

УДК [535.42:534.2]:004.222

О.В. Шевченко

Національний університет оборони України, Київ

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ОПИСУ ПРОЦЕСУ ОБРОБЛЕННЯ ОЦИФРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В АКУСТООПТИЧНОМУ ПРОЦЕСОРІ

Запропоновано підхід до опису процесу оброблення двійкових чисел у акустооптичному цифровому процесорі. Показано, що використання для побудови процесору даного типу властивостей акустооптичної взаємодії на кратних частотах дозволяє проводити обчислювальні операції у системі числення з основою чотири.

**Ключові слова:** акустооптичний процесор, кратні частоти, система числення, оцифрована інформація, процесорний елемент.

### Вступ

Збільшення обсягу завдань, що потребують виконання великої кількості обчислювальних операцій, для систем і військового, і цивільного призначення призводить до необхідності пошуку способів оброблення великих масивів оцифрованої інформації у стислий термін. Вирішення цієї проблеми знаходиться у площині оптимального використання ресурсів як обчислювальної мережі в цілому [1, 2], так і кожного процесорного елемента, що входить до складу даної мережі.

Розробленню процесорних елементів з підвищеною швидкістю, які ґрунтуються на нових фізичних принципах, а саме на використанні властивостей акустооптичної (АО) взаємодії, присвячений ряд робіт автора [3 – 5]. Особливістю АО процесорів, призначених для обробки оцифрованої інформації, є те, що на вході та виході цього пристрою значення сигналів описуються за допомогою двійкової системи числення. В той же час в області АО взаємодії, де відбувається дифракція світлового випромінювання на періодичних решітках, створених ультразвуковими хвилями (УЗХ), корисна інформація міститься в амплітуді високочастотного сигналу, промодульованого певною послідовністю прямокутних імпульсів. Таким чином у АО цифрових процесорах реалізується DMAC-алгоритм (Digital Multiplication by Analog Convolution – цифрове множення за допомогою аналогової згортки) [6].

Одним з основних шляхів створення АО процесорів з поліпшеними характеристиками в інтересах побудови функціональних елементів озброєння та військової техніки є розроблення схем АО взаємодії з використанням дифракції світла на двох УЗХ [7]. Реалізація DMAC-алгоритму в АО процесорі, що використовує властивості АО взаємодії на кратних частотах, має суттєві відмінності від класичного способу. Це потребує пошуку адекватного опису процесу оброблення двійкових чисел в АО процесорі даного типу.

Метою статті є розроблення підходу до опису процесу оброблення оцифрованої інформації в АО процесорі, що використовує двочастотний режим роботи АО комірки.

### Основний розділ

#### 1. Реалізація DMAC-алгоритму.

Класичний DMAC-алгоритм в АО цифровому процесорі (рис. 1) реалізується шляхом подання на систему з двох АО комірок (1) та (2) двійкових послідовностей, представлених у вигляді прямокутно модульованих високочастотних сигналів.

Комірки спроектовані таким чином, що сигнали розповсюджуються назустріч друг другу, починаючи з молодшого розряду двійкового числа. Світло, що продифрагувало на УЗХ в АО комітках (1) та (2) фокусується на фотодетекторі (3). Аналоговий сигнал на виході фотодетектору (3) являє собою результат додавання у вигляді змішаного коду, який в подальшому приводиться до двійкового шляхом порозрядного оцифровування і складання зі зсувом.

В загальному вигляді перемноження двох двійкових чисел в АО цифровому процесорі можна пояснити наступним прикладом:

$$\begin{array}{r}
 X \quad 1011 \quad (11)_{10} \\
 \quad 1101 \quad (13)_{10} \\
 \hline
 \quad 1011 \\
 \quad 0000 \\
 \quad 1011 \\
 \hline
 1011 \\
 \hline
 1113111 \\
 \hline
 10001111 \quad (143)_{10}
 \end{array} \quad (1)$$

Нижній рядок є добутком у стандартній двійковій формі, а проміжне число (1113111) – добуток, записаний у змішаній двійковій формі, отриманий у результаті згортки.

Якщо числа (1011) та (1101) трактувати як послідовність нулів та одиниць, то їх дискретна згортка дасть саме таку послідовність чисел.

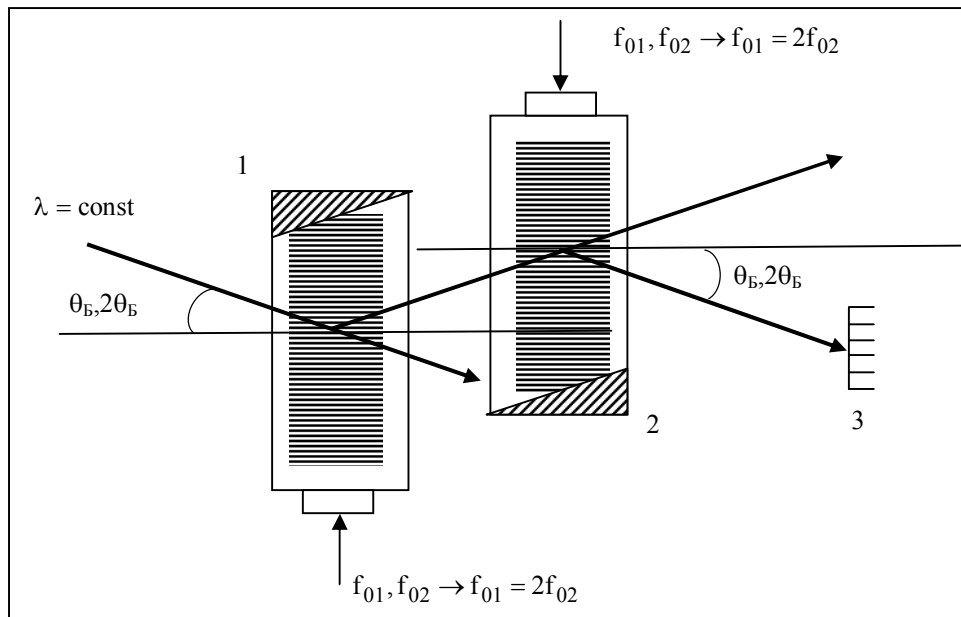


Рис. 1. До пояснення введення інформації в акустооптичний цифровий процесор

В свою чергу, в АО цифровому процесорі, у якому реалізований режим АО взаємодії на кратних частотах, світло дифрагує на УЗХ з частотами  $f_{01}$  та  $f_{02}$ , які співвідносяться як  $f_{01} = 2f_{02}$  (рис. 1). У цьому випадку для частоти  $f_{01}$  виконуються умови бреггівської дифракції першого, а для частоти  $f_{02}$  – другого порядку. Результируюча дифракційна картина, що спостерігається на фотодетекторі (3), представляє собою суперпозицію двох складових: першого порядку дифракції (частота  $f_{01}$ ) і другого порядку дифракції (частота  $f_{02}$ ).

В даному режимі роботи АО процесору на кожну АО комірку одночасно подається по два розряди двійкового числа.

Тобто  $n$ -розрядне двійкове число розбивається на  $n/2$  пар розрядів (двохрозрядних двійкових чисел). Інформація про значення молодшого в парі розряду міститься в УЗХ з частотою  $f_{02}$ , а старшого – в УЗХ з частотою  $f_{01}$ .

## 2. Перехід до системи числення з основою чотири

Будь-яке число у позиційній системі числення з основою  $M$  можна представити у вигляді:

$$\dot{A} = a_n M^n + a_{n-1} M^{n-1} + \dots + a_1 M + a_0, \quad (2)$$

де  $\dot{a}_n$  – перша цифра числа;

$\dot{a}_0$  – остання цифра.

Основою системи числення називається кількість різних символів (цифр), що використовуються в кожному розряді числа для його зображення в даній системі числення.

В АО комірни з режимом роботи на кратних частотах у кожний момент часу може виконуватись одна з чотирьох умов:

сигнали на частотах  $f_{01}$  та  $f_{02}$  відсутні (відповідає двохранрядному двійковому числу (00);

сигнал на частоті  $f_{01}$  відсутній, на частоті  $f_{02}$  – існує (відповідає двохранрядному двійковому числу (01);

сигнал на частоті  $f_{01}$  існує, на частоті  $f_{02}$  – відсутній (відповідає двохранрядному двійковому числу (10);

існують обидва сигнали на частотах  $f_{01}$  та  $f_{02}$  (відповідає двохранрядному двійковому числу (11).

Поставимо у відповідність кожній вищезазначеній умові символи (0, 1, 2, 3). Тоді результат множення за прикладом, наданим у виразі (1), можна записати у вигляді:

$$\begin{array}{r} \times 23 \quad (11)_{10} \\ 31 \quad (13)_{10} \\ \hline 23 \\ 69 \\ \hline 6(11)3 \\ 2033 \quad (143)_{10} \end{array} \quad (3)$$

Використовуючи формулу (2) для запису множеного, множника та добутку з виразу (3) отримуємо числа у системі числення з основою чотири.

Таким чином, у АО цифровому процесорі, що використовує властивості АО взаємодії на кратних частотах, операції множення та додавання описуються за допомогою системи числення з основою чотири.

Фізичний зміст даного твердження полягає в тому, що операція цифрового множення за допомогою аналогової згортки реалізується шляхом додавання світлових імпульсів, які продифрагували на різних ділянках ультразвукової решітки, що складається з окремих акустичних цугів, в детекторній площині АО процесору.

За рахунок використання режиму роботи АО комірки на кратних частотах зменшується кількість розрядів чисел, які приймають участь в обчислювальному процесі. Це, в свою чергу, призводить до зменшення загальної кількості еквівалентних операцій множення та додавання у АО цифровому процесорі.

Таким чином відбувається перенесення частини обчислювальних операцій в область взаємодії світла з УЗХ.

### Висновки

Запропоновано підхід до опису процесу оброблення двійкових чисел у АО цифровому процесорі.

Показано, що використання для побудови процесору даного типу властивостей АО взаємодії на кратних частотах фактично реалізує перехід від двійкової системи числення до системи числення з основою чотири.

Використання даного підходу дозволяє відобразити перенесення частини обчислювальних операцій з детекторної площини в область АО взаємодії в АО цифровому процесорі, що використовує дво-частотний режим роботи АО комірки.

### Список літератури

1. Жебель Ю.Ю. Прогнозирование нагрузки потока задач на GRID-ресурсы / Ю.Ю. Жебель, С.Н. Нечаусов, А.В. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2010. – Вип. 8(89). – С. 29-34.

2. Шевченко А.В. Метод оптимального распределения транзакций корпоративной сети / А.В. Шевченко, С.Н. Нечаусов // Системи обробки інформації. – 2010. – Вип. 9(90). – С. 123-126.

3. Шевченко А.В. Повышение быстродействия акустооптических цифровых процессоров путем применения брэгговских резонансов первого и второго порядков / А.В. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2002. – Вип. 1(17). – С. 114-118.

4. Шевченко А.В. Метод повышения быстродействия акустооптических цифровых процессоров технических средств навигации боевых систем и комплексов / А.В. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2007. – Вип. 4(62). – С. 124-126.

5. Шевченко О.В. Перспективи застосування властивостей дифракції світла на ультразвукових хвилях з кратними частотами при побудові функціональних елементів систем обробки інформації / О.В. Шевченко // Мат-ли першої міжнар. наук.-техн. конф. „Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку”, (Київ, 5 – 6 липня 2010 року). – К.: ДП „ЦНДІ НіУ”, 2010. – С. 50-51.

6. Guilfoyle P.S. Systolic acousto-optic binary convolver / P.S. Guilfoyle // Optical Engineering. – 1989. – V. 23, № 1. – P. 20-25.

7. Шевченко О.В. Перспективи використання властивостей акустооптичної взаємодії для побудови функціональних елементів озброєння та військової техніки / О.В. Шевченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ навігації та управління, 2011. – Вип. 1(17). – С. 202-204.

Надійшла до редколегії 11.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ОЦИФРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ В АКУСТООПТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ

А.В. Шевченко

Предложен подход к описанию процесса обработки двоичных чисел в акустооптическом цифровом процессоре. Показано, что использование для построения процессора данного типа свойств акустооптического взаимодействия на кратных частотах, позволяет проводить вычислительные операции в системе счисления с основанием четыре.

**Ключевые слова:** акустооптический процессор, кратные частоты, система счисления, оцифрованная информация, процессорный элемент.

### RATIONALE FOR THE APPROACH TO THE DESCRIPTION OF THE PROCESSING OF DIGITIZED INFORMATION IN THE ACOUSTO-OPTIC PROCESSOR

A.V. Shevchenko

The author has been offered the approach to the description of the processing of binary numbers in acousto-optic digital processor. Shown, that using properties of acousto-optic interaction on multiple frequencies for construction this processor, allows computing in the number system with base four.

**Keywords:** acousto-optic processor, multiple frequencies, number system, digitised information, processor element.