

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем та технологій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Аналіз та побудова елементів трійкових обчислювальних систем
Analysis and synthesis of elements of ternary calculation system

Виконав: студент денної форми навчання
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія.

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Тихонова Катерина

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник д.т.н., проф. Гунченко
Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент к.т.н., доц. Левченко
А.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ ___ від «___» _____ 2020 р.

Завідувач кафедри

(підпис)

Ю.О. Гунченко

(прізвище, ініціали)

Захищено на засіданні ЕК № ___

протокол № ___ від «___» _____ 2020 р.

Оцінка _____ / _____ / _____

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ЕК

(підпис)

Н.Ф. Казакова

(прізвище, ініціали)

Одеса - 2020

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи «Аналіз та побудова елементів трійкових обчислювальних систем».

Зараз найбільш розповсюджена двійкова логіка, проте вона має ряд недоліків, які можна усунути завдяки використанню трійкової логіки, в тому числі і збільшити діапазон представлення чисел, пришвидшити виконання операцій, зменшити кількість обладнання. Цим обумовлена актуальність теми.

Мета роботи – проектування та синтез логічних елементів для трійкових обчислювальних систем.

Предмет дослідження – арифметичні та логічні елементи трійкових обчислювальних систем.

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

Для досягнення мети, поставлені та вирішені наступні наукові 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.

В результаті проведених в роботі досліджень трійкових елементів за допомогою багатопорогового елемента багатозначної логіки запропоновані структури пристроїв: RS-тригер, одноходові дешифратори та два варіанти двохходового дешифратора.

Робота складається з чотирьох розділів на 69 сторінках, 32 рисунків, 21 таблиці, 5 додатків, списку використаних джерел з 36 джерел.

SUMMARY

The research paper developed the theme "Analysis and synthesis of elements of ternary calculation system".

The most common logic is binary now, but it has a number of disadvantages that can be rid by using ternary logic as well as increases the range of representation of numbers, speed up operations, reduce the amount of equipment. It proves the relevance of the topic.

The goal of the work is the development of a method for the design and synthesis of ternary logic elements.

The subject of the research is the arithmetical and logical elements of ternary computer systems.

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

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

- 1) The analysis of the 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 developed implementations with existing analogues and prototypes.

As a result of the researches of ternary elements carried out in the work, the scheme of the multi-threshold element of multi-valued logic is considered, and the structures of devices based on it are offered: the ternary flip-flop, decoders with one input, two variants of the decoders with two inputs..

The work consists of 4 sections on 69 pages, 32 figures, 21 tables, 5 applications, and a list of used sources that includes 36 sources.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТРІЙКОВОЇ ЛОГІКИ	10
1.1 Трійкова система числення.....	11
1.2 Переваги та недоліки трійкової системи числення	12
1.3 Ефективність тризначної логіки.....	15
1.4 Одномісні операції в трійковій логіці	18
1.5 Двомісні операції трійкової логіки.....	19
1.6 Алгебраїчні властивості трійкової логіки.....	22
1.7 Історія, сьогодення та майбутнє трійкової логіки.....	24
1.8 Висновок.....	26
2 ОГЛЯД АНАЛОГІВ СТРУКТУР ТРІЙКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	28
2.1 Пороговий елемент на магнітних елементах	28
2.2 Пороговий елемент на біполярних транзисторах.....	29
2.3 Пристрої на основі ПЕТЛ	31
2.4 Трійкові елементи на КМОП-транзисторах.....	35
2.5 Трійкові елементи на К-МОП-С транзисторах.....	40
2.6 Трійковий елементи на двійковій логіці	42
2.7 Висновок.....	43
3 БАГАТОПОРОГОВИЙ ЕЛЕМЕНТ БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ ТА ТРІЙКОВІ ЕЛЕМЕНТИ НА ЙОГО ОСНОВІ.....	44
3.1 Чотирьохпорогова реалізація БПЕБЛ	45
3.2 Диз'юнкція та сильна кон'юнкція	49
3.3 Трійковий RS-тригер.....	51
3.4 Трійкові одновходові дешифратори.....	57
3.5 Трійкові двовходові дешифратори.....	63
3.6 Висновок.....	66

4 МЕТОД ПОБУДОВИ ТРІЙКОВИХ ОДНОМІСНИХ ФУНКЦІЙ.....	67
4.1 Універсальний пристрій для реалізації трійкових одномісних функцій	67
4.2 Метод побудови трійкових унарних функцій.....	69
4.3 Висновок.....	72
ВИСНОВОК	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ВСТУП

На сьогоднішній день технології розвиваються з величезною швидкістю, особливо це стосується комп'ютерних технологій. Згідно з законом Мура, кількість транзисторів в процесорі подвоюється кожні півтора року.

Провідні компанії, що займаються напівпровідниковими технологіями та випуском напівпровідникових пристроїв пристроїв, підійшли до дуже маленьких масштабів. Мінімальний розмір затвора транзистора – двадцять 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 роки.

Стратеги Intel два роки тому 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 трійкової техніки, є невірне уявлення про незвичайність і важку досяжність трійкової логіки.

Насправді тризначна логіка є не лише цілком коректною і відповідає дійсності, але навіть 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 науково-практичною задачею є створення загального підходу до реалізації 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 дослідження – проектування та синтез логічних елементів для трійкових обчислювальних систем.

Предмет дослідження – арифметичні та логічні елементи трійкових обчислювальних систем.

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

Для досягнення мети в дипломній роботі поставлені і вирішені наступні взаємопов'язані наукові задачі:

- 1) Аналіз трійкової логіки.
- 2) Дослідження існуючих трійкових елементів та способів реалізації трійкової системи.
- 3) Реалізація логічних та арифметичних елементів і вузлів трійкових обчислювальних систем.
- 4) Порівняння розроблених реалізацій з існуючими аналогами та прототипами.

За тематикою дослідження були опубліковані матеріали на всеукраїнських конференціях.

Результати роботи пройшли апробацію на V Всеукраїнській науково-практичній конференції MEICS-2020 Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем, м. Дніпро 25-27 листопада 2020 р.

ВИСНОВОК

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 чотирьохпорогова та шестипорогова реалізація, які пропонується використовувати для трійкової логіки.

В роботі на основі БПЕБЛ побудовано RS-тригер та два варіанти трійкового двохвходового дешифратора, а також побудовані варіанти одноходового трійкового дешифратора з активними сигналами «-», «+» та «0».

Порівняння синтезованих елементів з існуючими аналогами і прототипами показало, що запропоновані структури простіші та потребують меншої кількості елементів.

Таким чином, обсяг науково-практичних результатів, нові структури та метод синтезу дозволяють зробити висновок, що поставлені задачі вирішені та ціль 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/histussr/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%
- 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) Н03К19/00. Пороговый элемент троичной логики и элементы на его основе. Опубл. 10.07.2010.
- 18) Пат. 2461122 Россия, МПК (2006.01) Н03К19/00. Узел троичной схемотехники и дешифраторы-переключатели на его основе. Опубл. 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) Пат. UA 118735 Україна, МПК (2017.01) H03K19/00. Багатопорговий елемент багатозначної логіки / Гунченко Ю.О. Заявка 23.03.2017, опубл. 28.08.2017.
- 36) Ю. Гунченко, Л. Мартинович, К. Тихонова, Д. Слущкий, Концепція побудови пристроїв для трійкової логіки – Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2020) Дніпро, 25–27 листопада 2020 р. – с.93-94.