

## УНІФІКАЦІЯ ІНТЕРФЕЙСІВ КОСМІЧНОЇ АПАРАТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ LVDS

© Воськало В.І., Лукенюк А.А., Шендерук С.Г., 2005

**Запропоновано уніфікований інтерфейс для стикування бортової апаратури, побудований на фізичному рівні на основі технології LVDS (Low Voltage Differential Signaling). Описано його технічні характеристики.**

**Uniform interface for linking board equipment, constructed on physical level on basis of Low Voltage Differential Signaling Technology has been presented. Its technical characteristics are described.**

**Вступ.** Останнім часом для космічних експериментів широко використовують нано- і мікро- супутники, що викликано їхньою низькою вартістю та зацікавленістю в них багатьох навчальних закладів, комерційних структур та інших організацій. Деякі з цих організацій мають власні космічні програми [1]. 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.

**Аналіз відомих публікацій.** 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 взаємодії її основних компонент. У сучасних КА широко використовується ряд інтерфейсів, зокрема асинхронний CAN, швидкісний канал синхронного передавання даних, на базі диференційних сигналів з малими напругами [1–5]. 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.

**Постановка задачі.** Розробити уніфікований інтерфейс, який ґрунтувався б на перевагах відомих інтерфейсів та забезпечував би підвищення ефективності функціонування бортової апаратури і КА загалом. Розробляючи уніфікований інтерфейс доцільно врахувати такі характерні особливості КА, як наявність апаратури з широким діапазоном за швидкодією, зокрема апаратури з високою швидкодією, та значне перевищення швидкості знімання даних з апаратури порівняно з необхідною швидкістю передачі сигналів для її управління.

Уніфікація інтерфейсів космічної апаратури

Уніфікований інтерфейс, умовно названий SciWay (від “Scientific High Way”), побудовано на основі асинхронного CAN-інтерфейсу і швидкісного каналу синхронного передавання даних. Для керування пристроями, синхронізації процесів в різних пристроях і управління потоком даних використовується одна сигнальна лінія і CAN-протокол, який є базовим протоколом інтерфейсу SciWay [2, 3]. Основними з факторів, що забезпечили використання CAN- інтерфейсу в SciWay, є: висока надійність передачі інформації, забезпечення радіальної та мережевої топології побудови

розподілених систем, уникнення конфліктів доступу до мережі за допомогою побітного арбітражу шини, великий вибір та доступна ціна елементної бази різних виробників.

Швидкісна передача даних здійснюється по додатковому синхронному каналу, який містить дві сигнальні лінії – лінію даних і лінію тактових імпульсів. Швидкість передачі даних по синхронному каналу визначається передавачем інформації і може бути в діапазоні від 0,1 до 100 Мбіт/с. У разі відмови синхронного каналу передачі даних можна використати CAN-інтерфейс як резервний шлях для передавання даних.

Якщо швидкість передавання даних є низькою, SciWay може містити лише CAN-інтерфейс, який забезпечує обмін між пристроями зі швидкістю до 1 Мбіт/с.

Для передавання сигналів в інтерфейсі SciWay використовується стандарт EIA/TIA-899: багатоточкова передача диференціальних сигналів з малими напругами – M-LVDS (Multipoint Low Voltage Differential Signaling). Цей стандарт дає змогу об'єднати до 32-х пристроїв у мережу і досягати високих швидкостей передачі (до 500 Мбіт/с) за малих енергетичних затрат. Спосіб передачі сигналів – струмовий ( $\pm 11.3$  мА), типова вихідна диференціальна напруга передавача – 565 мВ [4, 5].

Для функціонування CAN-протоколу необхідно, щоб середовище передачі сигналу мало два стани – доміантний та рецесивний. У рецесивний стан лінія переходить тоді, коли всі передавачі видають рецесивний рівень сигналу. Якщо хоча б один передавач видає доміантний рівень сигналу, то лінія переходить у доміантний стан. Звичайне увімкнення драйверів M-LVDS не забезпечує рецесивного стану в лінії і не дає можливості використовувати CAN-протокол. Тому в інтерфейсі SciWay застосовують увімкнення передавачів M-LVDS за схемою “провідне АБО”.

Вхід передавачів жорстко прив'язаний до логічної ‘1’, а дані, що передаються, надходять на вхід управління драйвера (‘1’ вмикає передавач, ‘0’ – вимикає). При такому увімкненні доміантним станом є наявність струму в лінії (на виході приймача – ‘1’), а рецесивним – відсутність струму. Щоб на виході приймачів при рецесивному стані лінії був логічний ‘0’, приймачі повинні бути типу 2, у яких поріг перемикавання зміщений відносно 0 на +100 мВ.

На рис. 1, як приклад, наведено з'єднання пристроїв різної швидкодії з використанням інтерфейсу SciWay. Високі експлуатаційні та інформаційні параметри SciWay досягаються за рахунок запропонованого способу організації його роботи. Він полягає в тому, що передавання даних по синхронному каналу здійснюється окремими порціями (кадрами), які супроводжуються відповідними CAN-фреймами, що показано на рис. 2.

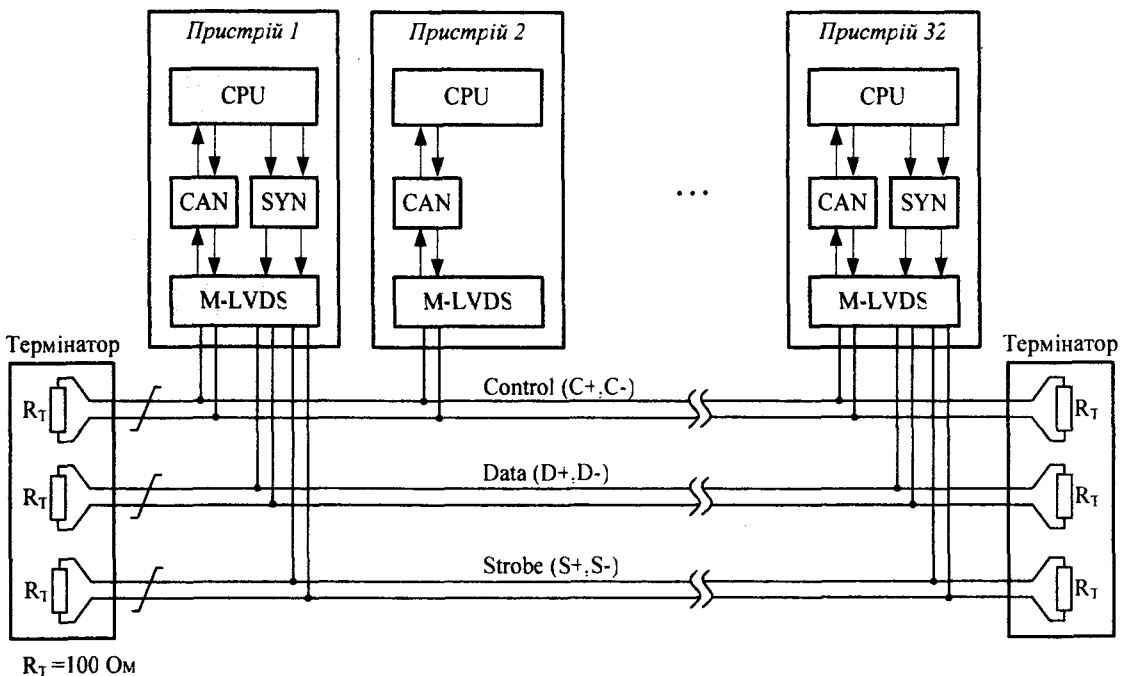


Рис. 1. Приклади з'єднання пристроїв різної швидкодії з використанням інтерфейсу SciWay

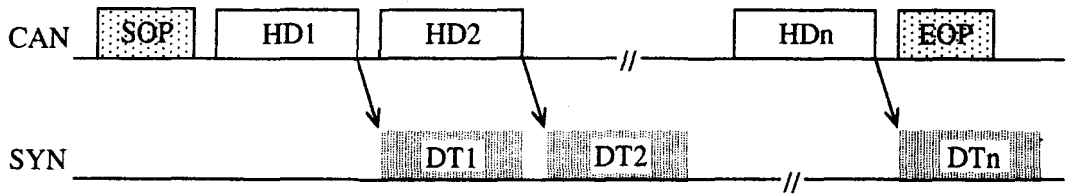


Рис. 2. Схема організації синхронної передачі даних

Конфлікти доступу до шини, при одночасній спробі передачі різними вузлами, вирішуються на рівні CAN- протоколу. Вузол, що успішно передав заголовковий фрейм, отримує право передачі кадру по синхронному каналу у наступному часовому слоті. Тривалість синхрокадру повинна бути як мінімум на 10 мікросекунд менша від тривалості CAN- фрейму.

Всі фрейми заголовків HD1...HDn мають фіксований розмір 8 байт і відповідно однакову тривалість для всіх вузлів. Отже, максимальна тривалість кадрів синхроканалу DT1...DTn визначається швидкістю передавання по CAN-протоколу і тим, який ідентифікатор повідомлення використовується – стандартний чи розширений [3]. В табл. 1 наведено максимальні тривалості кадрів синхронного каналу для різних швидкостей і типів CAN- фреймів.

Таблиця 1

Часові характеристики тривалості кадру синхронного каналу

Швидкість CAN, кбіт/с	Тривалість біта, мкс	Стандартний фрейм, мкс	Розширений фрейм, мкс
10	100	11090	13090
20	50	5540	6540
50	20	2210	2610
125	8	878	1038
250	4	434	514
500	2	212	252
800	1.25	128.75	153.75
1000	1	101	121

Формат одного кадру синхронного каналу показано на рис. 3. Перед блоком даних передаються два байта синхронізації SYN1 і SYN2. Вони дають змогу виконувати ресинхронізацію приймача на початку кожного кадру. У фазі синхронізації приймач шукає у бітовому потоці потрібні символи синхронізації, і, знайшовши їх, скидає бітовий лічильник і переходить до фази приймання.

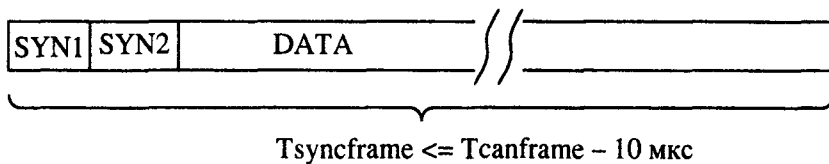


Рис. 3. Формат кадру синхронного каналу SciWay

Перехід від фази приймання знову до фази синхронізації відбувається, якщо у потоці бітів виникне пауза, тривалість якої перевищить 10 мкс (рис. 4).

Уніфікацію інтерфейсів космічної апаратури запропоновано також здійснити на рівні конструктивних елементів. Інформаційний кабель інтерфейсу повинен мати чотири індивідуально екрановані виті пари з хвильовим опором від 90 до 110 Ом і загальний екран. Три пари використовують як сигнальні, а одна призначена для подання живлення 5В, яка може бути використана для живлення усього пристрою, якщо його струм споживання не перевищує визначених

меж або використовуватись як сигнал увімкнення або вимкнення пристрою, який має власне джерело живлення. На кінцях кабеля встановлюють узгоджувальні термінатори – опори номіналом, що дорівнює хвильовому опору лінії.

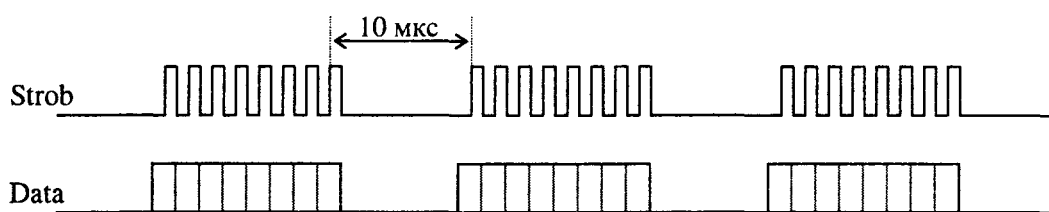


Рис. 4. Синхронна передача послідовності символів

В інтерфейсі SciWay використовують 9-контактний з'єднувач типу MIL-C-83513/Micro-D, який має малі розміри і масу. Конструкція з'єднувача, зокрема форма контактів, забезпечує високу надійність з'єднання. Вилка з'єднувача встановлюється на приладах, а розетка є кабельною частиною. Розподіл сигналів в з'єднувачі інтерфейсу SciWay та їхнє функціональне призначення наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Розподіл сигналів у з'єднувачі інтерфейсу SciWay

№	Сигнал	Функції
9	C+	Control: передача/приймання по CAN-протоколу
8	C-	
4	D+	Data: лінія даних синхронного каналу
5	D-	
1	S+	Strobe: лінія тактування синхронного каналу
2	S-	
6	+5V	Живлення +5В/500мА
7	GND	Загальний провід (сигнальна "земля")
3	ISHIELD	Внутрішні екрани сигнальних пар; підключаються тільки з одного кінця кабелю
-	OSHIELD	Загальний екран кабелю; підключається до металевого корпусу роз'єму

Використання технології LVDS в поєднанні з запропонованим способом організації передачі даних на основі CAN-інтерфейсу та швидкісного синхронного каналу дало змогу побудувати уніфікований інтерфейс, який забезпечує високі, підтверджені експериментально, характеристики та можливості:

- високу швидкість передачі даних – до 100 Мбіт/с на віддалі більше ніж 10 м при використанні синхронного каналу;
- єдиний фізичний рівень (роз'єми, кабелі, метод передачі сигналів);
- нескладне, малозатратне в апаратному та програмному аспектах, підключення приладів;
- можливість з'єднання приладів за шинною топологією;
- пріоритетний без колізій доступ до мережі з побітним арбітражем;
- можливість побудови систем з "холодним" резервом.

**Висновки.** Розроблений уніфікований інтерфейс має експериментально підтверджені інформаційні та експлуатаційні характеристики, забезпечує ефективне стикування бортової апаратури при розв'язанні широкого класу задач, що виникають при створенні малих КА і саме тому цей інтерфейс буде використано при побудові Українського молодіжного супутника УМС-1.

1. Surrey Space Centre. web: <http://www.ee.surrey.ac.uk/SSC>. 2. Карпенко Е. Возможности CAN-протокола // Современные технологии автоматизации. – 1998. – № 4. 3. Bosch Controller Area

УДК 681.3

В.С. Глухов, Р.В. Грица, М.В. Ногаль, Д.Я. Тиханський  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних обчислювальних машин

## НАДЛИШКОВІ МАСИВИ НЕЗАЛЕЖНОЇ ФЛЕШ-ПАМ'ЯТІ

© Глухов В.С., Грица Р.В., Ногаль М.В., Тиханський Д.Я., 2005

Описано застосування технології RAID для побудови завадостійкого нагромаджувача на базі флеш-пам'яті. Для забезпечення надійності використовують стандартний для флеш-пам'яті код Геммінга з виправленням однієї помилки в масиві. Також застосовують код Геммінга, що виправляє дві помилки у 16-розрядному слові.

Conception of redundant arrays of independent flash-memories (RAIFM, similar to RAID) for development of the error-controlled store is proposed. Hamming code that corrects one error in a file is used in RAIFM as well as in RAID. Additionally Hamming code that corrects two errors in 16 bits word of data is used.

**Вступ.** Характерною особливістю сучасних систем збирання та накопичення наукової інформації є великі обсяги інформації і надійність її збереження. Відоме вирішення цієї проблеми у вигляді надмірних масивів незалежних дисків (RAID) [1]. Але є системи, у яких використання дисків неможливе. Крім того, останнім часом широко використовують накопичувачі на основі NAND флеш-пам'яті [2]. Тому актуальним є розроблення систем, в яких поєднуються переваги RAID-технології і флеш-пам'яті. За аналогією такі системи можна назвати RAIFM – надлишковими масивами незалежної флеш-пам'яті. Також можливе вдосконалення технології RAIFM. Можливе коригування двох і більше помилок.

**Проблема.** Характерною особливістю сучасних систем збирання та накопичення наукової інформації є великі обсяги інформації і надійність збереження інформації. Відоме вирішення цієї проблеми у вигляді надлишкових масивів незалежних дисків (RAID) [1]. Але є системи, у яких застосування дисків неможливе [7]. Крім того, останнім часом широко використовують накопичувачі на основі NAND флеш-пам'яті [2]. Тому актуальною є розробка систем, у яких поєднуються переваги RAID-технології і флеш-пам'яті. За аналогією такі системи можна назвати RAIFM – надлишковими масивами незалежної флеш-пам'яті.

**Огляд RAID-систем.** В основі RAID технології лежить трактування набору масивів дисків як одного логічного диска. Дані розмазуються по дисках, надмірність використовують для збільшення швидкодії (одночасне звернення до кількох дисків) або надійності (для збереження контрольних розрядів кодів, що виправляють помилки).

Є декілька рівнів RAID.

RAID рівня 0 не містить надлишковості, тобто не повністю відповідає назві RAID. На рівні 0 дані розподіляють між дисками для підвищення швидкодії дискової пам'яті.

Надлишкової інформації немає, тому будь-яка помилка веде до втрати даних.

RAID рівня 1 передбачає використання надлишковості під час запису даних із дублюванням на два або більше дисків. Якщо будь-який диск псується, дані не втрачаються. Це найпростіший дизайн RAID масиву пам'яті.