

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
НА ТЕМУ:

**ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ВІД ПОМИЛОК НА ОСНОВІ
КОДУ ФАЙРА**

Завідувач кафедрою електроніки
і комп'ютерної техніки

_____ А.С. Опанасюк

Керівник роботи

_____ І.А. Кулик

Виконав студент гр. ЕСдн-51п

_____ В.А. Журавель

РЕФЕРАТ

В кваліфікаційній роботі бакалавра був спроектований пристрій захисту від помилок на основі коду Файра приймальної частини системи передачі даних. Проектований пристрій працює за комбінованим режимом обміну даними, який полягає в тому, що у випадку невеликої кількості групованих помилок здійснюється кодування повідомлень кодом Файра з подальшим виявленням й виправленням помилок, у разі їх великої кількості в інформації, що передається, використовується інформаційний зворотний зв'язок і дуплексний режим обміну.

У кваліфікаційній роботі бакалавра зроблений огляд типів зворотного зв'язку та надана їх порівняльна характеристика, особливо був виділений кодовий спосіб захисту. Були розроблені структурна схема, блок-схема алгоритму функціонування та принципова схема проєктованого пристрою. Проведені необхідні розрахунки для формату повідомлення, ймовірностей помилкового фазування при прийомі пакета та пропуску маркерної комбінації, проаналізовані способи декодування коду Файра.

Для виконання випускної роботи використано 10 літературних джерел. Область застосування даного пристрою – системи передачі даних із зворотним зв'язком для забезпечення надійної передачі повідомлень в умовах підвищеного рівня завад та схильності помилок до групування у досить великі пачки.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить ___ сторінок тексту, ___ таблиць і ___ рисунків.

ЗМІСТ

Список умовних скорочень	4
Введення	5
1 Огляд літератури та постановка завдання проектування	7
1.1 Узагальнена структурна схема системи зв'язку	7
1.2 Помилковиявляючі та коригувальні коди	10
1.3 Постановка завдання проектування	12
2 Синтез структурної схеми та алгоритму роботи пристрою захисту від помилок	14
2.1 Обґрунтування вибору способу передачі даних	14
2.2 Розробка формату повідомлення	17
2.3 Синтез алгоритму роботи пристрою захисту від помилок на основі коду Файра	24
2.4 Розробка структурної схеми пристрою захисту від помилок на основі коду Файра	28
3 Розробка принципової схеми пристрою захисту від помилок на основі коду Файра	30
3.1 Вибір елементної бази	30
3.2 Розробка декодера	32
3.3 Розробка дешифратора службових комбінацій	34
3.4 Розробка формувача тактових імпульсів	34
Висновок	37
Список літератури	39
Додаток	40

				<i>ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Журавель В.А</i>		<i>Пристрій захисту від помилок на основі коду Файра. Пояснювальна записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Кулик І.А.</i>				3	40
<i>Н. контр.</i>		<i>Кулик І.А.</i>			<i>СумДУ ЕСдн-51п</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Опанасюк А.С.</i>					

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АПД – апаратура передачі даних

ВЗЗ – вирішальний зворотний зв'язок

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

ЗЗ – зворотний зв'язок

ІЗЗ – інформаційний зворотний зв'язок

КЗЗ – комбінований зворотний зв'язок

КУД – кінцеве устаткування даних

ПЗП – пристрій захисту від помилок

ППС – пристрій перетворення сигналів

СПД – система передачі даних

ТТЛ – транзисторно-транзисторна логіка

ТТЛШ – транзисторно-транзисторна логіка с діодами Шотки

ФК – фазуюча комбінація

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕННЯ

Сучасні системи передачі даних містять велику кількість складових частин. На них покладається багато вузькоспеціалізованих завдань для потрібної роботи всього пристрою. Одним із блоків системи передачі даних є пристрій захисту від помилок. Він є як на приймальній стороні, так і на передавальній. У даній кваліфікаційній роботі бакалавра необхідно розробити пристрій захисту від помилок приймача. Він виконує функцію декодування прийнятих повідомлень з метою виявлення й виправлення помилок. Пристрій захисту від помилок на приймальній частині системи передачі даних розташовується після пристрою передачі сигналу (перетворення сигналів з каналу зв'язку в сигнали даних приймальній частини – демодулятор) і перед пристроєм відновлення даних (перетворення прийнятих повідомлень до вихідного алфавіту). Пристрій захисту від помилок повинне виконувати всі покладені на нього функції, а його робота повинна відповідати усім технічним вимогам, мати швидкодію не нижче заданої.

Пристрій захисту від помилок повинне здійснювати декодування прийнятих повідомлень і виправляти помилки, що виникли при передачі по каналу зв'язку. Усе це повинне здійснюватися в заданий проміжок часу з урахуванням виправлення заданої кількості помилок.

Обмін інформацією є важливою частиною автоматизованих інформаційних систем і систем керування, що забезпечують взаємну передачу даних із заданою швидкістю й допустимою імовірністю виникнення помилок між віддаленими користувачами та комп'ютерними системами, поєднуючи окремі підсистеми, пристрої та вузли в єдине ціле.

Абоненти в інформаційно-керуючих системах, як правило, перебувають на значному видаленні від пунктів обробки інформації, і таким чином, більшість завдань обробки даних становляться завданнями телеобробки. У процесі телеобробки здійснюється обмін даними як між різними абонентами інформаційної системи, так і між абонентами та центральної ЕОМ. Важливе місце в системі обміну інформації займають технічні засоби, що здійснюють передачу даних (кінцеве устаткування даних – КУД) між системним устаткуванням даних по каналах зв'язку із заданими якісними характеристиками. У ролі КУД в інформаційній системі виступають обчислювальні машини,

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

пристрої введення-виводу інформації, цифрові вимірювальні прилади і т.д. Технічні засоби обміну й передачі інформації містять у собі апаратуру передачі даних (АПД) і пристрої сполучення між КУД і каналами передачі даних.

У системах зі зворотним зв'язком (ЗЗ) в наявності можливість одержати по зворотному каналу зв'язку інформацію про конкретний характер помилок по кожному окремому відрізьку повідомлення, а також у міру передачі повідомлення змінювати надмірність, що вводиться, і режим приймання сигналів. У результаті можна суттєво підвищити вірність обміну даними при більшій середній швидкості передачі або меншій затримці повідомлень.

Значний вигравш у системах із ЗЗ досягається при незалежності помилок у прямому й зворотному каналах і у випадку використання зворотного каналу, характеризуемого значно меншою ймовірністю помилкового приймання сигналів, чим в прямому каналі. Побудова системи з ЗЗ часто полегшується тим, що між двома пунктами як правило існує двосторонній зв'язок.

По зворотному каналу можуть у принципі передаватися як аналогові, так і дискретні повідомлення. Найбільше поширення одержали системи, в яких ЗЗ використовується для передачі дискретних повідомлень.

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Узагальнена структурна схема системи зв'язку

Узагальнена структурна схема системи передачі даних односпрямованого дії (рисунок 1) складається з кінцевого устаткування даних (КУД), що виконує функції відправника (КУД-ДП) і одержувача (КУД-ОП) повідомлень, пристрою захисту від помилок (ПЗП), пристрою перетворення сигналів (ППС) і каналу зв'язку [1].

В ПЗП відбувається кодування-декодування даних. ППС здійснює перетворення сигналів у форму, зручну для передачі по каналу зв'язку, а пристрій сполучення (ПСП) забезпечує обмін інформаційними й керуючими сигналами між АПД і КУД. Координація взаємодії складових частин СПД забезпечується спеціальними імпульсами, вироблюваними пристроєм керування (ПУ). Сукупність безперервного каналу із включеними на його вході й виході ППС називають незахищеним або дискретним каналом передачі даних, а об'єднання незахищеного каналу з ПЗП – захищеним від помилок каналом передачі даних. Для двонаправленого обміну інформацією використовуються дві односпрямовані СПД, які конструктивно можуть бути виконано у вигляді однієї дуплексної СПД [2].

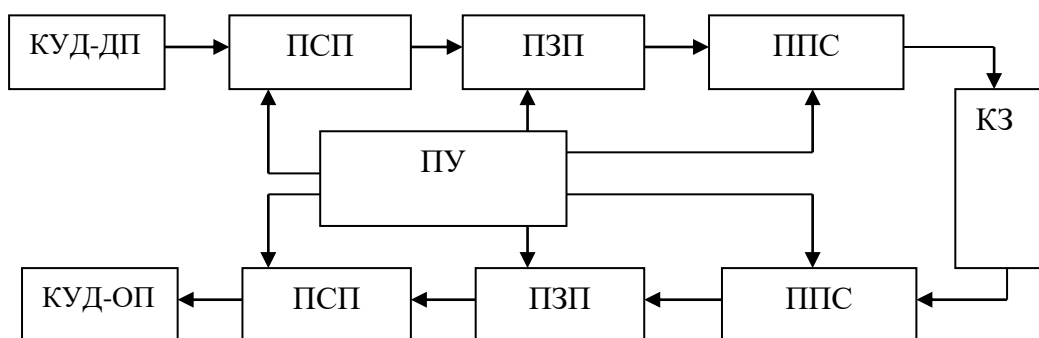


Рисунок 1 – Структурна схема СПД

СПД можна розділити на дві групи: системи без зворотного зв'язку й системи зі зворотним зв'язком.

До першої групи ставляться СПД, що використовують для передачі інформації прості (ненадлишкові) коди, і СПД, що використовують надлишкові коди, які виявляють і виправляють помилки. СПД із застосуванням простих кодів не можуть забезпечити високої вірності переданої інформації через низьку завадостійкість приймання повідомлень в умовах дії перешкод. Такі системи знаходять застосування головним чином при передачі інформації на короткі відстані при низькому рівні перешкод у каналі зв'язку. Застосування надлишкового кодування повідомлень у СПД без зворотного зв'язку дозволяє підвищити вірність переданої інформації при роботі з каналами з перешкодами. Особливо ефективно в цьому випадку використання надлишкових кодів, що виправляють помилки. З іншого боку, може виникнути випадок, коли через поганий стан каналу (високий рівень перешкод, переривання й т.п.) обраний для передачі надлишковий код не забезпечує заданої вірності переданої інформації. Разом з тим застосування надлишкових коригувальних кодів, що виправляють помилки, приводить або до необхідності збільшення часу передачі, або, при збереженні необхідного часу передачі, до підвищення швидкості передачі, тобто скороченню тривалості елементів кодової комбінації.

Обмежує застосування СПД без зворотного зв'язку й відсутність адаптації їх до якості каналу зв'язку. Уведення ж змінної надмірності коду залежно від стану каналу на основі дії різного роду детекторів якості каналу значно ускладнює апаратуру через введення великої кількості логічних операцій при декодуванні [2].

До другої групи СПД (зі зворотним зв'язком) ставляться системи, у яких якість передачі інформації контролюється й управляється за допомогою використання каналу зворотного зв'язку. Як правило, у таких системах застосовують коди, що виявляють помилки. Перевагою СПД зі зворотним зв'язком є можливість підвищення вірності переданої інформації без ускладнення коду, використовуваного в системі, простою зміною функцій зворотного каналу. У таких системах по каналу А-Б передають повідомлення від станції А до станції Б (прямий канал). Зворотний же канал у СПД може бути використаний для посилки передавальному пристрою А відомостей про фактичне приймання повідомлень на станції Б. Зворотний зв'язок у СПД (рисунок 2) використовують для одержання відомостей про:

						ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

- сигнали на виході прямого каналу (фіксується факт введення сигналу з лінії зв'язку на вхід приймача або проходження сигналом перших каскадів приймача);
- фіксацію одиничних елементів сигналу демодулятором (охоплює модем);
- прийняті кодові комбінації (охоплює всю систему).

Перший варіант (1) зворотного зв'язку фактично контролює якість прямого каналу, і залежно від його стану передавач може змінювати умови передачі сигналів (метод кодування, вид модуляції, швидкість передачі і т.д.). Другий варіант (2) зворотного зв'язку контролює роботу модему, правильність модуляції сигналів. Третій варіант (3) зворотного зв'язку контролює роботу декодера. Таким чином, у другому та третьому варіантах зворотний зв'язок контролює рішення, прийняті приймачем [2].

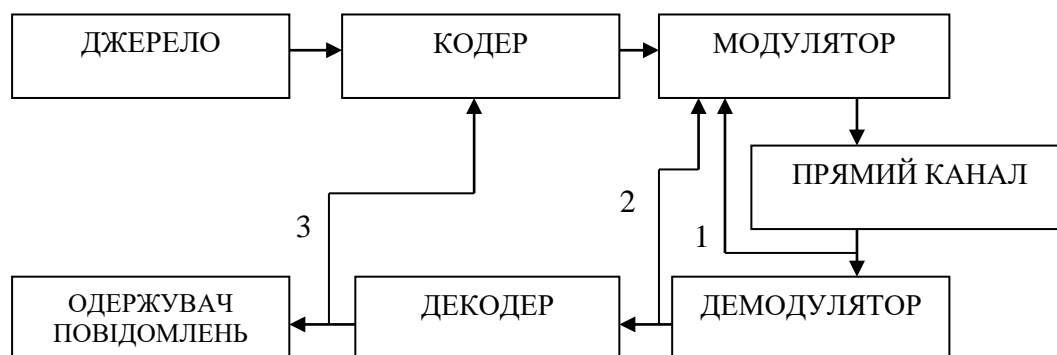


Рисунок 2 – Структурна схема СПД зі зворотним зв'язком

Залежно від використання зворотного зв'язку СПД кожного із трьох типів діляться на:

- системи з перезапитом;
- системи з інформаційним зворотним зв'язком;
- системи з командним зворотним зв'язком.

Збільшення обсягу переданої інформації й поява нових систем і мереж передачі даних вимагає підвищення технічного рівня зв'язку шляхом впровадження новітніх досягнень науки й техніки. Для передачі інформації через виділені канали зв'язку розроблена безліч пристроїв іменованих модемами, основними виготовлювачами яких є закордонні фірми. Але через погану якість

вітчизняних ліній закордонні пристрої не забезпечують зазначені фірмою-виробником параметри передачі. Вирішенням даної проблеми може бути побудова систем передачі інформації, які, роблячи оцінку становища каналу зв'язку, самі вибирають тип передачі і, таким чином, можуть працювати на лініях, які мають значний рівень завад.

1.2 Помилковиявляючі та коригувальні коди

Іншим способом уведення додаткової надмірності в передану інформацію є застосування коригувальних кодів. За допомогою коригувальних кодів можна виявити помилку (визначити факт її наявності) або виявити й виправити помилку (указати місце помилки в блоці контрольованої інформації) у переданій інформації. Як правило, кожна кодова комбінація, що підлягає пересиланню містить інформаційні k і контрольні розряди r .

Уся безліч комбінацій n -елементного коду розбивається на дві непересічні підмножини: дозволених і заборонених кодових комбінацій. Передача ведеться комбінаціями дозвленої підмножини. Після одержання комбінації проводиться її аналіз. Якщо прийнята комбінація належить підмножині дозволених комбінацій, то виноситься рішення, що помилки немає, а якщо забороненому, то виноситься рішення, що помилка в наявності. Але помилка виявлена не буде, якщо одна дозволена комбінація перетвориться в іншу дозволена.

При виправленні помилок виконується дві операції. Спочатку встановлюється факт наявності помилки (описаним вище способом), а потім вказується місце помилкового розряду в контрольованому блоці. При двійковому кодуванні цього досить, щоб виправити помилку, тому що воно зводиться до інверсії помилково прийнятого розряду. Принцип виправлення помилок полягає в наступному. З урахуванням статистики помилок у каналі зв'язку підмножина прийнятих заборонених комбінацій розбивається на n непересічних підмножин. Кожне із цих підмножин ототожнюється з однією з дозволених комбінацій. Якщо прийнята комбінація належить підмножині 1, то виноситься розв'язок, що передавалася комбінація a_1 ; підмножині 2 – комбінація a_2 і т.д. [3].

Таким чином, виявлення або виправлення помилок коригувальним кодом досягається за рахунок застосування в ньому кодових комбінацій з більшою

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ				

кількістю елементів n , чим це потрібно для передачі корисної інформації довжиною k розрядів. Величина надмірності, що вводиться при цьому, визначається коефіцієнтом надмірності.

Серед основних кодів, використовуваних при передачі інформації необхідно відзначити наступні: код з перевіркою на парність, що виправляє, код з постійною вагою, циклічні коди, ітераційні коди [3].

Код з перевіркою на парність.

Цей код є одним з найпростіших з виявленням помилок, використовуваних для оцінки правильності введення/виводу інформації в апаратурі передачі даних. При побудові комбінацій цього коду до вихідних інформаційних розрядів додається один контрольний розряд так, щоб число одиниць у кодовій комбінації, яке вийшло, стало парним. Код з перевіркою на парність може виявити лише помилки непарної кратності, тому що вони порушують умову парності одиниць у комбінаціях.

Коригувальний код з постійною вагою.

Код будується таким чином, що в дозволену підмножину відбираються комбінації, що мають однакове число одиниць (постійна вага). Наприклад, комбінації 10101, 11100, 10110 та ін. можуть скласти елементи дозволеного підмножини. Таких комбінацій буде 10 і вони можуть використовуватися для передачі цифрової інформації. Будь-які помилки, крім дворазових різного виду, будуть виявлені таким кодом, тому що вони порушують установлене співвідношення одиниць і нулів у комбінації.

Циклічні коди.

Ці коди є найпоширенішими коригувальними кодами, застосовуваними на сьогодні в апаратурі передачі даних. Циклічні коди поряд з можливістю виявляти й виправляти одиночні помилки й пакети помилок володіють ще однією позитивною властивістю – простотою побудови кодерів і декодерів. Вказана властивість визначила широке застосування циклічних кодів на практиці.

У теорії циклічного кодування кожен n -елементну комбінацію прийнято записувати у вигляді деякого полінома $G(x)$ ступеня $(n-1)$.

$$G(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x^1 + a_0x^0,$$

						ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			11

де a – цифри двійкової системи числення, що відображають елементи кодової комбінації;

x – фіктивна змінна, що заміняє собою основу системи числення.

Властивості циклічного коду, а також вид кодера й декодера повністю визначаються утворюючим багаточленом $g(x)$ ступеню r . Операції кодування й декодування в циклічному коді зводяться до множення й розподілу поліномів за правилами двійкової алгебри. При побудові надлишкового коду поліном ненадлишкової кодової комбінації спочатку множиться на x^r , а потім ділиться на утворюючий багаточлен $g(x)$. Кодова комбінація циклічного коду $F(x)$ виходить додаванням полінома $P(x)$ із залишком від розподілу. Виявлення помилки відбувається шляхом розподілу полінома $F'(x)$, що відповідає прийнятій кодової комбінації, на утворюючий поліном $g(x)$. Ознакою приналежності кодової комбінації дозволених підмножині є розподіл без залишку полінома $F'(x)$ на утворюючий поліном $g(x)$. При розподілі заборонених кодових комбінацій, що утворюються при помилковому прийманні в результаті дії перешкод, обов'язково вийде залишок, що й використовується для виявлення й виправлення помилок.

Кодер і декодер циклічного коду будуються на основі регістрів зрушення з логічними зворотними зв'язками (так звані багатотактні лінійні фільтри), за допомогою яких здійснюються операції ділення поліномів.

Ітераційні коди.

Ці коди формуються, якщо використовувати комбінації двох і більш кодів, тобто операцію ітерації. Вони більш досконалі. Ітераційні коди виходять шляхом розташування інформаційних символів у вигляді таблиці, кожний рядок якої кодується за певним правилом. Кожний стовпець таблиці теж кодується за певним правилом (у загальному випадку не обов'язково по тому ж, що й рядок). У правому нижньому куті таблиці дається результат перевірки контрольних символів (перевірка за рядками й стовпцями).

1.3 Постановка завдання проектування

Однієї з головних завдань проектування ПЗП є вибір способу захисту від помилок, який при мінімальних витратах забезпечить виконання поставлених вимог. Під витратами мається на увазі не тільки вартість апаратури, але й

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

необхідні смуга частот (необхідне число каналів зв'язку), час на передачу повідомлення, а також вартість обслуговування пристрою в процесі експлуатації.

Для проектування заданого ПЗП на основі коду Файра формулюються наступні технічні вимоги:

- імовірність помилкової реєстрації знаку $P_{\text{кк}} \leq 7 \cdot 10^{-4}$;
- швидкість передачі дискретної інформації $V = 2400$ біт/сек;
- припустимий час затримки видачі повідомлення споживачеві $t_3 \leq 10$ мс;
- імовірність неправильного запуску прийомного пристрою $P_{\text{лф}} \leq 8 \cdot 10^{-5}$;
- імовірність помилкової реєстрації одиничного елемента $P_o \leq 10^{-5}$;
- характер групування помилок 10;
- мінімальний інтервал між групами помилок 4 сек;
- тип каналу зв'язку – дуплексний;
- тип пристрою – приймач.

При групуванні помилок у пачки досить великої кратності їх виправлення може бути забезпечене за рахунок застосування кодів Файра. Зі збільшенням довжини пачки декодувальні пристрої, що кодують і, виходять дуже громіздкими, а для їхнього декодування за допомогою мікропроцесора потрібен значний час. У цьому випадку доцільно використовувати багаторазове повторення блоку інформації. Причому довжина блоку повинна бути не менш тривалості пачки помилок. Багаторазове повторення блоків приводить до збільшення затримки видачі повідомлення споживачеві. Тому необхідно стежити за тим, щоб час затримки не перевищив припустимої величини.

У нашому випадку, при швидкості передачі $V = 2400$ біт/сек, доцільно використовувати ПЗП з вирішальним зворотним зв'язком. При зниженні якості каналу зв'язку в системах із ЗЗ час затримки повідомлення різко збільшується, а в найгіршому разі видача інформації споживачеві може взагалі припинитися. Щоб не допустити цього, на каналах низької якості доцільно сполучати методи підвищення вірності передачі інформації. Наприклад, при гарному стані каналу ПЗП працює із ЗЗ, а при його погіршенні переходить у режим одnobічної передачі з виправленням помилок.

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ					

2 СИНТЕЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД ПОМИЛОК

2.1 Обґрунтування вибору способу передачі даних

Основним способом підвищення вірності передачі дискретних повідомлень є введення в передану послідовність надмірності з метою виявлення й виправлення помилок у прийнятій інформації. Усі пристрої захисту від помилок (ПЗП) діляться на дві групи [1, 2]:

- симплексні (без зворотного зв'язку);
- дуплексні (зі зворотним зв'язком).

У симплексних (однобічних) ПЗП підвищення вірності може бути досягнуто трьома способами [1, 2]:

- шляхом багаторазового повторення символів;
- одночасною передачею однієї й тієї ж інформації по декільком паралельним каналам;
- застосуванням кодів, що виправляють помилки.

Багаторазове повторення є найбільш простим способом підвищення вірності, який полягає в тому, що передавач посилає в канал непарне число раз ту саму інформацію, а на прийомній стороні відбувається порівняння між собою однойменних кодових комбінацій (або однойменних двійкових розрядів). Споживачеві видається той символ (або біт), який був прийнятий більше число раз (мажоритарний метод). Однак при виборі такого способу захисту слід мати у виді, що надмірність інформації росте пропорційно кількості повторень тих самих символів, аналогічно зростають і витрати часу на передачу масиву.

Найбільшою ефективністю в симплексних СПД має спосіб захисту від помилок, заснований на використанні кодів з виправленням помилок. У таких системах переданий блок крім інформаційних одиничних елементів, отриманих від джерела інформації, містить і перевірочні біти, які формуються кодуючим пристроєм на підставі інформаційних розрядів за певними правилами. На прийомній стороні декодером по тим же правилам здійснюються аналогічні перевірки, при яких ураховуються й перевірочні елементи. У результаті перевірки визначається номер позиції в прийнятому блоці, значення якої необхідно в процесі виправлення проінвертувати. Імовірність помилкового

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

приймання символу залежить не тільки від імовірності помилки в дискретному каналі, але й від застосовуваного коду.

В однобічних СПД при виборі коригувального коду для ПЗП доводиться розраховувати на гірший стан каналу, тобто надмірність у таких системах є постійною, незалежно від того, є помилки в каналі чи ні. У початкових умовах гірший стан каналу буде відносно рідко, його пропускну здатність використовується дуже неефективно. Другим недоліком систем з виправленням помилок є різке зростання складності апаратури зі збільшенням кількості помилок, що виправляються. Істотне зниження апаратурних витрат може бути отримане за рахунок застосування в якості кодувальних і декодувальних пристроїв мікропроцесорів або мікроконтролерів [1, 2].

К дуплексній групі ПЗП ставляться пристрої, у яких підвищення вірності переданої інформації досягається за рахунок уведення зворотного зв'язку. Вони у свою чергу діляться на системи з вирішальним (ВЗЗ), інформаційним (ІЗЗ) і комбінованим (КЗЗ) зворотним зв'язком. Сутність підвищення вірності в цих системах полягає в тому, що при виявленні викривлень у переданому повідомленні відбувається запит блоку, у якому один або більше неправильно прийнятих знаків. У системах із ВЗЗ передані дані кодуються надлишковими кодами, що дозволяють виявляти одиночні помилки або пачки (групи) помилок. Розв'язок про необхідність повторення блоку інформації, у якому виявлена помилка, ухвалюється приймачем на підставі аналізу послідовності, який був зроблений. У випадку виявлення в прийнятому блоці помилок він стирається й по каналу ЗЗ приймальня станція посилає сигнал "Запит", на підставі якого передавач повторно видає цей же блок. При безпомилковому прийманні блоку дані надходять споживачеві, а по каналу ЗЗ передається сигнал "Підтвердження" [1, 2].

В ПЗП з ІЗЗ немає необхідності вводити надмірність у передані дані. Двійкова послідовність, зафіксована приймачем, запам'ятовується й потім по каналу ЗЗ передається вся або у вигляді вкороченої кодової комбінації, що містить певні ознаки всієї послідовності, на передавальну сторону. Отримана по каналу ЗЗ інформація аналізується передавальною станцією, яка за результатами аналізу ухвалює рішення щодо передачі наступного блоку або про повторення помилково прийнятого. Цей розв'язок повідомляється на прийомну сторону й на його підставі отримана інформація видається споживачеві або стирається. ПЗП з

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ				

КЗЗ являють собою комбінацію інформаційної й вирішальної ЗЗ. У них розв'язок про необхідність повторної передачі може ухвалюватися як на передавальній, так і на приймальній сторонах, а по каналу ЗЗ можуть передаватися інформаційні елементи або сигнали "Запит" і "Підтвердження".

Однієї з головних завдань проектування ПЗП є вибір способу захисту від помилок, який при мінімальних витратах забезпечить виконання поставлених вимог. Під витратами мається на увазі не тільки вартість апаратури, але й необхідні смуга частот (необхідне число каналів зв'язку), час на передачу повідомлення, а також вартість обслуговування пристрою в процесі експлуатації.

При наявності симплексних каналів зв'язку підвищення вірності може бути досягнуте тільки за рахунок застосування кодів з виправленням помилок або багаторазового повторення. Одночасна передача однієї й тієї ж інформації з декількома каналами застосовується досить рідко. Якщо помилки в дискретному каналі незалежні, тобто ймовірність групування їх у пачки мала, то необхідна завадостійкість порівняно легко може бути досягнута при використанні кодів, що виправляють одиночні помилки, наприклад коду Хеммінга. При групуванні помилок у пачки невеликої кратності їх виправлення може бути забезпечене за рахунок застосування кодів Файра. Зі збільшенням довжини пачки (п'ять і більш помилок) декодувальні пристрої, що кодують і, виходять дуже громіздкими, а для їхнього декодування за допомогою мікропроцесора потрібен значний час. У цьому випадку доцільно використовувати багаторазове повторення блоку інформації. Причому довжина блоку повинна бути не менш тривалості пачки помилок. Багаторазове повторення блоків приводить до збільшення затримки видачі повідомлення споживачеві. Тому необхідно стежити за тим, щоб час затримки не перевищив припустимої величини.

При наявності дуплексних каналів зв'язку в більшості випадків доцільно використовувати ПЗП з ЗЗ. Пристрої з інформаційним ЗЗ дозволяють виявляти помилки практично будь-якої кратності, але до каналу зворотного зв'язку пред'являються такі ж вимоги, як і до прямого. Тому ПЗП з ІЗЗ найбільше ефективно можуть бути використані при швидкості передачі 300/200 біт/сек, тому що пристрої перетворення сигналів для такої швидкості утворюють у смузі каналу тональної частоти два ідентичні двонапрямних дискретних канали. Якщо передача даних повинна здійснюватися на швидкості 600 біт/сек або вище, то ефективність використання каналу зв'язку ПЗП з ІЗЗ знижується й у цьому

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ					

випадку для підвищення завадостійкості передачі символів слід застосовувати ПЗП із ВЗЗ.

У нашому випадку, при швидкості передачі $V = 2400$ біт/сек, доцільно використовувати ПЗП з ВЗЗ. При зниженні якості каналу зв'язку в системах із ЗЗ час затримки повідомлення різко збільшується, а в найгіршому разі видача інформації споживачеві може взагалі припинитися. Щоб не допустити цього, на каналах низької якості доцільно сполучати методи підвищення вірності передачі інформації. Наприклад, при гарному стані каналу ПЗП працює із ЗЗ, а при його погіршенні переходить у режим однобічної передачі з виправленням помилок.

2.2 Розробка формату повідомлення

У процесі розробки СПД необхідно ПЗП спроектувати так, щоб забезпечити необхідну завадостійкість при максимальній ефективній швидкості передачі даних. Завадостійкість і ефективна швидкість залежать від надмірності переданих повідомлень, причому зі збільшенням надмірності завадостійкість підвищується, а ефективна швидкість падає [1, 4].

Для блокових роздільних кодів, при яких кодування й декодування здійснюються незалежно для кожної кодової комбінації (блоку), надмірність R визначається по формулі:

$$R = 1 - (k / n_{\zeta}) = r / n_{\zeta}, \quad (1)$$

де k – кількість інформаційних елементів;

n_{ζ} – загальне число елементів в блоці;

r – число перевірочних елементів.

Ефективна швидкість $V_{\text{еф}}$ передачі інформації при цьому дорівнює:

$$V_{\text{еф}} = (n_{\zeta} - r) / (n_{\zeta} \cdot \tau_0) = V(1 - r / n_{\zeta}) = V(1 - R), \quad (2)$$

де V – швидкість передачі біт/сек, чисельне дорівнює для двійкових систем швидкості модуляції $B = 1/\tau_0$.

У реальних СПД ефективна швидкість буде менше за рахунок передачі в каналі, крім r перевірочних елементів, додаткової службової інформації, що складається з $n_{\text{сл}}$ біт, тобто

$$V_{эф} = (n_6 - r - n_{сл}) / (n_6 \cdot \tau_0) = [1 - (r + n_{сл}) / n_6], \quad (3)$$

У системах зі зворотним зв'язком ефективна швидкість ще більше знижується за рахунок повторної передачі перекручених блоків. У цьому випадку $V_{эф}$ визначається по формулі

$$V_{эф} = V[1 - N_{пб} / N_6]. \quad (4)$$

Прийнятною ефективною швидкістю вважається

$$V_{эф} = (0,9-0,95) \cdot V. \quad (5)$$

Підставимо це число в формулу (2), отримаємо:

$$0,95 = 1 - R, \quad (6)$$

$$R = 1 - 0,95 = 0,05 = 5\%. \quad (7)$$

Підставивши отримане значення у формулу (1). Так, як кількість перевірюваних розрядів повинне бути не менше числа помилок у пачці, то ухвалюємо $r = 10$.

С метою запобігання втрати блоку або вставки (повторно переданого того самого блоку) кожному блоку при передачі слід привласнювати певний порядковий номер НБ, а на прийомній стороні контролювати дотримання черговості їх введення. При цьому необов'язково робити наскрізну нумерацію блоків для всього переданого масиву. Кількість номерів повинна бути на одиницю більше числа повторюваних блоків при виявленні помилок, тобто через певний цикл (3-6 блоків) циклічно повторювати ці номери. Наприклад, № 1, № 2, № 3, № 4, № 1, № 2 і т.д. Це дозволить зменшити число елементів n_n , виділюваних для кодування номерів блоків [1, 4].

Ухвалюємо кількість НБ = 6, тобто при передачі й прийманні займає 3 біта. Крім НБ у блок можуть бути введені комбінації, що позначають початок НТ і кінець КТ блоку, що полягають із n_n і n_k біт відповідно. Ці комбінації для коду, використовуваного для передачі даних, мають стандартні значення: НТ – 0000010 і КТ – 0000011. У багатьох практичних випадках знаки НТ і КТ уводять до складу інформації, формованої відправником, і немає необхідності формувати їх

у СПД. Тоді ознакою початку блоку може бути комбінація НБ, а приймання номера наступного блоку свідчить про закінчення попереднього.

До складу службових символів блоку може входити фазирующая кодова комбінація (ФК), що полягає з 1 одиничних елементів, яка служить для забезпечення синхронного перемикання передавального й прийомного розподільників.

Фазування по циклах являє собою процес примусового встановлення певного фазового стану між розподільниками на передавальній і прийомній стороні АПД, при якому перший, переданий у канал зв'язку біт, направляється в першу комірку прийомного регістру, другий у другу і т.д. Для здійснення процесу фазування на прийомній стороні необхідно мати відомості про фазу розподільника, який передає. На відміну від поелементної синхронізації ці відомості необхідно посилати на прийомну частину АПД на початку передачі, або в плинні всього сеансу зв'язку.

Так, як у даному дискретному каналі зв'язку помилки групуються в пакети, що приводить до збільшення ймовірності викривлення фазуючої комбінації. Маркер розподілимо порозрядно по всьому блоку. У цьому випадку підвищення ефективної швидкості передачі інформації досягається за рахунок збільшення часу фабування.

Вибираємо кількість маркерних біт $l = 20$. З обліком цього розрахуємо ймовірність неправильного фабування по формулі [1, 4]:

$$P_{лф1} = \{n - l + 1 - (2^l - 1)[1 - (1 - 1/2^l)^{n-l+1}]\} / (n + 1). \quad (8)$$

Підставивши значення одержимо, що $P_{лф1} = 6,24 \cdot 10^{-5}$. Тому що отримане значення менше припустимого ($6,24 \cdot 10^{-5} < 8 \cdot 10^{-5}$) те вважаємо, що кількість маркерних біт обране правильно.

Формат повідомлення буде виглядати в такий спосіб:

НТ	ФК	НБ	Інформація	г	КТ
7	20	3	153	10	7

Проблема підвищення вірності обумовлена невідповідністю між вимогами, пропонованими при передачі даних і якістю реальних каналів зв'язку. У мережах

передачі даних потрібно забезпечити вірність не гірше 10^{-6} - 10^{-9} , а при використанні реальних каналів зв'язку й простого (первинного) коду зазначена вірність не перевищує 10^{-2} - 10^{-5} . Одним зі шляхів розв'язку завдання підвищення вірності в цей час є використання спеціальних процедур, заснованих на застосуванні завадостійких (коригувальних) кодів.

У системах передачі даних з вирішальним ЗЗ найбільше поширення знаходять циклічні коди [3, 5]. При виявленні пакетів помилок особливо ефективно використання циклічних кодів. Вони ставляться до блокових систематичних код, у яких кожна комбінація кодується самостійно, у вигляді блоку таким чином, що інформаційні k і перевірочні r елементи завжди перебувають на певних місцях. Для спрощення процедури кодування й декодування перевірочні біти розміщують наприкінці блоку. Закодоване повідомлення має вигляд:

$$F(x) = G(x) \cdot x' + R(x). \quad (9)$$

де $G(x)$ – передавальна двійкова послідовність;

x' – одночлен, що має ту же ступінь, що і утворюючий поліном $P(x)$;

$R(x)$ – залишок, отриманий після розподілу $G(x) \cdot x'$ на утворюючий поліном.

Прийнятий блок знову ділиться на утворюючий поліном $P(x)$. Отриманий нульовий залишок свідчать про відсутність помилок у прийнятому блоці. При відмінності залишку від нуля, аналізуючи його можна визначити номери перекручених розрядів і скорегувати їх.

Для побудов циклічних кодів застосовують багаточлени, які поділяються без залишку тільки на себе й на одиницю, називані неприводимими.

При виборі утворюючого полінома, слід урахувувати, що його ступінь не може бути менше числа перевірочних розрядів коду. Для спрощення технічної реалізації, будемо брати ступінь полінома рівну числу перевірочних розрядів.

Для виправлення пакетів помилок виберемо один з найефективніших циклічних кодів – код Файра. Утворюючий поліном визначається вираженням:

$$P_{\Phi}(x) = P(x) \cdot (x^c + 1). \quad (10)$$

де $P(x)$ – неприводимий багаточлен ступеня m .

Коди Файра можуть виправляти одиночний пакет довжиною b_v при умові:

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ					

$$c \geq b_B - 1, m \geq b_B, \quad (11)$$

при цьому c не повинно ділитися на e без залишку ($e = 2^m - 1$). Число перевірочних елементів визначається як:

$$r = c + m, \quad (12)$$

а довжина блоку n як найменше загальне кратне чисел e і c :

$$n = \text{НОК}\{e, c\}. \quad (13)$$

При застосуванні кодів Файра тільки для виявлення помилок, те можна виявити будь-який одиночний пакет помилок, довжина якого менше або дорівнює числу перевірочних елементів r .

Багаточлен, що неприводиться, $P(x)$ вибираємо з таблиці [6] згідно (11), але так, щоб задовільнити умові (12). Довжина блоку n рівна найменшому загальному кратному чисел (НОК) e і c :

$$n = \text{НОК}\{e, c\},$$

а кількість перевірочних елементів:

$$r = c + m.$$

Даний код цілком підходить для реалізації поставленого завдання. Розрахуємо формат повідомлення з урахуванням використання для кодування інформації коду Файра.

Для виявлення пакета помилок довжиною 10 біт утворюючий поліном $P_\Phi(x)$ повинен мати ступінь $r \geq 10$. Кількість помилок, що виправляються, рівно 10, отже згідно (11) $m > 10$. Для зменшення надмірності коду, побільшаємо довжину блоку n , прийmemo $m = 5$. Тоді $e = 2^5 - 1 = 31$. Тому що c не повинне ділитися цілком на e , те з обліком (12) прийmemo $c = 5$.

$$\text{Довжина блоку } n = \text{НОК}\{e, c\} = 31 \cdot 5 = 155.$$

З таблиць вибираємо поліном, що є неприводимим, ступеня $m = 5$:

$$P_\Phi(x) = (x^5 + x^2 + 1).$$

Тоді утворюючий поліном коду Файра має вигляд:

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\Phi}(x) = P(x)(x^c + 1) = (x^5 + x^2 + 1)(x^5 + 1) = x^{10} + x^7 + x^5 + x^5 + x^2 + 1 = x^{10} + x^7 + x^2 + 1.$$

Кількість інформаційних елементів в блоці дорівнює:

$$k = n - r + n_{сл.}$$

Вибираємо $l = 20$ маркерних біт. Підрахуємо $R_{лф}$ по формулі (8) з урахуванням уточнених даних $R_{лф} = 4,2 \cdot 10^{-5}$. Це значення менше припустимого, тому вважаємо, що l обране правильно.

Формат повідомлення буде виглядати наступним чином:

НТ	ФК	НБ	Інформація	r	КТ
7	20	3	108	10	7

Підрахуємо затримку видачі повідомлення споживачеві. Тому що ефективна швидкість рівна:

$$V_{эф} = V \cdot (1 - R);$$

$$R = r/n_{\phi} = 10/155 = 6\%;$$

$$V_{эф} = 0,94 \cdot V;$$

$$V_{эф} = 0,94 \cdot 2400 = 2256 \text{ біт/сек.}$$

Інформація до споживача йде словами побайтно, тобто

$$t_3 = 8/2256 = 3,5 \cdot 10^{-3} < 10 \cdot 10^{-4}.$$

Припустимий час затримки більше розрахованого, значить усе обране правильно.

Наявність у каналі зв'язку пачки помилок теж приводить до зниження ефективної швидкості передачі. Припустимо, що потік помилок у дискретному каналі описується розповсюдженою моделлю Беннета-Фройліха, при якій пачки є незалежними подіями, а також, що кожний пакет викликає повторну передачу тільки одного блоку повідомлення й інтервал між пачками помилок у

середньому перевищує довжину блоку. Тоді в якості формули для розрахунків ефективної швидкості СПД із ВЗЗ можна обрати:

$$V_{\text{эф}} = V \cdot [1 - P_o n_6 / (1 - P_o n_6)] \cdot [1 - (r + n_{\text{сл}}) / n_6].$$

Замінивши в цій формулі ймовірність помилкового приймання елемента P_o на ймовірність появи пачки помилок $P_{\text{по}}$.

Підставивши в цю формулу значення, одержимо:

n_6	100	150	155	200	300	500
$V_{\text{эф}}/V$	0,49	0,6	0,61	0,64	0,61	0,42

Графік, що побудований по наданим значенням, наведено на рисунку 3.

За графіком видно, що значення n_6 не сильно відрізняється від розрахованого раніше, тому попередні розрахунки будемо вважати правильними.

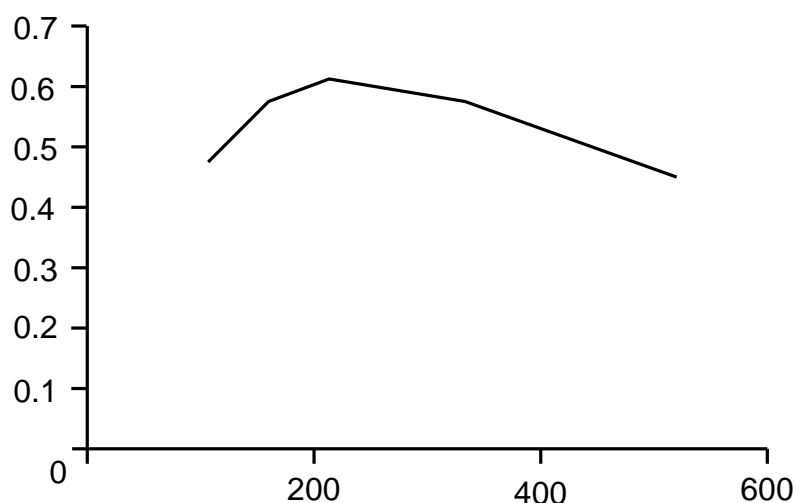


Рисунок 3 – Залежність відносної ефективної швидкості від довжини блоку

Так, як за графіком виходить, ефективна швидкість зменшується, то порахуємо для цього випадку час затримки:

$$V_{\text{эф}} = 0,61 - 2400 = 1468,7 \text{ біт/сек.}$$

Час затримки буде рівно $t_3 = 8/1468,7$ біт/сек. Отримане значення часу затримки однаково менше припустимого ($10 \cdot 10^{-3}$).

Ефективна швидкість знизилася до такого значення за рахунок повторної передачі декількох блоків.

2.3 Синтез алгоритму роботи пристрою захисту від помилок на основі коду Файра

Складання алгоритму функціонування є однієї з найважливіших завдань проектування ПЗП. У процесі виконання кваліфікаційної роботи бакалавра це завдання представляє основні труднощі. Якщо реалізація ПЗП передбачається апаратно, то розробку алгоритму функціонування доцільно робити паралельно з розробкою структурної схеми пристрою захисту від помилок. Алгоритм визначає основні функції пристрою й послідовність їх виконання, а структурна схема являє собою його технічну реалізацію.

При визначенні основних функцій ПЗП вони будуть перераховані в загальному виді й перелік їх буде неповним, тому що дуже складно відразу передбачити всі можливі режими роботи й ситуації, що виникають у процесі обміну інформацією з КУД і передачі даних по каналу зв'язку. Для полегшення цього завдання приведемо перелік основних функцій, які є типовими для всіх типів ПЗП:

- початкова установка блоків ПЗП;
- приймання, перетворення й контроль інформації, що надходить від джерела на передавальній стороні, і видача її споживачеві на приймальній;
- обмін керуючими сигналами між пристроями перетворення сигналів відправника і споживача;
- генерування тактових імпульсів і синхронізація (у випадку роботи без пристрою перетворення сигналів), групове фазирование (по циклах);
- формування службових символів початку й кінця блоку, номера блоку, "Підтвердження", "Запит", "Стирання" і ін.;
- підрахунок числа біт у блоці, формування номерів блоків при передачі й перевірка відповідності черговості їх введення на прийомній стороні;

- кодування й декодування повідомлень;
- формування інформаційних блоків і зберігання їх у буферних накопичувачах передавача й приймача до ухвалення рішення про приймання їх із заданою вірністю;
- підрахунок кількості переданих підряд тих самих блоків;
- формування сигналів аварійної ситуації і їх індикація;
- індикація стану апаратури.

При відображенні стану апаратури доцільно індицирувати наступні можливі ситуації: включення живлення АПД; підключення пристрою перетворення до лінії; виклик; передача/приймання; очікування; немає несучої; помилка периферійного пристрою; помилка нумерації блоків; немає фази.

Залежно від конкретного типу пристрою перелік функцій може бути доповнений і розширений, а також можливе виключення частини функцій. Очевидно, що для реалізації цих функцій в ПЗП з "жорстко логікою" повинні перебувати відповідні блоки, а в програмувальному відповідні підпрограми. Наприклад, для реалізації першої функції потрібний блок початкової установки пристрою, який формує імпульс установки всіх інших блоків у вихідний стан (скидання в нульовий стан або запис в елементи пам'яті певної кодової комбінації, яка повинна видаватися із блоку на початку роботи). Звичайно початкова установка апаратури проводиться через 1-2 сек після включення живлення або при перемиканні режимів роботи.

Для реалізації другої функції в структурну схему передавальної частини необхідно ввести блок приймання й перетворення повідомлення, що вводиться, який повинен забезпечити короткочасне зберігання кодових комбінацій (байтів), які вводяться, і перетворення їх у відповідну форму (найчастіше в послідовний код). У цьому блоці може відбуватися також узгодження рівнів сигналів, що надходять із КУД, з рівнями ПЗП. При введенні даних з електромеханічних пристроїв (фотозчитувач, електрична друкарська машинка), у яких передбачений захист за принципом "парність/непарність", у блоці приймання й перетворення доцільно здійснювати контроль інформації, що вводиться, на "парність/непарність". У прийомної частини ПЗП блок перетворення й видачі виконує зворотне перетворення інформації, що надходить до споживача, а також може здійснювати контроль виведених символів на "парність/непарність". Для керування роботою КУД обоє ці блоки повинні формувати відповідні імпульси,

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

що здійснюють синхронізацію введення/виведення інформації (запит чергового біта або байту, останов джерела при виводі даних з буферного накопичувача, якщо буде потреба повторної передачі блоку).

Розроблювальна СПД повинна працювати стійко й безперебійно в заданих умовах. СПД повинна передавати дані зі швидкістю 2400 біт/сек по каналах зв'язку, в яких можливе виникнення пачок помилок по 10 біт.

Виділимо перелік основних функцій роботи приймальної ПЗП на основі коду Файра:

- початкова установка блоків ПЗП;
- обмін керуючими сигналами між відправником (пристроєм перетворення сигналів) і споживачем (КУД);
- генерування тактових імпульсів;
- приймання службових символів: фазуючої комбінації й номера блоку;
- декодування повідомлення;
- формування сигналів аварії і їх індикація.

Таким чином, з урахуванням певних функцій, які повинне виконувати пристрій захисту від помилок приймача на основі коду Файра й заданої послідовності передачі необхідних кодових комбінацій у канал (формату блоку), складається алгоритм роботи. На рисунку 4 наведена блок-схема алгоритму приймальної частини функціонування АПД із вирішальним зворотним зв'язком. У цьому алгоритмі враховані основні функції ПЗП, що перераховані вище.

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

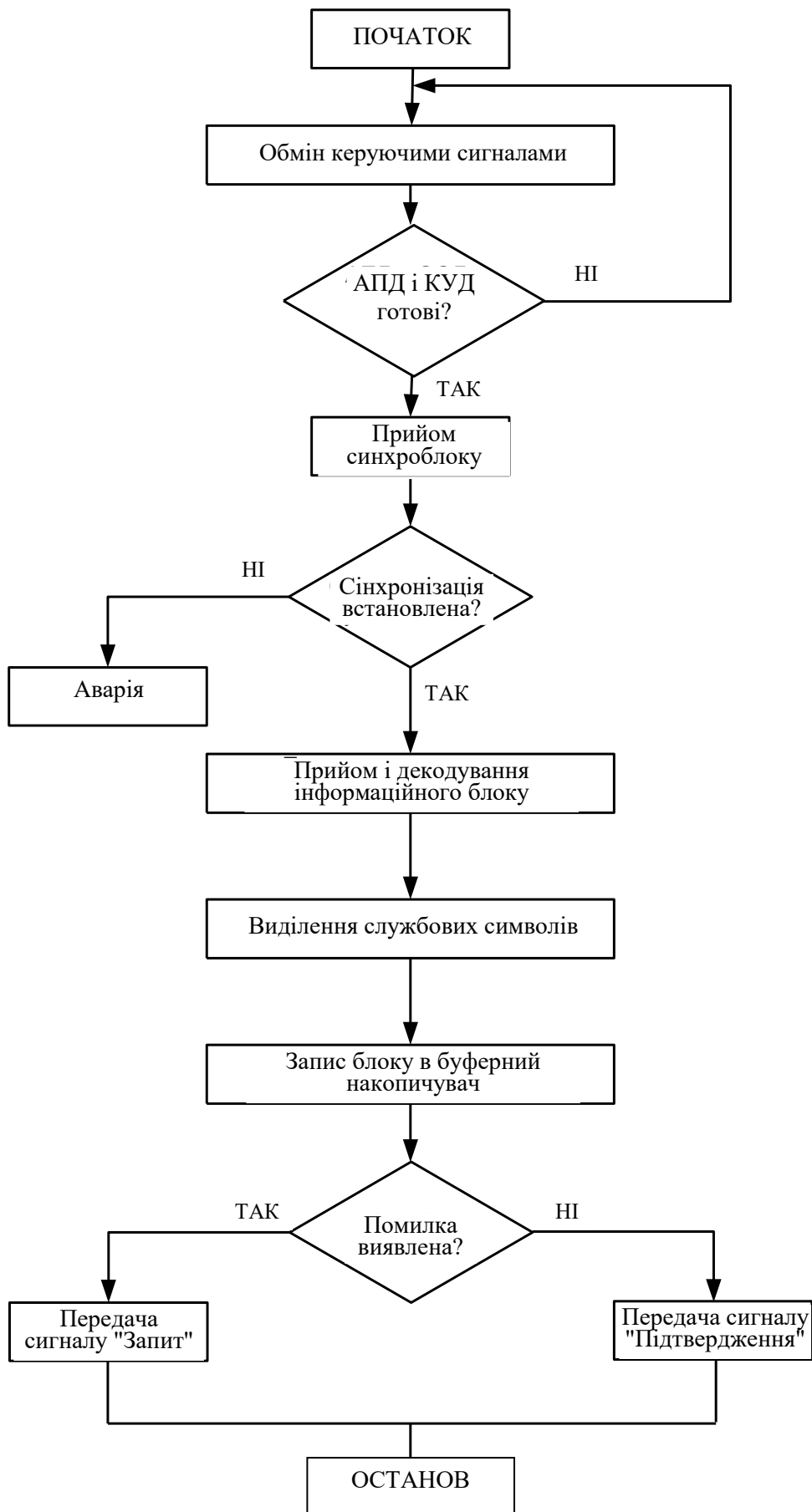


Рисунок 4 – Алгоритм функціонування приймальної частини ПЗП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.4 Розробка структурної схеми пристрою захисту від помилок на основі коду Файра

На підставі розробленого алгоритму складається структурна схема приймальні частини ПЗП на основі коду Файра, яка являє собою сукупність основних блоків, що реалізують задані функції, і зв'язків між ними. Зв'язки вказуються тільки між тими блоками, які безпосередньо взаємодіють у процесі роботи пристрою захисту від помилок. Структурну схему слід розробляти по можливості докладніше, що суттєво полегшить завдання побудови електричної функціональної схеми.

Подальшим етапом проектування є технічний опис структурної схеми пристрою. У технічному описі вказується состав і призначення блоків, зображених на структурній схемі, а також описуються їхні функції й взаємодія у всіх режимах роботи ПЗП. Структурну схему ПЗП для реалізації алгоритму (рисунок 5) показано на рисунку 6. До складу прийомної частини входять блоки: реєстр службових комбінацій (РгСК); декодер (ДК); вхідний реєстр (ВхРг); формувач сигналів зворотного зв'язку (ФСЗЗ); дешифратор службових комбінацій (ДшСК); буферний накопичувач (БН); блок перетворення й видачі інформації (БПВІ); формувач тактових імпульсів (ФТІ); пристрій керування приймача (ПКпр); формувачі сигналів обміну з КУД і пристроєм перетворення сигналів (ФСО1 і ФСО2); циклового фазування (БЦФ); аварійної сигналізації й індикації (БАСІ).

Основним блоком ПЗП є пристрій керування (ПК), який управляє роботою всіх інших блоків. Керуючі впливи на виході ПК виробляються на основі аналізу вхідних сигналів і залежать від режиму роботи ПЗП й часової позиції в межах синхронізуючого або інформаційного блоку. ПК являє собою керуючий автомат, виконаний на основі "жорсткої" або програмувальної логіки.

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

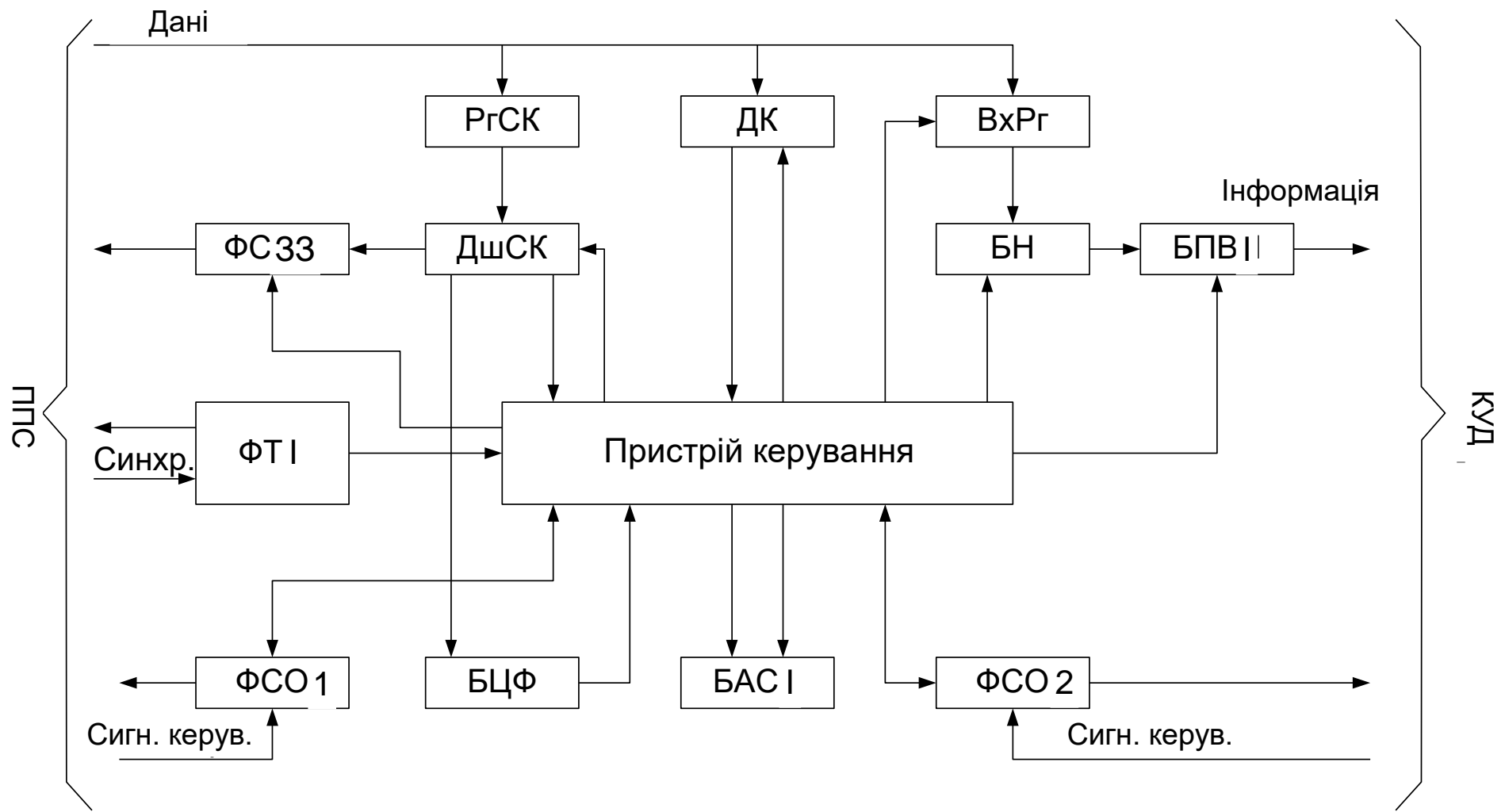


Рисунок 6 – Структурна схема приймальної частини ПЗП

3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД ПОМИЛОК НА ОСНОВІ КОДУ ФАЙРА

3.1 Вибір елементної бази

Вибір елементної бази є одним з найважливіших етапів проектування. Від його правильного розв'язку залежать такі основні показники роботи проектованого пристрою, як надійність, довговічність, швидкодія, економічність, вартість і ремонтпридатність.

Існують різновиди видів і типів мікросхем, принцип роботи яких заснований на законах алгебри логіки. Усі вони використовують тільки дві електричні величини певної амплітуди для визначення нульового або одиничного стану ("0" або "1").

У цей час промисловістю випускається широка номенклатура інтегральних мікросхем різних серій, призначених для використання в пристроях загального застосування. Функціональний состав серій мікросхем сильно відрізняється по своїй насиченості. Прийомну частину ПЗП найкраще розробляти в ТТЛ середовищі, оскільки вона найбільше функціонально повна.

ПЗП буде побудовано на елементах ТТЛШ (транзисторно-транзисторної логіки) з діодами Шотки, тому що останні десятиліття вони набули широкого застосування. Зусилля розроблювачів мікросхем цих серій постійно спрямовані на розширення їх функціонального состава, поліпшення робочих характеристик за рахунок збільшення швидкодії й зменшення споживаної потужності. Удосконалення технології дозволило в останні роки освоїти новий вид мікросхеми ТТЛ із діодами Шотки. Це закордонні серії SN54ALS/SN74ALS (К1533, КР1533). Мікросхеми серії SN74ALS мають більш високу швидкодію, чим мікросхеми попередніх серій, незначне споживання потужності й, що дуже важливо, сумісні зі стандартними серіями ТТЛ [7, 8].

Стандартні серії SN54ALS/SN74ALS дозволяють одержати швидкодію 4 нс при потужності розсіювання 1 мВт на логічний елемент. Для оцінки ефективності цифрових мікросхем і робочих характеристик застосовується показник, який дорівнює добутку швидкодії в наносекундах на потужність, що розсіюється, у міліватах. Для порівняння в таблиці 1 наведені динамічні характеристики мікросхем ТТЛ (ТТЛШ) [7, 8].

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика мікросхем

Вітчизняна серія	Закордонний аналог	$P_{\text{спож}}$, мВт	$T_{\text{зт}}$, нс	$E_{\text{спож}}$, пДж	$C_{\text{н}}$, пФ	$R_{\text{н}}$, кОм
K134	74L	1	33	33	50	4
K155	74	10	9	90	15	0,4
K131	74H	22	6	132	25	0,28
K555	74LS	2	9,5	19	15	2
K531	74S	19	3	57	15	0,28
K1533	74ALS	1,2	4	4,8	15	2
K1531	74F	4	3	12	15	0,28

$P_{\text{спож}}$ – потужність розсіювання на логічний елемент

$T_{\text{зт}}$ – час затримки переключення логічного елемента

$E_{\text{спож}}$ – енергія переключення логічного елемента

Як видно з таблиці 1, мікросхеми серії 74ALS значно поліпшені в порівнянні з іншими мікросхемами серії ТТЛ і ТТЛШ. Вони мають меншу затримку поширення, меншу споживану потужність, чим інші серії.

Стабільність параметрів по постійному струму й часу перемикання досягається у всьому діапазоні температур, таким чином, можна зробити вивід, що мікросхеми серії SN74ALS найбільш ефективні.

У таблиці 2 наведені порівняльні вхідні й вихідні параметри мікросхем ТТЛ і ТТЛШ.

Таблиця 2 – Параметричні характеристики мікросхем

Серія	$I_{\text{вх}}$, мА	$U_{\text{вх}}$, В	$I_{\text{вх}}$, мА	$U_{\text{вх}}$, В	$U_{\text{вих}}$, В	$I_{\text{вих}}$, мА	$U_{\text{вих}}$, В	$I_{\text{вх}}$, мА
74	-1,6	0,8	0,04	2	0,4	16	2,4	-0,4
74S	-2	0,8	0,05	2	0,5	20	2,7	-1
74LS	-0,36	0,8	0,02	2	0,5	8	2,7	-0,4
74F	-0,6	0,8	0,02	2	0,5	20	2,7	-1
74ALS	-0,2	0,8	0,02	2	0,4	4	2,5	-0,4

Вхідні й вихідні характеристики допомагають правильно використовувати логічні елементи в системі, якщо в ній застосовуються різні серії інтегральні схем ТТЛ. Виходячи з перерахованих вище характеристик, в ПЗП на основі коду Файра застосовуються мікросхеми серії SN74ALS.

Для створення принципової схеми пристрою використовуємо елементи серії 74LS і 74ALS. До складу мікросхем цих серій входять JK і D тригери,

дешифратори, реєстри зрушення, лічильники, суматори, елементи пам'яті (оперативні та постійні запам'ятовувальні пристрої) зі схемами керування. Серія мікросхем 74LS і 74ALS є мікросхемами з діодами Шотки, причому серія 74ALS є серія малопотужної вдосконаленої технології.

3.2 Розробка декодера

Процедура декодування циклічного коду з виявленням помилок за аналогією із процесом кодування використовує два способи [9, 10]:

1. При кодуванні "класичним" способом декодування засноване на використанні властивості подільності без залишку кодового багаточлена $v(x)$ циклічного (n,k) -коду на багаточлен $g(x)$, що породжує. Тому алгоритм декодування містить у собі поділення прийнятого кодового слова, описуваного багаточленом $v(x)$ на $g(x)$, обчислення й аналіз залишку $r(x)$. Якщо $r(x) = 0$, то прийняте кодове слово вважається неспотвореним. Якщо $r(x) \neq 0$, то прийняте кодове слово стирається й формується сигнал "Помилка".

2. При кодуванні способом МККТТ (ITU-T) декодування засноване на властивості одержання певного контрольного залишку $R_0(x)$ при поділенні прийнятого кодового багаточлена $v(x)$ на багаточлен, що породжує. Тому, якщо отриманий при діленні залишок $\overline{r(x)} = R_0(x)$, то прийняте кодове слово вважається неспотвореним. Якщо залишок $\overline{r(x)} \neq R_0(x)$, то прийняте кодове слово стирається й формується сигнал "Помилка". Значення контрольного залишку визначається з вираження $R_0(x) = R_g \left[x(1)^{r-1} \cdot x^k \right]$.

На рисунках 7 і 8 показані структурні схеми декодерів, відповідно, несистематичного й систематичного кодів з виявленням помилок. Основою декодерів є реєстри зрушення зі зворотними зв'язками, структура яких, як і в кодерах, визначається обраним багаточленом $g(x)$.

У декодері несистематичного коду за перші $(n - k)$ тактів відбувається заповнення реєстру символами кодового слова, що введенні з каналу зв'язку, а потім протягом наступних k тактів здійснюється процес ділення, видачі через логічний елемент П1 на вихід інформаційного слова й формування залишку $r(x)$ від ділення. Після цього сформований залишок зчитується через елемент АБО.

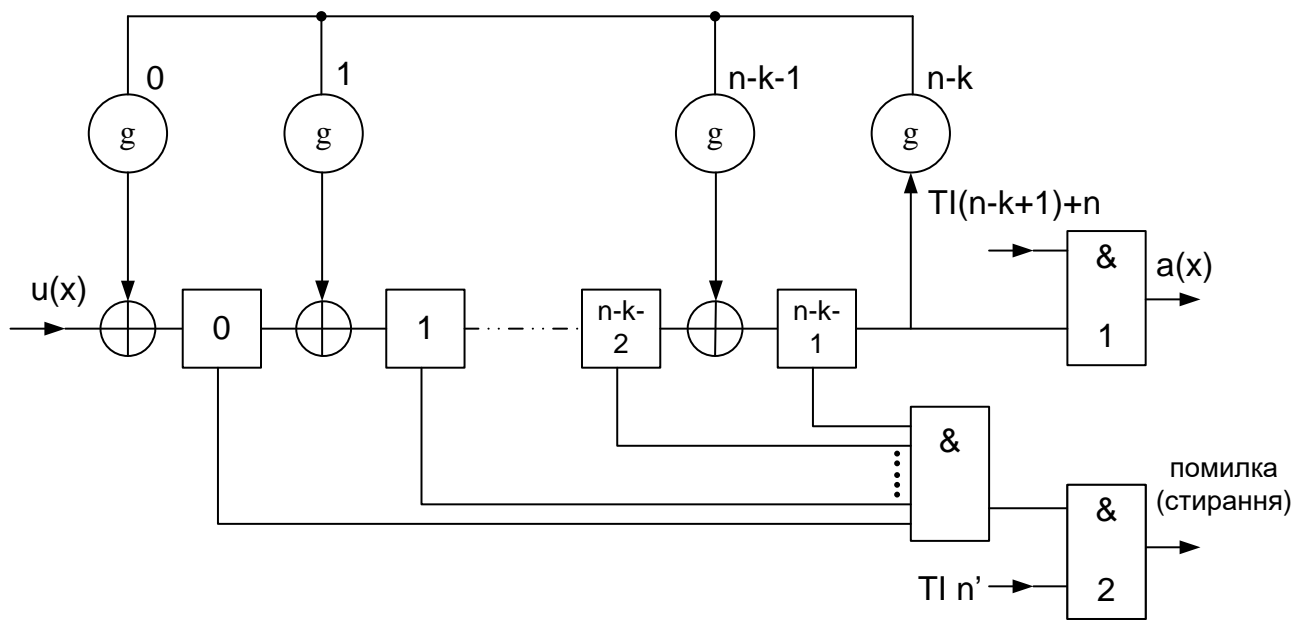


Рисунок 7 – Схема декодера несистематичного коду з виявленням помилок

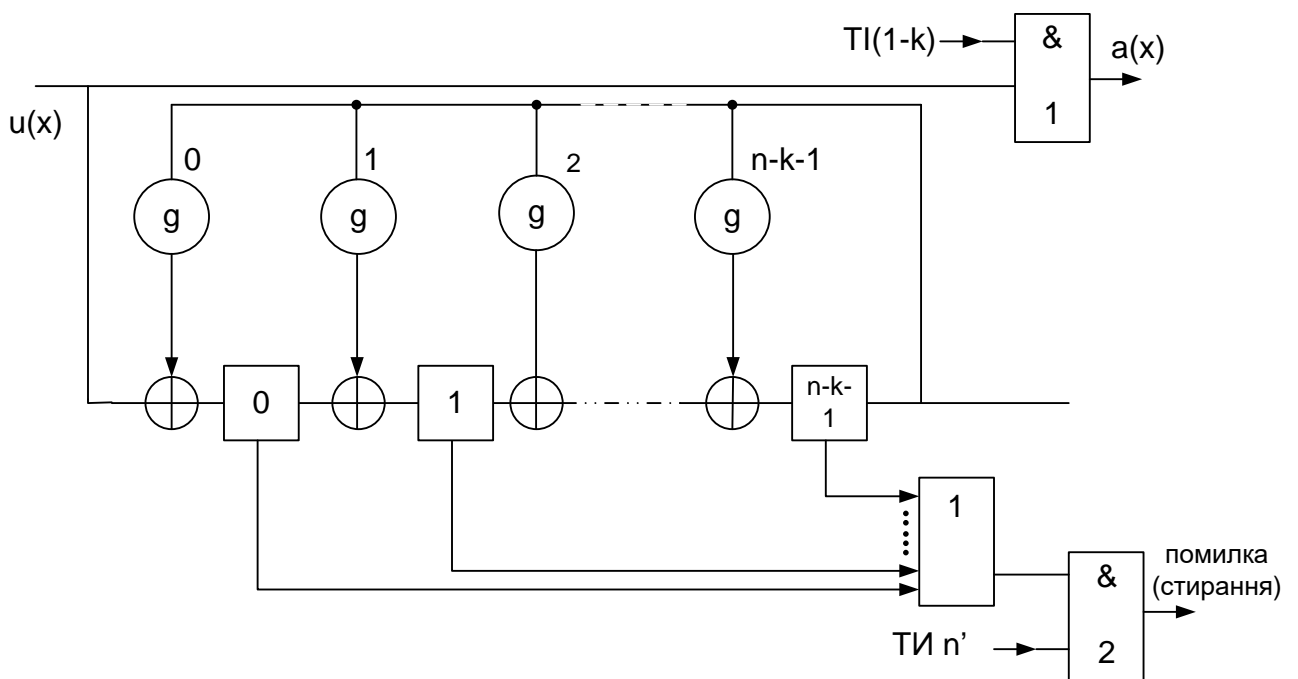


Рисунок 8 – Схема декодера систематичного коду з виявленням помилок

У декодері систематичного коду за перші k тактів інформаційні символи кодового слова надходять одночасно в регістр, а через елемент ПІ на вихід

декодера. Протягом наступних тактів у регістрі закінчується процес ділення $v(x)$ на $g(x)$ і формування залишку $r(x)$.

У схемі декодера систематичного коду, робота якого заснована на формуванні залишку $\overline{r(x)} = R_o(x)$ у випадку відсутності помилки в прийнятому кодовому слові, замість елемента АБО передбачається елемент І-НЕ, вхідна частина якого налаштується на $R_o(x)$.

Принципова схема декодера в нашому випадку має вигляд на рисунку 9.

3.3 Розробка дешифратора службових комбінацій

Блок службових комбінацій призначений для визначення комбінацій "Початок" і "Кінець", які передає передавач:

- комбінація "Початок" видається безпосередньо перед передачею інформації;
- комбінація "Кінець" видається наприкінці передачі інформації.

Комбінація "Початок" являє собою послідовність із 7 біт (0000010). Комбінація "Кінець" являє собою послідовність із 7 біт (0000011).

Інформаційна послідовність надходить від передавача в послідовному коді. Перетворимо її в паралельний код за допомогою послідовно-паралельного регістру SN74ALS164N. Виділимо з інформаційного масиву комбінації "Початок" і "Кінець" за допомогою дешифратора службових комбінацій побудованого на елементах НІ типу SN74ALS04 і SN74ALS30AN [7, 8]. Принципова схема дешифратора наведена нижче на рисунку 10.

3.4 Розробка формувача тактових імпульсів

Формувач тактових імпульсів представляє генератор імпульсів із частотою 2400 Гц. Генератор буде побудовано на елементах 2І-НІ з відкритим колектором типу SN74ALS01N, виробляє імпульси в широкому діапазоні частот від одиниць герців до декількох кГц [7, 8].

Залежність частоти f від ємності конденсатора:

$$f = 1 / RC .$$

						ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			34

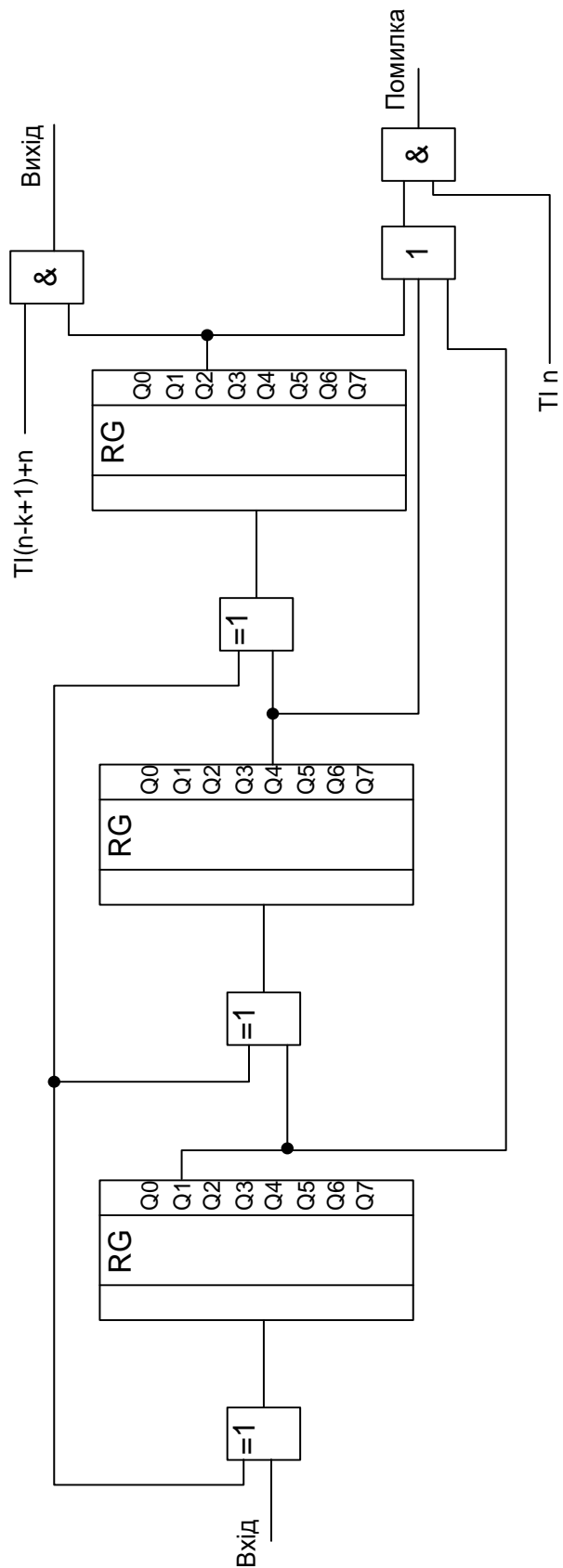


Рисунок 9 – Схема декодера коду Файра пристрою захисту від помилок

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для частоти 2400 Гц $R = 510 \text{ Ом}$ та $C = 10 \text{ мкф}$. Схема генератора тактових імпульсів приведена нижче на рисунку 11.

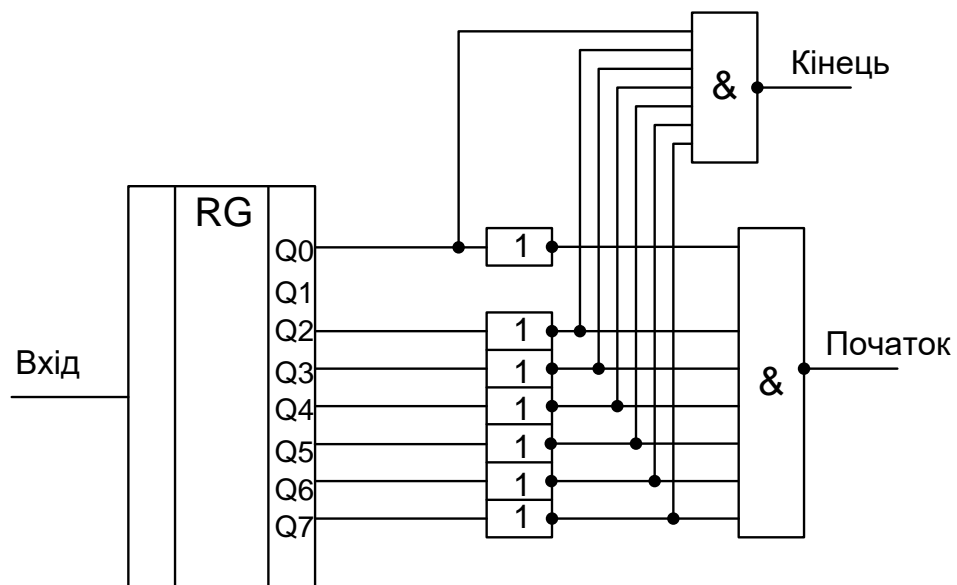


Рисунок 10 – Схема дешифратора службових комбінацій

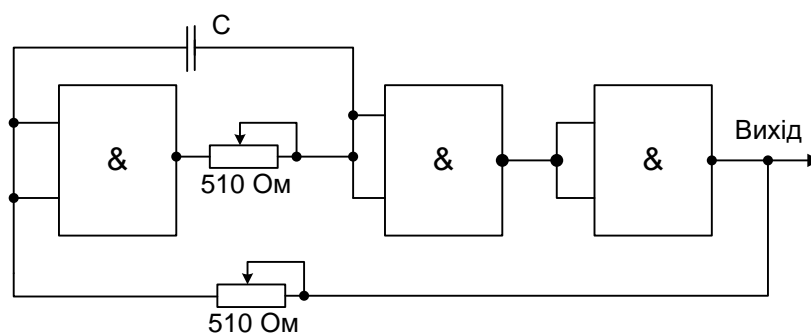


Рисунок 11 – Схема генератора

ВИСНОВОК

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра був спроектований пристрій захисту від помилок прийомної частини системи передачі даних на основі коду Файра. Кваліфікаційна робота була зроблена відповідно до технічних вимог щодо спроектованого пристрою і сучасного стану каналотворюючої апаратури та технологій передачі даних.

Спроекований пристрій працює за комбінованим режимом обміну даними, який полягає в тому, що у випадку невеликої кількості групованих помилок здійснюється кодування повідомлень кодом Файра з подальшим виявленням й виправленням помилок, у разі їх великої кількості в інформації, що передається, використовується інформаційний зворотний зв'язок і дуплексний режим обміну.

Пристрій захисту від помилок здійснює декодування прийнятих повідомлень різновидом циклічних кодів – кодом Файра. Цей код передбачає як виявлення групи помилок, так і його виправлення. Код Файра є найбільш оптимальним для реалізації декодування повідомлень відповідно до технічних вимог – виправлення помилок, які мають схильність до групування.

Прийняті повідомлення організуються у інформаційні пакети довжиною 156 розрядів, структура яких містить 108 інформаційних розрядів, 10 перевірючих розрядів, 20 розрядів фазуючої комбінації, 3 розряди номери блоків, 7 розрядів заголовка та 7 розрядів кінця інформаційного пакету.

Для забезпечення синхронізації з передавальною частиною системи передачі даних передбачається фазування. Воно забезпечує синхронну роботу передавальної й прийомної частини системи передачі даних. Фазування виконане по маркерному способу.

Таким чином, спроектований пристрій захисту від помилок основі коду Файра має наступні технічні характеристики:

- імовірність помилкової реєстрації знаку $P_{\text{кк}} \leq 7 \cdot 10^{-4}$;
- швидкість передачі дискретної інформації $V = 2400$ біт/сек;
- припустимий час затримки видачі повідомлення споживачеві $t_3 \leq 10$ мс;
- імовірність неправильного запуску прийомного пристрою $P_{\text{лф}} = 8 \cdot 10^{-5}$;
- характер групування помилок – до 10;

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ				

- мінімальний інтервал між групами помилок 4 сек;
- тип каналу зв'язку – дуплексний.

Область застосування даного пристрою – системи передачі даних із зворотним зв'язком для забезпечення надійної передачі повідомлень в умовах підвищеного рівня завад та схильності помилок до групування у досить великі пачки.

					ЦЗДВН 6.05080202.730 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		38

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 510 с.

2. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2013. – 944 с.

3. Кожевников В.Л. Теорія інформації та кодування: навчальний посібник / В.Л. Кожевников, А.В. Кожевников. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 108 с.

4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Пристрій захисту від помилок" по курсу "Системи передачі даних" / Укладачі Кулик І.А., Зубань О.Ю. – Суми, Видавництво СумДУ, 2008. – 73 с.

5. Золотарёв В.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник / В.В. Золотарёв, Г.В. Овечкин. Под. Ред. чл.-кор. РАН Ю.Б. Зубарева. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 126с.

6. Усенко О.А. Приложения теории информации и криптографии в радиотехнических системах: учебное пособие. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 170 с.

7. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для студентов вузов по направл. подгот. 230100 "Информатика и вычислительная техника" / Угрюмов Е. П. – СПб: БХВ-Петербург, 2014. – 797 с.

8. Платт Чарльз. Энциклопедия электронных компонентов. Том 2. Тиристоры. Аналоговые и цифровые микросхемы. Светодиоды. ЖК-дисплеи. Источники звука / Чарльз Платт, Фредерик Янссон. – СПб: BHV, 2016. – 368 с.

9. Scott A. Vanstone, Paul C. Van Oorschot, An introduction to error correcting codes with applications, ISBN 0-7923-9017-2.

10. David Terr. "Cyclic Code". MathWorld. (Сторінка оновлена 2019 р.).

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

