

УДК 681.3

В. М. КИЧАК, О. О. СЕМЕНОВА, О. О. ВОЙЦЕХОВСЬКА

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ СИНТЕЗУ ЕЛЕМЕНТІВ БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ

*Винницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, г. Вінниця, Україна*

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

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

Аннотация. В статье предлагается применять частотно-импульсные элементы нечеткой логики в качестве элементов троичной и четвертичной логик. Приведены схемы элементов дополнение/инверсия, минимум/конъюнкция, максимум/дизъюнкция. Описано функционирование этих элементов.

Ключевые слова: троичная логика, нечеткая логика, частотно-импульсный.

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

Key words: ternary logic, fuzzy logic, pulse-frequency.

ВСТУП

Як відомо, системи автоматики й обчислювальної техніки розробляються з врахуванням алгебри логіки. Одним з напрямків сучасного розвитку алгебри логіки є розроблення алгебри неklasичних логік – багатозначної та нечіткої. Це пов'язано з тим, що у різних областях техніки доводиться стикатися з проблемами обробки 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 швидкістю, 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 швидкістю та завадостійкістю може забезпечити трійкова або четвіркова 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, метою даної статті буде підвищення ефективності проектування

елементів трійкової і четвіркової логік.

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 або четвірковою логікою.

ПРИНЦИП ПРЕДСТАВЛЕННЯ БАГАТОЗНАЧНИХ ЛОГІЧНИХ ЗНАЧЕНЬ

У випадку, коли інформаційними сигналами системи є частотно-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 частотно-імпульсним представленням інформації. Також частотно-імпульсні сигнали є більш завадостійкими у порівнянні з імпульсно-потенціальними [2]. Це обумовлює доцільність розроблення різних типів логічних елементів з частотно-імпульсними сигналами.

При частотно-імпульсному представлення входні і вихідні сигнали пристроїв представляють собою імпульси, частота слідування яких f пропорційна значенню логічної величини. Для трійкових логічних елементів маємо такі співвідношення:

1. рівень логічного нуля відповідає частоті $f_0 = 4f_x$;
2. рівень логічної одиниці відповідає частоті $f_1 = 5f_x$;
3. рівень логічної двійки відповідає частоті $f_2 = 6f_x$;
4. додаткова частота $f_{\text{доп}} = 10f_x$.

Для четвіркових логічних елементів маємо такі співвідношення:

1. рівень логічного нуля відповідає частоті $f_0 = 2f_x$;
2. рівень логічної одиниці відповідає частоті $f_1 = 4f_x$;
3. рівень логічної двійки відповідає частоті $f_2 = 6f_x$;
4. рівень логічної трійки відповідає частоті $f_3 = 8f_x$;
5. додаткова частота $f_{\text{доп}} = 10f_x$.

СХЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ, ЯКІ РЕАЛІЗУЮТЬ ОСНОВНІ ОПЕРАЦІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

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

Нечіткий логічний елемент доповнення його пропонується будувати на основі віднімаючого змішувача частоти (рис. 1).

Нечіткий логічний елемент мінімуму пропонується будувати на основі одного додаючого та двох віднімаючих змішувачів частоти і подільника частоти (рис. 2).

Нечіткий логічний елемент максимуму пропонується будувати на основі двох додаючих та одного віднімаючого змішувачів частоти і подільника частоти (рис. 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.

Таблиця 1.

Основні логічні операції

Логічна операція	Тип логіки		
	Нечітка логіка	Трійкова логіка	Четвіркова логіка
Інверсія (доповнення)	$\overline{\mu_x} = 1 - \mu_x$	$\bar{x} = 2 - x$	$\bar{x} = 3 - x$
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)	$\mu_{a \vee b} = \max(\mu_a, \mu_b)$	$a \vee b = \max(a, b)$	$a \vee b = \max(a, b)$

ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТА ІНВЕРСІЇ

Елемент інверсії на основі нечіткого логічного елемента доповнення (рис. 1) працює таким чином. Перший вхідний сигнал з частотою $f_{\text{вх}}$ по першому каналу поступає на перший вхід змішувача. На другий вхід змішувача сигнал з частотою $f_{\text{дод}}$. На виході елемента маємо сигнал $f_{\text{вих}}$.

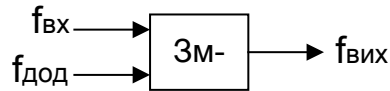


Рис. 1. Елемент інверсії (нечіткого доповнення)

Для випадку трійкового структурного алфавіту маємо:

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_0, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_0 = 10f_x - 4f_x = 6f_x = f_2;$$

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_1, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_1 = 10f_x - 5f_x = 5f_x = f_1;$$

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_2, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_2 = 10f_x - 6f_x = 4f_x = f_0.$$

Тобто, виконується операція трійкової інверсії. Для випадку четвіркового структурного алфавіту маємо:

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_0, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_0 = 10f_x - 2f_x = 8f_x = f_3;$$

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_1, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_1 = 10f_x - 4f_x = 6f_x = f_2;$$

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_2, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_2 = 10f_x - 6f_x = 4f_x = f_1;$$

$$\text{якщо } f_{\text{вх}} = f_3, \text{ то } f_{\text{вих}} = f_{\text{дод}} - f_3 = 10f_x - 8f_x = 2f_x = f_0.$$

Тобто, виконується операція четвіркової інверсії.

ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТА КОН'ЮНКЦІЇ

Елемент кон'юнкції на основі нечіткого логічного елемента мінімуму (рис. 2) працює таким чином. Перший вхідний сигнал $u_{\text{вх}1}$ з частотою f_a надходить на перший вхід першого змішувача і на перший вхід другого змішувача. Другий вхідний сигнал $u_{\text{вх}2}$ з частотою f_b надходить на другий вхід першого змішувача і на другий вхід другого змішувача. На виході першого змішувача частот отримуємо сигнал u_1 , який поступає на перший вхід третього змішувача з частотою. Частота слідування імпульсів сигналу u_1 складає

$$f_1 = (f_a + f_b).$$

На виході другого змішувача частот отримуємо сигнал u_2 , який поступає на другий вхід третього змішувача.

Частота слідування імпульсів сигналу u_2 складає

$$f_2 = |f_a - f_b|.$$

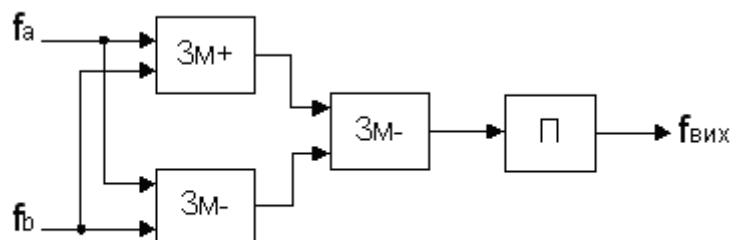


Рис. 2. Елемент кон'юнкції (нечіткого мінімуму)

На виході третього змішувача отримуємо сигнал u_3 . Частота слідування імпульсів сигналу u_3 складає

$$f_3 = 2f_{con},$$

де

$$2f_{con} = \begin{cases} (f_a + f_b) - (f_a - f_b) = 2f_b, & \text{якщо } f_a \geq f_b \\ (f_a + f_b) - (f_b - f_a) = 2f_a, & \text{якщо } f_a < f_b \end{cases}$$

Сигнал u_3 з виходу третього змішувача надходить на вхід подільника частоти, на виході якого отримуємо сигнал $u_{вих}$ з частотою слідування імпульсів

$$f_{вих} = f_{con}.$$

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

ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТА ДИЗ'ЮНКЦІЇ

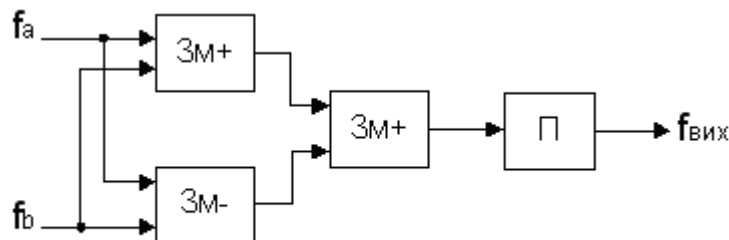


Рис. 3. Елемент диз'юнкції (нечіткого максимуму)

Елемент диз'юнкції на основі нечіткого логічного елемента максимуму працює наступним чином. Перший вхідний сигнал $u_{вх1}$ з частотою f_a надходить на перший вхід першого змішувача і на перший вхід другого змішувача. Другий вхідний сигнал $u_{вх2}$ з частотою f_b надходить на другий вхід першого змішувача і на другий вхід другого змішувача. На виході першого змішувача частот отримуємо сигнал u_1 , який поступає на перший вхід третього змішувача з частотою.

Частота слідування імпульсів сигналу u_1 складає

$$f_1 = (f_a + f_b).$$

На виході другого змішувача частот отримуємо сигнал u_2 , який поступає на другий вхід третього змішувача.

Частота слідування імпульсів сигналу u_2 складає

$$f_2 = |f_a - f_b|.$$

На виході третього змішувача отримуємо сигнал u_3 .

Частота слідування імпульсів сигналу u_3 складає

$$f_3 = 2f_{dis},$$

де

$$2f_{dis} = \begin{cases} (f_a + f_b) + (f_a - f_b) = 2f_a, & \text{якщо } f_a \geq f_b \\ (f_a + f_b) + (f_b - f_a) = 2f_b, & \text{якщо } f_a < f_b \end{cases}$$

Сигнал u_3 з виходу третього змішувача надходить на вхід подільника частоти, на виході якого отримуємо сигнал $u_{вих}$ з частотою слідування імпульсів

$$f_{вих} = f_{dis}.$$

Тобто, виконується операція нечіткого мінімуму або багатозначної диз'юнкції.

ВИСНОВКИ І ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

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 елементів трійкової або четвіркової інверсії. Описано функціонування таких елементів.

5. Запропоновано використовувати розроблений елемент нечіткого мінімуму у якості елементів трійкової або четвіркової кон'юнкції. Описано функціонування таких елементів.

6. Запропоновано використовувати розроблений елемент нечіткого максимуму у якості елементів трійкової або четвіркової диз'юнкції. Описано функціонування таких елементів.

7. Використання принципів нечіткої логіки дозволяє розробляти елементи трійкової та четвіркової логік з високою завадостійкістю та швидкодією.

8. 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.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. – 2005г. – Т.4. – №2. – С.229–232.

Надійшла до редакції 19.05.2009р.

КИЧАК ВАСИЛЬ МАРТИНОВИЧ – д.т.н., проф., завідувач кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

СЕМЕНОВА ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА – к.т.н., старший викладач кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

ВОЙЦЕХОВСЬКА ОЛЬГА ОЛЕКСАНДРІВНА – інженер кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.