

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

бакалавра на тему:

Адаптивний пристрій площинного кодування  
інформації

Завідуючий кафедрою

Опанасюк А. С.

Керівник кваліфікаційної роботи

бакалавра

Кулик І. А.

Виконала студентка

Савенков О.О.

Суми - 2022

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 39 сторінок, 9 рисунків, 4 таблиці, 18 джерел. Об'єкт розробки – адаптивний пристрій площинного кодування інформації, що працює, використовуючи перешкодостійкі коди, які захищають передану інформацію від помилок при передачі, та надають можливість досить швидкого передавання.

Мета розробки – зменшити кількість помилок при передаванні інформації, використовуючи площинні коди, які виправляють помилку, знаходячи її перед цим; збільшення адаптивності передавальної системи завдяки використанню вибору режиму, в залежності від діапазону рівня завад каналу.

Розроблений прилад доволі просто може перебудовуватися, що обумовлено кількістю помилок, що відтворюються в кодовій послідовності. Режим для каналів з низьким, високим рівнем завад використовується залежно від кількості помилок в кодовій послідовності.

Актуальністю на сьогодні площинних кодів є відсутність значних софтверно-хардверних витрат при можливості збільшити достовірність інформації;

задовільнення потреб в розширенні функціональності передачі інформації щодо пристосування здатностей коригування, виявлення помилок при незначній кількості витрат.

На базі роботи адаптивного пристрою площинного кодування, було спроектовано алгоритм роботи, структурну, функціональну, принципальну й електричну схеми.

Ключові слова: площинний код, перешкодостійкий код, площинне кодування, лінія зв'язку.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	2
ЗМІСТ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ	6
1.1 Огляд літератури.....	6
1.2 Постановка завдання проектування.....	17
2 ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ І СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АДАПТИВНОГО ПРИСТРОЮ ПЛОЩИННОГО КОДУВАННЯ ДАНИХ .....	18
2.1 Розробка алгоритму адаптивного пристрою площинного кодування даних	18
2.2 Розробка структурної схеми адаптивного пристрою площинного кодування даних .....	22
3 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ .....	25
4 РОЗРОБКА І РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ ПРИСТРОЮ.....	29
4.1 Вибір елементної бази.....	29
4.2 Розрахунок і синтез принципової схеми блоків виявлення помилки пристрою площинного кодування даних .....	30
4.3 Розрахунок і синтез принципової схеми блоків декодування помилок пристрою площинного кодування даних .....	31
4.4 Розрахунок і синтез принципової схеми блоку виправлення помилок .....	32
4.5 Розрахунок і синтез принципової схеми блоку перетворення коду пристрою площинного кодування даних .....	33
4.6 Висновки.....	34
НАУКОВІ ПРАЦІ СТУДЕНТА.....	35
ВИСНОВОК .....	37
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	38

					<b>ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Адаптивний пристрій площинного кодування даних. Пояснювальна записка</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Розроб.</i>		Савенков О.О.				3	55	
<i>Перевір.</i>		Кулик І.А.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Опанасюк А.С.			<b>СумДУ ТК-81</b>			

## ВСТУП

Передавач, приймач, середовище передачі – це основні елементи, з яких складається система зв'язку. Кожна людина має базову комунікаційну систему. Рот (і голосові зв'язки) є передавачем, вуха — приймачами, а повітря — середовищем передачі, по якому звук проходить між ротом і вухом. Будь-яка система телекомунікацій передбачає передачу електромагнітного сигналу через деяке фізичне середовище, що відділяє відправника і одержувача. Усі передані сигнали мають особливість спотворюватись середовищем, через яке проходить передача інформаційного сигналу.

Існує загальна тенденція говорити, що одне середовище передачі краще за інше. Фактично, кожне середовище передачі має своє місце в конструкції будь-якої системи зв'язку. Кожен з них має характеристики, які зроблять його ідеальним середовищем для використання на основі певного набору обставин. Важливо визнати переваги кожного з них і відповідно розробити систему. Ефективність передачі, як правило, розглядається як кількість погіршення сигналу, створеного при використанні конкретного середовища передачі. Середовище передачі є «бар'єром» для сигналу зв'язку. «Бар'єр» можна виміряти багатьма різними факторами. Проте одне поширене запитання задається про всі засоби комунікації. Як далеко пройде енергія сигналу зв'язку, перш ніж він стане занадто слабким (або спотвореним), щоб вважатися не придатним для використання?

Різні схеми кодування та модуляції були розроблені, щоб забезпечити захист від спотворення каналу та помилок канального шуму. На додаток, захист від помилок передачі може бути досягнутий через збільшення потужності передачі, що також збільшує відношення сигнал/шум. Але, навіть, потужні сигнали послаблюються, коли проходять через середовище передачі.

З розвитком науки швидкість передачі інформації зростає, але в той же час збільшується і кількість електромагнітних полів, які спотворюють інформацію. У зв'язку з цим основним завданням при відправленні інформації є оптимальне використання інформаційних властивості джерела даних і каналу зв'язку, щоб забезпечити певний ступінь точності пересилання інформації, що надсилається з певною швидкістю і з найменшими втратами.

Для досягнення цієї мети рекомендується використовувати метод перешкодостійкого кодування. Задача полягає у виборі найкращого коду, що перешкоджає помилкам та забезпечує найкращу швидкість і припустиму надійність передачі.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є проектування адаптивного пристрою площинного кодування даних.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Огляд літератури

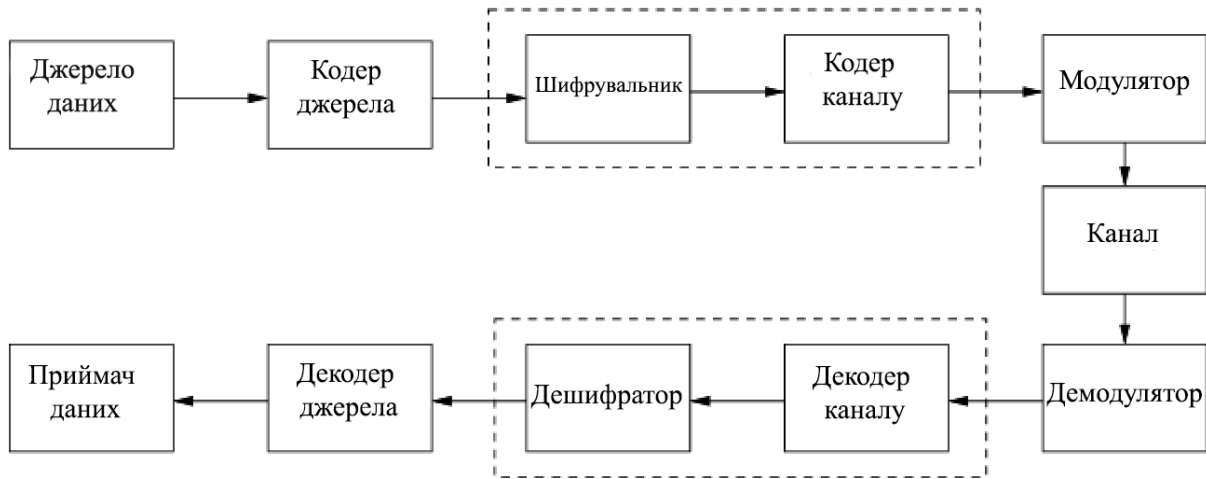


Рисунок 1.1 – Структурна схема моделі системи кодування цифрового зв'язку

Система зв'язку - це складна сукупність пристроїв, що виконують перетворення повідомлень та сигналів з метою найбільш ефективної передачі інформації.

Інформація пересилається від джерела даних до приймача, з застосуванням комплексу обладнання. На рис. 1.1 зображена структурна схема моделі системи кодування цифрового зв'язку, що містить: джерело даних, кодер джерела, шифратор, кодер каналу, модулятора, канал, демодулятор, декодер каналу, дешифратор, декодер джерела, приймач даних.

Джерело сигналу включає джерело повідомлень і перетворювач повідомлення в первинний сигнал, який надходить на вхід кодера. Кодер виробляє операцію кодування (економне та/або завадостійке) - перетворює повідомлення в послідовність кодових символів, цифровий сигнал (послідовність імпульсів («одиниць») і пауз («нулів»)). Далі цифровий сигнал надходить на модулятор, де прямокутні імпульси «заповнюються» ВЧ несучим коливанням для ефективної передачі по лінії зв'язку; отримуємо модульований сигнал. Він, своєю чергою, надходить у канал зв'язку, у якому відбувається спотворення сигналу під впливом неминучого впливу шкідливих коливань, званих перешкодами. Перешкода адитивна, має випадковий характер, є білим Гаусівським шумом. Таким чином, на

демодулятор надходить деяка суміш сигналу і шуму. Так як у каналі зв'язку діяла перешкода, то сигнал на виході демодулятора відрізняється в загальному випадку від сигналу цифрового сигналу та має випадковий характер. Тому результат декодування також збігається з первинним сигналом.

Основною функцією кодера є перешкодостійке кодування сигналу, яке дозволяє виявляти і в деяких випадках виправляти помилки, що виникають в процесі надходження інформації від передавача до приймача.

Модулятор (лат. Modulator - дотримується ритм) - пристрій, за допомогою якого здійснюється керування параметрами коливань (амплітудою, частотою, фазою) – їх модуляція відповідно до інформації, що підлягає обробці, збереженню. Вид модуляції визначає структурну схему модулятора..

Канал зв'язку відноситься або до фізичної середовища передачі , такого як дрiт, або до логічного з'єднання через мультиплексований носій, такий як радіоканал у телекомунікаційних та комп'ютерних мережах . Канал використовується для передачі інформаційного сигналу , наприклад цифрового бітового потоку , від одного або кількох відправників (або передавачів) до одного або кількох приймачів . Канал має певну пропускну здатність для передачі інформації, що часто вимірюється його пропускну здатністю в Гц або швидкістю передачі даних .в бітах на секунду .

Передача інформаційного сигналу у просторі потребує певної форми шляху або середовища. Ці шляхи, які називаються каналами зв'язку, використовують два типи носіїв: кабель (вита пара, кабель і волоконно-оптичний кабель) та мовлення (мікрохвильова піч, супутник, радіо та інфрачервоний). Для передачі даних та інформації використовуються фізичні дроти кабелів. Віта пара та коаксіальний кабелі виготовлені з міді, а волоконно-оптичний кабель – зі скла.

У теорії інформації канал відноситься до теоретичної моделі каналу з певними характеристиками помилок. У цьому більш загальному уявленні запам'ятовуючий пристрій також є каналом зв'язку, який можна надсилати (записувати) і приймати (зчитувати) і дозволяє передавати інформаційний сигнал протягом певної години.

У теорії інформації теорема кодування зашумленого каналу (іноді теорема Шеннона або межа Шеннона) встановлює, що для будь-якого заданого ступеня шумового забруднення каналу зв'язку можна передавати дискретні дані (цифрову інформацію) майже без помилок до обчислювану максимальну швидкість через

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

канал. Цей результат був представлений Клодом Шенноном у 1948 році і частково був заснований на попередніх роботах та ідеях Гаррі Найквіста та Ральфа Хартлі.

Межа Шеннона або ємність Шеннона каналу зв'язку відноситься до максимальної швидкості безпомилкових даних, які теоретично можуть бути передані по каналу, якщо на лінії зв'язку виникають випадкові помилки передачі даних для певного рівня шуму. Вперше вона була описана Шенноном (1948), а невдовзі після того опублікована в книзі Шеннона та Воррена Вівера під назвою «Математична теорія комунікації» (1949). Це започаткувало сучасну дисципліну теорії інформації. Однак сьогоднішня система зв'язку, в якій не використовують перешкодостійкі коди, має необхідність витратити значно більше економічних та технічних ресурсів.

Перешкодостійке кодування реалізується завдяки тому, що до складу переданого сигналу вводиться досить велика кількість надлишкової інформації, при цьому може реалізуватися кодування з випереджальною корекцією помилок - FEC coding (Forward Error Correcting coding). При цьому методі кодування відправник готує біти до передачі за допомогою спеціального алгоритму, відомого як код, що виправляє помилки, який потім декодується на одержувачі.

Різні методи кодування, які можна використовувати, досягаються шляхом переплетення додаткових двійкових цифр у передачу. При декодуванні на приймальній стороні передачу можна перевірити на наявність помилок, які могли статися, і, у багатьох випадках, виправити. В інших випадках одержувач просто знову просить передати.

Також, один із часто використовуваних методів називається автоматичним запитом на повторення – ARQ coding (Automatic Repeat Request), який просто передбачає, що одержувач перевіряє передачу на наявність помилок і запитує повторну передачу, якщо це станеться. Це іноді називають зворотним виправленням помилок.

Ідея каналного кодування була розроблена через неминуче існування помилок на будь-якому даному типі каналу зв'язку. Радіохвилі, електричні сигнали і навіть світлові хвилі через волоконно-оптичні канали будуть мати певну кількість шуму в середовищі, а також погіршення сигналу, яке відбувається на певній відстані. Будучи такою поширеною проблемою в комунікації, численні теорії того, як з нею боротися, були розроблені в рамках таких галузей прикладної математики, як теорія інформації та теорія кодування.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8



Першу техніку каналного кодування створив математик Річард Хеммінг, який розробив те, що відомо як код Хеммінга. Це був перший код прямого виправлення помилок, який тягне за собою включення в передачу додаткових двійкових цифр, які називаються бітами парності. Розумний розрахунок бітів парності на приймальному кінці передачі покаже, чи виникли якісь помилки в передачі, де вони знаходяться в рядку бітів, і як їх виправити, щоб відновити початкову передачу.

Код Хеммінга належить до сімейства методів каналного кодування, які називаються блочними кодами, багато з яких були розроблені роками. Блочні коди зазвичай включають біти, які збираються в блоки фіксованої довжини, які потім називаються кодовими словами. Кожне кодове слово отримує відповідні контрольні біти для декодування одержувачем. Методи блочного коду мають тенденцію збільшувати розмір передачі через додані біти в кодовому слові, що може вплинути на пропускну здатність каналу .

Інший метод каналного кодування відомий як згортковий код. Ці методи набагато швидші і можуть кодувати бітовий потік будь-якої довжини. Один часто використовуваний код такого типу називається код Вітербі, створений італійським математиком Ендрю Вітербі. Недоліком цього методу є те, що зі збільшенням довжини згорткового коду зростає його складність під час декодування. У багатьох випадках згорткові коди використовуються в поєднанні з блочними кодами в так званих з'єднаних кодах виправлення помилок.

Кодування та декодування використовуються в багатьох формах комунікацій, включаючи обчислення, передачу даних, програмування, цифрову електроніку та людські комунікації. Ці два процеси передбачають перетворення вмісту для оптимальної передачі або зберігання. Перетворення можна вважати правильним лише тоді, коли в результаті ефективність джерела і пропускну спроможність каналу будуть рівними, тобто повністю використовуються усі можливості каналу. Це перетворення можна розділити на два кроки:

1. Модуляція-демодуляція, що дає змогу перейти до дискретного сигналу з безперервного сигналу радіоканалу;
2. Кодування-декодування, що виконує всі операції над послідовністю символів.

Зі свого боку, кодування-декодування розділяється на два супротивних за своїм результатом кроки:

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

1. Ліквідування надлишку в направленому від джерела інформації сигналу (економне кодування);
2. Включення надлишку в цифровий сигнал, направлений по каналу, (завадостійке чи надмірне кодування) для збільшення достовірності даних, які були передані.

При кодуванні за завадами в масу пересланих символів включаються допоміжні (надлишкові) символи для того, що виправити помилки на стороні, яка приймає направлені дані. Для цього необхідно збільшити швидкість передачі по каналу, що дорівнює збільшенню смуги частот сигналу і втраті енергії направленою повідомлення при обраному типу модему. Тож можна задатися запитанням чи доречно використовувати надлишкове кодування. На це запитання може відповісти теорема про пропускну здатність безперервного каналу (теорема Шеннона), яка говорить про те, що пропускна спроможність каналу з безперервним зв'язком збільшується, якщо розширити його смугу, але лише використовуючи оптимальне кодування. Тому слід очікувати підвищення достовірності передачі при заданій швидкості і відношенні сигнал / шум в каналі при внесенні надмірності. Проте, надлишкове кодування стало широко застосовуватися з метою підвищення якості передачі, переважно в останні десятиріччя, коли проблема створення складних обчислювальних пристроїв в малих габаритах була практично вирішена.

У каналах діють спотворення сигналів, шуми, перешкоди, які в дискретному каналі проявляються у вигляді переходу одного значення символу в інший. Залежно від характеру помилок розрізняють дискретні канали:

- 1) симетричний канал – це канал, в якому всі помилкові значення символів рівновірогідні;
- 2) асиметричний канал – це канал, в якому деякі хибні значення символів мають більшу ймовірність;
- 3) канал без пам'яті – канал, в якому спотворення символу не залежить статистично від спотворення іншого вихідного символу;
- 4) канал з пам'яттю – це канал, в якому спотворення символу залежить від того, який був попередній символ і як він був прийнятий;
- 5) канал із стиранням – канал, в якому. поряд з помилками мають місце стирання символів.

Канал зв'язку можна охарактеризувати наступними показниками:

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
						10
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) пропускна здатність – являє собою максимальне число переданих біт (двійкових одиниць) в одиницю часу при як завгодно малій ймовірності помилок.
- 2) швидкість передачі - число переданих біт в одиницю часу. При необмежено малій ймовірності помилок, швидкість передачі завжди менша за пропускну спроможність.

У каналі зв'язку максимальне значення швидкості отримують шляхом використання перешкодостійкого кодування. Якщо код дозволяє виправляти найбільш ймовірні помилки, введена надмірність стає виправданою. В протилежному випадку, помилки можуть бути не тільки не виправлені, а й розмножені кодом. В останньому випадку, застосування перешкодостійкого кодування нашкодить. Завадостійкі коди відрізняються один від одного основою  $q$ , відстанню  $d$ , надмірністю, структурою, функціональним призначенням, енергетичною ефективністю, кореляційними властивостями, алгоритмами кодування і декодування, формою частотного спектра. Тому, перешкодостійкі коди, діляться на типи, зображені на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Типи перешкодостійких кодів

Моделі, що представляють коди, умовно можна розділити на такі види: комбінаторні, алгебраїчні; геометричні; топологічні.

На рис. 1.3. зображено структурну схему загальної моделі цифрового зв'язку.

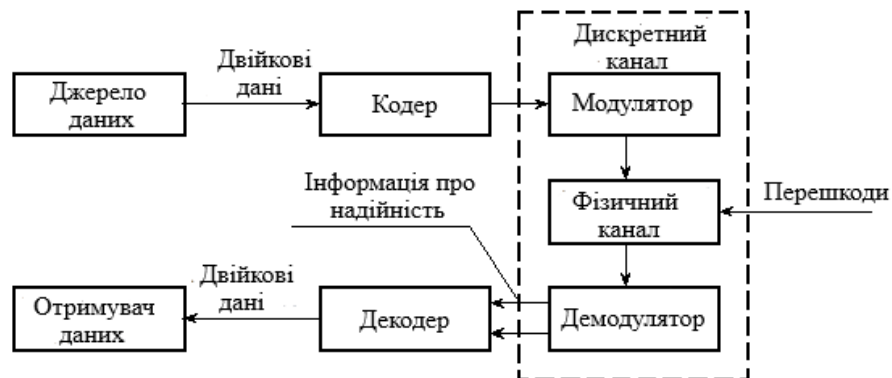


Рисунок 1.3 – Загальна модель цифрового зв'язку

Джерело даних породжує дані у вигляді двійкових сигналів. Імовірність появи нулів і одиниць може бути неоднаковою, і з'являтися вони можуть не обов'язково незалежно [3].

Головним завданням кодера є завадостійке кодування сигналу, тобто таке кодування, яке дозволяє виявляти і в значній мірі виправляти помилки, що виникають при проходженні сигналів через канал зв'язку від передавача до приймача.

Модулятор (лат. Modulator - дотримується ритм) - пристрій, що змінює параметри сигналу, що передається відповідно до змін переданого (інформаційного) сигналу, реалізує відображення вихідних послідовностей кодера в цю безліч сигналів.

Канал зв'язку (англ. Channel, data line) - система технічних засобів і середовище поширення сигналів для односторонньої передачі даних (інформації) від відправника (джерела) до одержувача (приймача). У разі використання провідної лінії зв'язку, середовищем поширення сигналу може бути оптичне волокно або кручена пара. Канал зв'язку є складовою частиною каналу передачі даних.

Використовують наступні характеристики каналу:

1. Ефективно передаюча смуга частот.
2. Динамічний діапазон.
3. Хвильовий опір.
4. Проникна спроможність.
5. Завадостійкість.

## 6. Об'єм.

Демодулятор - це пристрій, який здійснює демодуляцію (розпізнавання сигналу) - процес, зворотний модуляції коливань, виділення інформаційного (модулюючого) сигналу з модульованого коливання високої (несучої) частоти.

Декодер здійснює операцію декодування.

Для завдання моделі дискретного каналу необхідно визначити безліч вхідних і вихідних кодових символів, а також безліч умовних ймовірностей вихідних символів при заданих вхідних.

Розрізняють дві групи кодів: не надлишкові та надлишкові (помилково виявляють і коригують). Перші не дозволяють виявляти та виправляти спотворені елементи у своїх комбінаціях, другі – забезпечують можливість виявлення або виправлення спотворених у результаті дії перешкод та спотворень елементів кодових комбінацій.

У надлишкових кодах кодові комбінації можуть містити інформаційні та перевірочні елементи. Обидві групи кодів поділяються на рівномірні та нерівномірні, тобто. коди з постійним та непостійним числом розрядів. Надлишкові коди поділяються на безперервні (рекурентні) та блокові (блокові). У безперервних кодах процес кодування та декодування носить безперервний характер, у блокових – кожному повідомленню відповідає кодова комбінація (блок) із кінцевого числа елементів. Блоки кодуються та декодуються окремо один від одного.

Роздільні блокові коди, у свою чергу, поділяються на систематичні та несистематичні.

Систематичним розділеним блоковим кодом називається такий код, кодових комбінаціях якого перші  $m$  позицій (розрядів) зайняті інформаційними елементами, а останні  $r = n - m$  позицій - перевірочними. До несистематичним блоковим кодам відносяться коди, у яких інформаційні елементи не займають всі  $k$  перших позицій.

Різновидом систематичних кодів є циклічні коди.

При виборі кодів передачі інформації керуються вимогами до вірності переданої інформації та швидкості передачі, що визначаються виходячи з характеристик кодів. До основних характеристик кодів відносяться [2, 3]:

- число інформаційних елементів  $m$  ;
- число перевірочних елементів  $r$  (для коригувальних кодів);
- довжина (розрядність)  $n$  -коду – число елементів (символів), що становлять кодову комбінацію,  $n = m + r$ ;

						ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			13

- потужність коду  $N_p$  – число дозволених кодових комбінацій, що використовуються передачі повідомлень;
- основа (алфавіт)  $q$  коду;
- повне число кодових комбінацій  $N$  – число всіх можливих комбінацій, що дорівнює  $q^n$  (для двійкових кодів –  $N = 2^n$ );
- надмірність коду  $R_n$ :

$$R_n = 1 - \frac{\log_q N_p}{\log_q N}, \quad (1.1)$$

або за  $N_p = 2^m$  та  $N = 2^n$

$$R_n = 1 - \frac{m}{n} = \frac{r}{n}; \quad (1.2)$$

- відносна швидкість коду  $R$ , що характеризує ступінь використання у надмірному коді інформаційних можливостей його потужності,

$$R = \frac{\log_q N_p}{\log_q N} \text{ або } R = \frac{m}{n} = 1 - R_n; \quad (1.3)$$

- вага кодової комбінації (коду)  $\omega$  (для двійкового коду визначається кількістю одиниць у кодовій комбінації);
- мінімальна кодова відстань коду

$$d = \min_{ij} d_{ij}, \quad (1.4)$$

що визначається як мінімальна відстань з усіх отриманих кодових відстаней між парами кодових комбінацій цього коду. Кодова відстань  $d_{ij}$  між  $i$ -й та  $j$ -й комбінаціями цього коду визначається відповідно до правила

$$d_{ij} = \sum_{l=1}^n |a_{li} - a_{lj}|, \quad (1.5)$$

де  $a_{li}$ ,  $a_{lj}$  – елементи, що стоять на  $l$ -му місці в  $i$ -й та  $j$ -й комбінаціях, тобто  $d_{ij}$  визначається числом однойменних розрядів із різними значеннями;

- ймовірність невиявленої помилки  $P_{але}$  – ймовірність такої події, при якій прийнята кодова комбінація відрізняється від переданої, а властивості даного коду не дозволяють визначити факт помилки;

						ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			14

- ймовірність виявленої помилки  $P_{oo}$  - ймовірність, при якій прийнята кодова комбінація відрізняється від переданої і завдяки властивостям даного коду встановлюється наявність помилки в кодовій комбінації;
- ймовірність помилки, що виправляється  $P_{io}$  – ймовірність такої події, при якій кодова комбінація відрізняється від переданої, і завдяки властивостям даного коду виправляється помилка в кодовій комбінації;
- ймовірність виникнення помилки  $P_{ош}$  – ймовірність такої події, при якій прийнята кодова комбінація відрізняється від переданої ( $P_{ош} = P_{але} + P_{oo}$ );
- кратність помилки  $v$  визначається кратністю виявлених  $v$  і виправляються  $v$  помилок;
- ефективність коду

$$r_3 = \frac{N_p}{N} \frac{P_{ош}}{P_{ош} - \sum_{i=1}^v P_i}, \quad (1.6)$$

де  $P_i$  - ймовірність виявленої або виправляється помилки в залежності від властивостей даного коду.

Ступінь захисту від помилок певним методом кодування залежить, головним чином, від мінімальної кодової відстані  $d$  даного коду.

Розрізняють три види кодової відстані: Хеммінга, Лі та матричне. Найбільш широке поширення теорії кодування знайшло кодове відстань Хеммінга, оскільки він нерозривно пов'язані з поняттям ваги кодової комбінації [2]. Кодова відстань Хеммінга  $d$  між двома комбінаціями однієї довжини  $n$  визначається як число однойменних розрядів (позицій), що містять неоднакові елементи. Для двійкових кодів, оскільки в двійковій арифметиці підсумовування однакових елементів дає 0, а неоднакових – 1, відстань Хеммінгу між двома кодovими комбінаціями можна визначити їх порозрядним підсумовуванням 2 та наступним підрахунком числа ненульових елементів, тобто визначенням ваги ω такої суми.

Загальна кількість комбінацій довжини  $n$  дорівнює  $2^n$ , а число комбінацій, віддалених від даної на відстань  $d$ , дорівнює кількості поєднань з  $n$  по  $d$ :

$$C_n^d = n!/d!(n-d)!. \quad (1.7)$$

Щоб визначити комбінацію, що віддалена від даної на відстань  $d$ , можна додати до комбінації будь-яку комбінацію ваги  $d$  (з  $d$  одиницями і  $n - d$  нулями). Додавання - порозрядне по  $\text{mod} 2$ .

Для виявлення всіх помилок кратності  $v_{\text{про}}$  кодова відстань має бути

$$d \geq v_{\text{про}} + 1, \quad (1.8)$$

а для виправлення помилок кратності  $v_i$  –

$$d \geq 2 \cdot v_{\text{ма}} + 1. \quad (1.9)$$

Для виправлення та виявлення помилок кодова відстань

$$d \geq v_i + v_{\text{про}} + 1. \quad (1.10)$$

Прикладами помилковиявляючих і коригувальних кодів, які набули широкого поширення в ПД, можуть бути код з однією перевіркою на парність, код з простим повторенням, код Хеммінга, код з постійною вагою та площинний код.

Код з однією перевіркою на парність має  $d = 2$  і дозволяє виявляти всі помилки непарної кратності. Набув дуже широкого поширення в системах зв'язку через простоту своєї реалізації та малу надмірність.

Код із простим повторенням має  $d = 2$  і дозволяє виявляти всі помилки, за винятком помилок в елементах, що стоять на тій самій позиції в першій і другій частинах комбінації.

Код Хеммінгу має  $d = 4$  і дозволяє виправляти всі одноразові помилки та виявляти всі дворазові помилки.

Коди з постійною вагою (рівноважний код) мають перевагу при використанні в каналах, які значною мірою асиметричні (що у більшості випадків зустрічається на практиці). В асиметричному каналі дані коди виявляють усі помилки непарної кратності. З парних помилок не виявляються ті, у яких відбувається симетричне перетворення 0 на 1 одному розряді і 1 на 0 іншому. Код з постійною вагою набув широкого поширення в СПД, але він не дозволяє коригувати помилки. Для того, щоб виправляти помилки, пропонується використовувати площинний код з  $d = 4$ , що дозволяє виправляти всі одноразові помилки і виявляти всі дворазові помилки. Додатковим його перевагою є те, що він так само як і код із постійною вагою є комбінаторним, а значить і перетворення рівноважного коду в площинний буде відбуватися найпростішим чином з мінімальними апаратурними витратами.

										Лист
										16
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ					



## 1.2 Постановка завдання проектування

З огляду джерел і аналізу сьогоденних течій в розвитку цифрових систем передавання даних сформульована така задача проектування адаптивного пристрою площинного кодування даних [4]:

- 1) швидкість передачі даних  $V \leq 120 \text{ Кбіт/сек}$ ;
- 2) довжина лінії зв'язку  $L \leq 1,5 \text{ км}$ ;
- 3) ймовірність спотворення одного біта в каналі зв'язку  $P_n \leq 10^{-3}$  (рівень перешкод);
- 4) виявлення усіх однократних та двократних помилок в інформаційній послідовності, виправлення усіх однократних помилок;
- 5) довжини інформаційних послідовностей  $L_{u1} = 8, L_{u2} = 27$ ;
- 6) час затримки декодування  $T_z \leq 1 \text{ мкс}$ ;
- 7) число розрядів дискретного індикатора  $N_{di} = 5$ ;
- 8) об'єм архиву даних  $C = 1,3 \text{ Кбіт}$ ;
- 9) споживана потужність  $P_{nm} \leq 8 \text{ Вт}$ ;
- 10) надійність не менше  $H = 3200 \text{ год}$ .

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

## 2 ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ І СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АДАПТИВНОГО ПРИСТРОЮ ПЛОЩИННОГО КОДУВАННЯ ДАНИХ

### 2.1 Розробка алгоритму адаптивного пристрою площинного кодування даних

Виходячи з поставленого завдання, проєктований адаптивний пристрій площинного кодування інформації повинен отримувати дискретні сигнали з каналу зв'язку, здійснювати їх декодування, перевіряти наявність помилок, а однократні помилки і виправляти. Після цього, пристрій повинен провести обчислення, а також відобразити результат обчислення на дискретному індикаторі.

У проєктованому пристрої площинного кодування в якості вихідного коду застосовується двійковий біноміальний код з довжиною двійкового кодового слова  $n = 4$  і числом одиниць  $k = 2$ .

Максимальне число кодових комбінацій обчислюється за наступною формулою:

$$N = C_{n+1}^k = \frac{(n+1)!}{k!(n-k+1)!} \quad (2.1)$$

Згідно (2.1), обчислюємо:

$$N = C_{4+1}^2 = \frac{(4+1)!}{2!(4-2+1)!} = 10,$$

Цей результат означає, що кожній десятковій цифрі (номеру) відповідає двійкова біноміальна комбінація.

Проєктований адаптивний пристрій площинного кодування повинен реагувати на керуючі команди, які видає зовнішній пристрій.

Спочатку проєктований пристрій знаходиться в початковому стані, при якому всі його послідовні вузли мають нульовий стан.

Код, який щойно пройшов через каналу зв'язку, необхідно перетворити з послідовного вигляду в паралельний. Далі проводиться аналіз помилок, які містить ця комбінація. Необхідно визначити номер помилкового розряду, після визначення якого здійснюється виправлення помилки.

Після виявлення та виправлення помилок в числовій комбінації, числові дані необхідно зберегти для подальшої передачі їх до зовнішнього пристрою. Після цього числові дані, та результати обчислень виводяться на дискретний індикатор.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

У формулі (2.2) відображено кодоутворюючу функцію двійкової біноміальної системи числення, яка використовується для отримання номера, що відповідає двійковій біноміальній комбінації [5]:

$$A_j = a_{j-1} \cdot C_{n-1}^{k-q_j} + \dots + a_L \cdot C_{n-j+1}^{k-q_{L+1}} + \dots + a_0 \cdot C_{n-j}^{k-q_1}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – довжина двійкового кодового слова;

$k$  – число одиниць в двійковому кодовому слові;

$a_L$  – значення цифри  $L$ -го разряду (1 или 0);

$L=j-1, \dots, 0$  – порядковий номер разряду;

$q_L$  – сума всіх одиниць від  $(j-1)$ -го разряду до  $L$ -го включно;

$q_L$  обчислюється по наступній формулі:

$$q_L = \sum_{\gamma=L}^{j-1} a_{\gamma}, \quad (2.3)$$

$$q_j = a_j = 0.$$

Для дипломного проектування, після проведеного аналізу перешкодостійких кодів, я віддала перевагу комбінаторному площинному коригуючому коду.

Комбінаторний площинний коригуючий код дозволяє знайти помилку в площині завдяки використанню перевірочних та інформаційних символів. В залежності від стану зашумленості каналу, було релізовано режим роботи для незашумленого і сильнозашумленого каналів.

Використання площинних кодів дає можливість знаходження будь-якої точки площини системою комбінаторних координат.

$$m = C_k^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (k-1). \quad (2.4)$$

$k$  - число контрольних символів, яке дорівнює числу координат;

$m$  – число інформаційних символів.

Загальна кількість символів  $n$  дорівнює сумі контрольних та перевірочних символів [6]:

$$n = m + k = C_k^2 + k = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (k+1). \quad (2.5)$$

З (2.5) випливає, що число контрольних символів дорівнює:

$$k = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 2 \cdot m}.$$

У проектуваному пристрої площинного кодування було реалізовано два режими роботи:  $k = 7$  (режим I- для незашумленого ) і  $k = 4$  (режим II- для сильнозашумленого).

Підставимо задані значення у формулу (2.4) .

Отже, число інформаційних символів  $m = 21$  і  $m = 6$  відповідно.

На рисунках 2.1 зображено принцип формування площинного коригуючого коду для незашумленого каналу.

Для цього режиму характерно те, що кожній перевірочний символ, перевіряє більшу кількість інформаційних символів, ніж в режимі для сильнозашумленого каналу зв'язку. Цей режим дозволяє працювати з високою швидкістю передачі даних.

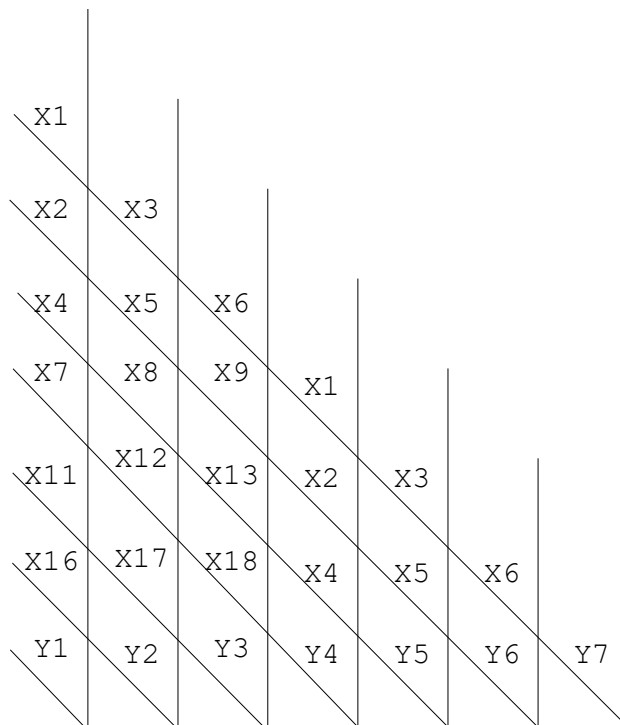


Рисунок 2.1 – Режим роботи I пристрою площинного кодування

Формування контрольних розрядів в режимі I:

$$y_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \oplus x_7 \oplus x_{11} \oplus x_{16} \quad (2.6)$$

$$y_2 = x_3 \oplus x_5 \oplus x_8 \oplus x_{12} \oplus x_{16} \oplus x_{17} \quad (2.7)$$

$$y_3 = x_6 \oplus x_9 \oplus x_{11} \oplus x_{13} \oplus x_{17} \oplus x_{18} \quad (2.8)$$

$$y_4 = x_7 \oplus x_{10} \oplus x_{12} \oplus x_{14} \oplus x_{18} \oplus x_{19} \quad (2.9)$$

$$y_5 = x_4 \oplus x_8 \oplus x_{13} \oplus x_{15} \oplus x_{19} \oplus x_{20} \quad (2.10)$$

$$y_6 = x_2 \oplus x_5 \oplus x_9 \oplus x_{14} \oplus x_{20} \oplus x_{21} \quad (2.11)$$

$$y_7 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 \oplus x_{10} \oplus x_{15} \oplus x_{21} \quad (2.12)$$

На рисунку 2.2 показан принцип формування площинного коригуючого коду для сильнозашумленого каналу. Кожний перевірючий символ перевіряє меншу кількість інформаційних символів, що дозволяє ефективно виявити однократні та двократні помилки та виправити однократні. Режим роботи характеризується більш низькою швидкістю роботи, ніж 1 режим.

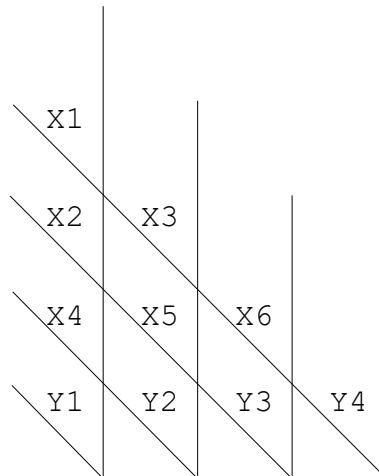


Рисунок 2.2 – Режим роботи II пристрою площинного кодування

Формування контрольних розрядів в режимі II:

$$y_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \quad (2.13)$$

$$y_2 = x_3 \oplus x_4 \oplus x_5 \quad (2.14)$$

$$y_3 = x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 \quad (2.15)$$

$$y_4 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 \quad (2.16)$$

При записі, контрольні розряди розташовуються перед інформаційними:

В результаті передачі, дані зазнають вплив перешкод. Одноразові помилки адаптивний пристрій площинного кодування здатен виявити та виправити. Помилки іншої кратності пристрій лише виявляє. В залежності від кількості помилок, зовнішній пристрій, здійснює вибір режиму роботи. Спочатку пристрій працює в режимі I.

## 2.2 Розробка структурної схеми адаптивного пристрою площинного кодування даних

Вхідний буферний регістр перетворює код з послідовного вигляду в паралельний.

Блок виявлення помилки сигналізує про виникнення помилки в прийнятому коді.

Блок декодування помилки виявляє в якому біті виникла помилка, передає цей номер помилкового біта блоку виправлення помилки.

Блок виправлення помилки виправляє помилку.

Блок оперативної пам'яті дозволяє зберігати інформацію для її подальшого перетворення.

Мікропроцесор виконує функцію керуючого блоку, який синхронізує роботу всіх інших блоків. Блок прийому даних виконує функцію порту даних для мікропроцесора.

Блок синхронізації синхронізує роботу мікропроцесора та апаратної частини.

Блок індикації здійснює індикацію перетворених даних, блок порту індикації сполучає його з мікропроцесором.

Структурна схема пристрою площинного кодування даних зображена на рис.1.6.

Таблиця 2.1- Розшифровування умовних позначень

ББР	блок буферного регістру
БВП <sub>1,2</sub>	перший і другий блоки виявлення помилки
БДП <sub>1,2</sub>	перший і другий блоки декодування помилки
БВП	блок виправлення помилки
БК	блок комутації
БС	блок синхронізації
БАУ	блок адресації та управління
БПД	блок прийому даних
БПК	блок перетворення коду
БІ	блок індикації
БПІ	блок порту індикатора
ПМ	процесорний модуль

G	генератор
БВДЗП	блок видачі даних в зовнішній пристрій
БОП	блок оперативної пам'яті
БСП	блок системних програм

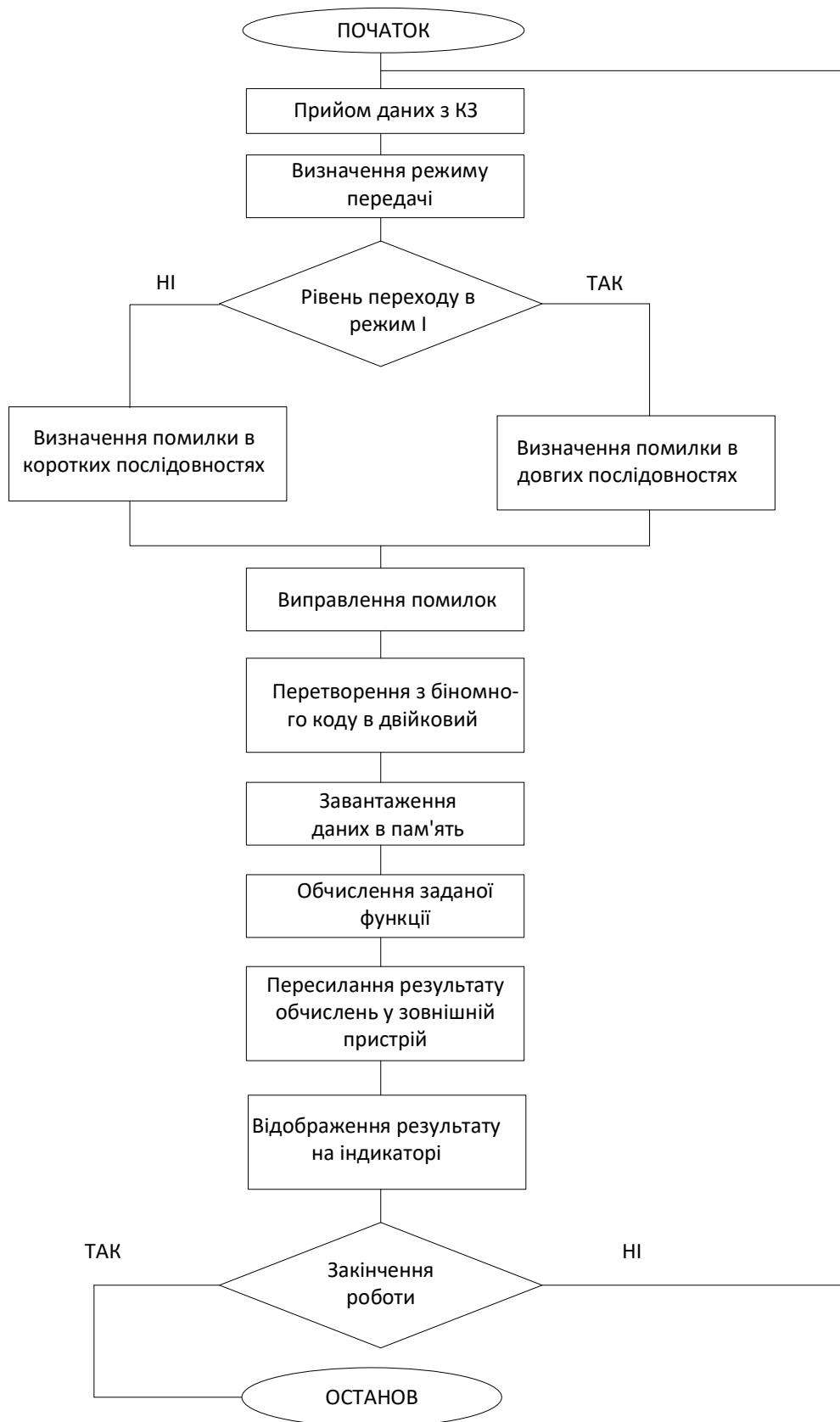
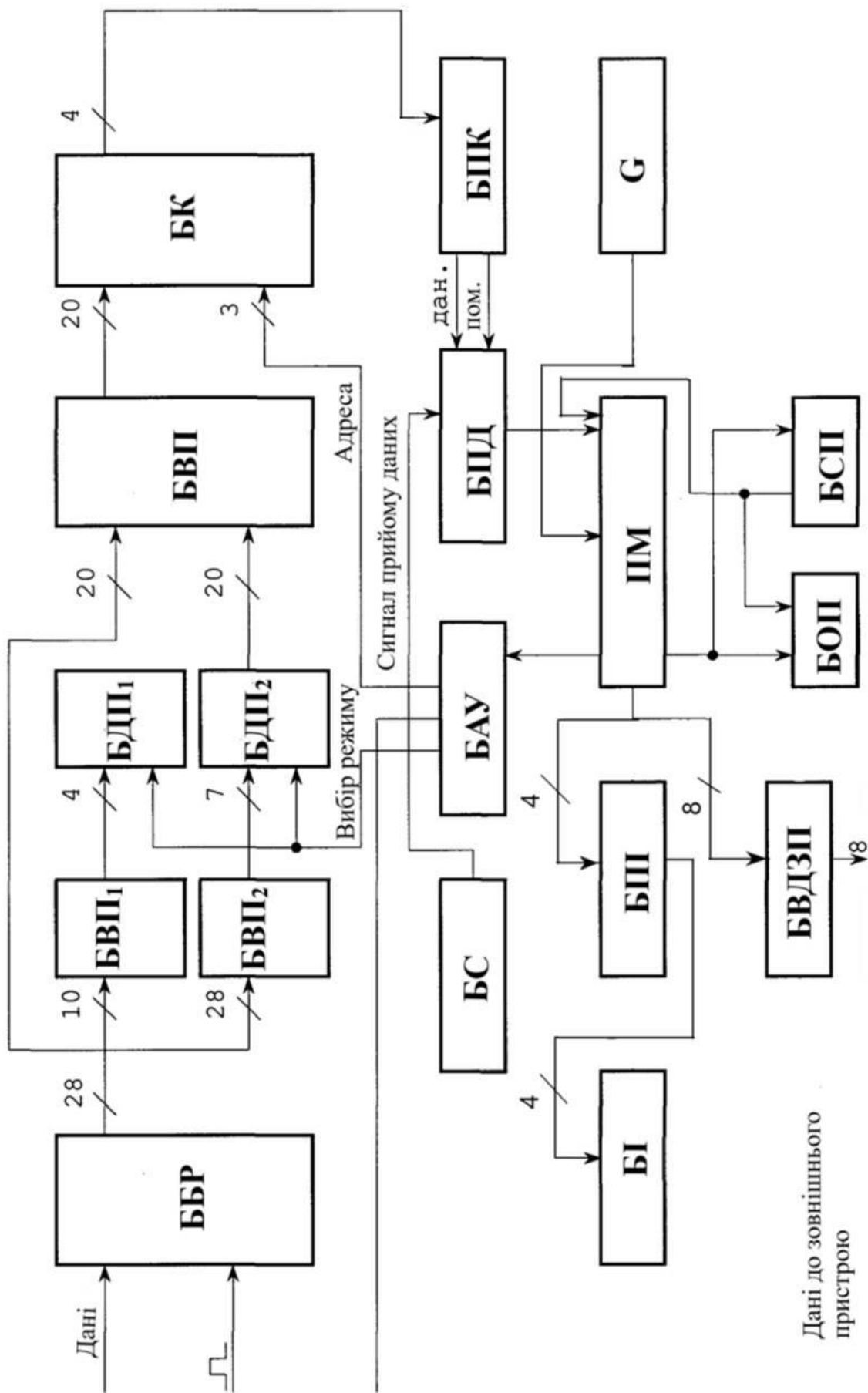


Рисунок 2.3– Алгоритм роботи пристрою площинного кодування даних





Дані до зовнішнього  
пристрою

Рисунок 2.4 – Структурна схема пристрою площинного кодування даних

Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

### 3 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

Таблиця 3.1- Відповідність біноміального коду двійково-десятковому

Десятковий код	Біноміальний код	Двійково-десятковий код
0	0000	0000
1	0010	0001
2	0011	0010
3	0100	0011
4	0101	0100
5	0110	0101
6	1000	0110
7	1001	0111
8	1010	1000
9	1100	1001

Завдяки розробленому алгоритму роботи пристрою і структурній схемі, мною були розроблені наступні функціональні блоки.

Буферний регістр призначений для тимчасового зберігання (буферування) даних, використовується для організації запам'ятовуючих буферів, портів введення-виведення, мультиплексорів і т.д. Буферний регістр синхронізовано тактовою частотою, що передається кодером, перетворює послідовного код лінії в паралельний. Він реалізовується в електричній функціональній схемі за допомогою зсувного регістру, кількість виходів якого дорівнює довжині слова, переданого в режимі І.

Блоки виявлення помилок відповідають за виявлення помилок. Для даного пристрою характерним є виявлення помилок однократних та двократних. На функціональній електричній схемі блоки виявлення помилок 1,2 реалізуються відповідно на чотирьохходових і семивходових елементах складання по модулю два, виявляють помилку, якщо  $a_i = 1$  або  $b_i = 1$ :

Для І режиму:

$$y_1 \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \oplus x_7 \oplus x_{11} \oplus x_{16} = b_1 \quad (3.1)$$

$$y_2 \oplus x_3 \oplus x_5 \oplus x_8 \oplus x_{12} \oplus x_{16} \oplus x_{17} = b_2 \quad (3.2)$$

$$y_3 \oplus x_6 \oplus x_9 \oplus x_{11} \oplus x_{13} \oplus x_{17} \oplus x_{18} = b_3 \quad (3.3)$$

$$y_4 \oplus x_7 \oplus x_{10} \oplus x_{12} \oplus x_{14} \oplus x_{18} \oplus x_{19} = b_4 \quad (3.4)$$

$$y_5 \oplus x_4 \oplus x_8 \oplus x_{13} \oplus x_{15} \oplus x_{19} \oplus x_{20} = b_5 \quad (3.5)$$

$$y_6 \oplus x_2 \oplus x_5 \oplus x_9 \oplus x_{14} \oplus x_{20} \oplus x_{21} = b_6 \quad (3.6)$$

$$y_7 \oplus x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 \oplus x_{10} \oplus x_{15} \oplus x_{21} = b_7 \quad (3.7)$$

Для режиму II:

$$y_1 \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 = a_1, \quad (3.8)$$

$$y_2 \oplus x_3 \oplus x_4 \oplus x_5 = a_2, \quad (3.9)$$

$$y_3 \oplus x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 = a_3, \quad (3.10)$$

$$y_4 \oplus x_1 \oplus x_3 \oplus x_6 = a_4, \quad (3.11)$$

Блоки декодування помилок 1, 2 виявляють в якому біті виникла помилка, передають цей номер помилкового біта блоку виправлення помилки. Для даного пристрою площинного кодування характерне виправлення лише однократних помилок. Якщо дві з  $a_1, a_2, a_3, a_4$  або дві з  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$  перевірок рівні 1, блоки дешифрують помилковий біт. Вони реалізуються на дешифраторі, на адресні входи яких подаються  $a_1, a_2, a_3, a_4$  і  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$ .

Блок комутації реалізується на мультиплексорі (комутаторі), на адресні входи якого подається адреса, яку обирає мікропроцесор.

Блок виправлення помилок виправляє одноразову помилку в прийнятих даних шляхом додавання за модулем два з відповідним помилковим бітом. Реалізується на двухвходовому елементі " $= 1$ ".

Блок перетворення коду перетворює дані, що надійшли в вигляді біноміального коду в двійково-десятковий код, реалізується на дешифраторі, виходи якого підведені к входам шифратора.

Блок синхронізації синхронізує роботу мікропроцесора та апаратної частини. В залежності від ступеня зашумленості каналу, він підраховує синхроімпульси до 27 сигналів – для I режиму, (до 8 сигналів для II режиму) і видає процесору сигнал про можливість зчитування даних. Він реалізується на двох лічильниках з коефіцієнтом перерахунку  $k_1=27, k_2=8$ .

Блок порту індикатора, блок адресації і управління, блок прийому даних, Блок видачі даних у зовнішній пристрій функціонально виконані у вигляді регістрів (восьмирозрядний) і служать для зв'язку апаратної частини системи з шиною даних мікропроцесора (восьмирозрядна).

Генератор відповідає за формування синхроімпульсів мікропроцесора з частотою  $f = 2 \text{ МГц}$ , представлений в вигляді логічних елементів.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

Блок оперативної пам'яті представляє собою ОЗП в якому зберігаються початкові дані, проміжні обчислення і результати обчислення.

Блок системних програм функціонально виконаний на основі ПЗП, в якому зберігається код програми роботи мікропроцесора, розміром приблизно 1 Кбайт. Отже, шина адреси мікропроцесора повинна бути 10-розрядна.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

## 4 РОЗРОБКА І РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ ПРИСТРОЮ

### 4.1 Вибір елементної бази

Для порівняння основних параметрів в таблиці 4.1 наведено їх середні значення для різних серій [7].

Таблиця 4.1- Порівняльна характеристика основних параметрів для різних серій мікросхем

Параметр	Серія					
	155	530	531	533	555	1533
Час затримки розповсюдження, <i>нс</i>	10	3	3	9,5	9,5	4
Питома споживана потужність, <i>мВт / ле</i>	10	19	19	2	2	1
Коефіцієнт розгалуження по входу	10	10	10	20	20	40
Відхилення напруги живлення, %	±5	±5	±5	±5	±5	±10
Максимальний вихідний струм: "0"	16		20		8	4
Максимальний вихідний струм: "1"	(0,4)		(-1)		(-0,8)	(-0,4)

Ще наприкінці 20 сторіччя, для побудови пристроїв автоматики і обчислювальної техніки широке застосування знаходили цифрові мікросхеми серії К155, які виготовляли за технологією ТТЛ. Недоліком цих мікросхем була висока споживана потужність (1,6 *мА*). Наступною випущеною новою серією була серія К555, яка відрізнялась - технологія ТТЛШ, при збереженні швидкодії якої було значно зменшену споживану потужність в 5 разів.

Далі з'явилися мікросхеми серії КР1533, перевагою яких стала в 2 рази менша споживана потужність, ніж у К555. Швидкодія інтегральних транзисторів зараз наблизилась до межі 6 *ГГц*. У цих мікросхемах використані інтегральні транзистори Шоттки з дуже малим об'ємом колекторної області, завдяки чому реалізована практично гранична швидкодія.

Щоб зберегти високу навантажувальну здатність при безпечній щільності колекторного струму, вхідний струм було знижено в 7-10 разів (0,4 *мА* для КР1531 і 0,1- 0,2 *мА* для КР1533).

В роботі використовується мікросхема серії К1533.

## 4.2 Розрахунок і синтез принципової схеми блоків виявлення помилки пристрою площинного кодування даних

Контроль цілісності даних і виправлення помилок - важливі завдання на багатьох рівнях роботи з інформацією (зокрема, фізичному, каналному, транспортному рівнях мережевої моделі OSI) у зв'язку з тим, що в процесі зберігання даних і передачі інформації по мережах зв'язку неминуче виникають помилки.

У системах зв'язку можливі кілька стратегій боротьби з помилками:

- 1) виявлення помилок у блоках даних і автоматичний запит повторної передачі пошкоджених блоків - цей підхід застосовується, в основному, на каналному і транспортному рівнях;
- 2) виявлення помилок у блоках даних і відкидання пошкоджених блоків - такий підхід іноді застосовується в системах потокового мультимедіа, де важлива затримка передачі і немає часу на повторну передачу;
- 3) пряма корекція помилок (англ. forward error correction) застосовується на фізичному рівні.

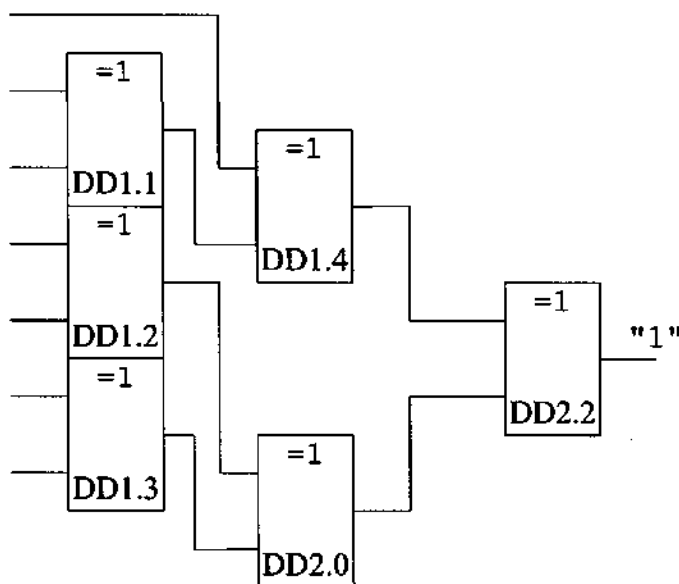


Рисунок 4.2 – Схема блоку виправлення помилок 1

Блок виявлення помилок (1) складається з елементів складання по модулю два, за формулою (4.3) розраховується споживана потужність даного блоку (1).

$$P_{\text{сум.}} = 3U \cdot I, \quad (4.3)$$

$$P_{\text{сум.}} = 3 \cdot 5 \cdot 5,9 = 88,5 \text{ мВт.}$$

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$T_3 = 3 \cdot 17 = 51 \text{ нс.}$$

Для DD1-DD2 –в даній роботі використовується мікросхема серії К1533ЛП5.

На входи вузлів DD1-DD2 подаються розряди даних, описані формулами (3.1)-(3.7).

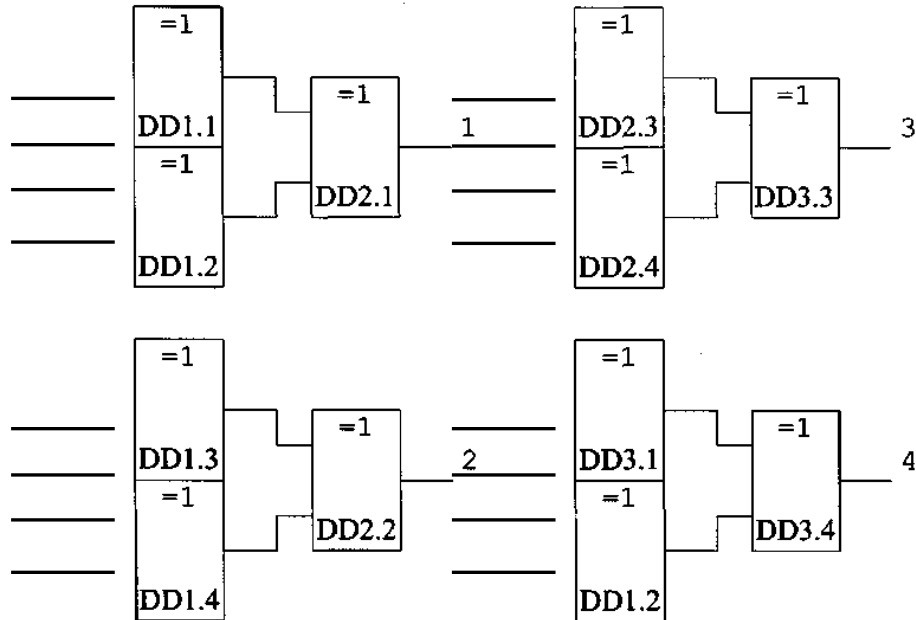


Рисунок 4.3– Схема блоку виправлення помилки 2

Для DD1-DD3 в роботі було використано мікросхему серії К1533ЛП5.

На входи елементів подаються розряди прийнятих даних, що описані формулами (3.8)-(3.11).

Розрахуємо споживану потужність (2), підставивши значення в формулу (4.3)

$$P_{\text{сум.}} = 14 \cdot 5 \cdot 5,9 = 413 \text{ мВт.}$$

$$T_3 = 3 \cdot 17 = 51 \text{ нс.}$$

#### 4.3 Розрахунок і синтез принципової схеми блоків декодування помилок пристрою площинного кодування даних

Блоки декодування помилок 1, 2 виявляють в якому біті виникла помилка, передають цей номер помилкового біта блоку виправлення помилки. Для даного пристрою площинного кодування характерне виправлення лише однократних помилок. Якщо дві з  $a_1, a_2, a_3, a_4$  або дві з  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$  перевірок рівні 1, блоки дешифрують помилковий біт. Вони реалізуються на дешифраторі, на адресні входи яких подаються  $a_1, a_2, a_3, a_4$  і  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$ . Блок декодування помилок

						ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			31

(1) складається з двох декодрів- K1533ИД3 і K1533ИД7, на входи яких подані виходи блоку виявлення помилки 1.

Блок декодування помилок (2) зібраний на декодері K1533ИД3, на входи якого подаються виходи 1-4 блоку виявлення помилок 2. Робота блоку декодування помилок (2) реалізована режимом П , запускається шляхом подачі мікропроцесором на вхід ОЕ логічного "0".

В даній роботі використано логічні мікросхеми серії: K1533ЛИ1; K1533ЛЕ1 - 3 шт.; K1533ЛН1 - 2 шт.

$$P_{сум.2} = U \cdot (I_{ИД3} + I_{ИД7} + 3 \cdot I_{ЛЕ1} + I_{ЛИ1} + I_{ЛН1}), \quad (4.4)$$

$$P_{сум.2} = 5 \cdot (15 + 10 + 3 \cdot 4 + 4 + 4,2) = 236 \text{ мВт}.$$

$$P_{сум.} = 236 + 5 \cdot 15 = 311 \text{ мВт}.$$

$$T_3 = T_{зИД3} + T_{зЛИ1} \quad (4.5)$$

$$T_3 = 36 + 14 = 50 \text{ нс}.$$

#### 4.4 Розрахунок і синтез принципової схеми блоку виправлення помилок

Цей блок зібраний на 20 двухвходових елементах складання по модулю два типу K1533ЛП5. На один вхід подається розряд з отриманих даних, на інший - розряд, який сигналізує про наявність помилки в даному розряді.

$$P_{сум.} = 5 \cdot 5 \cdot 5,9 = 147,5 \text{ мВт}, \quad T_3 = 17 \text{ нс}.$$

Блок виправлення помилок виправляє тільки однократні помилки в прийнятих даних. Виправляє шляхом додавання за модулем два з відповідним помилковим бітом. Реалізується на двухвходовому елементі "= 1".



#### 4.5 Розрахунок і синтез принципової схеми блоку перетворення коду пристрою площинного кодування даних

Блок перетворення коду перетворює біноміальний код в двійково-десятковий, виявляє однократні та двократні помилки помилки.

Таблиця 4.2- Відповідність біноміального коду двійково-десятковому

Десятковий код	Біноміальний код	Двійково-десятковий код
0	0000	0000
1	0010	0001
2	0011	0010
3	0100	0011
4	0101	0100
5	0110	0101
6	1000	0110
7	1001	0111
8	1010	1000
9	1100	1001

Для реалізації блоку перетворення коду було використано мікросхеми наступних серій:

DD1 – К1533ИДЗ;

DD2.1-DD2.2 – К1533ЛИ1;

DD2.3 – К1533ЛП5;

DD2.4 – К1533ЛА3;

DD4 – К1533ЛН1;

DD3 – К555ИВ1.

## 4.6 Висновки

На основі вивчених літературних джерел, було проаналізовано шляхи до реалізації пристрою площинного кодування даних, сформульовано технічні вимоги до проєктованого пристрою.

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра було розроблено алгоритм функціонування проєктованого пристрою, структурну схему, розроблено і розраховано функціональні і принципові схеми всіх блоків пристрою, а також представлено програму роботи мікропроцесора.

В даній роботі було розглянуто режими роботи пристрою площинного кодування, в залежності від ступеня зашумленості каналу, а також описано основні блоки, з яких складається проєктований пристрій. Блок мікропроцесорного модуля, зібраний на процесорі Zilog Z80 і програмованому контролері паралельного введення-виведення Intel 8255.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

**НАУКОВІ ПРАЦІ СТУДЕНТА**  
**Комбінаторний захист від помилок на основі**  
**площинних кодів**

Кулик І.А., *доцент*; Шевченко М.С., *аспірант*;  
Савенков О.О. *студент гр. ТК-81*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Ефективність пристроїв та систем зв'язку залежить від можливості забезпечення якісної передачі даних. Тому актуальними є розробка кодових методів збільшення вірності передачі даних, які не потребують значних апаратно-програмних витрат при практичній реалізації та дозволяють адаптивно змінювати надмірність кодів і їх перешкодостійкість в залежності від стану каналу зв'язку. Досить перспективним з точки зору вказаних критеріїв є впровадження в телекомунікаційні системи комбінаторного підходу до кодування даних, зокрема площинного кодування або площинних кодів.

Площинні коди використовують можливість знаходження будь-якої точки площини з  $m$  інформаційних розрядів повідомлення системою  $k$  комбінаторних координат (перевірочних розрядів). Кількість інформаційних розрядів  $m$  має пряму залежність від  $k$  перевірочних розрядів і виражається наступною формулою:

$$m = 1/2 \cdot k(k - 1).$$

В містах перетину координатних шин розміщуються інформаційні символи, а у вигинів – перевірочні, застосовуючи при цьому принцип перевірок на парність.

В залежності від рівня завад в каналі зв'язку можливе введення різних режимів кодування даних з використанням площинних кодів за рахунок змінювання довжини  $m$  інформаційної послідовності, що охоплюється перевіркою за допомогою  $k$  контрольних розрядів. Відповідно розглядаються режими роботи для каналів зв'язку з високим, середнім та низьким рівнями зашумленості, тим самим надаючи можливість адаптивно підходити до встановлення рівня перешкодостійкості та швидкості передачі інформації в телекомунікаційних системах та пристроях.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Також доцільним вважається застосування площинного принципу виявлення та корегування помилок із одночасним використанням інших поширених завадостійких кодів, наприклад рівноважних, квазірівноважних та біноміальних кодів.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

## ВИСНОВОК

За результатами роботи над кваліфікаційною роботою бакалавра було розроблено адаптивний пристрій площинного кодування інформації, який за своїми параметрами відповідає умовам, що були поставлені в завданні на проектування.

Адаптивний пристрій площинного кодування інформації приймає дані, представлени завадостійким площинним кодом. Площинний код здатен виправляти та виявляти однократні помилки, а помилки іншої кратності лише виявляти.

Для підвищення ефективності проектного пристрою, а також для адаптації до умов передачі, мною було реалізовано 2 режими роботи I і II, вибір використання яких відбувається залежно від ступеню зашумленості каналу.

Адаптивний пристрій площинного кодування використовується для передачі числових даних, при цьому повинен бути здатним аналізувати ступінь зашумленості каналу зв'язку, і вибирати необхідний режим роботи пристрою. Зовнішній пристрій отримує результати обчислення.

Технічні характеристики розробленої системи перешкодостійкого прийому і відображення числових даних наступні:

- 1) довжина лінії зв'язку  $L \leq 1,3$  км;
- 2) швидкість прийому даних  $V$  більш ніж  $32$  Кбіт/сек;
- 3) виявлення усіх однократних та двократних помилок в інформаційній послідовності;
- 4) виправлення усіх однократних помилок в інформаційній послідовності;
- 5) довжина повної інформаційної послідовності в режимі I –  $L_A = 40$  біт (з них 20 контрольних);
- 6) довжина повної інформаційної послідовності в режимі II –  $L_B = 27$  біт (з них 7 контрольних);
- 7) час затримки декодування  $T_3 = 791$  нс;
- 8) число разрядів дискретного напівпровідникового семисегментного індикатора  $N_{ди} = 5$  ;
- 9) об'єм архіву даних  $C = 1$  Кбіт;
- 10) споживана потужність  $P_{спож} = 5$  Вт;
- 11) надійність не менше  $H = 4500$  час.

						ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			37

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Вишенський В.А. Комбінаторика: перші кроки / В.А Вишенський, М.О. Перестюк — Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2016. — 324 с.
- 2 Золотарьов В.В. Перешкодостійке кодування. Методи і алгоритми / В.В. Золотарьов, Г.В. Овечкін – Довідникове видання, 2017.- 25 с.
- 3 Гадзиковський В.І. Цифрова обробка сигналів. – М.:Солон, 2016.
- 4 Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики / А.В. Анісімов, П.П. Кулябко – Київ. – 2018. – 110 с.
- 5 Винберг Е.Б. Дивовижні арифметичні властивості біноміальних коефіцієнтів. Математичне просвітництво / Е.Б. Винберг — Вид. 12, 2015. — 33–42 с.
- 6 Рабаи Ж.М.. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования / А.М. Чандракасан, Б.М. Николич, Ж.М. Рабаи — Digital Integrated Circuits., 2-е изд. — М.: Вильямс, 2018. — 912 с.
- 7 Godse A. Micriprocessors and Interfacing Techniques./ D. Godse, A. Godse — Pune : Technical Publications, 2017.
- 8 Морелос-Сарагоса Р.. Мистецтво перешкодостійкого кодування / Р. Морелос-Сарагоса — Світ зв'язку, 2016.
- 9 Сендзюк М.А. Інформаційні системи і технології в економіці: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисципліни / М.А. Сендзюк – М-во освіти і науки України, ДВНЗ “Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана”. – К.: КНЕУ, 2013. – 68 с.
- 10 Пономаренко В. С. Інформаційні системи в економіці: навч. посібник / В. С. Пономаренко, І. О. Золотарьова, Р. К. Бутова – Вид. ХНЕУ, 2016. – 176 с.
- 11 Colbourn Charles J. Handbook of Combinatorial Designs/ Н. Dinitz Jeffrey, J. Colbourn Charles — 2nd. — Boca Raton: Chapman & Hall/ CRC, 2017.
- 12 Jain, D., Tech, M., Engineering, C., Engineering, C., 2017. A Modified Method for Sound Compression Using Intrinsic Mode Functions 97–102.
- 13 Kalajdzic, K., Ali, S.H., Patel, A., 2015. Rapid lossless compression of short text messages. Comput. Stand. Interfaces 37, 53–59. Kavitha, P., 2016. A Survey on Lossless and Lossy Data Compression Methods 7, 110–114.
- 14 Н. В. Kekre, Tanuja Sarode and Prachi Natu, Performance Comparison of Column Hybrid Row Hybrid and full Hybrid Wavelet Transform on Image compression

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

using Kekre Transform as Base Transform, International Journal of Computer Science and Information Security, (IJCSIS), vol. 12(2), pp. 5–17, (2014).

15 M. A. Kabir, A. M. Khan, M. T. Islam and M. L. Hossain, Image Compression using Lifting Based Wavelet Transform Coupled with SPIHT Algorithm, In Proceedings of IEEE International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), pp. 1–4, (2013).

16 Maksimova T., Shapran E., 2010.: Approach to diagnostics of marketing complex of industrial enterprise / ТЕКА Ком. Mot. I Energ. Roin. – OL PAN, 2010, 10 B, V XB. – Lublin, 2010. – P. 5-11.

17 Rad, R.M., Attar, A., Shahbahrami, A., 2013. A predictive algorithm for multimediate data compression. Multimed. Syst. 19, 103–115.

18 Хвоц С.Т. Микропроцессоры и микроэвм. Справочник: Л.:Машиностроение, 1987.- 639 с.

					ЕЛІТ 6.172.00.02. 471 ПЗ	Лист
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39