

факторного аналізу) що забезпечив би рівнозначне врахування метрик як з великими, так і з малими діапазонами.

Література

1. Липаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы / Липаев В.В. – М. : ТЕИС, 2006. – 608 с
2. Ковалевская Е.В. Материалы к курсу "Метрология, качество и сертификация ПО" / Ковалевская Е.В. – М. : Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2002. – 38 с.
3. Поморова О.В. Интеллектуальный метод оцінювання результатів проектування та прогнозування характеристик якості програмного забезпечення / О.В. Поморова, Т.О. Говорущенко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи – Харків : НАУ "ХАІ", 2010 – № 6. – С. 211–218
4. Поморова О.В. Оцінювання результатів проектування та прогнозування характеристик якості програмного забезпечення / О.В. Поморова, Т.О. Говорущенко, О.С. Онищук // Вісник Хмельницького національного університету – Хмельницький : ХНУ, 2011 – № 2. С. 168–178
5. Поморова О.В. Аналіз методів та засобів оцінки якості програмних систем // Радіоелектронні і комп'ютерні системи / О.В. Поморова, Т.О. Говорущенко. – Харків : НАУ "ХАІ", 2009 – № 6. – С. 148–158
6. Нежданов И. Критерии оценки информации (важность, точность, значимость) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.police-russia.ru/showthread.php?t=44683>
7. Значимость информации: определение <http://otvet.mail.ru/question/2703994>
8. Белик Т.В. Принципы формирования критериев эффективности [Электронный ресурс] / Белик Т.В. – Режим доступа : <http://lego.biuss.ru/paragraf/742>
9. Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения. Разработка сложных программных систем : [учебник для ВУЗов] / Орлов С.А. – СПб. : Питер, 2004. – 527 с.

Рецензент: д.т.н. Поморова О.В.
Надійшла 9.2.2012 р.

УДК 681.31

І.Б. АЛБАНСЬКИЙ, О.І. ВОЛИНСЬКИЙ
Інститут мікропроцесорних систем НАН України

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ МНОЖЕННЯ РЕАЛІЗОВАНИХ В РІЗНИХ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВИХ БАЗИСАХ

Викладені основи теоретико-числових базисів (ТЧБ), які використані для кодування, перетворення та цифрового опрацювання інформації. Класифіковані критерії оцінки системних характеристик цифрового пристрою множення (ЦПМ). Проведені дослідження системних характеристик цифрових пристроїв множення, які реалізовані в різних ТЧБ.

Expounding the virtues of theoretical and numerical bases (TNB) that used for encoding transform and digital processing of information. Classified criteria for evaluating system characteristics digital multiplication equipment (DME). Conducted studies of system characteristics of digital devices multiplication, are implemented in different TNB.

Ключові слова: цифрові пристрої множення, теоретико-числові базиси, апаратна складність, часова складність.

Вступ

ЦПМ є важливими компонентами спецпроцесорів кореляційного опрацювання сигналів [1]. Особливо найбільш стандартними вимогами до системних характеристик таких компонентів є досягнення максимальної швидкодії операцій множення, зниження апаратної складності, високий рівень регулярності архітектур та глибокий ступінь розпаралелення обчислювальних операцій. В той же час при реалізації спецпроцесорів в різних ТЧБ крім найбільш відомого базису Радемахера суттєво розширює клас вимог та можливостей реалізації ЦПМ у сфері розширених застосувань [2].

Огляд літератури та постановка задачі дослідження

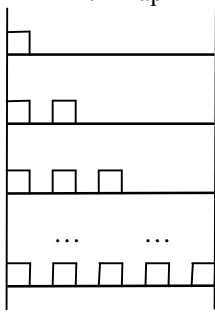
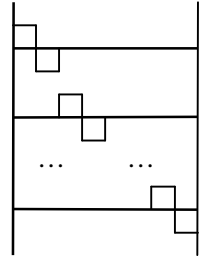
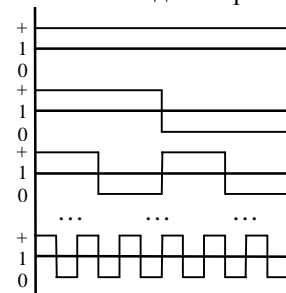
В роботах [3] викладені основи ТЧБ, які використовуються для побудови компонентів комп'ютерних систем табл.1.

З табл. 1 видно, що наступні ТЧБ: Унітарний та Хаара характеризуються надлишковістю представлених даних. Незважаючи на це при паралельних опрацюваннях даних у цифровій голографії, томографії, око-процесорах, побудові цифрових кореляторів [4] широко використовуються цифрові перемножувачі оскільки дозволяється глибоко розпаралелити обчислювальні процеси та спростити реалізацію пристроїв додавання, віднімання, множення та порівняння.

Більш ефективним по відношенню до унітарного базису Хаара при однаковому об'ємі кодової матриці по відношенню до унітарного базису характеризується більш ефективною у зв'язку з меншим числом активних елементів кодової матриці. Даний базис знаходить найширше застосування у системах

Таблиця 1

Систематизація характеристик та кодових матриць ТЧБ

Базис та його ортогональні функції	Базисна функція	Кодова матриця та її об'єм
<p>Унітарний</p>  <p>Uni(0) Uni(1) Uni(2) ... Uni(n)</p>	$Uni(n, q, i) = \text{sign}[\sin(2^n p(q + i \cdot 2^{-n}))]$	$M_{Uni} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} V = N^2$
<p>Хаара</p>  <p>Har(0) Har(1) ... Har(n)</p>	$Har(n, q, i) = \text{sign}[\sin(i2^n p, q)]$	$M_{Har} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} V = N^2$
<p>Радемахера</p>  <p>Rad(0) Rad(1) Rad(2) ... Rad(n)</p>	$Rad(n, q) = \text{sign}[2^n p \cdot q]$	$M_{Rad} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} V = N \cdot \log_2 N$

Базис Хаара широко застосовується для реалізації нелінійних цифрових кореляційних фільтрів, які широко застосовуються в промисловості для безконтактного вимірювання в агресивному середовищі, ультразвукових діагностичних системах, радіолокаційних системах.

Широке застосування в цифровій комп'ютерній техніці отримує базис Радемахера який породжує популярну двійкову систему числення. На основі ТЧБ Радемахера побудовані сучасні ПК, сигнальні процесори, процесори швидкого перетворення Фур'є, комунікаційні процесори цифрових систем.

В той же час, як показано рядом авторів [5], ТЧБ Радемахера характеризується значними функціональними обмеженнями і в багатьох випадках зумовлює низьку швидкість процесів опрацювання даних за рахунок міжрозрядних зв'язків та наскрізних переносів. Крім того, коди інформації в базисі Радемахера незахищені від помилок, що створює необхідність їх захисту на основі кодування коректуючими кодами.

Таким чином при дослідженні системних характеристик ЦПМ доцільно систематизувати та дослідити системні характеристики ЦПМ, які реалізовані крім базису Радемахера в Унітарному базисі та Хаара.

Критерії оцінки системних характеристик ЦПМ

Найважливішою системною характеристикою кореляційного спецпроцесора є функціонал поданий у вигляді кортежу:

$$S_x = F(*, W, k, n, m, V, M, S, N_K, K_e), \tag{1}$$

де * – аналітичний вираз операції множення, W – кодове представлення цифрового відліку, k – число рівнів квантування вхідних сигналів, n – об'єм вибірки, m – число точок кореляційної функції, V – швидкість, M – об'єм пам'яті, S – число інформаційних зв'язків, N_K – число каналів вихідних шин, K_e – коефіцієнт емерджентності.

Аналіз та практичне застосування ТЧБ згідно табл.1. показує, що всі базиси крім ТЧБ Уолша породжують системи числення на основі яких можна реалізовувати спецпроцесори кореляційного опрацювання сигналів з різними характеристиками системної складності, які можна обчислити на основі SH

– моделей запропонованих Н.В. Черкаським [6]. Даний клас моделей враховує п'ять характеристик складності, а саме: апаратної, часової, програмної, структурної, ємнісної (табл.2).

Таблиця 2

Характеристики складності цифрових процесорів

№	Характеристика складності SH-моделі	Аналітичне представлення складності SH-моделі
1.	Апаратна складність	$A = x $
2.	Часова складність	$L = \max x_i $
3.	Програмна складність	$P = -F \log_2 \frac{F}{n \cdot m}$
4.	Структурна складність	$S = -C \log_2 \frac{C}{r(r-1)}$
5.	Ємнісна складність	$E = \sum_{i=1}^k \prod_{l=1}^m E_{il} \cdot n_{il}$

В табл. 2. x – множина елементів схеми, $i=1,2,\dots$ – число елементів; F – кількість сигналів управління L -го фрагмента часової діаграми для вибраного рівня ієрархії побудови апаратних засобів; n – кількість входів управління; m – кількість дискретів часу (часової діаграми); L – кількість фрагментів часової діаграми, конфігурації яких не повторюються; C – кількість елементів матриці інцидентності системи; r – розмір матриці.

Перераховані оцінки складності доцільно використовувати для синтезу, аналізу та оптимізації процесів автокореляційного опрацювання потоків. При цьому апаратна складність визначається кількістю елементарних перетворювачів і елементів оперативної пам'яті; часова складність – визначається кількістю елементарних перетворювачів в максимальному шляху розповсюдження сигналу $L = |\max x_i|$; програмна складність – визначає число операторів для реалізації програми обчислення.

Дослідження системних характеристик ЦПМ процесорів, які обчислюють коваріаційну функцію

Аналітичний вираз коваріаційної функції має вигляд:

$$K_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot x_{i+j}, \quad j \in \overline{0, m},$$

де n – об'єм вибірки, x_i, x_{i+j} – цифрові відліки вхідних сигналів у базисі Радемахера, j – дискретний часовий зсув, m – число точок кореляційної функції.

Реалізація операцій множення може виконуватися на основі різних аналітичних виразів [7]:

$$x \cdot y = \frac{(x+y)^2 - (x-y)^2}{4}.$$

Недоліком таких пристроїв є виконання різноманітних операцій включаючи додавання, віднімання, піднесення до квадрату і ділення. Тому такі спецпроцесори мають громіздку структуру і низьку швидкодію, яка обумовлена роботою по двох циклах. В першому циклі на інтервалі часу вимірювання параметрів x та y відбувається арифметичне додавання і віднімання кодів, а в другому циклі обчислення добутків в квадраторах.

Іншим ефективним рішенням реалізації унітарного перемножувального пристрою є застосування алгоритму піднесення до квадрату шляхом сумування непарних чисел:

$$x \cdot x = \sum_{i=1}^x (2i-1). \quad (2)$$

Наприклад: $x=7$; $x \cdot x = 1+3+5+7+9+11+13=49$.

На рис. 1 показана структура пристрою піднесення до квадрату, який реалізує піднесення до квадрату однакових значень унітарних кодів X .

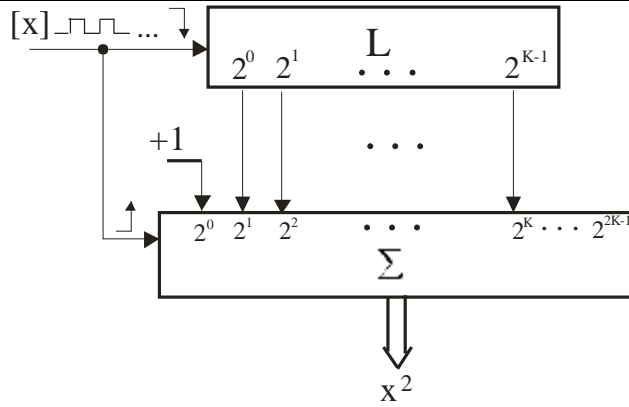


Рис.1. Структура перемножувача шляхом піднесення до квадрату унітарних кодів, де L, $\hat{\alpha}$ – відповідно лічильник та суматор у базисі Радемахера

Робота пристрою тактується імпульсами вхідного унітарного коду, по фронту наростання яких відбувається сумування та запис суми кодів, які формуються на виході лічильника L в суматорі суми Σ , а по фронту спаду сумування та формування кодів вхідного числа імпульсів в базисі Радемахера. Перед початком обчислення лічильник та регістр накоплюючого суматора скидаються в нульовий стан.

В табл. 3 показано формування кодів унітарного квадратора в базисі Радемахера.

Таблиця 3

Формування кодів унітарного квадратора в базисі Радемахера ($x=7$)

x	L	$(2x+1)$	Σ
0	000...00	0000...00	000000...00
1	100...00	1100...00	100000...00
2	010...00	1010...00	001000...00
3	110...00	1110...00	100100...00
...
7	111...00	1111...00	100011...00
...

В той же час ці процесори мають обмежені функціональні можливості, оскільки обчислюють тільки квадрати цифрових відліків x , і можуть бути використані для обчислення дисперсії та нульової точки коваріаційної функції $K_{xx}(j)$, при $j=0$. Запропонований в роботі [4] алгоритм множення, який полягає в тому, що в унітарному коді y ($y^{\hat{z}x}$) додатково кожний i -й елемент ($i=x+1, x+2, \dots, y$) поданий кодом числа x у базисі Радемахера, який $|y-x|$ – разів сумується з раніше накопиченою сумою перетворених згідно виразу $i-x$ елементів, в результаті цього сумування рівний добутку ($x \cdot y$).

Алгоритм такого виконання операції множення над унітарними кодами $[x]$, $[y]$ має аналітично описується з виразами:

$$[x] \cdot [y] = [x^2] + [|y-x| \cdot x], \quad x \cdot y = \sum_{i=1}^{\hat{z}} (2i-1) + \sum_{i=\hat{z}+1}^{\hat{z}} \hat{z}, \quad x \leq y; \quad \hat{z} = \begin{cases} x, & x \leq y \\ y, & x > y \end{cases}; \quad \hat{z} = \begin{cases} x, & x > y \\ y, & y \geq x \end{cases}$$

В табл. 1 наведена ортогональна функція формування унітарних кодів, які використовуються для реалізації алгоритму множення, структурна реалізація цього алгоритму представлена на рис.2.

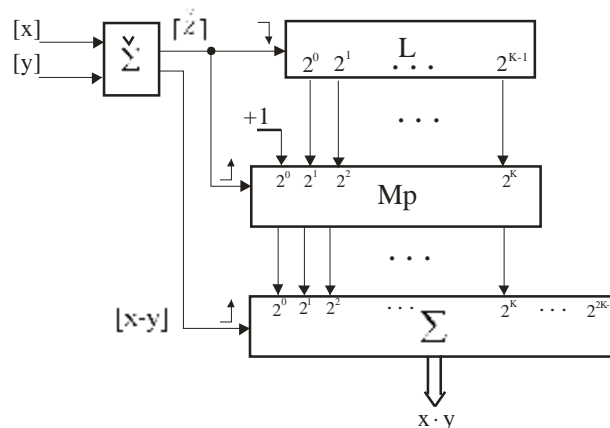


Рис. 2. Структура перемножувального пристрою унітарних кодів

Робота унітарного перемножувача відбувається наступним чином. На початку циклу формування унітарних кодів $[x]$, $[y]$ лічильник та регістр суматора скидаються в нульовий стан. У процесі формування унітарних кодів на виході переносу однорозрядного суматора $\overset{\vee}{\Sigma}$ формується унітарний код $[\overset{\vee}{Z}]$, який поступає в лічильник L і використовується для формування квадрату цього значення на основі мультиплексора у вигляді суми непарних чисел. Після цього на другому виході суматора $\overset{\vee}{\Sigma}$ формується $[x-y]$ – тактових імпульсів, які забезпечують сумування $[x-y]$ разів кодів $[\overset{\vee}{Z}]$. У результаті в регістрі накоплюючого суматора формується двійковий код результату множення $(x \cdot y)$ у базисі Радемахера.

Відома структура матричного перемножувача в базисі Радемахера на основі трьохходових суматорів рис. 3, яка широко використовується в якості собпроцесорів універсальних комп'ютерів. Дана структура характеризується ортогональною функцією представленою в табл.1.

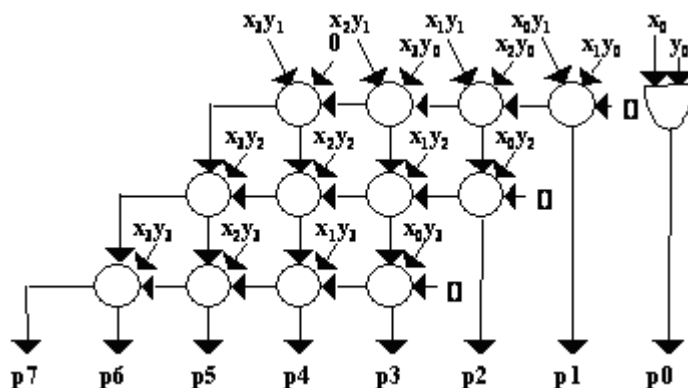


Рис. 3. Структура матричного перемножувача в базисі Радемахера

Операція множення в базисі Радемахера над двома числами $X = \sum_{j=0}^{k-1} x_j 2^j$, $x_i \in \overline{0,1}$ та $Y = \sum_{i=0}^{n-1} y_i 2^i$, $y_i \in \overline{0,1}$ описується наступним виразом:

$$P = XY = \sum_{j=0}^{k-1} (x_j 2^j \sum_{i=0}^{n-1} y_i 2^i).$$

При формуванні цифрових відліків у базисі Хаара та отримання результату множення у базисі Радемахера процедури множення виконуються згідно виразу:

$$(x \cdot y)(R) = x(H) \cdot y(H),$$

де $x \cdot y(R)$ – результат множення представлений у двійковому коді базису Радемахера $(a_{2k-1} \dots a_1 a_0)$, $a \in \overline{0,1}$; $x(H)$, $y(H)$ – відповідні коди у базисі Хаара $x(H) = (a_k \dots a_x \dots a_1)$, $a \in \overline{0,1}$, $y(H) = (a_{2k} \dots a_y \dots a_1)$, $a \in \overline{0,1}$.

На рис.4 показана структура матричного перемножувача в базисі Хаара на основі вентилів, який доцільно застосовувати у побудові спецпроцесорів на основі розмежованої системи числення для підвищення швидкодії виконання операцій [8].

Вхідні коди m -розрядних фрагментів двійкових чисел у базисі Хаара поступають на відповідні входи матриці, на пересіченні елементів якої розміщені двохходові вентиляльні елементи “І-НЕ”, виходи першої групи яких об’єднані через провідне “АБО”, відповідає сумі кодів Хаара по модулю m , а виходи другої групи вентиляльних елементів об’єднані між собою і є виходом наскрізного переносу.

Важливими системними характеристиками досліджуваних перемножувачів з точки зору їх реалізації в мікроелектронному виконанні є апаратна, часова та структурна складність. В табл. 4 наведені аналітичні вирази розрахунку названих критеріїв складностей для досліджуваних структур перемножувачів в Унітарному базисі, а також в базисі Радемахера та Хаара.

На рис. 5 а), б) показані характеристики апаратної та часової складностей досліджених перемножувачів, а на діаграмі рис. 6 показані оцінки їх структурної складності.

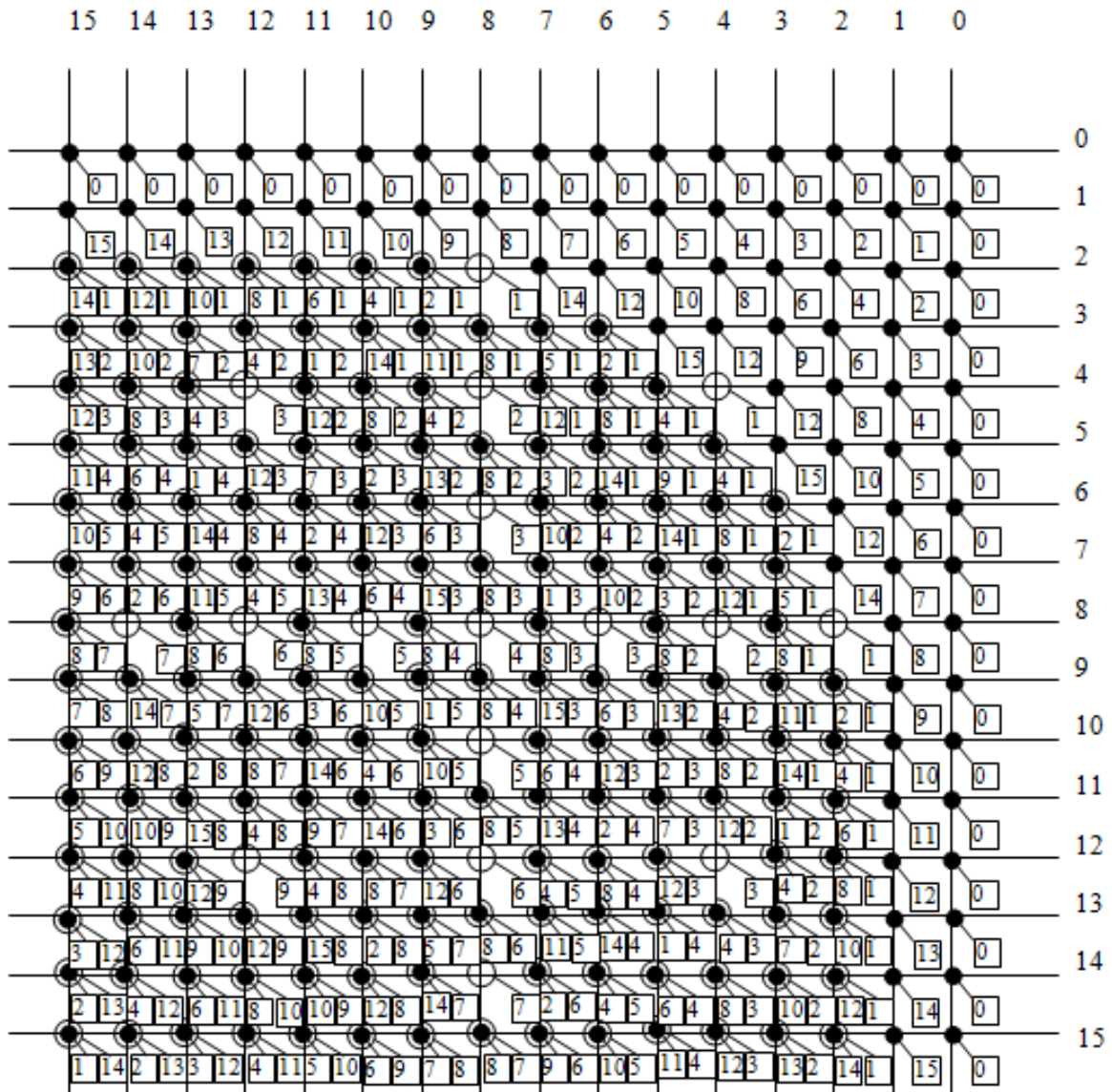


Рис. 4. Матричний перемножувач в базисі Хаара

Таблиця 4

Системні параметри компонентів цифрової згортки кореляційних процесорів

ТЧБ \ Системні параметри	Апаратна складність $A= x $	Часова складність $L= \max x_i $	Структурна складність $S=-C \log_2(e/(r(r-1)))$
Унітарний	$A_U = A_\Sigma + A_{LE} + A_{MP}$ $A_\Sigma = (2k+1) \cdot 4v$ $A_{LE} = k \cdot 2v$ $A_{MP} = (2k+k) \cdot v$	$L_U = L_{LE} + L_{MP} + 2k \cdot L_\Sigma$ $L_\Sigma = 4 \cdot L_v$ $L_{LE} = 2 \cdot L_v$ $L_{MP} = 2 \cdot L_v$	$C=4, r=4$ $S = -4 \log_2(4/(4(4-1))) = 1,9$
Радемахера	$A_R = A_\Sigma + A_{ЛПЧ}$ $A_\Sigma = (k^2-1) \cdot 4v$ $A_{LE} = (k^2-1) \cdot v + v$	$L_R = (2k-1) \cdot 5L_v$	$C=3, r=3$ $S = -2 \log_2(3/(3(3-1))) = 0,9$
Хаара	$A_H = k^2 v + k^2 / 2 \cdot v$	$L_H = L_v$	$C=3, r=3$ $S = -3 \log_2(3/(3(3-1))) = 0,9$

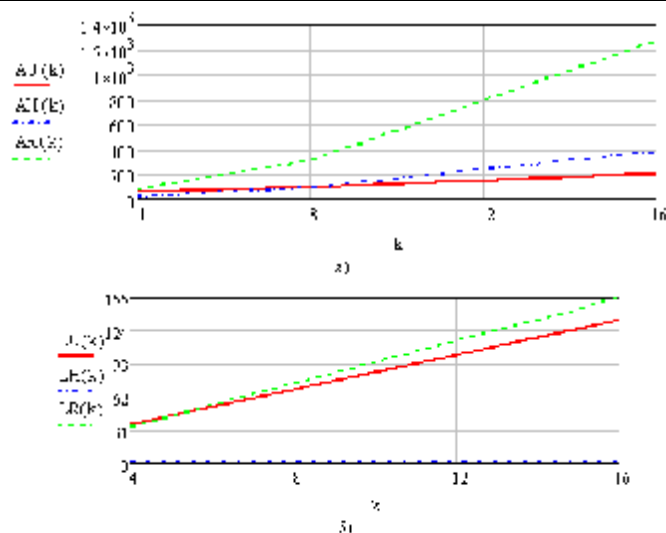


Рис. 5. Графіки системних характеристик перемножувачів в Унітарному базисі, Радемахера, Хаара: а) апаратна складність, б) часова складність

Проведені дослідження перемножувачів у різних теоретико-числових базисах показують, що найбільшою апаратною складністю зовсім від розрядності характеризується базис Радемахера, а найбільшою швидкістю, яка незалежить від розрядності, має перемножувач в базисі Хаара.

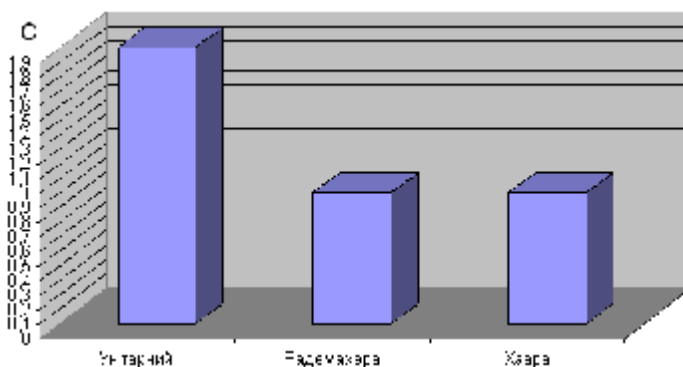


Рис. 6. Діаграма структурної складності перемножувачів в Унітарному базисі, Радемахера, Хаара

Висновок

Наведені характеристики теоретико-числових базисів, які породжують системи числення, що можуть використовуватися для виконання операцій множення в цифрових процесорах. Сформульовані критерії оцінки системних характеристик цифрових перемножувачів та досліджена відповідна їх схемотехнічна реалізація в Унітарному базисі, а також Радемахера, Хаара. В результаті наведених досліджень встановлено переваги базису Хаара при реалізації швидкодіючих матричних перемножувачів по відношенню до аналогічних схем у базисі Радемахера. Результати приведених досліджень можуть бути практично використані при побудові високопродуктивних спецпроцесорів кореляційного опрацювання сигналів, та опрацювання великорозрядних чисел в задачах шифрування та дешифрування інформаційних потоків.

Література

1. Албанський І.Б. Дослідження структури та системні характеристики компонентів кореляційного спецпроцесора у базисі Радемахера / І.Б. Албанський // Поступ в науку, Матеріали міжнародної проблемної наукової міжгалузевої конференції "Інформаційні проблеми комп'ютерних систем юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання, та управління (ПНМК)". – Бучач. – 2011. – Вип. № 7. – 9–12 с.
2. Савельев А.Я. Арифметические и логические основы цифровых автоматов / Савельев А.Я. – М. : Наука. – 1980. – 255 с.
3. Николайчук Я.М. Проектирование специализированных компьютерных систем : [навч. посібник для вузів] / Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Пітух І.Р. – Т. : Терно-граф. – 2010. – 392 с.
4. А.с. 754414 СССР, МКМ³ G 06 F 7/39. Числоимпульсное множительное устройство / Я.Н. Николайчук ; опубл. 07.08.80, Бюл. № 29.
5. Теорія та принципи побудови спецпроцесора на основі базисів Радемахера, Крестенсона, Галуа / Я.М. Николайчук, Н.Д. Круцкевич, Р.І. Король О.М. Заставний // Контроль і управління в складних системах. (КУСС – 2003) ; Тези доповідей сьомої міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця. –

«УНІВЕРСУМ – Вінниця». – 2003. – 114 с.

6. Черкаський М.В. Універсальна SH-модель / М.В. Черкаський Хусейн Халіл Мурад // Комп'ютерні системи та мережі: Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів, 2004. – № 523. – 150–154 с.

7. А.с. 475619 СССР, МКМ³ G 06 F 7/38. Квадратор / Н.И. Грибок, А.В. Обуханич ; опубл. 30.06.75, Бюл. № 24.

8. Волинський О.І. Розмежована система числення залишкових класів та спецпроцеси на її основі / О.І. Волинський, І.З. Якименко // Поступ в науку. Збірник праць Бучацького інституту менеджменту і аудиту – Бучач. – 2010. – № 6. Т 1. – 80–83 с.

Рецензент: д.т.н. Николайчук Я.М.
Надійшла 9.2.2012 р.

УДК 519.218

М.В. БАЧИНСЬКИЙ, Л.Є. ДЕДІВ, В.Г. ДОЗОРСЬКИЙ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ЗАДАЧ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

Обґрунтовано модель електроенцефалографічного сигналу, що адекватна його фізичній природі та задачі діагностики змін у активності головного мозку людини. Проаналізовано методи аналізу параметрів електроенцефалографічного сигналу, імовірнісних характеристик цих параметрів та їхніх часових змін.

The model of electroencephalographic signal is ground, which is adequate to its physical nature and problem diagnosis of changes in human brain activity. The methods of analysis parameters electroencephalographic signal probability characteristics of these parameters and their temporal changes are analysed.

Ключові слова: електроенцефалографічний сигнал, математична модель, періодично корельований випадковий процес, діагностика.

Вступ

Одним з провідних методів оцінювання функціонального стану центральної нервової системи є електроенцефалографія, яка є методом графічної реєстрації біопотенціалів головного мозку та їхнього наступного опрацювання, що дозволяє проаналізувати фізіологічний стан головного мозку, наявність осередкових уражень, загально мозкових розладів і їхній характер. Електроенцефалографічний метод ґрунтується на реєстрації й аналізі сумарної біоелектричної активності головного мозку – електроенцефалограми (ЕЕГ). В сучасних умовах впровадження комп'ютерних технологій в неврологію дає можливість побудови медичних діагностичних систем, які на відміну від зовнішнього оптичного аналізу ЕЕГ лікарями дають можливість підвищення точності сформованих висновків щодо стану активності головного мозку та покращення якості поставлених діагнозів. Такі діагностичні системи повинні опиратись на методи опрацювання ЕЕГ, які дають можливість виділення інформативних ознак сигналу – ЕЕГ, що є показниками відхилення від стану медичної норми активності головного мозку, та мати можливість їх кількісного оцінювання. Якщо взяти до уваги принцип МАПР – тріади (модель, алгоритм, програмна реалізація) [1], в основу таких медичних діагностичних систем має бути покладена математична модель досліджуваного сигналу, яка повинна бути адекватною розв'язуваній задачі, містити чутливу до змін у активності головного мозку інформативну ознаку сигналу, та визначати методи опрацювання ЕЕГ з метою виділення цієї ознаки та її кількісного оцінювання.

Постановка проблеми

В основі сучасних електроенцефалографічних систем лежить поєднання детермінованого та імовірнісного підходів щодо побудови математичної моделі ЕЕГ. За модель приймається суміш детермінованої (періодичної, майже періодичної) функції та стаціонарного випадкового процесу. При цьому для опрацювання сигналів застосовуються методи статистичного та спектрально-кореляційного аналізу [2, 3]. За інформативні ознаки, чутливі до змін у активності головного мозку приймаються статистичні характеристики ЕЕГ – математичне сподівання, дисперсія, середньоквадратичне відхилення, а в рамках теорії другого порядку (іншими словами кореляційної) – автокореляційна функція, розподіл спектральної густини потужності. Однак, така модель не має засобів оцінювання зміни характеристик сигналу в часі з метою виявлення часових моментів появи змін у активності головного мозку, що носять випадковий характер і не можуть бути описані детермінованою складовою такої моделі.

Формулювання задачі

Обґрунтувати модель ЕЕГ, адекватну фізичній природі таких сигналів та задачі діагностики змін у активності головного мозку людини, яка мала б засоби аналізу параметрів ЕЕГ, імовірнісних характеристик цих параметрів та їхніх часових змін.

Математична модель електроенцефалографічного сигналу

Для запису ЕЕГ на поверхню шкіри голови встановлюються електроди, які приєднуються до