

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

по материалам 1-го Международного радиоэлектронного Форума
«ПРИКЛАДНАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА.
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»
МРФ – 2002

Часть 2

8-10 октября 2002 г.

Харьков, Украина

sklad@khatko.com.ua
sklad@khatko.com.ua

Харьков 2002

МОДИФІКАЦІЯ ПРАКТИЧНИХ АСПЕКТІВ ТЕОРІЇ СТАТИЧНИХ ПРОСТОРОВИХ К-ЗНАЧНИХ СТРУКТУР В МЕТОДОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ

М.Ф. Бондаренко, Г.Г. Четвериков, І.А. Ревенчук, Манойло Н.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

In article the perspective directions of modern digital devices, networks and systems development are considered. The carried out analysis shows means of computer facilities development is a baseline of automation of the man intellectual activity. However, the successes in the field of computer facilities intellectualization are insignificant. It asserts and proves that the technical realization of the concept of artificial intelligence requires essential increase of the computer productivity.

Основні напрямки розробки сучасної елементної бази інформатики орієнтовані на підвищення продуктивності та зниження вартості радіоелектронних та інформаційно-обчислювальних систем і мереж, завдяки розвитку напівпровідникової технології: збільшення функціональної щільності та міри інтеграції радіоелектронних схем. Але граничні фізико-технічні показники щодо функціональної щільності та енергоспоживання й розсіювання тепла досягають своєї практичної межі, і тому одним з можливих виходів з цієї ситуації є створення та застосування к-значних елементів та структур. Адже згідно з одним із основних законів кібернетики, *законом необхідної різноманітності* (складності), для нормальної роботи керованої системи, при якій забезпечується повне використання її потенціалу, необхідно, щоб різноманітність (складність) керуючої системи була не менша ніж різноманітність керованого об'єкту. Звідси й висновок: що двозначна елементна та структурна база не відповідає за складністю задачам III, що на них покладаються і підлягає доповненню універсальною к-значною елементною та структурною базою, яка за своєю складністю (різноманітністю) стоїть значно вище.

Розробка теорії та інженерних методів проектування к-значних елементів та структур розпочалась з 60-х років і цей процес не припиняється ось уже більше третини віку. Запропонована значна кількість підходів та методів побудови і застосування багатозначних структур, проте відсутні їх систематизація та упорядкована система засобів реалізації, недостатньо опрацьовані принципи їх побудови і методи кількісної та якісної оцінки застосування під час створення систем III, що свідчить про недостатній рівень розвитку теорії побудови таких структур. Подальший прогрес суттєво залежить від узагальнення і систематизації на єдиній методологічній основі накопиченого досвіду, розвитку й удосконалення системи понять, що повинні узгоджуватись із теорією інтелекту.

На сучасному етапі у галузі створення к-значних структур необхідні обґрунтовані методи та принципи побудови універсальних багатозначних просторових структур з відповідною їх формалізацією; математичні моделі точності дії багатозначних структур на етапах розпізнавання та формування багаторівневих сигналів; к-значного завадостійкого кодування та ентропійних властивостей к-значних апаратурних каналів, необхідної уводимої надлишковості, надійності та метричних властивостей к-значних кодів та функцій.

Багатозначними (к-значними) навивають структури цифрових та радіоелектронних систем обробки інформації, що утворені множиною к-значних елементів й множиною відповідних зв'язків. Обчислювальна та кібернетична техніка,

програмування та робототехнічні системи, цифрові мережі та їх протоколи, математичне моделювання процесів у великих інтегрованих схемах, автоматика та телебачення, зв'язок і радіолокація – ось далеко неповний перелік галузей науки та техніки, де сьогодні використовуються k -значна логіка, кодування, елементи та структури, хоча й в завуальованому вигляді через те, що відображення даних при цьому є двозначним.

Основні позитивні ефекти від застосування k -значних елементів та структур можна звести до наступного: створення систем штучного інтелекту, здатних до самоорганізації та самопрограмування, рішення надскладних задач розпізнавання образів мовних та зорових зображень, а також k -значних аналізаторів і синтезаторів сигналів, призначених для оперативного аналізу випадкових процесів та формування радіолокаційних зондуючих сигналів; створення систем завадостійкого кодування та захисту від несанкціонованого доступу із застосуванням теорії скінченних полів, що є за суттю k -значними; розвиток нового підходу до створення високоефективної потоково-просторової архітектури систем з елементами штучного інтелекту, адекватної до складності задач, що ними виконується; спрощення структури цифрових пристроїв оброблення даних через відсутність потреби проміжних перетворень десяткових чисел у двійкову форму та суттєве збільшення швидкості виконання арифметичних операцій, зменшення апаратних затрат за рахунок зменшення довжини кодових зображень даних з ростом значності i , як наслідок, зниження вартості та енергоспоживання; ріст продуктивності цифрових систем та ЕОМ за рахунок скорочення часу виконання таких непродуктивних операцій, як вирівнювання порядків та нормалізація; зменшення числа зв'язків на функціональному та системному рівнях i , як наслідок, підвищення надійності пристроїв передачі цифрових даних, зниження масогабаритних показників та втрат дорогоцінних металів; створення високоефективних методів та засобів аналого-цифрового перетворення; створення методів моделювання елементів та структур із суміщенням процесів логічного моделювання та кількісного аналізу (на основі більшої деталізації зображення форми реального фізичного сигналу); забезпечення вищої швидкості передачі цифрових сигналів у межах заданої смуги частот; оптимізація програм згідно із заданими критеріями з використанням k -значних алгебр Поста тощо.

І разом з тим практичні здобутки у даній галузі вражающе бідні у порівнянні з важливістю проблеми та величезними зусиллями, що затрачені упродовж третини віку на їх реалізацію. Дуже мало створено технічних засобів, що виявилися придатними для вирішення реальних задач автоматизації праці людини. Причини такого положення не переосмислені й до сьогоднішнього дня.

На наш погляд, справа у тому, що у підходах до аналізу та синтезу k -значних елементів і структур є ряд концептуальних помилок. Хибною є точка зору, що для k -значних структур $k \geq 3$. Практично ж $k \in \{0, 1, 2, \dots, k-1\}$, отже значність $k=2$ існує у неперервному зв'язку з будь-якою іншою значністю. Ця очевидна й проста обставина приводить нас до наступного неочевидного висновку, що не існує необхідності альтернативного розмежування та протиставлення дво- та k -значних елементів та структур, і навпаки, слід шукати підходів, що поширювали б властивості співжиття (симбіозу) цих логік на елементний та структурний рівні.

По друге, присвоєння k -значною структурою значень алфавіту з множини $E_k \in \{0, 1, \dots, k-1\}$ здійснюється з допомогою багаторівневих сигналів. Розпізнавання значень рівнів під час роботи k -значних структур фактично зводиться до вимірювання деякого фізичного параметра X (наприклад, напруги, струму, електричного заряду тощо). Для того щоб k -значний елемент чи структура могли безпомилково розпізнавати

ображені сигналами значення алфавіту, вони повинні вимірювати їх з певною мірою точності.

Під точністю вимірювання чи формування k -значних сигналів розуміють інтервал припустимих відхилень, у якому з встановленою ймовірністю перебуває їх середня похибка. Дослідження підтвердили, що найголовнішою задачею під час створення k -значних структур є врахування та забезпечення вимог щодо точності їх роботи. Переважна ж більшість розробок k -значних структур базувалася на адекватному теоретичному фундаменті двозначних елементів та структур, який взагалі не передбачає під час оброблення сигналів їх вимірювання з заданою точністю. Тому хто з дослідників, що займалися проблемою створення та застосування k -значних елементів та структур, і до сьогодні намагаються створити функціонально повні набори гранично простих елементів для задач форматного синтезу цифрових систем з k -значним структурним алфавітом за аналогією з тим, як це прийнято в двозначних методах та підходах. У результаті немає ні елементів, ні структур, ні систем.

У сучасних цифрових системах переважно використовується двозначне кодування, але оскільки обсяг даних, що передається, неухильно зростає, перед розробниками стає завдання підвищення перепускної здатності двозначних каналів обміну даними. Одним із шляхів його розв'язку є розпаралелювання каналів передачі аж до побітного передавання кожним з каналів. При цьому, чим більший обсяг даних необхідно передати, тим більше число зв'язків необхідно мати, а це приводить до збільшення ваги, габаритів та вартості апаратури, знижує її надійність. Отже найперспективнішим є використання просторових (паралельних) схем, структур та систем k -значної логіки, які забезпечують побудову швидкодіючих засобів обробки інформації та володіють вищими показниками щодо перепускної здатності за умов меншого числа зв'язків і компонент, ніж двозначні.

Багатозначні логічні елементи (БЛЕ) за своєю структурною побудовою та принципами дії є перетворювачами інформаційних повідомлень, які характеризуються певними інформаційними ознаками. Якщо види вхідної та вихідної інформаційних ознак збігаються, то перетворювач називають *однорідним*. Задача створення однорідного перетворювача розв'язується з використанням проміжного перетворення, яке здійснює перехід від однієї інформаційної ознаки до іншої, використовуючи елементарні неоднорідні перетворювачі.

Перспективною при цьому вважається наступна група інформаційних ознак: S - статична ознака (кожному з символів багатозначного структурного алфавіту ставиться у відповідність один з рівнів напруги чи струму); P - просторова ознака (символи алфавіту відображаються збудженим станом одного з k просторових полюсів); D - динамічна ознака (символам алфавіту відповідають певні інтервали часу для вибраного виду періодичних послідовностей імпульсів). Для цієї групи інформаційних ознак повідомлень існує тільки 3 елементарних неоднорідних перетворювачів:

$$S \rightarrow D; D \rightarrow S; P \rightarrow S;$$

$$S \rightarrow P; D \rightarrow P; P \rightarrow D.$$

Початково найперспективнішими, у відношенні простоти схемної реалізації, були елементи, що будуються за структурою $S \rightarrow D - D \rightarrow S$, але ці ж елементи, на жаль, найменш швидкодіючі. З іншого боку, з удосконаленням твердотілої інтегральної схемотехніки та технології, число компонент (вентилів) не грає переважаної ролі й на перше місце виходить вимога забезпечення високої швидкодії БЛЕ. Тому, у подальшому, статичні просторові k -значні структури реалізуються за схемою $S \rightarrow P - P \rightarrow S$, як такі, що мають гранично високу швидкодію та можуть бути реалізовані із

застосуванням твердотілої технології.

Під час реалізації БЛЕ згідно з принципом базису здійснюється їх налагодження шляхом перекомутації базисних входів до відповідних виходів джерела базисних сигналів. Застосування окремого джерела каліброваних базисних сигналів обумовлюється необхідністю забезпечення відповідного рівня точності формування значущих сигналів, і, як наслідок, необхідної ймовірності безвідмовної роботи k -значної структури в цілому, а також можливістю забезпечення універсальності БЛЕ за рахунок мультиплексування базисних входів. Хоча з іншого боку застосування k -значної БЛЕ схемотехніки і технології привело до створення розподілених у структурі ВІС квантованих за рівнем струму інжекторів, які виконують роль локальних джерел базисних сигналів. При цьому були втрачені можливості забезпечення необхідної точності та повторюваності k -значних сигналів і принципово хороша ідея створення струмових k -значних схем так і не знайшла свого втілення у промислові зразки. Більше того, дослідження просторових універсальних багатозначних функціональних перетворювачів потенційного типу, які проведені у роботах, теж дозволяють перспективність використання розподілених у структурі параметричних формувачів опорних і базисних сигналів.

Отже, аналіз стану справ у галузі розроблення автоматизованих систем управління з елементами штучного інтелекту свідчить про те, що основними орієнтирами на магістральному напрямку ШІ є створення швидкодіючих (просторових), універсальних, гнучко переналагоджуваних структур і більшістю з цих ознак володіють якраз просторові k -значні структури, зокрема комплекс, до якого входять перетворювачі двозначних кодів у багатозначні й навпаки, універсальні багатозначні функціональні перетворювачі та просторово-об'ємні k -значні комутатори. Застосування k -значної логіки та універсальних k -значних структур виправдане також тим, що мовні і зорові образи природного інтелекту багатозначні, а його механізми дії дискретні.

Аналізуючи стан справ в теорії інформації, теорії обчислювальних систем, теорії кодування, теорії автоматичних систем керування, теорії радіосистем, тільки в теорії інформації та кодування і k -значній логіці знаходимо ті першооснови, що із самого початку, у якості формальних математичних понять, використовують поняття k -значних основ систем числення. Оскільки багатозначні елементи та структури за принципами дії є перетворювачами інформаційних повідомлень, які, як апаратні канали, характеризуються певними інформаційними ознаками, то для формування теорії багатозначних структур та відповідних їх досліджень використовуються математичні моделі Шеннона каналів передачі даних з k -значним кодуванням за умов виникнення завад. Отже, теорія побудови k -значних структур розвивається зі стику декількох дисциплін, ряду теорій k -значної логіки та теорій кодування, точності та чутливості. Такий підхід забезпечує поєднання результатів досліджень точності роботи k -значних елементів та структур з методами й моделями теорії кодування і розроблення методів їх оптимізації за єдиними та спільними ймовірнісними критеріями.

Таким чином, з появою та широким застосуванням багатозначних універсальних просторових структур у системах ШІ виникає комплекс взаємопов'язаних теоретичних, методичних та схемотехнічних задач їх побудови й реалізації, що є складною проблемою. Вирішення її є актуальним і має стратегічне значення для виходу кризової ситуації під час створення систем ШІ зі зменшенням величезних затрат часу та засобів фінансування, а стислий аналіз стану свідчить про актуальність і велике наукове та прикладне значення даної проблематики.