

продуктивність досягається при GPU_TARGET = 1 (Fermi Family).

3. Бібліотеки MAGMA і CUBLAS показали приблизно однакову продуктивність для матричного множення як для чисел з одинарною, так і з подвійною точністю. Однак для GPU GeForce GTX 480 різко падає продуктивність при переході від чисел з одинарною точністю до подвійної точності (приблизно в 5.1 рази). Для GPU Tesla C2075 падіння продуктивності не перевищує 2,1 рази. Таким чином, GPU Tesla C2075 більше підходить для вирішення складних завдань, що вимагають розрахунків з подвійною точністю, який також має об'єм глобальної пам'яті 6 Гбайт (GPU GeForce GTX 480 - 1,5 Гбайт).

4. Продуктивність GPU GeForce GTX 480 і GPU Tesla C2075 вище продуктивності CPU AMD Phenom II X6 1090T приблизно в 3.5 та 6.3 разів відповідно для чисел з подвійною точністю. А продуктивність GPU GeForce GTX 480 в 1.3 рази вище продуктивності GPU Tesla C2075 для чисел з одинарною точністю. Тому для невеликих завдань, що вимагають пам'яті не більше 1.5 Гбайт і розрахунків з одинарною точністю доцільніше використовувати GPU GeForce GTX 480 як недороге і дуже ефективне рішення.

5. Для досягнення максимальної продуктивності GPU NVIDIA CUDA необхідно обов'язково використовувати бібліотеки MAGMA або CUBLAS, які дають прискорення розглянутих розрахунків приблизно в 6.4 рази в порівнянні з використанням глобальної пам'яті (традиційний спосіб програмування).

6. Проведений аналіз стосується лише завдань матричного множення для заповнених несиметричних матриць. Невідомо, наскільки ефективно використання GPU для задач рішення систем лінійних рівнянь. Це є темою подальших досліджень.

Література

1. The ScaLAPACK Project. [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.netlib.org>, 2012
2. Automatically Tuned Linear Algebra Software (ATLAS). [Electronic resource]. - Mode of access: <http://math-atlas.sourceforge.net/>, 2012
3. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 71 с.
4. Мясищев А.А. Достижение наибольшей производительности перемножения матриц на системах с многоядерными процессорами. - Кривий Ріг: Видавничий відділ НметАУ, 2010. – Т. 3: Теорія та методика навчання інформатики. – 303 с.
5. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.intuit.ru/department/calculate/paralltp/lit.html>.
6. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. - М.: ДМК Пресс, 2010. -232 с.: ил.
7. Matrix Algebra on GPU and Multicore Architectures. [Electronic resource]. - Mode of access: <http://icl.cs.utk.edu/magma/index.html>
8. CUBLAS (NVIDIA CUDA Basic Linear Algebra Subroutines). [Electronic resource]. - Mode of access: <http://developer.nvidia.com/cublas>
9. Установка CUDA Toolkit и драйвера NVIDIA для разработчиков. [Electronic resource]. - Mode of access: <http://forum.ubuntu.ru/index.php?topic=114802.0>

Надійшла до редакції
2.3.2012 р.

УДК 681.3

О.О. СЕМЕНОВА, А.О. СЕМЕНОВ

Вінницький національний технічний університет

А.В. РУДИК

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

В.В. ЧУХОВ

Житомирський державний технологічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ СИНТЕЗУ ЕЛЕМЕНТІВ ТРІЙКОВОЇ ЛОГІКИ

У статті пропонується використовувати широтно-імпульсні елементи нечіткої логіки у якості елементів трійкової логіки. Наведено схеми елементів доповнення/інверсії, мінімуму/кон'юнкції та максимуму/диз'юнкції. Описано функціонування вказаних елементів.

In this article we propose to use the pulse-width fuzzy logic elements as ternary and logic elements. The schemes of the complement/inversion, minimum/conjunction, and maximum/disjunction elements are presented. Operation of the elements is described.

Ключові слова: трійкова логіка, нечітка логіка, широтно-імпульсний.

Вступ

Одним з сучасних напрямків алгебри логіки є розроблення алгебри неklasичних логік, таких як

багатозначна та нечітка. Це пояснюється тим, що у різних галузях науки і техніки доводиться стикатися із задачами оброблення багатозначних даних. Така необхідність виникає при проектуванні експертних систем, логічному керуванні маніпуляторами, прийнятті складних логічних рішень, аналітичному представленні зображень та їх обробці, синтезі й аналізі дискретних автоматів, розв'язанні задач оптимізації. Багатозначна логіка застосовується при аналізі й синтезі багаторівневих схем й автоматів. Але незважаючи на широке використання таких автоматів у різних системах зв'язку, автоматики й обчислювальної техніки, логічний апарат, який використовується при синтезі й аналізі подібних пристроїв, перебуває ще в стадії становлення. Це пов'язане з рядом труднощів теоретичного й практичного порядку, що виникають при спробі побудови й використанні багатозначного аналога булевої алгебри. Технічна реалізація досягнутих теоретичних та практичних результатів в області багатозначної логіки поки викликає складнощі, зокрема, через відсутність елементної бази, що володіє характеристиками такого ж порядку, як і база двозначної логіки, що обумовлено проблемами сучасної технології.

Постановка задачі

Якщо порівняти пристрої на основі двійкової та багатозначної (наприклад, десяткової) логік, то пристрої на основі десяткової логіки характеризуються вищою швидкодією, ніж пристрої двійкової логіки. В той же час, пристрої на основі двійкової логіки є більш завадостійкими у порівнянні з пристроями десяткової логіки [1]. Таким чином, компроміс між швидкодією та завадостійкістю може забезпечити трійкова логіка.

Як відомо, багатозначна логіка є окремим випадком нечіткої логіки. Основні операції багатозначної логіки – інверсія, кон'юнкція, диз'юнкція, повністю збігаються з відповідними операціями нечіткої логіки – доповнення, мінімум, максимум. Тому для синтезу елементів, які виконують операції багатозначної логіки можна підійти з точки зору нечіткої логіки.

Враховуючи все наведене вище, мета даної статті полягає у підвищенні ефективності проектування елементів трійкової логіки.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- 1) визначити принципи представлення багатозначних логічних значень параметрами сигналів;
- 2) розробити структурні схеми елементів, які реалізують основні операції нечіткої логіки;
- 3) адаптувати розроблені схеми елементів нечіткої логіки для роботи з трійковою логікою.

Принцип представлення логічних значень

У випадку, коли інформаційними сигналами системи є широтно-імпульсні сигнали, використання спеціалізованих перетворювачів призводить до ускладнення схем, збільшення габаритів та зменшення точності. Тому у подібних випадках для реалізації логічних операцій необхідно застосовувати елементи з широтно-імпульсним представленням інформації. Також широтно-імпульсні сигнали є більш завадостійкими у порівнянні з імпульсно-потенціальними [2]. Це обумовлює доцільність розроблення різних типів логічних елементів з широтно-імпульсними сигналами.

При широтно-імпульсному представленні вхідні і вихідні сигнали пристроїв представляють собою імпульси, тривалість яких t пропорційна значенню логічної величини.

Для трійкових логічних елементів маємо такі співвідношення:

1. рівень логічного нуля відповідає тривалості $t_0 = 4t_x$;
2. рівень логічної одиниці відповідає тривалості $t_1 = 5t_x$;
3. рівень логічної двійки відповідає тривалості $t_2 = 6t_x$;
4. додаткове значення тривалості $t_{ai\bar{a}} = 10t_x$.

Схеми елементів, які реалізують основні операції нечіткої логіки

До основних операцій нечіткої логіки відносяться операції доповнення, мінімуму і максимуму [3].

Нечіткий логічний елемент доповнення пропонується будувати на основі елемента віднімання В, описаному у [4].

Нечіткий логічний елемент мінімуму пропонується будувати на основі одного елемента додавання Д, двох елементів віднімання В та елемента ділення П, запропонованих у [3].

Нечіткий логічний елемент максимуму пропонується будувати на основі двох елементів додавання Д, елемента віднімання В та елемента ділення П, принципи функціонування яких наведені у [3].

Співставлення операцій різних алгебр логік

Основні логічні операції нечіткої, трійкової та четвіркової логік наведені у табл. 1. Наочно видно, що можна досить просто перейти від одного типу логіки до іншого. Тобто, один і той же логічний елемент може здійснювати одну і ту ж логічну операцію для різних типів логік. У такому випадку тип логіки буде визначатися лише способом представлення логічних значень.

Так як до основних операцій фазі-логіки відносяться операції доповнення, мінімуму і максимуму [3], відповідно, маємо три логічні елементи: інверсії, кон'юнкції та диз'юнкції, які здатні виконувати відповідні операції нечіткої, трійкової та четвіркової логіки.

Основні логічні операції

Логічна операція	Тип логіки		
	Нечітка логіка	Трійкова логіка	Четвіркова логіка
Інверсія (доповнення)	$\bar{\mu}_x = 1 - \mu_x$	$\bar{x} = 2 - x$	$\bar{x} = 3 - x$
Кон'юнкція (мінімум)	$\mu_{a \wedge b} = \min(\mu_a, \mu_b)$	$a \wedge b = \min(a, b)$	$a \wedge b = \min(a, b)$
Диз'юнкція (максимум)	$\mu_{a \vee b} = \max(\mu_a, \mu_b)$	$a \vee b = \max(a, b)$	$a \vee b = \max(a, b)$

Таким чином, для здійснення операцій інверсія, кон'юнкція та диз'юнкція двійкової, трійкової та четвіркової логіки пропонується використати відповідні елементи фазі-логіки, розроблені у [3].

Функціонування елемента інверсії

Елемент інверсії на основі фазі-логічного елемента доповнення подано на рис. 1. Маємо вхідний сигнал u_{ex} з тривалістю імпульсів t_{ex} , додатковий сигнал $u_{доd}$ з тривалістю імпульсів $t_{доd}$ та вихідний сигнал $u_{вих}$ з тривалістю імпульсів $t_{вих}$.

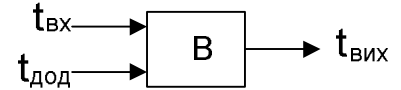


Рис. 1. Елемент інверсії

Для випадку трійкового структурного алфавіту маємо:

якщо $t_{ex} = t_0$, то $t_{вих} = t_{доd} - t_0 = 10t_x - 4t_x = 6t_x = t_2$;

якщо $t_{ex} = t_1$, то $t_{вих} = t_{доd} - t_1 = 10t_x - 5t_x = 5t_x = t_1$;

якщо $t_{ex} = t_2$, то $t_{вих} = t_{доd} - t_2 = 10t_x - 6t_x = 4t_x = t_0$.

Тобто, виконується операція нечіткого доповнення або трійкової інверсії.

Функціонування елемента кон'юнкції

Елемент кон'юнкції на основі фазі-логічного елемента мінімуму подано на рис. 2. Маємо перший вхідний сигнал u_{ex1} з тривалістю імпульсів t_a , другий вхідний сигнал u_{ex2} з тривалістю імпульсів t_b та вихідний сигнал $u_{вих}$ з тривалістю імпульсів $t_{вих}$.

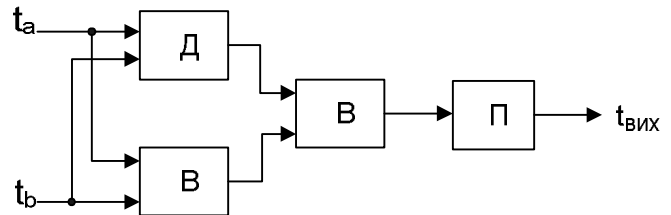


Рис. 2. Елемент кон'юнкції

Для випадку трійкового структурного алфавіту маємо:

якщо $t_a = t_0$ і $t_b = t_0$,

то $t_{вих} = \frac{(t_a + t_b) - |t_a - t_b|}{2} = \frac{(4t_x + 4t_x) - |4t_x - 4t_x|}{2} = 4t_x = t_0$;

якщо $t_a = t_0$ і $t_b = t_1$,

то $t_{вих} = \frac{(t_a + t_b) - |t_a - t_b|}{2} = \frac{(4t_x + 5t_x) - |4t_x - 5t_x|}{2} = 4t_x = t_0$;

якщо $t_a = t_2$ і $t_b = t_1$,

то $t_{вих} = \frac{(t_a + t_b) - |t_a - t_b|}{2} = \frac{(6t_x + 5t_x) - |6t_x - 5t_x|}{2} = 5t_x = t_1$;

якщо $t_a = t_2$ і $t_b = t_0$,

то $t_{вих} = \frac{(t_a + t_b) - |t_a - t_b|}{2} = \frac{(6t_x + 4t_x) - |6t_x - 4t_x|}{2} = 4t_x = t_0$.

Тобто, виконується операція нечіткого мінімуму або трійкової кон'юнкції.

Функціонування елемента диз'юнкції

Елемент диз'юнкції на основі фазі-логічного елемента максимуму подано на рис. 3. Маємо перший вхідний сигнал u_{ex1} з тривалістю імпульсів t_a , другий вхідний сигнал u_{ex2} з тривалістю імпульсів t_b та вихідний сигнал $u_{вих}$ з тривалістю імпульсів $t_{вих}$.

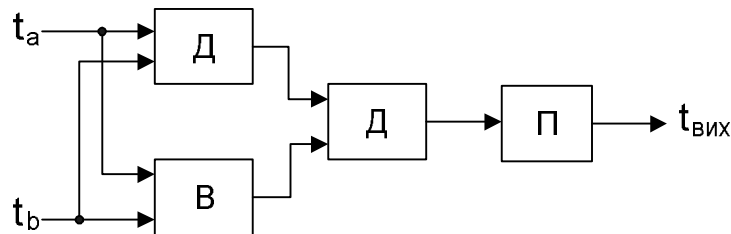


Рис. 3. Елемент диз'юнкції

Для випадку трійкового структурного алфавіту маємо:

якщо $t_a = t_0$ і $t_b = t_0$,

$$\text{то } t_{\text{вих}} = \frac{(t_a + t_b) + |t_a - t_b|}{2} = \frac{(4t_x + 4t_x) + |4t_x - 4t_x|}{2} = 4t_x = t_0;$$

якщо $t_a = t_0$ і $t_b = t_1$,

$$\text{то } t_{\text{вих}} = \frac{(t_a + t_b) + |t_a - t_b|}{2} = \frac{(4t_x + 5t_x) + |4t_x - 5t_x|}{2} = 5t_x = t_1;$$

якщо $t_a = t_2$ і $t_b = t_1$,

$$\text{то } t_{\text{вих}} = \frac{(t_a + t_b) + |t_a - t_b|}{2} = \frac{(6t_x + 5t_x) + |6t_x - 5t_x|}{2} = 6t_x = t_2;$$

якщо $t_a = t_2$ і $t_b = t_0$,

$$\text{то } t_{\text{вих}} = \frac{(t_a + t_b) + |t_a - t_b|}{2} = \frac{(6t_x + 4t_x) + |6t_x - 4t_x|}{2} = 6t_x = t_2.$$

Тобто, виконується операція нечіткого максимуму або трійкової диз'юнкції.

Основні результати і висновки

1. Основні операції багатозначної логіки – інверсія, кон'юнкція, диз'юнкція, повністю збігаються з відповідними операціями нечіткої логіки – доповнення, мінімум, максимум.
2. Один і той же логічний елемент може здійснювати одну і ту ж логічну операцію для різних типів логік. У такому випадку тип логіки буде визначатися лише способом представлення логічних значень.
3. Запропоновано використовувати розроблений елемент нечіткого доповнення у якості елемента трійкової інверсії. Описано функціонування таких елементів.
4. Запропоновано використовувати розроблений елемент нечіткого мінімуму у якості елемента трійкової кон'юнкції. Описано функціонування таких елементів.
5. Запропоновано використовувати розроблений елемент нечіткого максимуму у якості елемента трійкової диз'юнкції. Описано функціонування таких елементів.
6. Використання принципів нечіткої логіки дозволяє розробляти елементи трійкової логіки з високою завадостійкістю та швидкодією.
7. Основна перевага проектування та використання трійкових логічних елементів полягає у створенні більш зручних пристроїв об'єднання для цифрових систем стеження, цифрових систем передачі інформації й виконавчих пристроїв, сигнали в яких мають трійковий характер.

Література

1. Лысиков Б. Г. Арифметические и логические основы ЭЦВМ / Б. Г. Лысиков. – Минск: Высшая школа, 1974. – 264с.
2. Кнорре Г. К. Фазовые и частотные информационные СВЧ элементы / Г. К. Кнорре, В. М. Тузов, Г. И. Шур. – М.: Сов. радио, 1975. – 352с.
3. Войцеховская Е.А. Синтез широтно-импульсных элементов фаззи-логики / Е. А. Войцеховская, В. М. Кичак // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т.4. – № 2. – С.229-232.
4. Бардаченко В.Ф., Кичак В.М. Основы теории таймерных обчислювально-вимірювальних пристроїв. – Вінниця.: ВДТУ. – 2003. – 106с.

Надійшла до редакції
6.3.2012 р.