.astronaut.ru/bookcase/article/ar151.htm>. – 18.01.2012 г.

3. Space engineering. SpaceWire - Links, nodes, routers and networks. ECSS Secretariat ESA-ESTEC Requirements & Standards Division. Noordwijk, The Netherlands. 24 January 2003. ECSS-E-50-12A. ESA

Publications Division. ESTEC. Copyright 2003 E by the European Space Agency for the members of ECSS.

4. CAN Specification. Version 2.0. 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 30 02 40, D-70442 Stuttgart.

5. Гончаров, Ю. Интерфейс LVDS и его применение [Текст] / Ю. Гончаров // Компоненты и технологии. – 2011 – № 3, 4. – С. 45 – 51.

6. Лукенюк, А.А. Принципы побудови бортової системи збору та обробки наукової інформації для космічних досліджень [Текст] / А.А. Лукенюк, С.Г. Шендерук // VI Міжнародна науково-технічна конференція «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки». Збірник доповідей. Частина II. 26 – 27 квітня 2007 р. – Київ. – С. 313 – 319.

7. Воськало, В.І. Уніфікація інтерфейсів космічної апаратури з використанням технології LVDS. [Текст] / В.І. Воськало, А.А. Лукенюк, С.Г. Шенде-

рук. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка"; "Комп'ютерні системи та мережі". – 2005 – № 546. – С. 30 – 34.

8. Глухов, В.С. Використання реконфігурованих елементів у бортових системах збору й обробки даних. [Текст] / В.С. Глухов, А.А. Лукенюк, С.Г. Шендерук // Вторая Украинская конференция по перспективным космическим исследованиям: Сборник тезисов. – 2002 – Кацивели. – С. 67.

9. Глухов, В.С. Уніфікована бортова система збору і обробки інформації з наукової апаратури. [Текст] / В.С. Глухов, А.А. Лукенюк, С.Г. Шендерук // Вторая Украинская конференция по перспективным космическим исследованиям. Сборник тезисов. – 2002 – Кацивели. – С. 68.

10. Глухов, В. NBIC системи збору наукової інформації супутника «Січ-2». [Текст] / В. Глухов, А. Лукенюк, С. Шендерук // Матеріали 5-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні ком-

п'ютерні системи та мережі: розробка та використання» ACSN-2011, 29 вересня – 01 жовтня 2011. – Львів, 2011. – С. 57 – 60.

11. Sawyer, N. Data to Clock Phase Alignment. XAPP225 (v1.2) April 19, 2007. © 2002–2007 Xilinx. [Электронный ресурс] / N. Sawyer. – Режим доступа: [http://www.xilinx.com/support/documentation/application\\_notes/xapp225.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp225.pdf). – 5.02.2012 г.

12. XBLKNNM 361. Constraints Guide. ISE 8.1i. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cis.upenn.edu/~milom/cse372-Spring06/xilinx/cgd.pdf>. – 5.02.2012 г.

13. Xilinx Inc. Spartan-6 FPGA SelectIO Resources User Guide. UG381 (v1.4). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug381.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug381.pdf). – 5.02.2012 г.

Поступила в редакцию 5.02.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. кафедри СКС Р.Б. Дунець, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФАЗИРОВКИ ДАННЫХ В ИНТЕРФЕЙСЕ СИСТЕМЫ СБОРА НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

*В.С. Глухов, А.А. Лукенюк, С.Г. Шендерук*

В статье предлагается метод синхронизации данных, которые передаются через синхронный интерфейс Sciway бортовой аппаратуры космических аппаратов. В этом интерфейсе для передачи данных используется метод кодировки, при котором синхроимпульсы в открытом виде не передаются. Для их выделения в приемниках используется дополнительный комбинационный узел, который вносит дополнительные задержки в работу приемника. Это создает проблему синхронизации входных данных с внутренними синхроимпульсами приемника. В работе предлагается использовать известный метод многофазной синхронизации входных данных, усовершенствованный с целью уменьшения задержек, которые вносятся узлом выделения синхроимпульсов. В работе предлагается схема синхронизатора, на которой определены возможные места расположения узлов выделения синхроимпульсов.

**Ключевые слова:** синхронный интерфейс, Sciway, многофазная синхронизация, Data-strobe, выделение синхроимпульсов.

#### DATA TO CLOCK PHASE ALIGNMENT TECHNOLOGY IN SCIENTIFIC INFORMATION COLLECTING SYSTEM OF SPACE VEHICLE

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

The method of synchronization of information is offered in the article. Information is passed through the SciWay synchronous interface of space vehicle airborne equipment. The special code is used in this interface for data communication: clock pulses are not passed directly. an additional unit for clock selection is used in receivers. This unit brings in additional delays in work of receiver. It creates the problem for input data synchronization. Well known Data to Clock Phase Alignment method is suggested to use in this work. A method is improved with the purpose of delays diminishing. The synchronizer schematic is offered. Locations for clock selection units are defined on this drawing.

**Key words:** dependable system, information security, elliptic curve, Galois Field  $GF(2^m)$ , Gaussian normal basis of type 2, inverse element, parity check, concurrent error detection.

**Глухов Валерій Сергійович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електронних обчислювальних машин Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна, e-mail: [valeriygl@ukr.net](mailto:valeriygl@ukr.net).

**Лукенюк Адольф Антонович** – директор Львівського центру Інституту космічних досліджень НАН та ДКА України, Львів, Україна, e-mail: [luk@isr.lviv.ua](mailto:luk@isr.lviv.ua).

**Шендерук Сергій Григорович** – наук. співр. Львівського центру Інституту космічних досліджень НАН та ДКА України, Львів, Україна, e-mail: [shs@isr.lviv.ua](mailto:shs@isr.lviv.ua).