

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система декодування кадрів інформації

Виконав: студент IV курсу, групи СІ-42

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Тибінь А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Баран І.О..

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Михалик Д.М.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)  
Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Осухівська Г.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)  
Студенту Тибіню Андрію Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема роботи Комп'ютеризована система декодування кадрів інформації  
Керівник роботи Баран Ігор Олегович., к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
Затверджені наказом ректора від «27» 01 2025 року № 4/7-53  
2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06. 2025 р.  
3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз предметної області.

2. Проектна частина.

3. Практична частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема та RTL-подання програмованого декодера

2. Структурні схеми блоків модулів та базисів

3. Структурна схема блоку обчислення та результати синтезу проекту у Quartus Prime

4. Функціональне моделювання декодера

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                               |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи охорони праці |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання 27.012025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

*Тибінь А.І..*

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

*Баран І.О.*

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тибінь А.І. Комп'ютеризована система декодування кадрів інформації: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025. — 53 с.

Ключові слова: декодування, моделювання, передача інформації кадрами, система залишкових класів, пліс, verilog

Кваліфікаційна робота присвячена розробці ПЛІС-компонента для системи передачі та обробки інформації, котрий виконує перетворення кадру інформації із непозиційної системи числення, у кадр позиційної двійкової системи числення.

Досліджено переваги та недоліки однієї з непозиційних систем числення - системи залишкових класів. Наведено головні принципи передачі кадрами. Проаналізовано наявні рішення.

Здійснено вибір елементної бази та засобів побудови декодера. Розроблено структуру програмованого декодера системи залишкових класів у позиційну систему числення для перетворення кадрів стиснутої інформації. Усі функціональні блоки пристрою описані мовою Verilog.

Виконано тестування працездатності програмованого декодера за допомогою системи моделювання ModelSim. Для автоматизації тестування створено спеціалізований модуль (тестбенч), котрий генерує вхідні дії згідно із описом мовою Verilog. Отримані результати моделювання свідчать, що з погляду програмування і декодування розроблений декодер працює коректно.

## ANNOTATION

Tybin A. Computerized system for decoding information frames: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025. — 53 p.

Keywords: decoding, modeling, frame information transmission, residual number system, FPGA

The bachelor thesis deals with the development of an FPGA component for an information transmission and processing system, which performs the conversion of a frame of information from a non-positional number system into a frame of a positional binary number system.

The advantages and disadvantages of one of the non-positional number systems - the residual number system - are investigated. The main principles of frame transmission are presented. Existing solutions are analyzed.

The element base and means of constructing a decoder are selected. The structure of a programmable decoder of the residual class system into a positional number system for converting frames of compressed information is developed. All functional blocks of the device are described in the Verilog language.

The operability of the programmable decoder is tested using the ModelSim modeling system. To automate testing, a specialized module (testbench) has been created that generates input actions according to the description in the Verilog language. The obtained modeling results indicate that from the point of view of programming and decoding, the developed decoder works correctly.

## ЗМІСТ

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І<br>ТЕРМІНІВ ..... | 8  |
| ВСТУП.....                                                                 | 9  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....                                   | 10 |
| 1.1 Система залишкових класів .....                                        | 10 |
| 1.2 Принципи передачі кадрами .....                                        | 12 |
| 1.3 Аналіз існуючих рішень .....                                           | 13 |
| 1.4 Висновки до першого розділу.....                                       | 13 |
| РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....                                            | 16 |
| 2.1 Вибір елементної бази та засобів розробки декодера .....               | 16 |
| 2.2. Вибір структури кадру .....                                           | 17 |
| 2.3 Вибір набору модулів СЗК .....                                         | 19 |
| 2.4 Структура програмованого декодера СЗК-ПСЧ .....                        | 20 |
| 2.5 Висновки до другого розділу .....                                      | 34 |
| РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....                                           | 36 |
| 3.1 Функціональне моделювання програмування.....                           | 36 |
| 3.2 Функціональне моделювання декодування .....                            | 38 |
| 3.3 Часове моделювання .....                                               | 40 |
| РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....               | 43 |
| 4.1 Долікарська допомога при опіках.....                                   | 43 |
| 4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок .....             | 45 |
| ВИСНОВКИ.....                                                              | 50 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                           | 51 |
| ДОДАТКИ                                                                    |    |
| Додаток А Технічне завдання                                                |    |

|           |                |          |        |      |                                                                                        |  |  |  |
|-----------|----------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
|           |                |          |        |      | <b>КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ</b>                                                         |  |  |  |
| Змн.      | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                        |  |  |  |
| Розроб.   | Тибінь А.І.    |          |        |      | <div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Аркушів</div> <div>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</div> |  |  |  |
| Керівник. | Баран І.О.     |          |        |      |                                                                                        |  |  |  |
| Реценз.   |                |          |        |      |                                                                                        |  |  |  |
| Н. Контр. | Тиш Є.В.       |          |        |      |                                                                                        |  |  |  |
| Затверд.  | Осухівська Г.М |          |        |      |                                                                                        |  |  |  |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПЗЧ – позиційна система числення

ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема

САПР – система автоматизованого проектування

СЗК – система залишкових класів (числова система залишків)

HDL (Hardware Description Language) – мова опису апаратури

ModelSim — багатомовне середовище опису та моделювання електронного обладнання

Intel Quartus Prime (Altera Quartus II) – це середовище компанії Altera для програмування та розробки під ПЛІС

RTL (Register-Tansfer Level) – рівень передачі регістрів

Verilog HDL — мова опису апаратури, що використовується для опису та моделювання електронних систем

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ВСТУП

Застосування в ЕОМ позиційної двійкової системи числення виправдано простотою апаратного втілення функціональних вузлів, що реалізують операції над двійковими операндами обчислювальної системи.

Однак особливості ПСЧ, у певних випадках, ускладнюють вирішення поставлених завдань. Як приклад такої задачі можна розглянути розпаралелювання арифметичних операцій [1]. Зважаючи на послідовне поширення перенесення в позиційних системах обчислення рішенням у цьому випадку може бути зміна структури суматора шляхом введення в схему додаткових логічних елементів для організації паралельного перенесення [2]. Подібний метод не завжди може бути доцільним.

Іншим рішенням є використання системи числення зі спеціальними характеристиками перенесення, прикладом якої є непозиційна СЗК [1, 3]. При цьому в системах передачі та обробки інформації потрібна наявність модулів перетворення інформації з одного подання до іншого.

Актуальність роботи обумовлена застосуванням СЗК у різних галузях з метою прискорення обчислень та підвищення надійності передачі даних, а її новизна полягає у можливості розробленої структури пристрою здійснювати перетворення стиснутої інформації.

Мета роботи – розробка апаратного модуля (програмованого декодера), що здійснює перетворення кадру інформації, представленої в СЗК, у кадр інформації, представленої в двійковій ПСЧ.

Завдання, необхідні для досягнення даної мети:

- вивчення принципів та особливостей СЗК;
- вибір елементної бази створення декодера;
- вибір та обґрунтування розміру та формату кадру інформації, що обробляється декодером;
- вибір та обґрунтування формату службових та інформаційних слів кадру;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



- вибір та обґрунтування набору модулів СЗК, з якими працюватиме декодер, що розробляється;
- розробка програмованого декодера СЗК-ПСЧ;
- перевірка працездатності декодера.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Система залишкових класів

СЗК є непозиційною системою числення. Нехай заданий набір цілих позитивних чисел  $p_1, p_2, \dots, p_k$ , які надалі називатимемо модулями (основами) СЗК. Тоді будь-яке додатне число  $A$  може бути подане так:

$$A = \alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2 + \dots + \alpha_k B_k, \quad (1.1)$$

де  $\alpha_i$  – найменший додатній залишок від ділення числа  $A$  на модуль  $p_i$ ;  $B_i$  - базис модуля  $p_i$  (ціле додатне число).

Число  $A$  зображується набором залишків за кожним із модулів, тобто  $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ . При цьому якщо модулі  $p_1, p_2, \dots, p_k$  є взаємно простими цілими числами, таке зображення цілого додатного числа є єдиним [3]. Таким чином, утворення залишків  $\alpha_i$  проводиться незалежно один від одного.

Діапазон представлення чисел у СЗК визначається добутком усіх основ системи:

$$P = p_1 p_2 \dots p_k, \quad (1.2)$$

де  $P$  - число можливих значень у системі з основами  $p_1, p_2, \dots, p_k$  ( $0 \leq A \leq P - 1$ ).

Операції додавання, віднімання та множення двох чисел  $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$  і  $B = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$  визначаються такими формулами:

$$A + B = (\alpha_1 + \beta_1, \alpha_2 + \beta_2, \dots, \alpha_k + \beta_k), \quad (1.3)$$

|           |      |                |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--------------------------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ |  |  |  |                          |      |         |
|           |      |                |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Розроб.   |      | Тибінь А.І.    |        |      |                         |  |  |  | Літ.                     | Арк. | Аркушів |
| Керівник. |      | Баран І.О.     |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Реценз.   |      |                |        |      |                         |  |  |  | ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42 |      |         |
| Н. Контр. |      | Тиш Є.В.       |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |

$$A - B = (\alpha_1 - \beta_1, \alpha_2 - \beta_2, \dots, \alpha_k - \beta_k), \quad (1.4)$$

$$AB = (\alpha_1\beta_1, \alpha_2\beta_2, \dots, \alpha_k\beta_k). \quad (1.5)$$

При цьому необхідно враховувати, що величина  $\alpha_i + \beta_i$  ( $\alpha_i - \beta_i$ ,  $\alpha_i\beta_i$ ) береться за відповідним модулем  $p_i$ , тобто  $0 \leq \alpha_i + \beta_i$  ( $\alpha_i - \beta_i$ ,  $\alpha_i\beta_i$ )  $\leq p_i - 1$ .

Якщо  $\beta_i > \alpha_i$ , то віднімання залишків виконується таким чином, що  $p_i + \alpha_i - \beta_i \geq 0$ .

Операція ділення у СЗК у загальному вигляді записується аналогічно до формул (1.3-1.5) і може виконуватися тільки у разі поділу без залишку [3].

Одна з позитивних якостей СЗК полягає у порівняльній простоті виконання арифметичних операцій, оскільки підставами, як правило, є невеликі числа. Зважаючи на це, арифметичні дії можна описувати у вигляді таблиць, які записуються в пам'ять. У цьому випадку виконання операцій зводиться до вибірки результатів за заданими залишками операндів [3].

До позитивних якостей СЗК також можна віднести відсутність зв'язків між розрядами числа, що дозволяється суттєво підвищити швидкість роботи обчислювальних пристроїв [3].

СЗК має властивість надмірності, що проявляється у можливості розширення або скорочення набору основ, що не спотворює при цьому вихідне число [3].

Однак подання чисел у СЗК виключає можливість їх порівняння. Також утруднена робота з від'ємними та дробовими числами, внаслідок чого сфера практичного використання непозиційної СЗК обмежена. Незважаючи на це, вона знаходить своє застосування в таких галузях, як цифрова обробка сигналів [1, 4], високопродуктивні обчислення [5], високонадійні системи передачі та обробки інформації [5, 6].

В основу роботи декодера, що розробляється, покладено алгоритм перетворення СЗК-ПЧ, блок-схема якого наведена на рис. 1.1.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



Рисунок 1.1 – Блок-схема алгоритму переведення числа із СЗК до ПСЧ

У блоці 1 відбувається обчислення часткового  $P'_i$  для кожного модуля СЗК  $p_i$  за формулою

$$P'_i = P / p_i, \quad (1.6)$$

де  $P$  - діапазон представлення чисел у СЗК, що визначається за формулою (1.2).

У блоці 2 проводиться обчислення залишку  $P''$  для кожного модуля СЗК  $p_i$  за формулою

$$P''_i = P'_i \bmod p_i. \quad (1.7)$$

У блоці 3 здійснюється знаходження ваги  $\varphi_i$  базису  $B_i$  для кожного модуля СЗК  $p_i$  з рівності

$$\varphi_i = (kp_i + 1) / P''_i, \quad (1.8)$$

де  $\varphi_i$  - ціле додатне число;  $k$  - ціле невід'ємне число.

У блоці 4 відбувається обчислення базису : для кожного модуля СЗК  $p_i$  за формулою

$$B_i = \varphi_i P'_i. \quad (1.9)$$

У блоці 5 підсумкове значення переведеного числа ПСЧ обчислюється за формулою

$$A_{\text{ПСЧ}} = \alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2 + \dots + \alpha_k B_k. \quad (1.10)$$

Детальний опис формул (1.6) – (1.10) та їх математичне обґрунтування можна знайти у [3].

## 1.2 Принципи передачі кадрами

Передача даних каналом зв'язку може здійснюватися як окремими байтами (бітами), так і масивом байтів, званим кадром. Під кадром розуміється структура даних, що є безперервною послідовністю полів [7].

При передачі інформації кадрами з метою унеможливлення її спотворення необхідно підтримувати синхронізацію за кадрами, для досягнення якої приймач повинен розпізнавати ознаки початку та закінчення кадру. Такими ознаками є байти синхронізації (прапори) [8].

Кадри інформації, окрім полів даних та прапорів, можуть містити

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

додаткові допоміжні поля, що визначаються протоколом передачі.

### 1.3 Аналіз існуючих рішень

Розглянуті нижче рішення перетворення інформації із СЗК у двійкову ПСЧ докладно описані у роботах [5, 9].

Характерною структури пристрою перетворення чисел із СЗК у двійковий код, яка розглянута в [9], є послідовне обчислення числа за його залишками за допомогою двійкового накопичувального суматора. Таке рішення, з одного боку, дозволяє скоротити апаратні витрати, але з іншого боку, призводить до збільшення часу перетворення числа.

В [9] також розглянута структура пристрою, що здійснює перетворення із застосуванням таблиці відповідності. Такий підхід дозволяє звести процес обчислення числа за його залишками до вибірки значень з пам'яті, однак збільшення кількості модулів СЗК вимагатиме більшого обсягу пам'яті.

Перетворювач кодів із СЗК в ПСЧ, що є функціональним вузлом модулярно-логарифмічного процесора [5, 10], функціонує на основі обчислення інтервальної характеристики числа, яка обчислюється в мультиоперандному суматорі. Метою застосування мультиоперандного суматора є прискорення обчислень за рахунок значного збільшення апаратних витрат.

### 1.4 Висновки до першого розділу

СЗК як непозиційна система числення має свої переваги та недоліки. З одного боку, застосування СЗК при обробці інформації прискорює обчислення. Властивість надмірності дозволяє говорити про підвищення надійності передачі даних, представлених у СЗК. З іншого боку, дана система числення обмежує використання дробових та від'ємних чисел, що в сукупності з обмеженим діапазоном представлення чисел робить її вузькоспеціалізованим інструментом у галузі передачі та обробки інформації, порівняно з традиційними ПСЧ.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Проте аналіз предметної галузі показує, що дослідження та розробки у багатьох перспективних сферах ведуться з прийняттям до уваги такого вузькоспеціалізованого інструменту, як СЗК, тому розробка програмованого декодера, що здійснює перетворення СЗК-ПСЧ, є актуальною.

При аналізі існуючих апаратних рішень не виявлено пристроїв і структур, що забезпечують обробку кадрів стислих даних, тому наявність у декодера, що розробляється, такої функції дозволяє стверджувати про новизну роботи.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір елементної бази та засобів розробки декодера

Вибір спеціалізованої мікросхеми (ASIC) як елементної бази дозволить максимально ефективно здійснювати декодування, але зміна структури кадру або розрядності слів, що обробляються, може вимагати повторної розробки в повному обсязі і, як наслідок, багато часу і трудовитрат.

З іншого боку, вибір мікропроцесора чи мікроконтролера дасть можливість без значних витрат модифікувати пристрій. Однак у цьому випадку буде знижено швидкість перетворення існуючої інформації через програмне управління.

Найкращим рішенням, з точки зору швидкості виконання перетворення та можливості внесення змін, є вибір ПЛІС як елементної бази розроблюваного декодера СЗК-ПСЧ. Все подальше проектування пристрою здійснюється з урахуванням вибору ПЛІС як елементної бази [11].

Одним із світових лідерів у галузі мікросхем програмованої логіки та засобів розробки для них є корпорація Intel. Цільовою елементною базою обрана ПЛІС EP4CE115 сімейства Cyclone IV E (рис. 2.1), перевагою якої є поєднання низької вартості та достатньої кількості апаратних ресурсів для розробки та подальшої модифікації пристрою, що розробляється [12].

САПР, що використовується в розробці, є Quartus Prime від Altera [13].

Для перевірки працездатності використовується система HDL - моделювання ModelSim [14].

|           |      |                |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |  |
|-----------|------|----------------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--------------------------|------|---------|--|
|           |      |                |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ |  |  |  |                          |      |         |  |
|           |      |                |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                         |  |  |  |                          |      |         |  |
| Розроб.   |      | Тибінь А.І.    |        |      |                         |  |  |  | Літ.                     | Арк. | Аркушів |  |
| Керівник. |      | Баран І.О.     |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |  |
| Реценз.   |      |                |        |      |                         |  |  |  | ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42 |      |         |  |
| Н. Контр. |      | Тиш Є.В.       |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |  |
| Затверд.  |      | Осухівська Г.М |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |  |



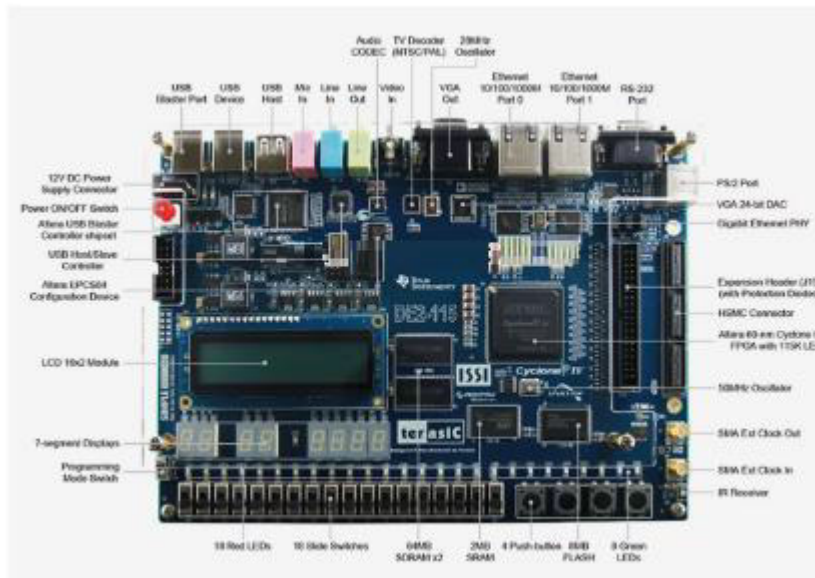


Рисунок 2.1 – ПЛІС EP4CE115

## 2.2 Вибір структури кадру

Розроблюваний програмований декодер СЗК-ПСЧ призначений для перетворення кадру СЗК на кадр ПСЧ. Структура, представлена на рис. 2.2.

|                |                    |                |
|----------------|--------------------|----------------|
| Службове слово | Інформаційні слова | Службове слово |
|----------------|--------------------|----------------|

Рисунок 2.2 – Структура кадру

Інформаційне слово (рис. 2.3), кількість яких у кадрі може бути довільною, містить вирівняні за лівим краєм (за старшим розрядом) залишки від ділення на модулі СЗК, записані з використанням мінімальної кількості розрядів. Це дозволяє заощаджувати пам'ять вхідного буфера.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$p_1 = 2, p_2 = 3, p_3 = 11$$

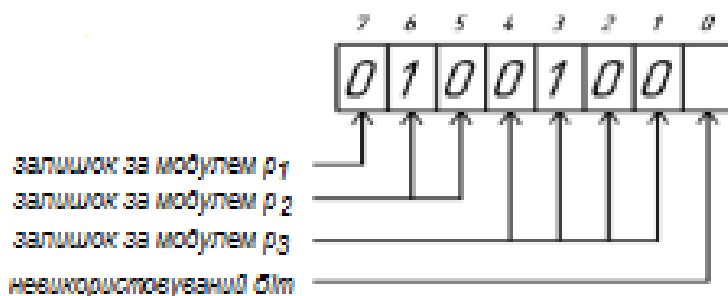


Рисунок 2.3 – Приклад інформаційного слова

Службове слово (рис. 2.4) служить для ідентифікації меж кадру і, на відміну від інформаційного слова, містить у розрядах хоча б одного залишку від ділення сам модуль СЗК.

$$p_1 = 2, p_2 = 3, p_3 = 11$$

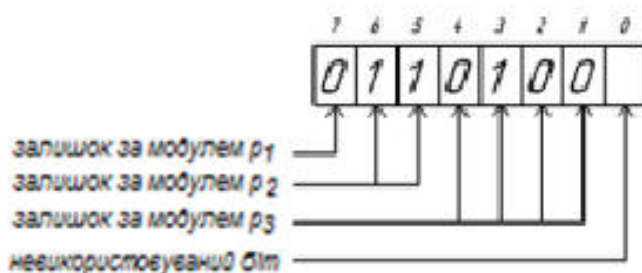


Рисунок 2.4 – Приклад службового слова

Роль службових слів полягає у логічному поділі потоку даних, що надходять на вхід декодера, тому службові слова кадрів можуть бути як однаковими, так і різними.

Розрядність інформаційної шини декодера СЗК-ПСЧ, що розробляється, по якій надходять оброблювані кадри, обмежена 8 бітами.

Вибір такої розрядності зумовлений орієнтацією застосування пристрою в системах передачі та обробки інформації, де для створення числових даних використовуються мови високого рівня, що мають типи даних заданої розрядності (приклад: C, C++) або мікроконтролери, що мають регістри і порти

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

заданої розрядності (приклад: Atmel AVR) [15].

Необхідно враховувати, що це обмеження не є принциповим і розрядність інформаційної шини може бути змінена в залежності від умов застосування декодера, так як його структура реконфігурується через вибір елементної бази.

### 2.3 Вибір набору модулів СЗК

Набір модулів СЗК є одночасно використовуваними при перетворенні цілими додатними взаємно-простими числами. За допомогою зміни цього набору може здійснюватися програмування декодера, що розробляється.

Критеріями вибору набору модулів є:

- розрядність інформаційної шини декодера для оброблюваних кадрів;
- діапазон подання чисел у СЗК;
- швидкість перетворення СЗК-ПСЧС.

Розрядність інформаційної шини декодера для оброблюваних кадрів визначає максимальну кількість розрядів запису числа як залишків [15].

Діапазон представлення чисел СЗК визначається добутком модулів і обмежується розрядністю інформаційної шини декодера.

Швидкість перетворення СЗК-ПСЧС перебуває у зворотній залежності з кількістю використаних розрядів слова для запису залишків за модулями СЗК.

Приклади наборів модулів розглянуті у табл. 2.1.

З аналізу даних табл. 1.1 можна зробити такі висновки:

- існують різні за кількістю чисел набори модулів СЗК, що мають однакові характеристики;
- скорочення чисел у наборі модулів СЗК не завжди призводить до збільшення швидкості перетворення.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Таблиця 2.1 – Приклади наборів модулів СЗК

| Набір модулів СЗК | Мінімальна розрядність слова | Діапазон подання чисел | Кількість періодів синхросигналу для перетворення слова |
|-------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
| 2, 3, 5           | 6                            | 0 - 29                 | 6                                                       |
| 5, 6              | 6                            | 0 - 29                 | 6                                                       |
| 30                | 5                            | 0 - 29                 | 5                                                       |
| 11, 15            | 8                            | 0 - 164                | 8                                                       |
| 165               | 8                            | 0 - 164                | 8                                                       |
| 2, 3, 5, 7        | 9                            | 0 - 209                | 9                                                       |
| 2, 15, 7          | 8                            | 0 - 209                | 8                                                       |
| 14, 15            | 8                            | 0 - 209                | 8                                                       |

Вибір того чи іншого набору модулів СЗК також залежить від умов задачі, розв'язуваної системою, до складу якого входить декодер СЗК-ПСЧ, що розробляється, тому:

- діапазон декодованих чисел повинен відповідати необхідній множині значень;
- кількість модулів СЗК в наборі має забезпечувати максимальну швидкість декодування за умови оптимального прискорення обчислювальної задачі за рахунок представлення чисел в СЗК, оскільки чим більше невеликих модулів використано в наборі модулів СЗК, тим швидше можуть виконуватися завдання в системі обробки інформації за рахунок розпаралелювання обчислень розрядів результату.

З урахуванням представлених критеріїв пам'ять набору модулів СЗК декодера, що розробляється, обмежена трьома осередками пам'яті. При цьому при перетворенні можна використовувати і менше модулів СЗК.

## 2.4 Структура програмованого декодера СЗК-ПСЧ

Структурна схема програмованого декодера СЗК-ПСЧ представлена на рис. 2.5.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

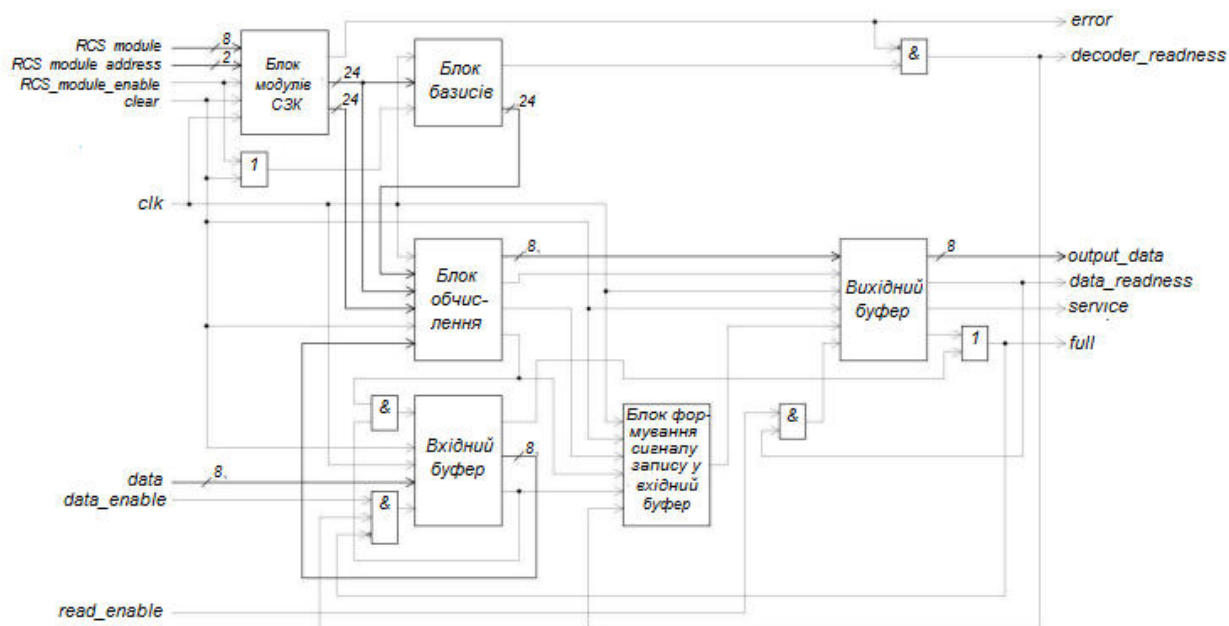


Рисунок 2.5 – Структурна схема програмованого декодера

Опис входів та виходів декодера наведено у табл. 2.2.

Модулі СЗК по шині RCS\_module записуються в пам'ять блоку модулів СЗК за адресою, встановленою на шині RCS\_module\_address, за наявності сигналу RCS\_module\_enable. У блоці модулів СЗК формується сигнал помилки набору модулів error.

З вихідної шини блоку модулів СЗК модулі надходять у блок базисів, де здійснюється обчислення коефіцієнтів, необхідних для декодування. Після закінчення обчислення декодер вважається запрограмованим, і за відсутності помилки у наборі модулів СЗК формується вихідний сигнал decoder\_readiness.

Слова кадрів, що декодуються, надходять по шині data і записуються у вхідний буфер по наростаючому фронту синхроімпульсу за наявності дозвільного сигналу data\_enable, готовності декодера і наявності вільного місця у вхідному буфері.

З вхідного буфера слова у порядку запису надходять на вхід блоку обчислень, у якому виходячи з заданого набору модулів СЗК здійснюються обчислення чисел з їх залишкам, і навіть відбувається ідентифікація службових слів. По завершенню циклу перетворення СЗК- ПСЧ і формування роздільної здатності запису сигналу у відповідному блоці декодоване слово записується у

вихідний буфер даних, звідки воно може бути прочитане по шині output\_data за наявності сигналу read\_enable.

Таблиця 2.2 – Входи та виходи програмованого декодера СЗК-ПСЧ

|        | Позначення         | Опис                                                                                                                                                                              |
|--------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Входи  | RCS_module         | 8-розрядна шина даних для запису модулів СЗК у пам'ять                                                                                                                            |
|        | RCS_module_address | 2-розрядна шина адреси, за якою модуль СЗК із шини RCS_module записується в пам'ять                                                                                               |
|        | RCS_module_enable  | Сигнал дозволу запису модуля СЗК із шини RCS_module за адресою RCS_module_address                                                                                                 |
|        | clear              | Скидання декодера, при якому обнулюються адреси читання та запису у вхідному та вихідному буферах, а також очищується пам'ять модулів СЗК                                         |
|        | clk                | Синхросигнал                                                                                                                                                                      |
|        | data               | 8-розрядна шина даних для запису оброблюваних слів у вхідний буфер                                                                                                                |
|        | data_enable        | Сигнал дозволу запису оброблюваного слова у вхідний буфер                                                                                                                         |
|        | read_enable        | Сигнал роздільної здатності читання наступного доступного значення з вихідного буфера                                                                                             |
| Виходи | error              | Сигнал про помилку в наборі модулів СЗК                                                                                                                                           |
|        | decoder_readiness  | Сигнал про готовність декодера приймати та обробляти слова; формується після обчислення базисів для модулів СЗК, записаних у пам'ять, за відсутності помилки в наборі основ       |
|        | output_data        | Вихідна 8-розрядна шина даних                                                                                                                                                     |
|        | data_readiness     | Сигнал про наявність у вихідному буфері непрочитаних даних                                                                                                                        |
|        | service            | Сигнал ідентифікації службового слова; якщо сигнал активний, на шині output_data знаходиться службове слово, інакше на шині output_data знаходиться декодоване інформаційне слово |
|        | full               | Сигнал про переповнення вхідного та/або вихідного буфера                                                                                                                          |

Синтезоване з Verilog RTL -представлення розробленого програмованого декодера СЗК-ПСЧ представлене на рис. 2.6.

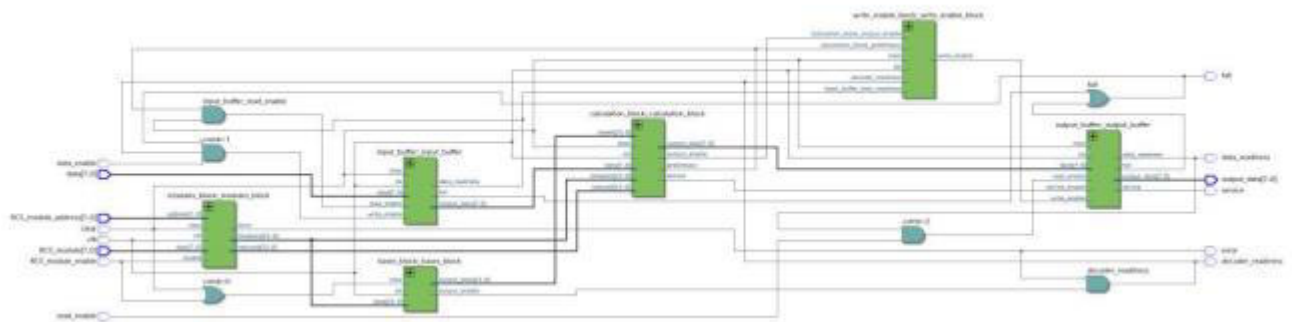


Рисунок 2.6 – RTL-подання програмованого декодера СЗК-ПСЧ

Програмований декодер СЗК-ПСЧ має наступні функціональні блоки:

- блок модулів СЗК (modules\_block);
- блок базисів (bases\_block);
- вхідний буфер даних (input\_buffer);
- вихідний буфер даних (output\_buffer);
- блок обчислення (calculation\_block);
- блок формування сигналу запису у вихідний буфер (write\_enabled\_block).

Структурна схема блоку модулів СЗК наведена на рис. 2.7.

Блок модулів СЗК призначений для зберігання набору основ СЗК, відповідно до якого декодер здійснює перетворення, а також визначення помилки в наборі модулів і мінімальної кількості розрядів, необхідного для запису числа у вигляді залишків від ділення.

За наростаючим фронтом сигналу роздільної здатності enable число з шини data за адресою з шини address записується в пам'ять блоку. На виході пам'яті з усіх трьох 8-розрядних чисел формується загальна 24-розрядна шина modules, що містить набір модулів СЗК. Дані з неї надходять до схем визначення помилки і мінімальної кількості розрядів, а також в інші блоки декодера.

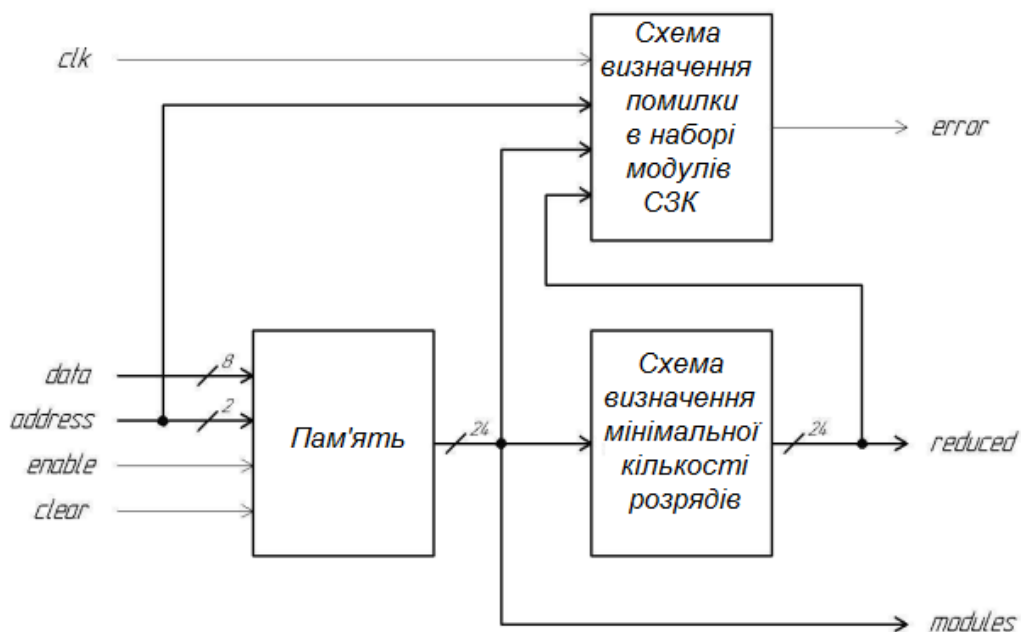


Рисунок 2.7 – Структурна схема блоку модулів СЗК

Синхросигнал *clk* призначений для тактування частини схеми визначення помилки.

Вихідна 24-розрядна шина даних *reduced* схеми визначення мінімальної кількості розрядів містить для кожного модуля в наборі мінімальну кількість розрядів, за допомогою яких можна записати залишок від ділення на даний модуль у двійковій ПСЧ. Наприклад, для числа 7 мінімальна кількість розрядів дорівнює 3, а для числа 2 – 1.

У схемі визначення помилки формується сигнал про наявність ( $error = 1$ ) чи відсутність ( $error = 0$ ) помилки у наборі модулів СЗК. Набір підстав вважається помилковим, якщо виконується хоча б одна з наступних умов:

- всі основи дорівнюють нулю;
- серед основ є одиниці;
- серед не рівних нулю основ є числа, які є взаємно-простими;
- сума мінімальної кількості розрядів для запису залишків від ділення на ненульові основи перевищує встановлену розрядність слова.

Сигнал помилки *error* формується також під час спроби запису модуля за неіснуючою адресою.



Синтезоване RTL -представлення блоку модулів СЗК представлене на рис.

2.8.

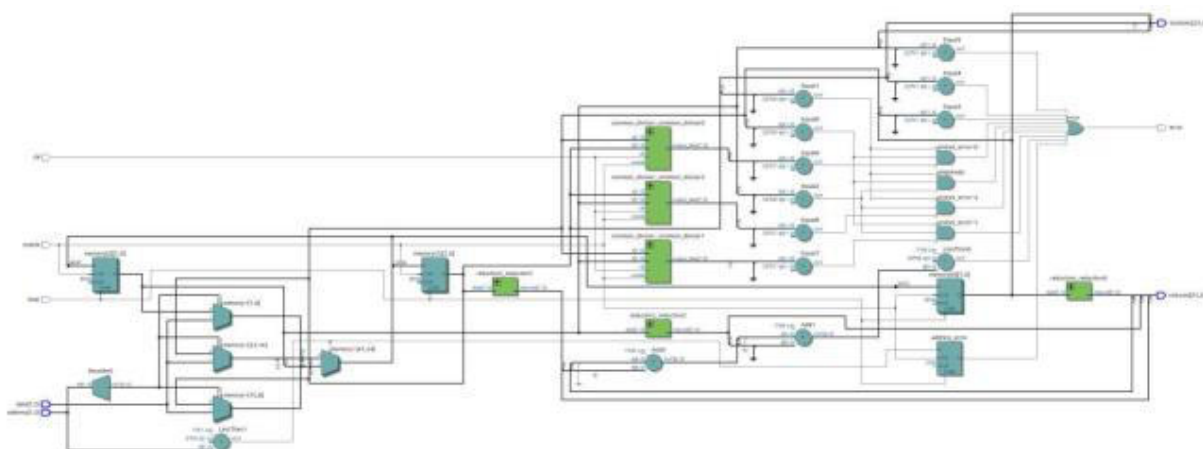


Рисунок 2.8 – RTL -подання блоку модулів СЗК

Схема визначення мінімальної кількості розрядів містить для кожного модуля СЗК окрему комбінаційну схему, реалізовану мовою Verilog [16] як окремого модуля (reduction). RTL -подання модуля reduction наведено на рис. 2.9.

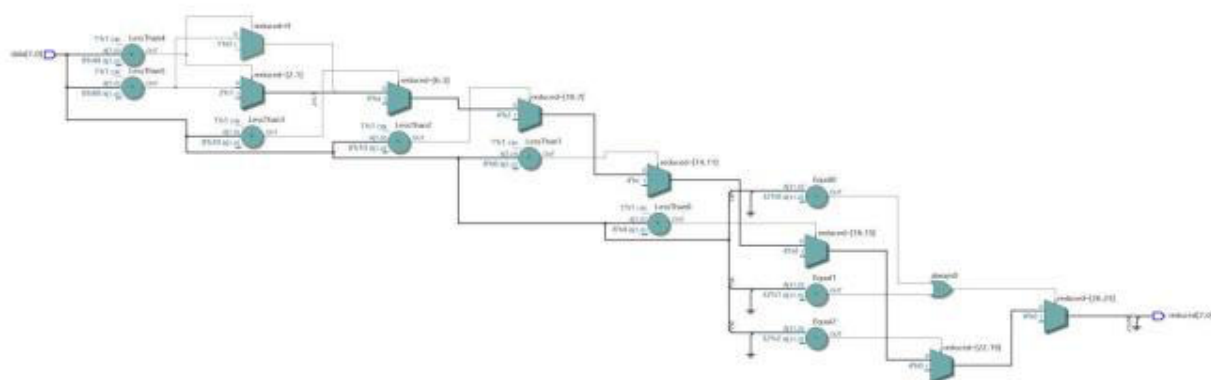


Рисунок 2.9 – RTL -подання модуля reduction

Схема визначення помилки в наборі модулів СЗК містить три ідентичні схеми визначення найбільшого загального дільника двох чисел, за яким відбувається визначення взаємно-простих чисел. Схема визначення найбільшого спільного дільника реалізована мовою Verilog як окремий модуль (common\_divisor).

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 25   |

RTL -подання модуля common\_divisor наведено на рис. 2.10.

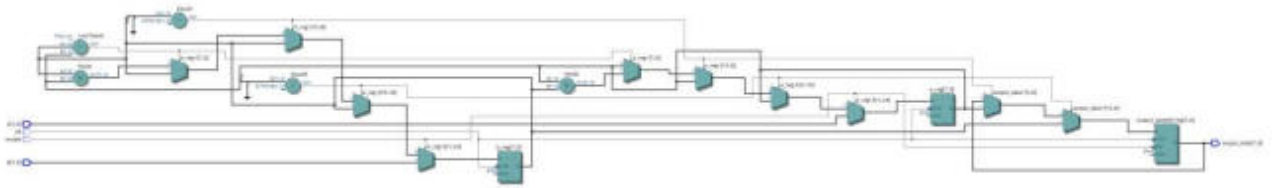


Рисунок 2.10 – RTL -подання модуля common\_divisor

Структурна схема блоку базисів показана на рис. 2.11.

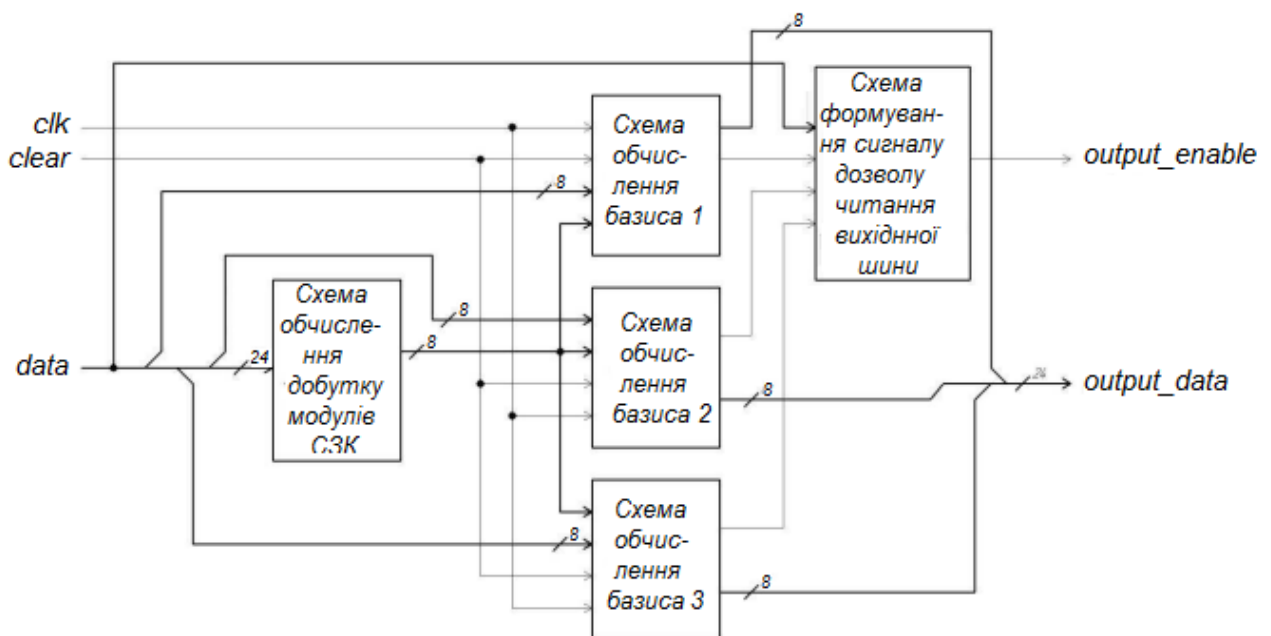


Рисунок 2.11 – Структурна схема блоку базисів

У блоці базисів здійснюється обчислення базису для кожного модуля СЗК відповідно до алгоритму переведення числа із СЗК до ПСЧ. Після обчислення базисів і за відсутності помилки набору модулів декодер стає запрограмованим (сигнал декодера decoder\_readiness).

Базиси модулів СЗК, що надходять на вхідну 24-розрядну шину data, обчислюються паралельно один з одним і об'єднуються у вихідну 24-розрядну шину даних блоку output\_data, яка може бути прочитана іншими блоками декодера за наявності сигналу output\_enable.

Схеми обчислення базисів ідентичні одна одній. Кожна з них складається з арифметичного блоку та лічильника для підбору ваги базису відповідно до алгоритму переведення числа із СЗК до ПСЧ. Сигнали clear та clk призначені для скидання та тактування лічильників відповідно.

Синтезоване RTL -подання блоку базисів представлено на рис. 2.12.

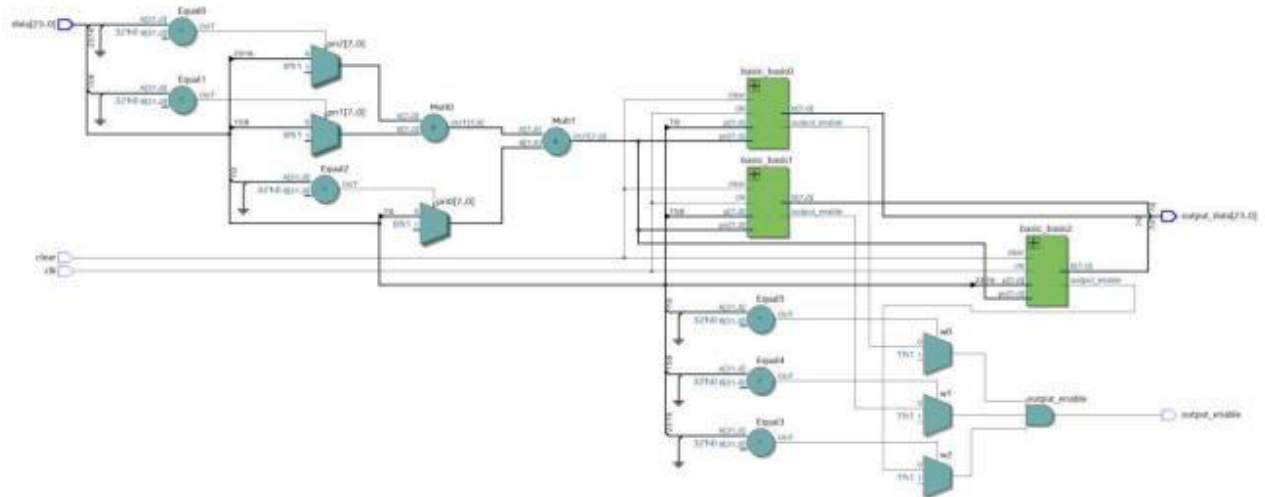


Рисунок 2.12 – RTL -подання блоку базисів

Схема обчислення базису реалізована мовою Verilog як окремий модуль (basis). На рис. 2.13 наведено RTL -подання модуля basis.

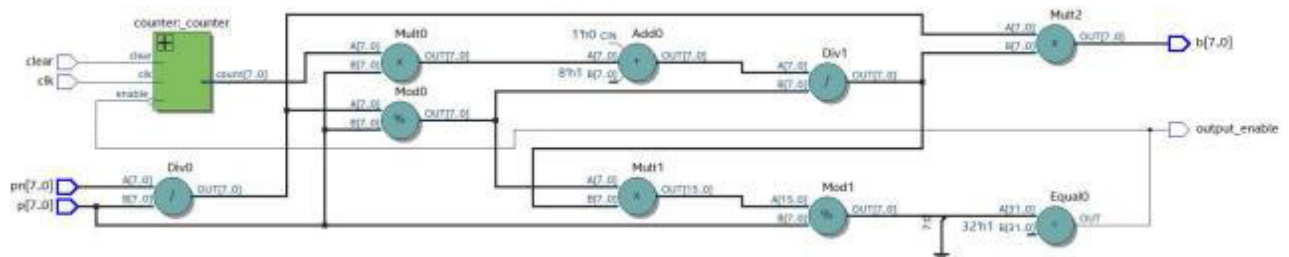


Рисунок 2.13 – RTL -подання модуля basis

Лічильник мовою Verilog реалізований як окремий модуль (counter). RTL -подання модуля лічильника (counter) представлено на рис. 2.14.

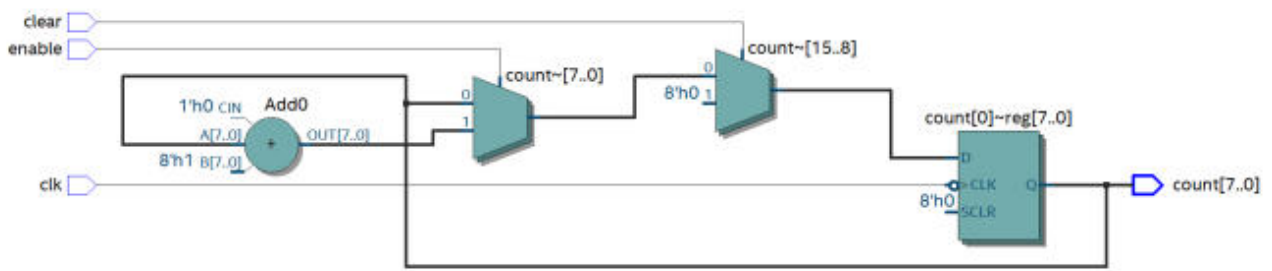


Рисунок 2.14 – RTL -подання модуля counter

Структурна схема вхідного буфера даних представлена на рис. 2.15.

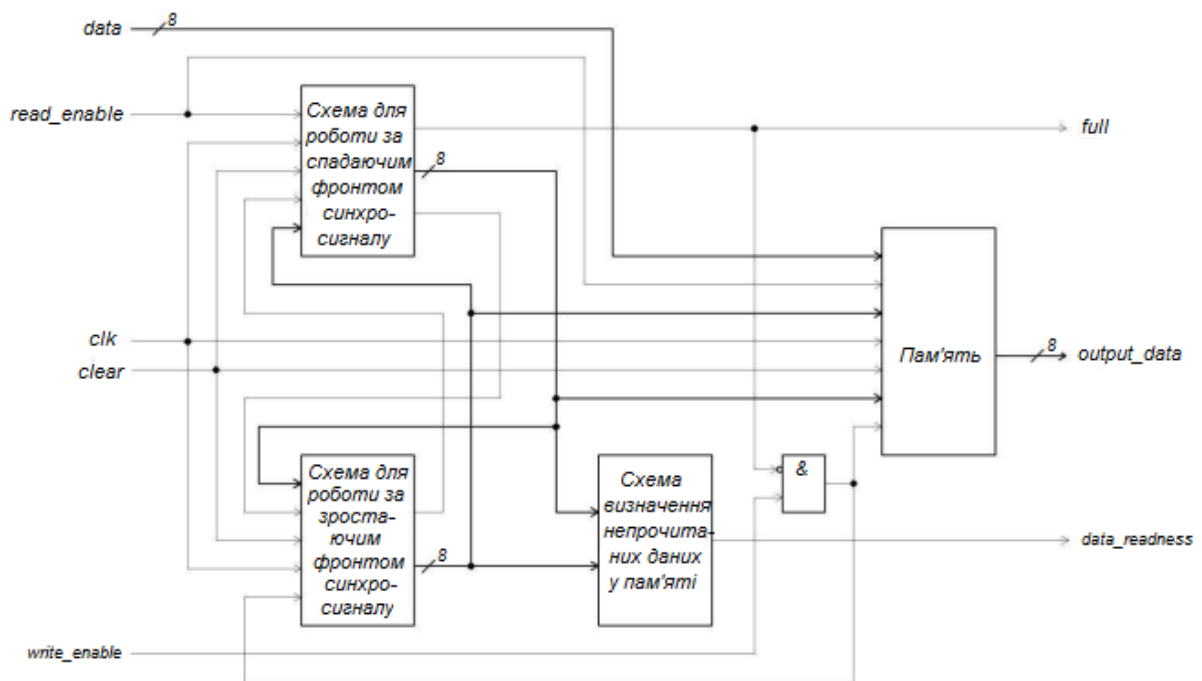


Рисунок 2.15 – Структурна схема вхідного буфера даних

Вхідний буфер даних призначений зберігання кадрів СЗК. Буфер є модулем ОЗП з окремими сигналами роздільної здатності читання та запису, а також окремими шинами адреси. Проблема читання під час запису вирішується за рахунок здійснення запису по наростаючому фронту синхросигналу, а читання - по спадаючому.

У вхідному буфері є схеми, що працюють по фронтах синхросигналу. У схемі, що працює по наростаючому фронту синхросигналу, формуються:

- адресу для читання;

- допоміжний сигнал адреси запису.

У схемі, що працює по фронту спадаючого синхросигналу, формуються:

- адресу для запису;
- допоміжний сигнал адреси читання;
- сигнал переповнення пам'яті буфера даних.

Для зберігання адрес читання та запису передбачені окремі 10-розрядні регістри, які дозволяють адресувати 1024 осередки пам'яті вхідного буфера. Після здійснення читання/запису значення відповідного регістру збільшується. Коли адреси читання та запису стають однаковими, тобто всі значення буфера прочитані, адреси обнуляються. Також адреси обнулюються при активному сигналі скидання clear.

Виходами буфера є сигнали про наявність непрочитаних (необроблених) даних (data\_readiness) та переповнення (full), а також шина даних (output\_data).

RTL-подання вхідного буфера даних показано на рис. 2.16.

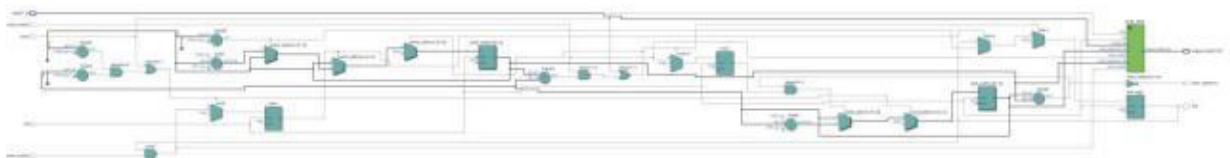


Рисунок 2.16 – RTL-подання вхідного буфера даних

Пам'ять вхідного буфера реалізована мовою Verilog як окремого модуля (RAM). RTL-подання модуля RAM наведено на рис. 2.17.

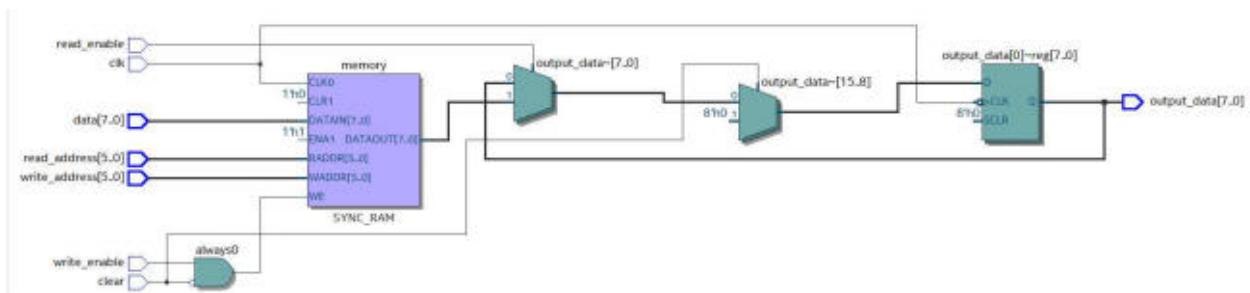


Рисунок 2.17 – RTL- подання модуля RAM

Синтезоване RTL -подання вихідного буфера даних представлено на рис. 2.18.



Рисунок 2.18 – RTL -подання вихідного буфера даних

Вихідний буфер даних призначений зберігання декодованих кадрів ПСЧ. Структура та принцип роботи аналогічні вхідному буферу даних, за винятком того, що у вихідному буфері є додатковий модуль пам'яті (модуль RAM, рис. 2.17) для зберігання масиву прапорів, що ідентифікують службові слова, а також додатковий вихід service, який сигналізує про наявність на вихідній шині даних службового слова.

При записі декодованого слова в пам'ять буфера на його вхід service\_enable з блоку обчислень надходить сигнал-ідентифікатор службового слова. Якщо service\_enable = 1, то за тією ж адресою, за якою відбувається запис декодованого слова, додатковий модуль пам'яті записується однорозрядним значенням 1. Інакше за цією адресою записується однорозрядне значення 0. При читанні слів з вихідного буфера на виході service встановлюється значення додаткового модуля пам'яті, що відповідає за адресою декодованого слова на вихідній шині output\_data.

Структурна схема блоку обчислення представлена на рис. 2.19.

Блок обчислення призначений для обчислення числа за його залишками, і навіть ідентифікації службового слова.

Число, подане у вигляді залишків, записаних за допомогою мінімальної кількості розрядів, що надходить з 8-розрядної шини даних data у зсувний регістр із паралельним записом. Запис до цього регістру здійснюється за негативним фронтом синхросигналу, якщо закінчено перетворення попереднього числа. Після запису числа по негативному розрядів і висунутий розряд записується по

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

позитивному фронту до одного з регістрів з послідовним записом, якщо запис дозволена. Залежно від значення лічильника запис може бути дозволений тільки один зі зсувних регістрів з послідовним записом.

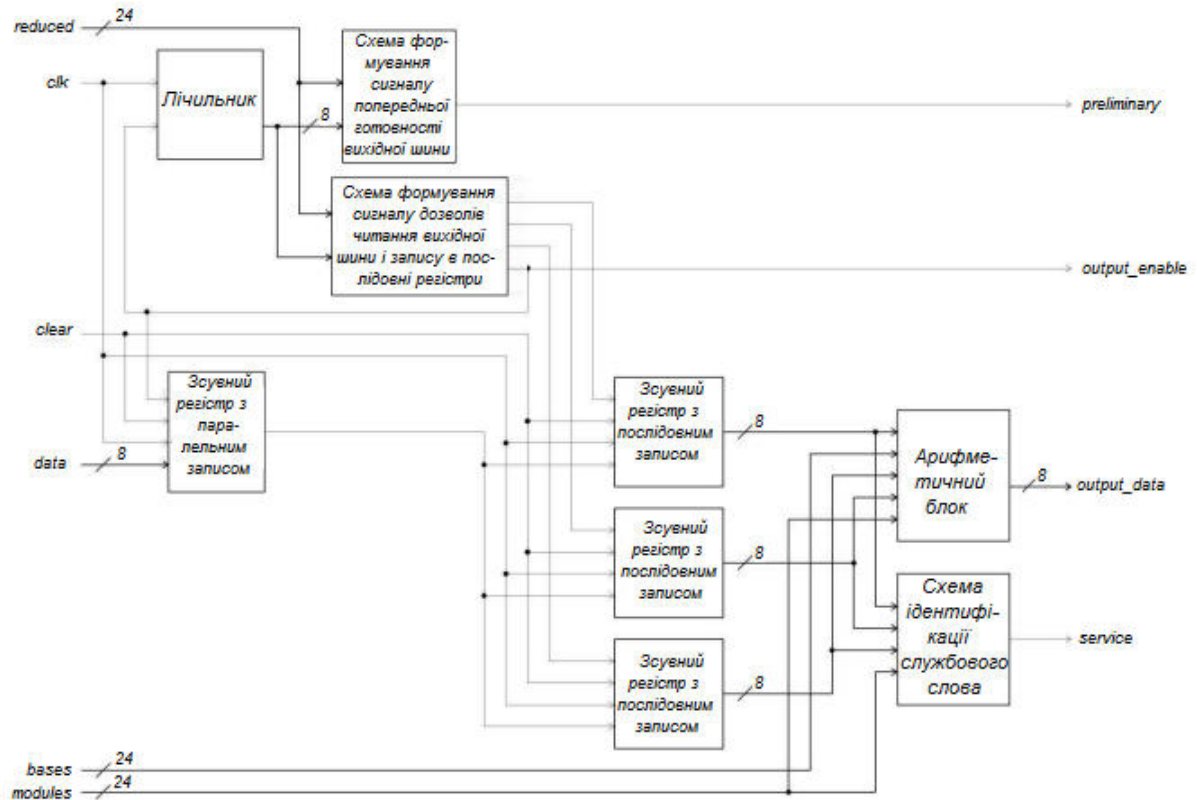


Рисунок 2.19 – Структурна схема блоку обчислення

Після закінчення зсуву в регістрах із послідовним записом зберігаються залишки від розподілу, записані за допомогою однакової кількості розрядів. Їх вміст надходить на входи схеми ідентифікації службового слова та арифметичного блоку, де число обчислюється за залишками та базисами з шини bases з урахуванням набору модулів із шини modules.

Сигнал попередньої готовності вихідної шини preliminary формується на передостанньому такті циклу перетворення для початку читання наступного значення вхідного буфера, щоб до закінчення перетворення в блоці обчислення на шині data було нове слово.

Довжина циклу перетворення залежить від кількості розрядів для запису залишків, які для кожного модуля в наборі задані на шині зменшеною.



На рис. 2.20 наведено RTL -подання блоку обчислення даних.

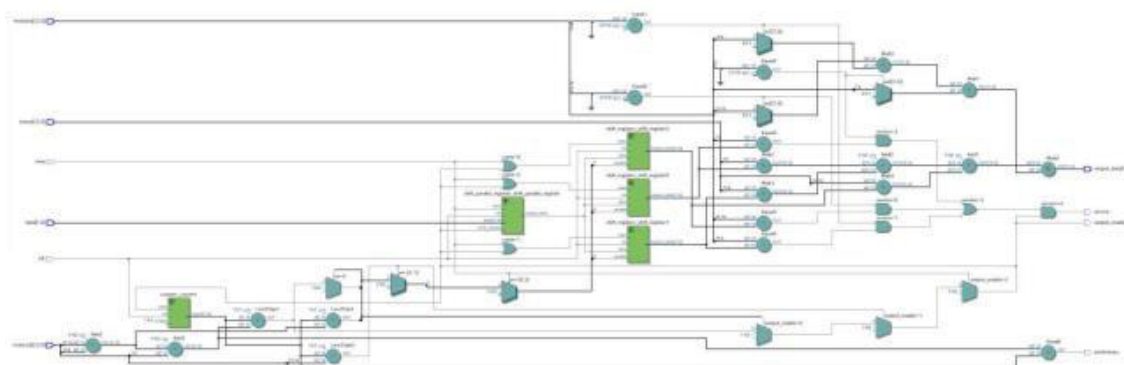


Рисунок 2.20 – RTL -подання блоку обчислення

Зсувні регістри з паралельним та послідовним записом реалізовані мовою Verilog як окремі модулі (shift\_parallel\_register та shift\_register). RTL-подання цих модулів наведено на рис. 2.21 і 2.22 відповідно.

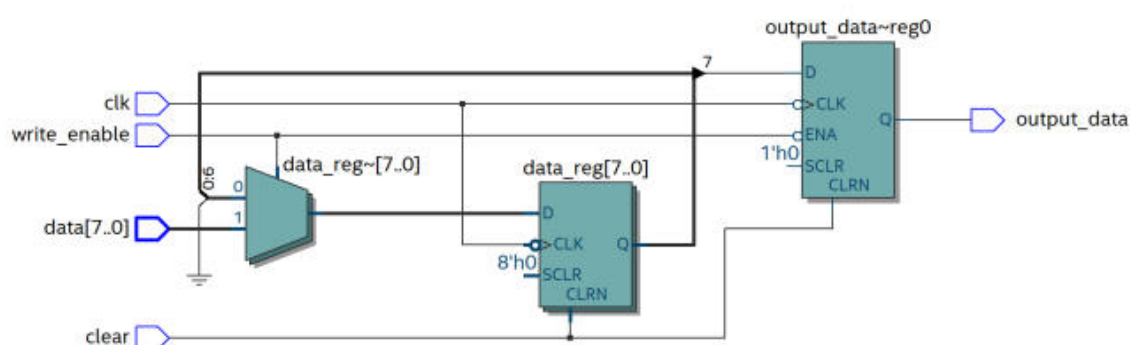


Рисунок 2.21 – RTL -подання модуля shift\_parallel\_register

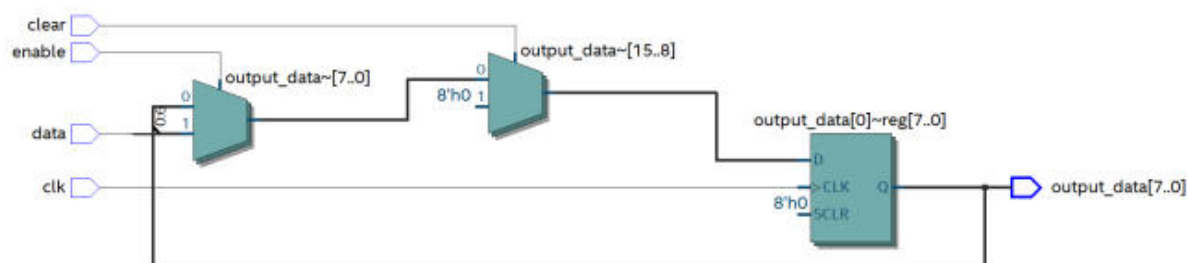


Рисунок 2.22 – RTL -подання модуля shift\_register

Структурна схема блоку формування сигналу запису у вихідний буфер

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 32   |



показана на рис. 2.23.

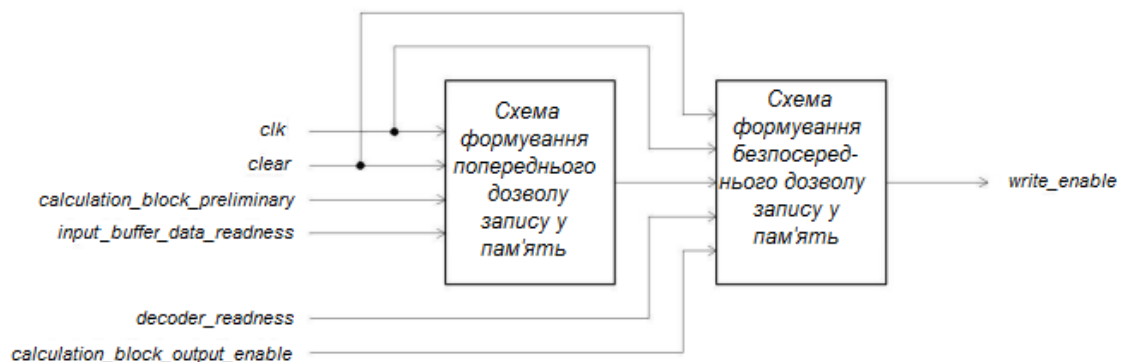


Рисунок 2.23 – Структурна схема блоку формування сигналу запису у вихідний буфер

Блок формування сигналу запису у вихідний буфер складається з двох ступенів.

Перший ступінь (схема формування попередньої роздільної здатності запису в пам'ять) призначена для перевірки умови початку нового циклу перетворення в блоці обчислення, яке полягає в читанні вхідного буфера при закінченні поточного циклу перетворення (декодування) в блоці обчислення. Якщо буде розпочато новий цикл, тобто на входах *calculation\_block\_preliminary* (сигнал попереднього закінчення циклу) та *input\_buffer\_data\_readiness* (наявність у вхідному буфері непрочитаних (необроблених) даних) встановлено високий рівень сигналу, то ця подія фіксується в пам'яті першого ступеня.

Другий ступінь формує сигнал дозволу запису, що безпосередньо надходить у вихідний буфер даних.

- коректно запрограмований (*decoder readiness* = 1);
- декодування у блоці обчислення повністю завершено (*calculation\_block\_output\_enable*);
- першим ступенем блоку попередньо зафіксовано початок нового циклу перетворення.

Вхідні лінії синхросигналу (*clk*) та скидання (*clear*) призначені відповідно для тактування та обнулення елементів пам'яті ступенів блоку.

RTL -подання блоку формування сигналу запису у вихідний буфер представлено на рис. 2.24.

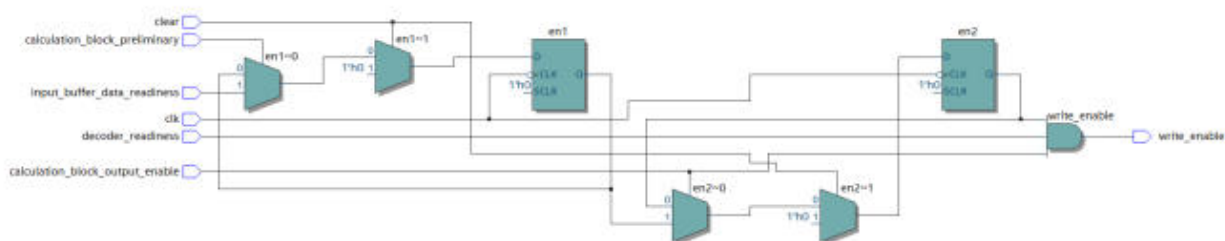


Рисунок 2.24 – RTL-подання блоку формування сигналу запису у вихідний буфер

Результати повного синтезу розробленого проекту у САПР Quartus Prime наведено на рис. 2.25.

|                                    |                                             |
|------------------------------------|---------------------------------------------|
| Flow Status                        | Successful - Fri Jun 13 18:36:36 2025       |
| Quartus Prime Version              | 18.1.0 Build 625 09/12/2018 SJ Lite Edition |
| Revision Name                      | Project                                     |
| Top-level Entity Name              | decoder                                     |
| Family                             | Cyclone IV E                                |
| Device                             | EP4CE115F29C7                               |
| Timing Models                      | Final                                       |
| Total logic elements               | 2,671 / 114,480 ( 2 % )                     |
| Total registers                    | 307                                         |
| Total pins                         | 36 / 529 ( 7 % )                            |
| Total virtual pins                 | 0                                           |
| Total memory bits                  | 17,408 / 3,981,312 ( < 1 % )                |
| Embedded Multiplier 9-bit elements | 14 / 532 ( 3 % )                            |
| Total PLLs                         | 0 / 4 ( 0 % )                               |

Рисунок 2.25 – Результати повного синтезу проекту у САПР Quartus Prime

## 2.5 Висновки до другого розділу

Наведена в цьому розділі структура програмованого декодера СЗК-ПСЧ дозволяє виконувати цільову функцію пристрою – перетворювати кадри стиснутої інформації, поданої в СЗК, на кадри ПСЧ.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 34   |

Всі функціональні блоки пристрою описані мовою Verilog тільки з використанням синтезованих конструкцій даної мови, що дозволяє говорити про повну реалізацію проекту декодера на вибраній елементній базі.

На підставі результатів повного синтезу розробленого ПЛІС проекту можна зробити висновок про досить високу ефективність його реалізації, з погляду апаратних витрат, тому що в рамках ресурсів цільової ПЛІС використано лише 2% логічних елементів та 7% контактів.

.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Перевірка працездатності програмованого декодера СЗК-ПСЧ полягала у проведенні за допомогою системи HDL-моделювання ModelSim функціонального та часового моделювання, для автоматизації якого розроблено спеціалізований модуль (тестбенч), що генерує вхідні дії відповідно до опису мовою Verilog.

### 3.1 Функціональне моделювання програмування

Характер змін сигналів на входах декодера при функціональному моделюванні програмування наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зміни сигналів на входах декодера при функціональному моделюванні програмування

| Входи декодера                 | Характер зміни сигналів                                                            |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| clear                          | одиначний прямокутний імпульс                                                      |
| clk                            | меандр із частотою 33,3 МГц                                                        |
| RCS_module                     | випадкова зміна                                                                    |
| RCS_module_address             | циклічна послідовність значень 00 <sub>2</sub> , 01 <sub>2</sub> , 10 <sub>2</sub> |
| RCS_module_enable              | циклічна послідовність прямокутних імпульсів                                       |
| data, data_enable, read_enable | постійний низький рівень сигналу                                                   |

Фрагмент часової діаграми, отриманої при функціональному моделюванні програмування, наведено на рис. 3.1.

|           |                |          |        |      |                         |  |                          |        |
|-----------|----------------|----------|--------|------|-------------------------|--|--------------------------|--------|
|           |                |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ |  |                          |        |
| Змн.      | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |                          |        |
| Розроб.   | Тибін А.І.     |          |        |      |                         |  | Літ.                     | Арк.   |
| Керівник. | Баран І.О.     |          |        |      |                         |  |                          | Аркуші |
| Реценз.   |                |          |        |      |                         |  |                          |        |
| Н. Контр. | Тиш Є.В.       |          |        |      |                         |  | ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42 |        |
| Затверд.  | Осухівська Г.М |          |        |      |                         |  |                          |        |



| Номер набору модулів СЗК | Набір модулів СЗК | Набір модулів СЗК є коректним (так/ні) | Значення сигналів на виходах декодера |                   | Програмування виконано успішно (так/ні) |
|--------------------------|-------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|
|                          |                   |                                        | decoder_readiness                     | decoder_readiness |                                         |
| 17                       | 0, 0, 12          | Так                                    | 1                                     | 0                 | Так                                     |
| ----                     | ----              | ----                                   | ----                                  | ----              | ----                                    |
| 24                       | 9, 6, 14          | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 25                       | 7, 6, 14          | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 26                       | 7, 7, 14          | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 27                       | 7, 7, 6           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| ----                     | ----              | ----                                   | ----                                  | ----              | ----                                    |
| 38                       | 9, 6, 6           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 39                       | 9, 1, 6           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 40                       | 9, 1, 3           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 41                       | 4, 1, 3           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 42                       | 4, 2, 3           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| ----                     | ----              | ----                                   | ----                                  | ----              | ----                                    |
| 44                       | 6, 2, 4           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 45                       | 6, 3, 4           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 46                       | 6, 3, 11          | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| ----                     | ----              | ----                                   | ----                                  | ----              | ----                                    |
| 50                       | 4, 2, 0           | Ні                                     | 0                                     | 1                 | Ні                                      |
| 51                       | 4, 11, 0          | Так                                    | 1                                     | 0                 | Так                                     |

### 3.2 Функціональне моделювання декодування

Характер змін сигналів на входах декодера при функціональному моделюванні декодування представлено у табл. 3.3.

Фрагмент часової діаграми, отриманої при функціональному моделюванні декодування, наведено на рис. 3.2.

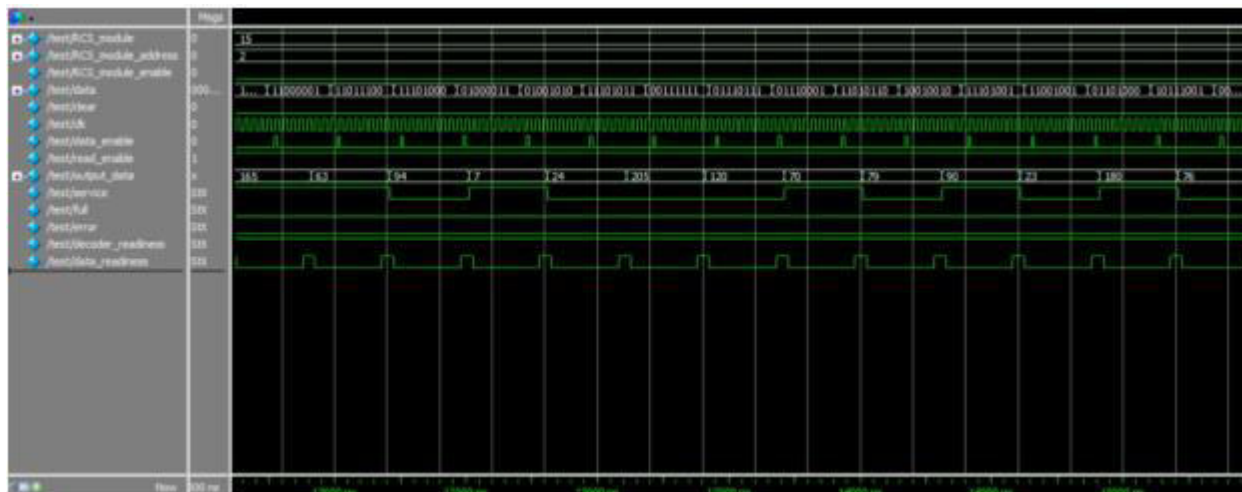


Рисунок 3.2 – Фрагмент часової діаграми, одержаної при функціональному моделюванні декодування

Таблиця 3.3 – Зміни сигналів на входах декодера при функціональному моделюванні декодування

| Входи декодера     | Характер зміни сигналів                               |
|--------------------|-------------------------------------------------------|
| clear              | одиначний прямокутний імпульс                         |
| clk                | меандр із частотою 33,3 МГц                           |
| RCS_module         | послідовність значень $7_{10}$ , $2_{10}$ , $15_{10}$ |
| RCS_module_address | послідовність значень $00_2$ , $01_2$ , $10_2$        |
| RCS_module_enable  | послідовність прямокутних імпульсів                   |
| data               | випадкова зміна                                       |
| data_enable        | циклічна послідовність прямокутних імпульсів          |
| read_enable        | постійний високий рівень сигналу                      |

Результати функціонального моделювання декодування представлені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати функціонального моделювання декодування

| Номер слова | Набір модулів СЗК | Слово, що декодується | Значення на виходах декодера |         | Декодування або ідентифікація службового слова виконано успішно (так/ні) |
|-------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|
|             |                   |                       | output_data                  | service |                                                                          |
| 1           | 7, 2, 15          | 01110100 <sub>2</sub> | 199 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| 2           |                   | 11001101 <sub>2</sub> | 118 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| 3           |                   | 00011101 <sub>2</sub> | 133 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| ...         |                   | ....                  | ....                         | ....    | ....                                                                     |
| 14          |                   | 10001001 <sub>2</sub> | 144 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| 15          |                   | 11001000 <sub>2</sub> | 188 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| 16          |                   | 00101010 <sub>2</sub> | 190 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| ...         |                   | ....                  | ....                         | ....    | ....                                                                     |
| 18          |                   | 00111001 <sub>2</sub> | 99 <sub>10</sub>             | 0       | Так                                                                      |
| 19          |                   | 01101111 <sub>2</sub> | 150 <sub>10</sub>            | 1       | Так                                                                      |
| ...         |                   | ....                  | ....                         | ....    | ....                                                                     |
| 24          |                   | 11011001 <sub>2</sub> | 69 <sub>10</sub>             | 0       | Так                                                                      |
| 25          |                   | 00010010 <sub>2</sub> | 77 <sub>10</sub>             | 0       | Так                                                                      |
| 26          |                   | 10010001 <sub>2</sub> | 151 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| ...         |                   | ....                  | ....                         | ....    | ....                                                                     |
| 33          |                   | 00010101 <sub>2</sub> | 35 <sub>10</sub>             | 0       | Так                                                                      |
| 34          |                   | 00111111 <sub>2</sub> | 15 <sub>10</sub>             | 1       | Так                                                                      |
| ...         |                   | ....                  | ....                         | ....    | ....                                                                     |
| 41          |                   | 00100000 <sub>2</sub> | 120 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| 42          |                   | 11101010 <sub>2</sub> | 70 <sub>10</sub>             | 1       | Так                                                                      |
| ...         |                   | ....                  | ....                         | ....    | ....                                                                     |
| 49          |                   | 11101000 <sub>2</sub> | 98 <sub>10</sub>             | 1       | Так                                                                      |
| 50          |                   | 01000011 <sub>2</sub> | 198 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |
| 51          |                   | 01001010 <sub>2</sub> | 100 <sub>10</sub>            | 0       | Так                                                                      |

## 3.3 Часове моделювання

Характер зміни сигналів на входах декодера під час проведення часового

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



моделювання програмування та декодування аналогічний наведеному у табл. 3.1, 3.3.

Фрагменти часових діаграм, отриманих під час проведення часового моделювання, представлені на рис. 3.3, 3.4.

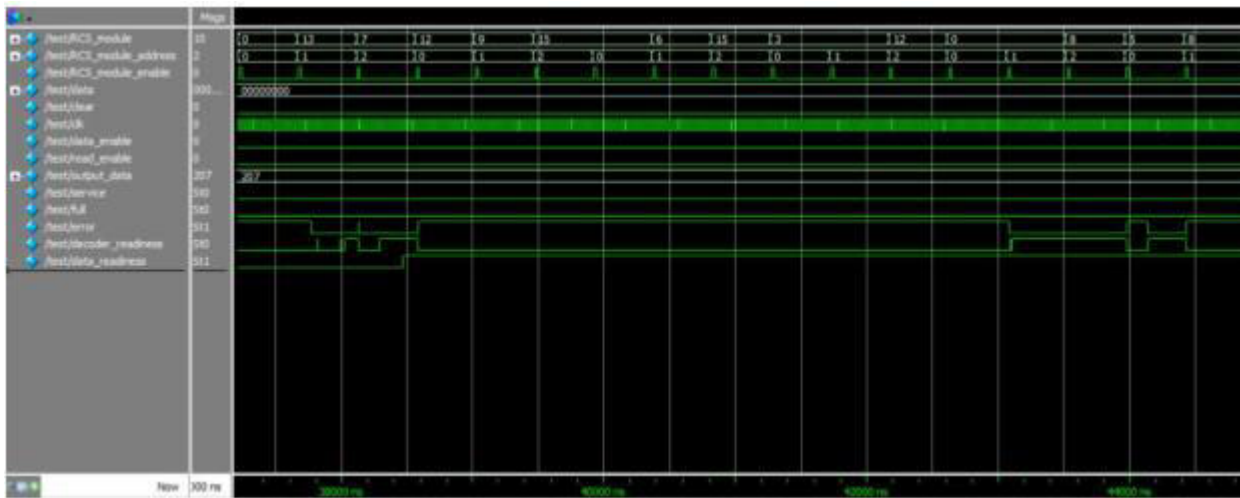


Рисунок 3.3 – Фрагмент часової діаграми, одержаної при часовому моделюванні програмування

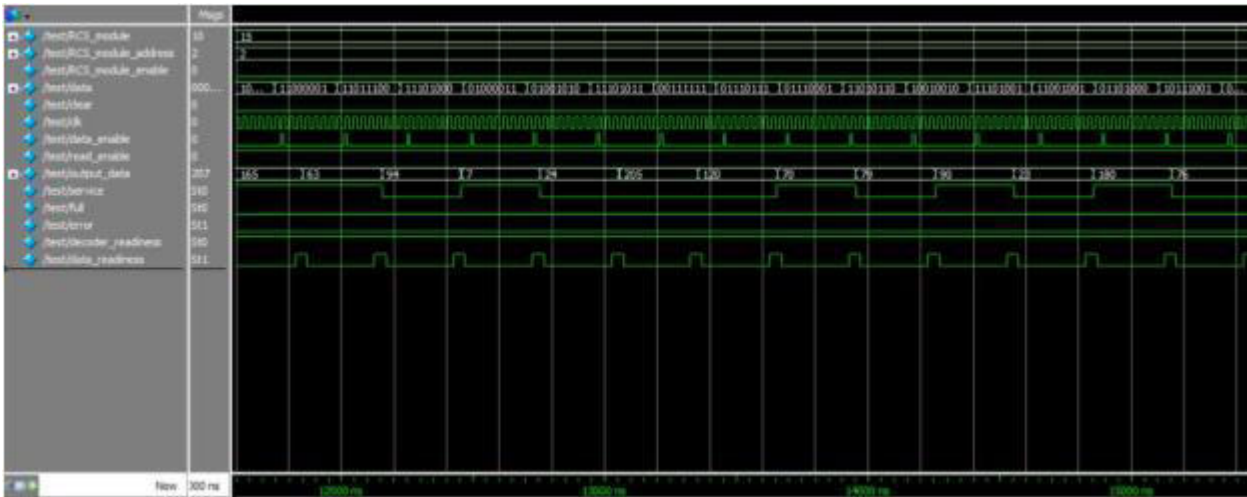


Рисунок 3.3 – Фрагмент часової діаграми, одержаної при часовому моделюванні декодування

Результати часового моделювання аналогічні до наведених у табл. 3.2, 3.4.

### 3.4 Висновки до третього розділу

З результатів проведеного моделювання можна дійти висновку, що з погляду програмування і декодування, розроблений декодер СЗК-ПСЧ працює коректно.

Об'єктивність результатів проведеної перевірки працездатності обумовлена:

- урахуванням реальних часових затримок при поширенні сигналів цільової ПЛІС;
- випадковою зміною значень на вхідних шинах даних декодера.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Долікарська допомога при опіках

Опік — це ушкодження тканин, яке спричинене дією високої температури, електроструму, хімічних речовин, рентгенівських і сонячних променів. Опіки можуть бути первинними (миттєвими) та вторинними. Вторинні опіки є результатом займання одягу та охоплення полум'ям тіла.

Перша допомога при опіках, які спричинені полум'ям передбачає гасіння палаючого одягу водою, з використанням вогнегасника або потерпілого накривають плащем, пальто, ковдрою тощо. Якщо необхідно звільнити постраждалого від одягу, після гасіння вогню в деяких випадках для звільнення ураженої ділянки тіла одяг розрізають.

При обмежених опіках, спричинених окропом, обпечену поверхню тіла охолоджують холодною водою з-під крану впродовж 10 хв. Після цього накладають асептичну суху пов'язку, застосовуючи чисту бавовняну тканину, бинт, індивідуальний пакет. У випадку поширених опіків потерпілого загортають у чисте простирадло, вкриваючи зверху, та дають пити чай [25].

Під час надання першої лікарської допомоги бригадою швидкої допомоги, крім накладання асептичної пов'язки, вводять серцеві та знеболювальні засоби, здійснюють протишоккові заходи під час транспортування в медичний заклад.

Під час надання долікарської допомоги застосовують: інфільтрацію уражених тканин 0,25 % розчином новокаїну, місцеву гіпотермію, новокаїнову блокаду, накладають фурацилінові пов'язки, шкіру змащують стерильною олією.

При термічних опіках накладають стерильну пов'язку, забезпечують тепло, обмотують людину простирадлом, дають солодку каву, теплий чай, обтирають горілкою, одеколоном, спиртом чи змащують ними бинти і пов'язки. При шоківі

|           |                |          |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
|-----------|----------------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--------------------------|------|---------|
|           |                |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ |  |  |  |                          |      |         |
|           |                |          |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Змн.      | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |  |  | Літ.                     | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   | Тибінь А.І.    |          |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Керівник. | Баран І.О.     |          |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Реценз.   |                |          |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |
| Н. Контр. | Тиш Є.В.       |          |        |      |                         |  |  |  | ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42 |      |         |
| Затверд.  | Осухівська Г.М |          |        |      |                         |  |  |  |                          |      |         |

дають пити двадцять крапель валер'янки.

При хімічних опіках 10-20 хв виконують промивання обпеченого місця струменем проточної води. У випадку отримання опіку лугом накладають марлеву пов'язку, змочену розчином борної кислоти (1 гр на склянку води) [25].

Заборонено відривати пухирі, а також відривати від них одяг, каніфоль, сургуч, бо це може спричинити інфекцію та затягнути тривалість загоєння ран. Заборонено засипати рани порошками, змащувати мазями та маслом. При обширних і важких опіках (більше 15-30% всієї поверхні тіла) виникає загальне ураження організму, яке супроводжується важким шоком (опікова хвороба), викликає інтоксикацію організму, зміни складу крові, зміни в роботі центральної нервової системи (біль). Чим більша опікова поверхня, тим більше нервових закінчень уражено і тим сильніше проявляються явища травматичного шоку [26].

При опіках з'являється велика кількість виділень крізь опікову поверхню плазми крові, виникає отруєння організму від продуктів розпаду змертвілої тканини, які із зони ушкодження всмоктуються організмом. З'являються такі симптоми як блювання, загальна слабкість, головний біль. Потерпілому потрошки і часто дають пити воду з питною сіллю, (одна чайна ложка солі + пів чайної ложки соди на один літр води).

Для пов'язок застосовують індивідуальний пакет, стерильний бинт. Опечену поверхню можна накрити чистою тканиною з бавовни, пропрасованою гарячою праскою чи змоченою перманганатом калію, горілкою або етиловим спиртом, які зменшують біль. Постраждалого тепло вкривають, для зменшення шоку вводять наркотичні речовини (морфій, промедол), дають пити гарячий чай з вином, каву, трохи горілки [26].

У випадку виникнення опіку фосфором ушкоджену частину тіла опускають в воду і там пінцетом знімають частинки фосфору, шкіру обробляють п'яти процентним розчином мідного купоросу і закривають чистою сухою пов'язкою.

При ураженні хімічною зброєю отруйні речовини всмоктуються в кров зі значно більшою швидкістю, ніж при їх потраплянні на неушкоджену ділянку

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

шкіри: ними можуть бути органи дихання і травлення, очі, заражені шкірні ділянки. Отруйні речовини можуть потрапляти на поверхню опіків і ран у вигляді газоподібних речовин, аерозолів і крапель.

Невідкладні заходи першої долікарської допомоги включають: інгаляцію кисню, дегазацію отруйних речовин, введення антидоту, введення протисудомних і серцево-судинних засобів, нейтралізація отруйних речовин на шкірі [25].

#### 4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Пожежа – це неконтрольований процес горіння, який спричиняє нищення матеріальних цінностей та загибель людей. Серед причин виникнення пожеж можна виділити природні явища (посуха, блискавка), порушення правил пожежної безпеки, недбалу поведінку людей з вогнем. Відомо, що лише 7-8% пожеж спричинені блискавками і близько 90 % виникає внаслідок діяльності людини [27].

Пожежна безпека організацій та підприємств, у яких використовуються електроустановки, забезпечується шляхом здійснення організаційно-технічних та інших заходів з попередження виникнення пожеж, зменшення можливих матеріальних збитків, забезпечення безпеки людей, зниження негативних екологічних наслідків, створення умов для успішного гасіння пожеж та швидкого виклику пожежних підрозділів, а також евакуації з території виникнення та ймовірного розповсюдження пожежі людей, матеріальних цінностей і документів.

Система для контролю пожежної безпеки передбачає використання блоків живлення для подачі напруги необхідного рівня. Таке електрообладнання при неналежному нагляді, наприклад, при короткому замиканні, може стати епіцентром спалаху.

При виникненні пожежі можна виділити два методи, які застосовуються для гасіння електроустановок:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- гасіння електроустановок відведених від напруги мережі;
- гасіння електроустановок, які знаходяться під напругою.

Електроустановки повинні бути під'єднані до заземлення з гнучкого мідного голого провідника з поперечним перерізом не менше 25 мм<sup>2</sup>, який підключається до заземлених конструкцій. Місця підключення до заземлених конструкцій, які визначаються фахівцями енергетичних об'єктів разом з представниками гарнізону пожежної охорони, вносяться до графічної частини плану пожежогасіння та позначаються знаком заземлення [26].

Для забезпечення безпеки пожежників та персоналу, який бере участь у гасінні пожежі електроустановок під напругою, застосовуються ізолюючі індивідуальні електрозахисні засоби (діелектричні килими, калоші, боти, рукавиці). Кількість індивідуальних ізолюючих захисних засобів та заземлень і місця їх зберігання затверджуються керівниками енергетичних об'єктів враховуючи подачу вогнегасних засобів на електроустановки, які перебувають під напругою. Випробування електрозахисного обладнання виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку [27].

У разі виникнення пожежі на електроустановці особа, яка першою виявила факт загорання, повинна негайно повідомити відповідальних за пожежну безпеку осіб та керівника для уникнення подальшого загорання. Гасіння електрообладнання під напругою із застосуванням ручних стволів повинне виконуватися за умови [27]:

- застосування ефективних прийомів і способів подачі в зону горіння вогнегасних речовин;
- дотримання електробезпечних відстаней від електрообладнання, яке знаходиться під напругою, до пожежників, які використовують ручні пожежні стволи;
- забезпечення надійного заземлення пожежних автомобілів і стволів;
- використання індивідуальних ізолюючих електрозахисних засобів під час гасіння пожежі електроустановок без зняття напруги.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Як вогнегасні речовини під час гасіння електроустановок, які знаходяться під напругою, доцільно застосовувати: розпилені порошкові суміші й інертні гази, струмені води, комбіновану суміш, яка являє собою розпилену воду з порошком. Застосування усіх видів піни під час гасіння електроустановок під напругою за участю людей ручними засобами забороняється, через те що піна й розчин піноутворювача мають підвищену електропровідність в порівнянні з розпиленою водою.

При гасінні пожежі на електроустановках під напругою потрібно застосовувати прийоми та засоби подачі в зону горіння вогнегасних речовин, що забезпечують ефективне гасіння пожежі і безпечну роботу пожежників.

Компактні струмені води доцільно використовувати лише під час гасіння пожеж на електроустановках під напругою до 110 кВ, але лише в тих випадках, коли до осередку горіння не має можливості наблизитися для подачі розпиленої води. В цьому випадку пожежник повинен перебувати на безпечній відстані від найближчих струмоведучих частин електроустановок, до яких може торкнутися струмінь води [26].

Для гасіння пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою, можна застосовувати воду з водопровідних мереж, а також із штучних і природних водойм. Забір води насосами пожежних автомобілів з водойм варто здійснювати зі спеціально обладнаних пірсів.

При гасінні пожежі на електроустановках, які перебувають під напругою до 220 кВ включно, тривалість перебування пожежників на бойових позиціях не лімітується. Заземлення ручних пожежних насосів і стволів пожежних автомобілів при гасінні пожеж на електроустановках, які знаходяться під напругою, повинно виконуватись за допомогою гнучких мідних провідників з поперечним перерізом не менше 12 мм<sup>2</sup>, оснащених спеціальними струбцинами для під'єднання до заземлених конструкцій: шурфів, обсадних труб артезіанських свердловин, металевих опор повітряних ліній електропередач, гідрантів водогінних мереж.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Місця під'єднання до заземлених конструкцій повинні затверджуватися спеціалістами енергетичного об'єкта, позначатися відповідними знаками заземлення і вноситись у графічну частину плану пожежогасіння. Ручні пожежні насоси й стволи пожежних автомобілів необхідно заземлювати окремо. В процесі подачі води від внутрішнього водопроводу заземлюються лише стволи.

Індивідуальні електрозахисні ізолюючі засоби (діелектричні боти, рукавиці) потрібно застосовувати для електробезпечності пожежників та персоналу, який безпосередньо бере участь у гасінні пожежі на електроустановках, які знаходяться під напругою.

Автомобілі пожежних частин, що охороняють енергетичні об'єкти, повинні бути укомплектовані індивідуальними ізолюючими захисними засобами відповідно до чисельності бойової обслуги, яка безпосередньо бере участь у процесі гасіння пожежі [27]. Необхідна кількість індивідуальних ізолюючих захисних засобів на енергооб'єктах, у тому числі для пожежних підрозділів, що залучаються до гасіння пожеж з інших частин, затверджується під час розробки планів пожежогасіння.

При пожежі на електроустановках, які знаходяться під напругою, обслуговуючий персонал зобов'язаний у першу чергу повідомити про пожежу начальника зміни (диспетчера, чергового) й пожежну охорону, а потім вжити усіх необхідних заходів відповідно до плану пожежогасіння (картки пожежогасіння).

За необхідності гасіння пожежі повітряно-механічною піною, з об'ємним заповненням приміщення (тунелю) піною виконується попереднє закріплення піногенераторів, їх заземлення, а також заземлення насосів пожежних машин. Водій пожежної машини повинен працювати в діелектричному взутті і рукавицях.

Після прибуття до місця виклику першого пожежного підрозділу старший начальник (заступник начальника частини, начальник варті і т. ін.) повинен швидко зв'язатися з начальником зміни або посадовою особою, яка відповідає за виконання робіт, з метою уточнення ситуації на пожежі, одержання інструктажу

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



та письмового допуску на виконання гасіння пожежі на електроустановках, що перебувають під напругою [27].

Після узгодження маршрутів руху до осередку горіння та розміщення бойових позицій, із яких пожежники виконуватимуть подачу вогнегасних речовин, керівник групи повинен провести інструктаж всього особового складу, який бере участь у гасінні пожежі, й віддати розпорядження на бойове розгортання.

З метою набуття вольових якостей, удосконалення тактичних навичок, підвищення фахової майстерності і забезпечення психологічної підготовки з врахуванням дотримання правил безпеки праці особовий склад пожежних підрозділів гарнізону зобов'язаний безпосередньо на енергетичному об'єкті не рідше одного разу на рік проходити спеціальний інструктаж.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи розроблено та протестовано ПЛІС-проект компонента апаратури системи передачі та обробки інформації, що здійснює перетворення кадру інформації, представленої в непозиційній СЗК, у кадр позиційної двійкової системи числення.

У цьому проекті передбачено програмування декодера у вигляді завдання набору модулів СЗК, відповідно до якого здійснюється перетворення кадрів. Для зберігання вхідних та декодованих даних є відповідні вхідний та вихідний буфери.

У процесі проектування розроблено структурні схеми декодера та його основних функціональних блоків. Крім цього, визначено принципи вибору основ СЗК для влаштування та структура оброблюваних кадрів. Також вивчено особливості непозиційної СЗК та представлено алгоритм переведення чисел із СЗК до ПСЧ.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Касянчук М. М. Досконала форма системи залишкових класів: методи побудови та застосування : моногр. Тернопіль : ТНЕУ, 2019. 224 с.
2. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с..
3. Stillwell J. Elements of Number Theory / Stillwell J. Springer, 2010. 256 p.
4. Рябенський В.М. MAX+plus II. Основи проектування цифрових пристроїв на ПЛІС / В.М. Рябенський, О.О. Ушкаренко. К.: «Корнійчук», 2004. 253 с/
5. Куцик А., Місюренко В. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2011. 200 с..
6. Радіонавігаційні системи : підручник / В. М. Васильєв. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 338 с.
7. ДСТУ ISO/IEC TR 10032:2012 Інформаційні технології. Еталонна модель керування даними (ISO/IEC TR 10032:2003, IDT)
8. Proakis J., Manolakis D. Digital Signal Processing :4th Edition. London: Pearson, 2013. 1019 p
9. Polissky Yu.D. An algorithm for performing complex operations in the system of residual classes using the representation of numbers in inverse codes. Electronic modeling. Kyiv. 2014. No. 4 V. 36. S. 117–123.
10. Polissky Yu.D. On the transformation of representations of numbers in remainders from one system of modules to another // Science and progress of transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2016, No. 3 (63), P. 130-137.
11. Сучасна компонентна база електронних систем: навч. посібник для студентів ЗВО / І.М. Бондаренко, О.В. Бородін, В.П. Карнаушенко. Харків: ХНУРЕ, 2020. 268 с.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 51   |

12. Офіційний веб-сайт корпорації Intel. - URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/homepage.html> (дата звертання: 12.05.2025).

13. Кофанов В. Л., Осадчук О. В., Гаврілов Д. В. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР Quartus II. Практикум. Вінниця, ВНТУ. 2009. 164 с.

14. ModelSim. URL: <https://www.saros.co.uk/eda/fpga/modelsim/> (дата звертання: 19.05.2025).

15. Обробка цифрових сигналів на ПЛІС в радіотехнічних системах: Лабораторний практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; автори: С.Б.Могильний, О.Ю.Мирончук. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 87 с.

16. Shoup V. A Computational Introduction to Number Theory and Algebra / V. Shoup. Cambridge University Press, 2005. – 517 p.

17. Рябенський В. М., Ушкаренко О. О. VERILOG. Практика проектування цифрових пристроїв на ПЛІС: навч. Посібник. Миколаїв : Іліон. 2007. 324 с

18. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.

19. Куцик А., Місюренко В. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2011. 200 с.

20. Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006». 2015. 354 с.

21. Курко А. М. Введення в теорію інформації / А. М. Курко, В. Я. Решетник. Тернопіль : Вид-во ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2017. 108 с.

22. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 52   |

Theoretical and Applied Problems (ІТТАР 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.

23. Луцків А., Лупенко С., Пасічник В. Паралельні та розподільнені обчислення. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 566 с.

24. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

25. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Львів: Манголія 2006, 2007. 499 с.

26. Желібо Є. П. Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Каравела, 2004. 328 с.

27. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 526 с.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КС КРБ 123.238.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Додаток А.

Технічне завдання

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

**Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії**

**Кафедра комп'ютерних систем та мереж**

**“Затверджую”**

**Завідувач кафедри КС**

\_\_\_\_\_ **Осухівська Г.М.**

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ **2025 р**

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЕКОДУВАННЯ КАДРІВ  
ІНФОРМАЦІЇ**

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на **\_8\_** листках

**Вид робіт:**

**Кваліфікаційна робота**

**На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»**

**Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»**

**«УЗГОДЖЕНО»**

**Керівник кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ **к.т.н., доц. Баран І.О.**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2025 р.**

**«ВИКОНАВЕЦЬ»**

**Студент групи СІ-42**

\_\_\_\_\_ **Тибінь А.І.**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2025 р.**

**Тернопіль 2025**

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система декодування кадрів інформації».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.238.00.00

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерної інженерії, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тибінь Андрій Іванович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4/7-53 від 27.01.2025 р.)

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 19.06.2025 р.

### 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ІСО, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.



Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система декодування кадрів інформації призначена для перетворення кадру інформації із непозиційної системи числення, у кадр позиційної двійкової системи числення.

До складу системи повинні входити як апаратна складова, так і програмна.

Доцільність створення системи зумовлена застосуванням системи залишкових класів (СЗК) у різних галузях з метою прискорення обчислень та підвищення надійності передачі даних, а її новизна полягає у можливості розробленої структури пристрою здійснювати перетворення стиснутої інформації.

### 2.2 Мета створення системи

Основна мета розробки комп'ютеризованої системи декодування кадрів інформації полягає у розробці апаратного модуля (програмованого декодера), що здійснює перетворення кадру інформації, представленої в СЗК, у кадр інформації, представленої в двійковій позиційній системі числення (ПСЧ).

Для того, щоб досягти поставленої мети роботи, необхідно розв'язати наступні задачі:

- вивчення принципів та особливостей СЗК;
- вибір елементної бази створення декодера;
- вибір та обґрунтування розміру та формату кадру інформації, що обробляється декодером;
- вибір та обґрунтування формату службових та інформаційних слів кадру;
- вибір та обґрунтування набору модулів СЗК, з якими працюватиме декодер, що розробляється;

- розробка програмованого декодера СЗК-ПСЧ;
- перевірка працездатності декодера.

## 2.3 Характеристика об'єкту

### 2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

Основні функції, що вимагають реалізації в комп'ютеризованій системі декодування кадрів інформації, що розробляється:

- забезпечення обробки кадрів стислих даних;
- ефективне здійснення декодування;
- висока швидкість перетворення існуючої інформації через програмне управління;
- застосування пристрою в системах передачі та обробки інформації

## 3 Вимоги до системи

### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна бути спроектована так, щоб до її складу без особливих зусиль можна інтегрувати різні елементи управління, а також нові пристрої, не порушуючи при цьому структуру системи.

У проєктованій системі повинні бути забезпечені:

- розрядність інформаційної шини декодера СЗК-ПСЧ 8 біт;
- діапазон декодованих чисел повинен відповідати необхідній множині значень;
- можливість без значних витрат модифікувати декодер;
- продуктивність роботи програмного забезпечення;
- повністю реконфігурований інтерфейс;
- часова ефективність.

#### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система має наступні функціональні блоки:

- блок модулів СЗК (modules\_block);
- блок базисів (bases\_block);
- вхідний буфер даних (input\_buffer);
- вихідний буфер даних (output\_buffer);
- блок обчислення (calculation\_block);
- блок формування сигналу запису у вихідний буфер (write\_enabled\_block).

Пам'ять набору модулів СЗК декодера, що розробляється, обмежена трьома осередками пам'яті.

Для прийому та обробки даних використовується ПЛІС.

### 3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Пропоноване рішення застосовує USB для зв'язку між ПК та контролером.

### 3.1.3 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностика комп'ютеризованої системи декодування кадрів інформації відбувається у відповідності до затвердженого розкладу профілактичних заходів.

### 3.1.4 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективами розвитку та модернізації комп'ютеризованої декодування кадрів інформації є можливість подальшого розширення функціоналу контролера за допомогою під'єднання додаткових пристроїв системи керування та забезпечення повноекранного інтерфейсу користувача.

Існуюча апаратна складова системи при цьому не повинна зазнавати значних змін, а програмне забезпечення системи повинно передбачати гнучкість та здатність до масштабування.

### 3.1.5 Вимоги до надійності системи

Комп'ютеризована система декодування кадрів інформації повинна бути захищена на як на фізичному, так і на програмному рівнях. Фізичний рівень захисту повинен забезпечувати надійність щодо доступу до апаратного забезпечення, зокрема ПЛІС та під'єднаних до нього компонентів.

Програмний рівень захисту повинен передбачати захист від сторонніх втручань і впливів.

### 3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функціональні вимоги та задачі, які повинна реалізовувати комп'ютеризована система декодування кадрів інформації полягають в наступному:

- передача даних від мікроконтролера;
- припинення роботи у разі виявлення несправностей;
- надання точних та адекватних результатів на запит користувачів;
- забезпечення часової ефективності роботи системи;
- забезпечення зручності використання програмної частини.

### 3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

- ПЛІС EP4CE115 сімейства Cyclone IV

### 3.1.8 Вимоги до програмного забезпечення

- САПР Quartus Prime від Altera;
- мова опису апаратури Verilog;
- система HDL -моделювання ModelSim (для перевірки працездатності).

## 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:

- 1 Структурна схема та RTL-подання програмованого декодера.
- 2 Структурні схеми блоків модулів та базисів.
- 3 Структурна схема блоку обчислення та результати синтезу проекту у Quartus Prime.
- 4 Функціональне моделювання декодера

\*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

## 5 Техніко-економічні показники

Планована собівартість комп'ютеризованої системи декодування кадрів інформації повинна становити не більше 70 000 грн.

\*Примітка: собівартість системи може змінюватись під час розрахунку в процесі розробки.

## 6 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

| № етапу | Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи                                                                                                  | Термін виконання |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1.      | Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи                                                                                            | 27.01 – 30.01    |
| 2.      | Розробка технічного завдання                                                                                                                  | 31.01 – 03.03    |
| 3.      | Підбір джерел про системи залишкових класів                                                                                                   | 04.03 – 10.03    |
| 4.      | Опрацювання літературних джерел                                                                                                               | 11.03 – 26.03    |
| 5.      | Виконання дослідження щодо розробки пристрою декодування кадрів інформації із системи залишкових класів у позиційну двійкову систему числення | 27.03 – 16.04    |
| 6.      | Написання програмного коду і побудова RTL-подання                                                                                             | 17.04 – 28.04    |
| 7.      | Оформлення розділу «Аналіз предметної області»                                                                                                | 29.04 – 02.05    |
| 8.      | Оформлення розділу «Проектна частина»                                                                                                         | 03.05 – 14.05    |
| 9.      | Оформлення розділу «Практична частина»                                                                                                        | 15.05 – 25.05    |
| 10.     | Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»                                                              | 26.05 – 31.05    |
| 11.     | Оформлення кваліфікаційної роботи                                                                                                             | 01.06 – 11.06    |
| 12.     | Нормоконтроль                                                                                                                                 | 09.06 – 12.06    |
| 13.     | Перевірка на плагіат                                                                                                                          | 11.06 – 14.06    |
| 14.     | Попередній захист кваліфікаційної роботи                                                                                                      | 14.06 – 19.06    |
| 15.     | Захист кваліфікаційної роботи                                                                                                                 | 26.06            |

## 7 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.