

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

*На правах рукопису*

НЕЧИПОРУК  
Сергій Анатолійович



МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ І СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ  
ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ НВІС

Спеціальність: 05.12.16 - технологія та виробництво  
засобів радіотехніки і  
телекомунікацій

АВТОРЕФЕРАТ  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

ЛЬВІВ 1996



00759879 (2)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в **Фізико - Механічному Інституті  
НАН України;  
Московському Інженерно-Фізичному  
Інституті**

**Науковий керівник:** - доктор технічних наук, професор  
**КАРМАЗІНСЬКИЙ Андрій Миколайович**

**Офіційні опоненти:** - доктор технічних наук, професор  
**КОВАЛЬ Володимир Олександрович**  
- кандидат технічних наук, с.н.с.  
**ГЛУХОВ Валерій Сергійович**

**Провідна установа:** - АТ "РОДОН"  
м. Івано-Франківськ

Захист відбудеться " 11 " 06 1996р. об 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.06.13 Державного університету „Львівська Політехніка“ за адресою 290013 Львів, вул. С.Бандери 12.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного Університету "Львівська Політехніка", 290013 м. Львів, вул. Професорська 1.

Автореферат розісланий " 27 " 04 1996р.

Вчений секретар  
спеціалізованої Вченої ради  Романишин Ю.М.

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Безперервно зростаючі вимоги до швидкості обробки сигналів вимагають наявності потужних обчислювальних засобів. Використання дешевих швидкодіючих надвеликих інтегральних схем (НВІС) з високою густиною компонування елементів дають можливість реалізації багатьох суперобчислень, про які раніше не могло навіть бути мови. Перехід до систем, реалізованих на основі НВІС, дозволяє розв'язувати такі проблеми як обробка знань і створення штучного інтелекту.

В області обробки сигналів перевага надається спеціалізованим НВІС - пристроям, які задовільняють жорсткі вимоги, пов'язані з обробкою в реальному масштабі часу. У випадку реалізації такого виду обробки за допомогою універсальних пристроїв вартість такої системи з аналогічною продуктивністю зростає в сотні разів. Однак, враховуючи те, що багато видів обробки можуть бути реалізовані за допомогою відносно невеликої множини простих операцій, підхід, в основі якого лежить використання спеціалізованих блоків, є золотою серединою в спектрі універсальних та заказних пристроїв. Ці пристрої є ніщо інше як елементи бібліотеки на різних рівнях ієрархії.

У літературі існує значна кількість публікацій, які пов'язані з синтезом цифрових пристроїв на основі тих чи інших базисів. У той же час інформація про бібліотеки елементів, способи їх формування та технологію синтезу самих елементів є недостатня. Аналіз бібліотек елементів для проектування НВІС ряду фірм показує, що більшість з них формується тільки за рахунок поповнення елементами, необхідність в яких виникає в процесі виконання тих чи інших проектів НВІС. Таким чином, виходячи з вищевказаного можна визначити мету дисертаційної роботи.

Метою дисертаційної роботи є розробка і формалізація представлення цифрових елементів на макрорівні, розробка методик

трансформації їх структур у відповідності з вимогами замовника, а також розробка елементів бібліотеки з використанням багатозначного представлення інформації.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити основні наукові задачі, суть яких полягає в наступному:

- провести аналіз підходів до формування бібліотек елементів, визначити їх основні переваги та недоліки і обґрунтувати вибір;

- локалізувати мінімальний номенклатурний перелік елементів бібліотеки на мікрорівні;

- вивчити і подати знання про елементи НВІС у вигляді узагальнених структур та їх складових частин, використовуючи лінгвістичне забезпечення підмножини VHDL;

- дослідити локальні перетворення структур логічних схем і реалізацію їх на мові VHDL, а також розробити рекомендації для їх використання;

- проаналізувати та обґрунтувати можливість використання інформаційного підходу для реалізації елементів НВІС;

- реалізувати мінімальний номенклатурний перелік елементів бібліотеки з використанням чотиризначної логіки.

Методи досліджень. Для розв'язання поставлених задач використовувались: методи системного аналізу; методи синтезу з використанням макромоделей; компіляція цифрових КМДН - елементів; Булева алгебра та основи алгебр Поста.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній вперше одержані результати з реалізації елементів у вигляді узагальнених структур, одержані дані та вироблені рекомендації з локальних перетворень структур логічних схем, реалізовані нові схемотехнічні рішення чотиризначних КМДН - елементів і дані рекомендації щодо реалізації бібліотек елементів з багатозначним представленням інформації.

### Особистий внесок.

Теоретичні дослідження та експериментальна перевірка результатів дисертаційної роботи виконані автором самостійно. Створення та розвиток технології синтезу макроелементів бібліотеки на основі узагальнених структур, реалізація чотиризначних елементів здійснювались за безпосередньою участю автора.

### Практична цінність дисертаційної роботи:

- вироблена методика локалізації номенклатурного складу бібліотеки елементів на мікрорівні;

- розвинутий метод узагальнених структур для синтезу макроелементів бібліотеки, розглянута реалізація і композиція їх складових частин;

- представлені ряди простих локальних перетворень і подані рекомендації їх використання при синтезі макроелементів на основі узагальнених структур;

- дані рекомендації для реалізації опису локальних перетворень на VHDL;

- реалізовані нові схемотехнічні рішення чотиризначних КМДН - елементів: інверторів, циклічних інверторів, мультиплексорів, кон'юнкторів і диз'юнкторів, суматорів та перемножувачів.

Реалізація і впровадження результатів роботи. Теоретичні та експериментальні дослідження в роботі проводились на кафедрі „Електроніка“ Московського Інженерно - Фізичного інституту та у Фізико - Механічному інституті НАН України. Матеріали дисертації реалізовані при виконанні та впровадженні таких науково - дослідних робіт:

- бюджетних тем №90-3-003-116 з проблеми „Разработка методов и средств проектирования КМДП СБИС“, (№ ДР 0190.0043309). МІФІ;

- проектів програм №90-2-003-186 “Интеллектуальные системы”, (№ ДР 0190.0067286). МІФІ;

- державної науково - технічної програми "Перспективні інформаційні технології і системи". ФМІ НАН України;

- договірної тематики №1521: „Исследование возможности разработки для КМОП базового кристалла библиотеки элементов с использованием многозначной логики“. НВО „Інтеграл“, м. Мінськ, Республіка Беларусь.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес Московського Інженерно - Фізичного інституту та фізико-математичної школи МІФІ використовуються в курсах лекцій і науково-дослідній роботі.

#### Основні положення, що виносяться на захист:

1. Метод локалізації мінімального номенклатурного складу елементів бібліотеки, який забезпечує логічну, схемотехнічну, конструктивну та електричну гнучкість елементів.

2. Спосіб формування бібліотек та синтезу цифрових елементів на основі структурно - функціонального підходу представлення макроелементів. Запропоновані базові елементи узагальнених структур та прості макроелементи в узагальненому вигляді.

3. Локальні перетворення структур логічних схем, їх класифікація та формальне представлення у вигляді рядів. Спосіб представлення локальних перетворень з використанням мови VHDL.

4. Теоретичні аспекти реалізації багатозначних логічних структур. Реалізація бібліотеки чотиризначних КМДН - елементів та розробка методології формування бібліотек з використанням інформаційного підходу.

#### Апробація роботи.

Одержані результати дисертації обговорювались на наукових семінарах кафедри Електроніки Московського Інженерно - Фізичного інституту, семінарах наукової ради АН України з проблеми "Кібернетика" та наукової ради АН України з проблеми "Теоретична електротехніка і електронне моделювання", міжнародній літній школі

"Rechnergestutzte Produktion und Robotertechnik" (Technical University of Vienna, Institute for Handling Devices and Robotics; Scientific Academy of Lower Austria), міжнародній конференції "Высокопроизводительные вычислительные системы в управлении и научных исследованиях" (Алма-Ата, 1991) і доповідались на всесоюзному семінарі "САПР в машиностроении" (Ульяновск, 1990), всесоюзній школі-семінарі молодих вчених "Машинная графика и автоматизация проектирования в радиоэлектронике" (Челябинск, 1990), науково - технічному семінарі "Микропроцессоры в системах контроля и управления" (Пенза, 1991), міжнародній конференції "First International Conference and Exhibition on Information Technologies and Systems" (Львів, 1993), міжнародній конференції "30 - COSPAR Scientific Assembly" (Hamburg, 1994), другій українській конференції з автоматичного керування "Автоматика - 95" (Львів, 1995).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 12 робіт.

#### Структура дисертації.

Дисертаційна робота викладена на 156 сторінках і складається із вступу, чотирьох глав, заключення і списку використаної літератури.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, розкритий основний зміст роботи по главах.

В першій главі викладені результати проведеного автором дослідження основ концепції методу бібліотек схемних елементів для проектування НВІС.

Технологія проектування на основі бібліотечних елементів дозволяє користувачам, які не мають спеціальної підготовки, безпосередньо брати участь у процесі проектування з самого початку.

До основних принципів створення бібліотек елементів належать: принцип неперервного еволюційного розвитку елементів і самої бібліотеки, принцип модульності організації структур і модельного представлення елементів на різних рівнях ієрархії, функціональна орієнтація елементів з обов'язковим виділенням базового ядра, принцип параметризації елементів та їх структур, принцип композиційно - декомпозиційного перетворення структур елементів, принцип інформаційної, структурної, функціонально - логічної та конструкторської узгодженості елементів бібліотеки, а також принцип сумісності рішень для різних рівнів ієрархії. Виходячи з вивезгаданих принципів, можна виділити основні підходи до формування бібліотек елементів для проектування НВІС: структурно - функціональний (СФ), функціонально - структурний (ФС), конструкторський (К) та інформаційний (І).

На основі аналізу підходів до формування бібліотек показано, що найбільш перспективним на даний час є використання структурно - функціонального та інформаційного, більш детальний розгляд яких проводиться в наступних главах.

Результати морфологічного аналізу та ієрархічна організація бібліотеки елементів дають можливість визначити поняття ряду логічних елементів. Ряд - група елементів бібліотеки, які мають спільні функціональні ознаки, складають певну множину, які відрізняються один від одного значеннями параметрів, таких як розмірність входів та виходів, коефіцієнт навантаження і т.д. Значення параметрів відповідають значенням морфологічних змінних, які характеризують конкретні елементи. Представлені основні ряди мікроелементів.

Визначені основні обмеження значень атрибутів ряду. Це перш за все функціональні, часові та обмеження конструкції.

Функціональні обмеження визначають нижню границю для такого атрибуту як число входів (за винятком елементу інверсії, який в даному випадку можна вважати виродженням).

Часові обмеження визначають число послідовно з'єднаних транзисторів для простих елементів та число як послідовно, так і паралельно з'єднаних транзисторів для складних елементів. Таким чином, для простих елементів число входів не перевищує 4-х, і відповідно для складних - число входів на одному ярусі елементу та число ярусів не перевищує 3-х.

Обмеження конструкції вказують на мінімальне число конструктивів (топологічних реалізацій кожного елементу). Використовуючи координатну модель НВІС визначено, що число з'єднань, які можна підвести до елементу, не перевищує чотирикратного числа технологічних шарів. Врахувавши, що з'єднання відповідних частин елементів належать одному шару, одержимо, що реалізація з'єднань можлива тільки на трьох ребрах координатної сітки. З цього випливає, що мінімальне число конструктивів ряду дорівнює трьом.

Проведений аналіз елементів ряду з позицій визначення їх коефіцієнту навантаження. Локалізовані дві взаємодоповнюючі частини ряду буферних інвертуючих елементів.

Виходячи з аналізу обмежень, які накладаються на зміну значень кожного з атрибутів елементів ряду, запропонований та обґрунтований спосіб визначення мінімального номенклатурного складу бібліотеки на мікрорівні.

Основний зміст методу полягає в аналізі затримки розповсюдження сигналу для структур, які виконують однакову логічну функцію.

Для кожного із розглянутих рядів визначена кількість мінімальних конфігурацій та конструктивів.

В другій главі дисертаційної роботи розглянутий СФ - метод та його використання для генерації елементів бібліотеки. Цей метод передбачає використання узагальнених структур логічних схем.

Основна мета використання узагальнених структур - зменшення перебору множини рішень при синтезі на основі експертних знань, які і є узагальненими структурами.

Використання узагальнених структур відбувається тільки на верхньому (архітектурному) рівні проектування елементів. У випадку виконання елементів на технологічно реалізованих узагальнених структурах зростає нерегулярність топологічних структур елементів, які одержуємо (виникають ділянки макро і мега - пустот), збільшується об'єм та складність опису структури, а також одержані схеми будуть мати меншу швидкодію.

Представлення елементів у вигляді узагальненої структури повинно задовільняти наступні вимоги. Повинна виконуватись визначена функція поведінки елемента. Це вимагає локалізації множини структурних блоків, представлених в узагальненому вигляді. Всі елементи структурних блоків являють собою породжуючі системи з певними функціями поведінки. Крім цього узагальнена структура належить до певного класу структурованих систем, тобто задовільняє деякі структурні обмеження.

Узагальнена структура відповідає формальній моделі:

$$SM = (P, R, T, W, E),$$

де  $P$  - множина параметрів узагальненої структури,  $R$  - множина співвідношень між значеннями параметрів,  $T$  - перелік елементів та зв'язків узагальненої структури,  $W$  - множина функцій для обчислення вагових коефіцієнтів,  $E$  - множина функцій для оцінки технічних характеристик структури.

Для опису узагальненої структури використовується підмножина мови VHDL. Опис узагальненої структури містить: загальну декларативну частину, яка вказує типи даних і вхідних сигналів та їх розмірність; секції інтерфейсу цифрового пристрою (сутність узагальненої структури); секцію опису поведінки та структури елемента і секцію корекції структури.

Виходячи з вищевказаного, опис елементів є відображенням знань експерта, які закладені в узагальненій структурі з допомогою підмножини VHDL. Знаннями про елемент, в першу чергу, виступають описи компонент елемента та їх зв'язків, а також умови редагування структури елемента.

Суть розглянутого структурно - функціонального методу генерації макроелементів полягає в наступному. Для кожного пристрою розробляється узагальнена структура, яка включає секції вводу та виводу, управління, взаємодії, допоміжні та додаткові секції, а також функціональне ядро. Кожній секції відповідає узагальнена функція, яка за бажанням розробника налаштовується на задані умови роботи. Для кожної секції та всього макроелемента встановлюється перелік морфологічних змінних та їх значень. За допомогою операцій редагування структури та зв'язків, спеціалізації та параметризації, відповідності та мультиплікації і т.д. можна перестроювати структуру макроелементів, секцій, конкретизувати значення морфологічних змінних.

У роботі запропоновані базові елементи узагальнених структур, а також прості макроелементи в узагальненому вигляді. Визначена методика складання опису елементів в узагальненому вигляді. Вона складається із: задання складу структурних частин та зв'язків між ними, визначення режимів роботи, задання модифікацій функцій структурних елементів та зв'язків, визначення набору сигналів для кожної структурної частини, задання розмірності сигналів, входів та

виходів, визначення розмірності структурних частин та навантаження, задання полярності сигналів.

Наявність різних способів настройки, різна конфігурація структури макроелементу дозволяє здійснювати процес генерації множини конкретних бібліотечних елементів. Вказаний метод може стати основою для створення експертної системи.

В третій главі розглянуті локальні перетворення структур логічних схем. Основною метою локальних перетворень є: підвищення швидкодії, мінімізація площі, зменшення числа виводів та з'єднань, зменшення потужності, полегшення тестування, зміна полярності, перехід на другу технологію та інше.

Виходячи з концепції структурно - функціонального підходу можна провести класифікацію локальних перетворень на двох ортогональних напрямках. Перший напрямок відображає методи реалізації локальних перетворень, другий - їх структурні особливості.

Базові методи, які характеризують перший напрямок, це перетворення на основі Булевої алгебри, зміна способу реалізації елементів, перетворення конструкції та технологічні перетворення.

Класифікація за структурними особливостями відображає перетворення елементів, перетворення зв'язків та комбіновані перетворення. Виходячи з вищевказаного, перетин відповідних ортогональних методів визначає весь спектр локальних перетворень.

За аналогією з елементами бібліотек, локальні перетворення можна розподілити на групи, які володіють спільними рисами. Такі групи перетворень, при дальшому розгляді, будемо називати рядом.

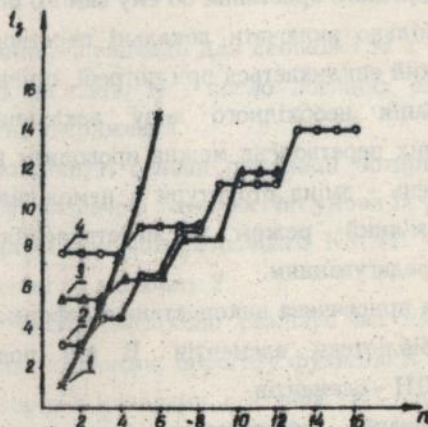
Перетворення ряду STANDART відображають особливості реалізації самих елементів, а саме більш просту побудову інвертуючих структур. Ця особливість в першу чергу проявляється для структур, вихідним елементом яких є інвертор. Перетворення цього ряду описується функцією ST, основні атрибути якої - типи елементів на

вході та виході, число входів  $n_{вх}$  та тип елемента, над яким здійснюється перетворення (функція, яка виконується елементом).

Перетворення POWER описує зміну структури в залежності від навантаження схеми. Ряд POWER містить три види таких перетворень: заміна елемента на більш потужний, заміна буферних структур і одночасна зміна як буферу так і елемента.

Ряд POWER відображений функцією PW, основні атрибути якої - значення діапазону навантаження  $p$ , тип буферної структури  $I_p$ , тип перетворюваного елемента.

Ряди перетворень AND та OR базуються на особливостях реалізації одноіменних логічних функцій. Основними атрибутами функцій вищезгаданих перетворень є: діапазон значень  $n_{вх}$ , тип елементів на вході  $D_{in}$ , тип елементів на виході  $D_{out}$  та діапазон навантаження  $p$  вихідного елемента.



Мал. 1. Порівняльний аналіз затримок для структур, які реалізують функції AND та OR (номер графіку вказує на значення  $n_{вх}$  вихідного елемента структури).

Значення всіх атрибутів для перетворень AND та OR визначаються виходячи з аналізу затримок структур, який показано на мал. 1, в діапазоні значень  $n_{вх}$ , що не перевищує 16.

Ряди перетворень ANDOR і ORAND аналогічні перетворенням AND та OR. Враховуючи, що необхідна реалізація комбінованих елементів, основними обмеженнями є число секцій  $n_s$  елементу та число входів  $n_{зі}$  для кожної секції. Локальні перетворення цього ряду виконуються у випадку, коли діапазон значень  $n_s$  та  $n_{зі}$  перевищує 3. Розглянуті локальні перетворення для діапазону значень  $n_{вх}$ , що не перевищує 26 для двосекційних функцій та для  $n_{вх}$ , що не перевищує 27 для трисекційних функцій.

Виконання алгоритму локальних перетворень проводять після першого етапу синтезу з використанням узагальненої структури. Реалізацію локальних перетворень на мові VHDL можна виконати безпосередньо в кожній з частин опису узагальненої структури, що, однак, приведе до значного зростання об'єму самого опису. Виходячи з вищевказаного, доцільно включати локальні перетворення у вигляді окремого пакету, який викликається при потребі, причому відбувається незалежна активізація необхідного виду локальних перетворень. Виконання локальних перетворень можна проводити в двох режимах: жорстких перетворень - зміна структури з неможливістю наступного редагування та м'який режим - перетворення структури з підтвердженням та редагуванням.

Четверта глава присвячена використанню інформаційного підходу при формуванні бібліотеки елементів. В ній подано реалізацію чотиризначних КМДН - елементів.

Основні переваги застосування багатозначних елементів: скорочення числа виводів, розширення функцій обробки на одиницю площі кристалу, спрощення апаратних засобів, збільшення швидкості обробки даних і т.д.

Теоретично показано збільшення показника швидкодії для схем з багатозначним представленням інформації.

Виходячи з основ алгебр Поста і використовуючи відомий закон (правило) Рента, а також застосовуючи модель функціонального поля логічної схеми можна записати показник швидкодії схеми у вигляді:

$$P_k = 1 - \frac{\lg h}{\lg N} + \frac{\log_2 k}{\lg N},$$

і враховуючи значення  $P_2$ :

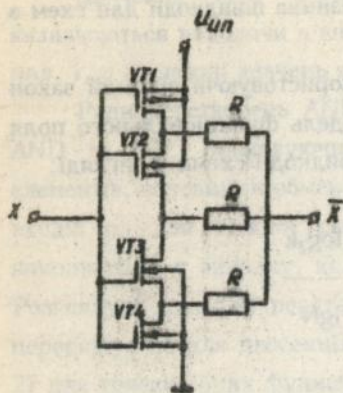
$$P_k = P_2 + \frac{\log_2 k}{\lg N},$$

де  $P_2$  і  $P_k$  - показники швидкодії для двійкової та  $k$  - значної схеми,  $h$  - глибина логічних зв'язків,  $N$  - число логічних елементів. Звідки й випливає зазначене твердження.

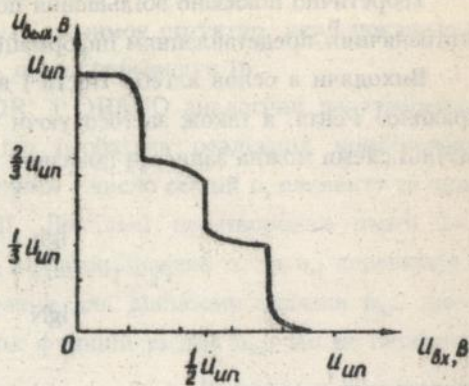
В роботі розглянуті основи реалізації чотиризначних елементів потенційного типу, визначені технологічні умови їх реалізації.

Простим прикладом чотиризначного КМДН - елемента служить інвертор зображений на малюнку 2.

Розглянута схема додатково реалізує всі елементарні порогові функції чотиризначної логіки: порогову функцію  $X^0$  - в точці з'єднання МДН - транзисторів з каналами  $n$  - типу,  $X^1$  - на з'єднаних стоках МДН - транзисторів другої пари і  $X^2$  - в точці з'єднань МДН - транзисторів  $p$ -типу.



а



б

Мал.2. Чотиризначний інвертор (а) та його перехідна характеристика (б).

В роботі показана реалізація чотиризначних КМДН - елементів: MIN, MAX, циклічних інверторів, репітерів, порогових елементів, мультиплексорів, суматорів та помножувачів, перетворювачів коду, а також простих елементів пам'яті - тригерів DC та RS типу. Побудова всіх запропонованих схем здійснюється за аналогією із схемою інвертора. Всі запропоновані схеми виконують додаткові функції одночасно з основною.

На основі розроблених елементів подані рекомендації для розробки розширеного бібліотечного набору чотиризначних КМДН - елементів і реалізації мікропроцесорних структур з багатозначним обміном.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Виконані дослідження є теоретичною розробкою та рішенням задачі підвищення ефективності автоматизації проектування НВІС на основі системного підходу формування і синтезу КМДН - елементів.

Основні результати дисертаційної роботи зводяться до наступного:

1. Враховуючи задачі аналізу та оптимального синтезу цифрових елементів розроблена методика визначення числа модифікацій елементів бібліотеки, яка дозволяє:

- локалізувати мінімальний номенклатурний перелік цифрових КМДН - мікроелементів;

- забезпечити структурну, логічну, схемотехнічну, конструктивну та електричну гнучкість бібліотек елементів.

2. На основі розробленої методики визначені:

- мінімальний перелік КМДН - мікроелементів, що складає 18 видів, та кількість їх конфігурацій;

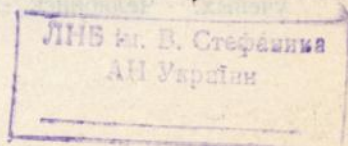
- мінімальна кількість конструктивів мікроелементів, яка рівна 3.

3. На підставі аналізу підходів і принципів створення і формування бібліотек елементів запропоновано та обґрунтовано використання структурно - функціонального методу синтезу макроелементів на основі узагальнених структур, що дозволяє:

- представлення узагальненої структури елементів у вигляді формальної моделі  $\$M$ ;

- опис узагальненої структури на основі лінгвістичного забезпечення підмножини VHDL;

- використання операцій редагування структури та зв'язків, спеціалізації та параметризації, відповідності та мультиплікації для генерації множини макроелементів у відповідності з вимогами розробника;



- скорочення перебору і конкретизація рішень в полі морфологічних змінних та їх значень на множині  $10^4 - 10^5$  екземплярів.

4. Проведений аналіз і класифікація локальних перетворень логічних схем. Запропонована реалізація алгоритму локальних перетворень з використанням мови VHDL та визначені основні режими виконання локальних перетворень, що дозволило:

- забезпечити здатність до адаптації процедури формування та настроювання узагальненої структури;

- визначити та описати локальні перетворення STANDART, POWER; AND та OR в діапазоні значень  $n_{вх} \leq 16$ ; локальні перетворення ANDOR і ORAND для значень  $n_s \leq 26$  для двосекційних та відповідно  $n_s \leq 27$  для трисекційних елементів;

- дати рекомендації з використання локальних перетворень.

5. На основі закону Рента і моделі функціонального поля схеми розглянуті теоретичні аспекти реалізації багатозначних логічних схем та доведено збільшення показника швидкодії для багатозначних елементів у порівнянні з двійковими.

6. Розроблені нові чотиризначні КМДН - елементи: MIN, MAX, циклічні інвертори, репітери, порогові елементи, мультиплексори, суматори та помножувачі, тригери DC і RS типу.

7. На основі розроблених чотиризначних КМДН - елементів одержані рекомендації для номенклатурного переліку бібліотеки чотиризначних КМДН - елементів.

#### Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Нечипорук С.А. Локальные преобразования структур логических схем // Машинная графика и автоматизация проектирования в радиоэлектронике. Труды Всесоюзной школы - семинара молодых ученых. - Челябинск. -1990. -С. 52 - 53.

2. Нечипорук С.А. К вопросу о формировании библиотеки элементов для проектирования БИС // САПР в машиностроении. Труды Всесоюзного семинара. - Ульяновск. -1990. - С.74.
3. Нечипорук С.А. и др. Разработка инструментальной основы экспертной системы генерации макроэлементов для проектирования СБИС. Техн. публ. Программа "Интеллектуальные системы". Московский Инженерно-Физический институт. № ГР 0190.0067286. - М.: -1991. -42с.
4. Нечипорук С.А. Особенности реализации микропроцессорных структур с многозначным обменом // Микропроцессоры в системах контроля и управления. Труды научн. техн. семинара. - Пенза. - 1991. -С.28 - 29.
5. Кметь А.Б. Нечипорук С.А. Високопродуктивний розширювач арифметико-логічного пристрою. // Proc. First International Conference and Exhibition on Information Technologies and Systems. - 1993.
6. Nechiporuk S.A., Stecko I.G. The realization of the board informational system for sattellite monitoring. Proc. 30 - COSPAR Scientific Assembly. Symposium A.1. - Hamburg. -1994. -P11.
7. Нечипорук С.А., Федорів Т.Р. Елементна база КМДН струмових НВІС // Автоматика - 95. Праці другої української конференції з автоматичного керування. -1995. -Т. 4. -С. 123 - 124.
8. Нечипорук С.А. Концепция синтеза макроэлементов библиотеки на основе структурно - функционального подхода // Автоматика - 95. Праці другої української конференції з автоматичного керування. - 1995. -Т. 2. -С. 121 - 122.
9. А.с. 1634117 (СССР) Циклический инвертор  $(X + 3) \bmod 4$  / А.Б. Кметь, Е.В. Коннов, В.И. Медведев, С.А. Нечипорук. Оpubл. в Б.И., -1991, № 9.

10. А.с. 1634118 (СССР) Циклический инвертор  $(X + 2) \bmod 4$  / А.Б. Кметь, Е.В. Коннов, В.И. Медведев, С.А. Нечипорук. Опувл. в Б.И., -1991, № 9.
11. А.с. 1635875 (СССР) Множительный элемент / А.Б. Кметь, В.И. Медведев, С.А. Нечипорук, А.В. Прибыльский. Опувл. в Б.И., -1991, № 10.
12. А.с. 1639393 (СССР) N - входовой четырехзначный логический элемент МИНИМУМ - НЕ / А.Б. Кметь, В.И. Медведев, С.А. Нечипорук. Опувл. в Б.И., -1991, № 12.

Nechyporuk S.A. Methods of form and synthesis digital cell for VLSI design.

The dissertation submitted on the achievement of the scientist degree of a Candidate of the Technical Sciences of the science of the speciality 05.12.16 - Technology and production radiotechnique device and telecommunication. State university "Lvivska politechnika", Lviv, 1996.

The 12 scientific papers will be protecting, they contained theoretic investigations, dedicated to the elaboration of methods of forms and synthesis digital cells, the macrocells optimal synthesis based on summarize structure and designing cells using multiple - valued logic.

Нечипорук С. А. Методы формирования и синтеза цифровых элементов для проектирования СБИС.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.16 - Технология и производство средств радиотехники и телекоммуникаций. Государственный университет "Львовская политехника", Львов, 1996.

Защищается 12 научных работ, которые содержат теоретические исследования, посвященные разработке методов формирования и синтеза цифровых элементов, оптимальный синтез макроэлементов на основе обобщенной структуры и проектирование элементов с использованием многозначной логики.

Ключові слова: ряд елементів, узагальнена структура, формальна модель, локальні перетворення, багатозначна логіка.

Підписано до друку 12.04.96. Формат 60x84/16. Папір друк. №1.

Друк. офсетн. Умовн. друк. арк. 1,5. Умовн. фарб. відб. 1,5.

Обл. вид. арк. 1,7. Тираж 100. Замовлення 80.

Машинно-офсетна лабораторія Львівського держуніверситету  
Ім. І. Франка. 290602 Львів, вул. Університетська, 1.



AB 34.746