

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі розробляється тема «Побудова елементів трійкових обчислювальних систем».

Зараз найбільш розповсюджена двійкова логіка, проте вона має ряд недоліків, які можна усунути завдяки використанню трійкової логіки, серед яких збільшення діапазону представлення чисел, пришвидшення виконання операцій, зменшення кількості обладнання. Цим обумовлена актуальність теми.

Мета роботи – синтез одномісних логічних елементів трійкової логіки шляхом розробки метода та його програмної реалізації.

Предмет дослідження – арифметичні та логічні елементи трійкових обчислювальних систем.

Об'єкт дослідження – методологія та алгоритми побудови елементів трійкової логіки.

Для досягнення мети, в роботі поставлено та вирішено наступні взаємопов'язані задачі:

- 1) Аналіз трійкової логіки.
- 2) Дослідження існуючих засобів реалізації трійкової системи.
- 3) Реалізація логічних та арифметичних елементів і вузлів трійкових обчислювальних систем.
- 4) Порівняння розроблених реалізацій з існуючими аналогами та прототипами.
- 5) Програмна реалізація методу синтезу трійкових унарних операцій.

В роботі запропонований метод синтезу трійкових унарних функцій та його програмна реалізація.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе разрабатывается тема «Построение элементов троичных вычислительных систем».

Сейчас наиболее распространенной является двоичная логика, но у нее есть ряд недостатков, которые можно устранить, применив троичную логику, среди которых увеличение диапазона представления чисел, ускорение выполнения операций, уменьшение количества оборудования. Этим обусловлена актуальность темы.

Цель работы – синтез одноместных логических элементов троичной логики путем разработки метода и его программной реализации.

Предмет исследования – арифметические и логические элементы троичных вычислительных систем.

Объект исследования – методология и алгоритмы построения элементов троичной логики.

Для достижения цели, поставлены и решены следующие взаимосвязанные задачи:

- 1) Анализ троичной логики.
- 2) Исследование существующих реализаций троичных систем.
- 3) Реализация логических и арифметических элементов и узлов троичных вычислительных систем.
- 4) Сравнение разработанных реализаций с существующими аналогами и прототипами.
- 5) Программная реализация метода синтеза троичных унарных операций.

В работе предложен метод синтеза троичных унарных функций и его программная реализация.

ABSTRACT

In the diploma work, the topic "Construction of elements of ternary computing systems" is being developed.

Now the most common is binary logic, but it has a number of disadvantages that can be eliminated by applying ternary logic, including an increase in the range of representation of numbers, acceleration of operations, and a decrease in the amount of equipment. This is due to the relevance of the topic.

The purpose of the work is the synthesis of single-place logical elements of ternary logic by developing a method and its software implementation.

The subject of research is the arithmetic and logical elements of ternary computing systems.

The object of research is the methodology and algorithms for constructing elements of ternary logic.

To achieve the goal, the following interrelated tasks were set and solved:

- 1) Analysis of ternary logic.
- 2) Research of existing implementations of ternary systems.
- 3) Implementation of logical and arithmetic elements and nodes of ternary computing systems.
- 4) Comparison of the developed implementations with existing analogues and prototypes.
- 5) Software implementation of the method of synthesis of ternary unary operations.

The robot proposes a method for the synthesis of ternary unary functions and its software implementation.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	7
1 ТЕОРИТИЧНІ ОСНОВИ ТРІЙКОВОЇ ЛОГІКИ.....	9
1.1 Трійкова система числення.....	10
1.2 Переваги та недоліки трійкової системи числення.....	11
1.3 Ефективність трізначної логіки.....	14
1.4 Одномісні операції в трійковій логіці.....	18
1.5 Алгебраїчні властивості трійкової логіки.....	19
1.6 Історія, сьогодення та майбутнє трійкової логіки.....	20
1.7 Висновок.....	23
2 ОГЛЯД АНАЛОГІВ СТРУКТУР ТРІЙКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	24
2.1 Пороговий елемент на магнітних елементах.....	24
2.2 Пороговий елемент на біполярних транзисторах.....	25
2.3 Пристрої на основі ПЕТЛ.....	27
2.4 Трійкові елементи на КМОП-транзисторах.....	28
2.5 Трійкові елементи на К-МОП-С транзисторах.....	31
2.6 Висновок.....	32
3 БАГАТОПОРОГОВИЙ ЕЛЕМЕНТ БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ ТА ТРІЙКОВІ ЕЛЕМЕНТИ НА ЙОГО ОСНОВІ.....	33
3.1 Чотирьохпорогова реалізація БПЕБЛ.....	34
4 МЕТОД ПОБУДОВИ ТРІЙКОВИХ ОДНОМІСНИХ ФУНКЦІЙ.....	38
4.1 Універсальний пристрій для реалізації трійкових одномісних функцій.....	38
4.2 Метод побудови трійкових унарних функцій.....	40
4.3 Програмна реалізація методу побудови трійкових одномісних функцій	43
4.4 Висновок.....	46
ВИСНОВОК.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48

ДОДАТОК А	54
Код програмної реалізації методу синтезу трійкових унарних функцій	54
ДОДАТОК Б.....	67
Синтезовані структури трійкових одномісних функцій	67

ВСТУП

Однією з найважливіших тем розмов про майбутнє нерідко стає питання технологій. Згідно з законом Мура, кількість транзисторів в процесорі подвоюється кожні півтора року.

Провідні компанії, що займаються напівпровідниковими технологіями та випуском напівпровідникових пристроїв, підійшли до дуже маленьких масштабів. Мінімальні розміри затвора транзистора – 14, 10, та навіть 7 і 5 нанометрів, використовуваного в сучасних серійно вироблюваних процесорах.

Мінімальний фізично можливий розмір затвора працездатного кремнієвого транзистора – п'ять нанометрів. Нижче цього значення відбувається явище "тунельний ефект" (електрони отримують можливість прорвати потенційний бар'єр р-п переходу і, грубо кажучи, почати вільно "гуляти" по сусідніх транзисторах процесора).

Довгий час вважалося, що це – крайня межа, після якого нарощування продуктивності обчислювальних машин знову стане приводити до зростання їх розмірів. І цю межу, якщо темпи мініатюризації збережуться, буде досягнуто вже приблизно через чотири-п'ять років.

Стратеги Intel ще у 2016 році прийшли до висновку, що одним з варіантів розв'язання проблеми може бути перехід від двійкової системи до систем з більшою значністю, в тому числі і до трійкової.

Однією з перешкод, що стримують розвиток та впровадження трійкової техніки, є незовсім вірне уявлення про незвичайність і важку досяжність трійкової логіки.

Насправді тризначна логіка є цілком коректною і відповідає дійсності, але й більш зручна і звична для людей, ніж двозначна логіка, адже кожна людина з нею стикається практично кожен день, приймаючи те чи інше рішення.

Зараз з'являються нові можливості напівпровідникових технологій на основі яких можна розробляти трійкові логічні та арифметичні елементи і шукати нові схемотехнічні підходи до практичної реалізації недвійкових комп'ютерів.

Тому актуальною практичною задачею є створення і реалізація загального підходу до трійкових вузлів та методів синтезу трійкових логічних та арифметичних елементів, так як досі немає стандартів в розробці і реалізації трійкових елементів, отже, немає чітко представленої елементної бази.

Предметною областю дослідження є логічні та арифметичні елементи і пристрої трійкових обчислювальних систем, а також функціональні вузли.

Мета роботи – синтез одномісних логічних елементів трійкової логіки шляхом розробки метода та його програмної реалізації.

Предмет дослідження – арифметичні та логічні елементи трійкових обчислювальних систем.

Об'єкт дослідження – методологія та алгоритми побудови елементів трійкової логіки.

Для досягнення мети, в роботі поставлено та вирішено наступні взаємопов'язані задачі:

- 1) Аналіз трійкової логіки.
- 2) Дослідження існуючих засобів реалізації трійкової системи.
- 3) Реалізація логічних та арифметичних елементів і вузлів трійкових обчислювальних систем.
- 4) Порівняння розроблених реалізацій з існуючими аналогами та прототипами.
- 5) Програмна реалізація методу синтезу трійкових унарних операцій.

ВИСНОВОК

Отже, в роботі проаналізована трійкова логіка, дослідженні існуючі аналоги трійкових елементів та способи їх реалізації. Усі вони мають свої недоліки:

- пороговий елемент трійкової логіки на магнітних сердечниках побудований по застарілим технологіям, внаслідок чого має низьку швидкодію;
- пороговий елемент на біполярних транзисторах визначає малу кількість порогів, внаслідок чого деякі рівні («++» = «0+» і «--» = «0-») не розрізняються;
- трійкові логічні елементи на КМОП-елементній базі приблизно в три рази поступаються по інтеграції і енергодінаміці двійковим аналогам та не мають загального підходу реалізації.

В результаті проведених досліджень та аналізу за основу в роботі взята структура багатопорогового елемента багатозначної логіки та розглянута його двопорогова та чотирьохпорогова реалізація, що пропонується використовувати для трійкової логіки.

В роботі на основі БПЕТЛ запропановано метод побудови трійкових унарних функцій, універсальний пристрій для реалізації трійкових унарних (одномісних) функцій, та реалізовано інформаційну систему (програму), що дозволило синтезувати можливі структури.

Порівняння синтезованих елементів з існуючими аналогами і прототипами показало, що запропоновані структури простіші та потребують меншої кількості елементів, їх можна будувати та аналізувати з єдиних позицій та підходів.

Таким чином, обсяг результатів, нові структури та метод синтезу дозволяють зробити висновок, що поставлені задачі вирішені та мета роботи досягнута.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Википедия – свободная энциклопедия, «Троичная логика», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://neerc.ifmoru/wiki/index.php?title=%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%BA%D0%B0#.D0.9E.D0.B4.D0.BD.D0.BE.D0.BC.D0.B5.D1.81.D1.82.D0.BD.D1.8B.D0.B5_.D0.BE.D0.BF.D0.B5.D1.80.D0.B0.D1.86.D0.B8.D0.B8
- 2) Shannonc. E.A Symmetrical notation for numbers. – "The American Mathematical Monthly", 1950, 57, N 2, p, 90 – 93
- 3) Википедия – свободная энциклопедия, «Троичная система счисления», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0
- 4) Гашков С. Б. § 11. Д. И. Менделеев и троичная система // Системы счисления и их применение. — М.: МЦНМО, 2004.
- 5) Выдержки из научного отчета № 24-ВТ (378) Брусенцова Н.П. «Использование троичного кода и трехзначной логики в цифровых машинах», Москва – 1969 г.
- 6) Карцев А. А. Арифметические устройства электронных цифровых машин. М., Физматгиз, 1958.
- 7) Кушнеров А., Троичная цифровая техника. Ретроспектива и современность. Университет им. Бен-Гуриона Беэр-Шева, Израиль, 28.10.05
- 8) Брусенцов Н.П. Об использовании троичного кода и трехзначной логики в цифровых машинах, Москва – 1969 г.

- 9) Брусенцов Н.П., «Заметки о троичной цифровой технике» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.computer-museum.ru/histusst/12-1.htm>
- 10) Википедия – свободная энциклопедия, «Троичные функции», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8
- 11) Википедия – свободная энциклопедия, «Модальная логика», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%BA%D0%BA
- 12) Трёхзначная логика. - Жизнь сквозь решето Сети, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://arvi.livejournal.com/144849.html>
- 13) Криницкий Н. А., Миронов Г. А., Фролов Г. Д., Программирование, под ред. М. Р. Шура-Бура, Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, 1963 (Глава 10 Программно-управляемая машина Сетунь).
- 14) Википедия – свободная энциклопедия, «Сетунь(комп'ютер)», [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%82%D1%83%D0%BD%D1%8C\(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%82%D1%83%D0%BD%D1%8C(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80))
- 15) Троичный компьютер: Да, нет, может быть: Логика // «Популярная механика». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.popmech.ru/technologies/11918-troichnyy-kompyuter-da-net-mozhet-byt-logika/>
- 16) Брусенцов Н.П. Пороговая реализация трехзначной логики электромагнитными средствами. // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып.9. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С.3-35.

- 17) Пат. 2394366 Россия, МПК (2006.01) H03K19/00. Пороговый элемент троичной логики и элементы на его основе. Оpubл. 10.07.2010.
- 18) Пат. 2461122 Россия, МПК (2006.01) H03K19/00. Узел троичной схемотехники и дешифраторы-переключатели на его основе. Оpubл. 10.09.2012
- 19) Пат. 2510129 Россия, МПК (2006.01) H03K19/00. Троичный Д-триггер (варианты). Оpubл. 20.03.2014
- 20) Пат. 2015130589 Россия, МПК (2006.01) H03K19/00. Троичный реверсивный регистр сдвига. Оpubл. 27.05.2016
- 21) Пат. 1563821 Великобритания. Ternary logic circuits with CMOS Devices (Троичные логические схемы с КМОП-приборами) / Hussein Talaat Mouftah. Заявл. 19.03.1976, опубл. 02.04.1980.
- 22) А.с. 1707757 СССР. Троичный дизъюнктор на МОП-транзисторах / Кушниренко А.Н.. Заявл. 27.07.1987, опубл. 23.01.1992.
- 23) Пат. 19832101 Германия. Realisierung Ternärer Grundsaltungen in CMOS Technologie (Реализация троичных базовых схем в КМОП-технологии), Josef von Stackelberg. Заявл. 17.07.1998, опубл. 27.01.2000
- 24) Пат. 2005080257 Япония. Схема КМОП-драйвера, а также схема КМОП-инвертора / Хидэки Фукуда. Заявл. 04.09.2003, опубл. 24.03.2005.
- 25) Пат. 2278469 Р.Ф. Логическое устройство "ИЛИ" / Попов Н.Д., Лукашенко В.А. Заявл. 01.11.2004, опубл. 20.06.2006.
- 26) Пат. 2287895 Р.Ф. Логическое устройство "Отрицание" (варианты) / Попов Н.Д., Лукашенко В.А. Заявл. 01.11.2004, опубл. 20.06.2006.
- 27) Пат. 2281605 Российская Федерация. Логическое устройство "И" / Попов Н.Д., Лукашенко В.А. Заявл. 01.11.2004, опубл. 10.08.2006.
- 28) П.Ившин, С.Леготин, В.Мурашёв. Базовые троичные логические элементы. Снижение энергопотребления. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/2010/4>

- 29) Пат. 2373639 С1 Российская Федерация. Троичный инвертор на КМОП транзисторах / Морозов Д.В., Пилипко М.М., Коротков А.С. Заявл. 23.04.2008, опубл. 20.11.2009.
- 30) Пат. 2 468 510 С1 Российская Федерация. ТРОИЧНЫЙ К-МОП-С ЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ «ИЛИ-НЕ» / Мурашев В.Н., Забеднов П.В., Ившин П.А., Баранов А.Н., Леготин С.А. Заявл. 16.09.2011, опубл. 27.11.2012.
- 31) Пат. 2 481 701 С2 Российская Федерация. ТРОИЧНЫЙ К-МОП-С ЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ «НЕ»/ Мурашев В.Н., Забеднов П.В. Заявл. 21.07.2011, опубл. 27.01.2013.
- 32) Ji-Zhong Shen, Mao-Qun Yao, Xie-Xiong Chen, Hua-Hua Chen Ternary BiCMOS circuit structure and its design at switch level // Proc. 5th Int. Conf. ASIC. - Oct V P
- 33) Троичный триггер ("flip-flap-flop") [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.goldenmuseum.com/1411FlipFlap_rus.html
- 34) Свободная энциклопедия, «Троичный триггер» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://dic.Academic.ru/dic.nsf/ru_wiki/451943
- 35) Левчук В.В., Малахов В.П., Гунченко Ю.О. Багатопороговий пристрій для реалізації логічно-арифметичних елементів багатозначних систем числення // Тези доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції "Військова освіта і наука: сьогодення та майбутнє" , Київ, 24 листопада 2017/ за заг. редакцією І.В. Толока. – К. : ВІКНУ, 2017. – 51 с
- 36) Левчук В.В., Гунченко Ю.О., Ємельянов П.С., ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ ТРИЙКОВОЇ ЛОГІКИ //Тези доповідей чотирнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології», Одеса, 14 квітня 2017р. – Одеса 2017. – с.112-114.

- 37) Пат. UA 118735 Україна, МПК (2017.01) H03K19/00. Багатопороговий елемент багатозначної логіки / Гунченко Ю.О. Заявка 23.03.2017, опубл. 28.08.2017.
- 38) Левчук В.В., Гунченко Ю.О., Ємельянов П.С., Чотирьох пороговий елемент трійкової логіки // II Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ», Миколаїв, 23-24 березня 2017р. – Миколаїв 2017. – с.140.
- 39) Пат. UA 122996 ТРІЙКОВИЙ ПІВСУМАТОР НА ОСНОВІ БАГАТОПОРОГОВОГО ЕЛЕМЕНТА БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ / Гунченко Ю.О., Ленков С.В., Малахов Є.В., Шворов С.А., Устимчук В.В., Лукін В.Є., Межуєв В.І., Ленков Є.С., Левчук В.В., Заяв. 16.06.2017, опубл. 12.02.2018.
- 40) Levchuk V., GUNCHENKO S., TERNARY HALF-ADDER // 55 Confrence of Student's Scientific Cirles, Krakow, 10 may 2018. – с. 264.
- 41) Гунченко Ю., Левчук В., Кузніченко С., Олейник О., Концепція Побудови Логічних і Арифметичних Пристроїв для Багатозначних Логік // Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання", Івано-Франківськ, 14-15 травня 2018 р. – Івано-Франківськ 2018. – с.216.
- 42) Левчук В.В., Гунченко Ю.О., Ємельянов П.С., ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ТРІЙКОВИХ УНАРНИХ ФУНКЦІЙ // II Всеукраїнська науково-практична конференція «ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ в моделюванні об'єктів, явищ і процесів», Миколаїв, 18-20 жовтня 2017р. – Миколаїв 2017. – с.102
- 43) Левчук В.В., Гунченко Ю.О., МЕТОД ПОБУДОВИ ТРІЙКОВИХ ОДНОМІСНИХ ФУНКЦІЙ // Тези доповідей п'ятнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології», Одеса, 27 квітня 2018р. – Одеса 2018. – с.16-18.

- 44) Levchuk V., Emelyanov P., METHOD OF BUILDING TERNARY LOGIC ELEMENTS // 54 Confrence of Stundent's Scientific Cirles, Krakow, 11 may 2017. – c. 259.