

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Лінійний кодек для кабельної мережі доступу»

Виконав: студент 2-го курсу,
групи ТКС-20м
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

_____ Бриль М.Р.

Керівник: к.т.н., професор каф. ТКСТБ

_____ Бортник Г.Г.

«_____» _____ 2021 р.

Опонент: д.т.н., професор каф. РТ

_____ Осадчук О.В.

«_____» _____ 2021 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТКСТБ

_____ д.т.н., проф. Кичак В.М.

«_____» _____ 2021 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань - 17– Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність - 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма - Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТКСТБ
д.т.н., професор В.М. Кичак
“ ___ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бриль Михайлу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Лінійний кодек для кабельної мережі доступу

керівник роботи Бортник Геннадій Григорович, канд. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” 09 2021 року № 277

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: код лінії – 8B4QI; тактова частота лінійного сигналу – 69МГц; рівні напруги лінійного сигналу +4В (для рівнів «+2», «-2»), +2В (для рівнів «+1», «-1») і 0В для рівня «0»; первинний сигнал – цифровий потік E4 (140 Мбіт/с) в NRZ коді; потужність споживання лінійного кодека не більша 10Вт від двополярного джерела постійної напруги +5В; тип логічних рівнів ВІС – ТТЛ.

4. Зміст текстової частини: аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу; розробка структури кодека; розробка електричної схеми кодека; комп'ютерне моделювання кодека; аналіз економічної ефективності розробки; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Лінійний кодер. Структурна електрична схема. Декодер лінійного сигналу. Структурна електрична схема. Моделювальна схема формувача лінійного сигналу. Часові діаграми роботи кодера. Моделювальна схема перетворювача з паралельного в послідовний код. Часові діаграми роботи перетворювача з паралельного в послідовний код. Моделювальна схема декодера. Часові діаграми роботи декодера.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бортник Г.Г., професор кафедри ТКСТБ		

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	10.09.2021р.	
2.	Аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу	17.09.2021р.	
3.	Розробка структури кодека	01.10.2021р.	
4.	Розробка електричної схеми кодека	29.10.2021р.	
5.	Комп'ютерне моделювання кодека	19.11.2021р.	
6.	Аналіз економічної ефективності розробки	30.11.2021р.	
7.	Охорона праці та безпека життєдіяльності	06.12.2021р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	13.12.2021р.	
9.	Нормоконтроль МКР	14.12.2021р.	
10.	Попередній захист МКР, опонування МКР	17.12.2021р.	
11.	Захист МКР ЕК	20.12.2021р.	

Студент

(підпис)

Бриль М. Р.

Керівник роботи

Бортник Г. Г.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.396.4

Бриль Михайло Романович. Лінійний кодек для кабельної мережі доступу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 172 – телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – телекомунікаційні системи та мережі. Вінниця: ВНТУ, 2021. 135 с.

На українській мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 27; табл.: 24.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено лінійний кодек для кабельної мережі доступу. У загальній частині роботи виконано аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу. Розроблено структури кодера та декодера. Здійснено електричні розрахунки усіх вузлів лінійного кодера. Проведено комп'ютерне моделювання структурних компонентів кодера та декодера.

Графічна частина складається з 8 плакатів із результатами моделювання.

В економічній частині були обчислені можливі витрати на проведення науково-дослідної роботи. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було проведено визначення області працездатності лінійного кодера для кабельної мережі доступу в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

Ключові слова: лінійний кодек, кодер, декодер, лінійний сигнал, послідовний код.

ABSTRACT

Bryl Mykhailo Romanovich. Line codec for cable access net work. Master's thesis in the specialty 172 - telecommunications and radio engineering, educational program - telecommunications systems and networks. Vinnytsia: VNTU, 2021. 135p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 28 titles; fig .: 27; table: 24.

A linear codec for cable access network has been developed in the master's qualification work. In the general part of the work the analysis of linear codes for the cable access network is performed. Coder and decoder structures have been developed. Electrical calculations of all nodes of the linear codec are performed. Computer simulation of the structural components of the encoder and decoder has been performed.

The graphic part consists of 8 posters with simulation results.

In the economic part, the possible costs of research were calculated. According to the analysis and calculations, the level of scientific effect of the research work is average, and the research is relevant, the level of feasibility of research work indicates the potential effectiveness with a high scientific, technical and economic level.

In the section "Occupational safety and health in emergencies" the definition of the area of operation of the linear codec for cable access network in the conditions of ionizing radiation and electromagnetic pulse.

Keywords: linear codec, encoder, decoder, linear signal, serial code/

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ЛІНІЙНИХ КОДІВ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ	10
1.1 Первинні лінійні сигнали	10
1.2 Аналіз лінійних кодів ЦСП.....	14
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ КОДЕКА	25
2.1 Розробка структури кодера.....	25
2.2 Розробка структури декодера.....	29
3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ КОДЕКА	35
3.1 Розрахунок електричної схеми кодера.....	35
3.1.1 Розрахунок цифрової частини кодера.....	35
3.1.2 Розрахунок формувача лінійного сигналу.....	37
3.1.3 Розрахунок стабілізатора напруги.....	45
3.1.4 Розрахунок загальної потужності споживання кодера.....	47
3.2 Розрахунок електричної схеми декодера.....	47
3.2.1 Розрахунок вхідного пристрою.....	47
3.2.2 Розрахунок вирішального пристрою.....	49
3.2.3 Розрахунок ВТЧ	55
3.2.4 Розрахунок цифрової частини декодера.....	62
3.2.5 Розрахунок загальної потужності споживання кодера.....	64
4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОДЕКА	65
4.1 Моделювання кодера.....	65
4.1.1 Моделювання роботи формувача лінійного сигналу.....	65
4.1.2 Моделювання роботи перетворювача в послідовний код.....	68
4.2 Моделювання декодера.....	71
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	74
5.1 Оцінювання наукового ефекту.....	74
5.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	78

5.2.1 Витрати на оплату праці	78
5.2.2 Відрахування на соціальні заходи.....	81
5.2.3 Сировина та матеріали.....	81
5.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі.....	83
5.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт . . .	83
5.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт	84
5.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень	85
5.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей.....	86
5.2.9 Службові відрядження	88
5.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації	88
5.2.11 Інші витрати	89
5.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати	89
5.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи	90
5.4 Висновок до розділу 5	92
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	93
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	93
6.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця	93
6.1.2. Електробезпека приміщення	95
6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	96
6.2.1. Мікроклімат	96
6.2.2. Склад повітря робочої зони	97
6.2.3. Виробниче освітлення	98
6.2.4 Виробничий шум	99
6.2.5 Виробничі випромінювання	100
6.2.6. Напруженість праці	101
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	101

6.3.1	Визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії іонізуючих випромінювань.	103
6.3.2	Визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії електромагнітного імпульсу	104
6.4	Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії електромагнітного імпульсу	105
	ВИСНОВКИ	107
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	109
	ДОДАТКИ	112
	Додаток А. Технічне завдання.....	113
	Додаток Б. Лінійний кодер. Структурна електрична схема.....	120
	Додаток В. Декодер лінійного сигналу. Структурна електрична схема.....	122
	Додаток Г. Моделювальна схема формувача лінійного сигналу.....	124
	Додаток Д. Часові діаграми роботи кодера.....	126
	Додаток Е. Моделювальна схема перетворювача з паралельного в послідовний код	128
	Додаток Ж. Часові діаграми роботи перетворювача з паралельного в послідовний код	130
	Додаток И. Моделювальна схема декодера.....	132
	Додаток К. Часові діаграми роботи декодера.....	134

ВСТУП

Актуальність теми. Останнім часом концепція підключення абонентів до мережі електрозв'язку зазнала істотних змін. Ці зміни особливо помітні при дослідженні способів побудови мереж електрозв'язку розвинених країн і тих, що розвиваються. Застосування мідних ліній як засіб доступу практично виключено при новому будівництві, а при реконструкції і підсиленні існуючих розподільних мереж вкрай обмежено. Сучасні способи побудови мереж доступу (МД) в даний час в основному реалізуються операторами зв'язку, що надають інтегральні послуги (передача мови і даних), тоді як оператори звичайної телефонної мережі проявляють деяку інерційність у впровадженні нових технологій [1].

Термін "мережа доступу" походить від англійського виразу access network, іноді використовується розширений переклад "мережа абонентського доступу" для підкреслення місця розташування МД в загальній структурі телекомунікаційної мережі. Мережа доступу розташовується між абонентським терміналом (телефонною розеткою) і кінцевим пристроєм транзитної мережі, у разі телефонної мережі кінцевою телефонною станцією. Абонентський термінал, як правило, не включається в МД, виняток становлять термінальні адаптери мереж інтегрального обслуговування, які іноді розглядаються як частина мережі доступу. Такий поділ досить резонний, оскільки мережа доступу обслуговується оператором зв'язку, на нього ж лягають і витрати на її побудову та експлуатацію. Абонентський же термінал (за винятком адаптерів ISDN в деяких країнах) отримується і обслуговується абонентом [2].

Сучасний стан розвитку мережі зв'язку характеризується широким впровадженням цифрових систем передавання (ЦСП). Проте протягом тривалого часу успішно використовувалися аналогові системи передавання (АСП). Через це важко дотримуватись нормативної якості передавання

інформації, централізовано здійснювати технічне обслуговування й реалізовувати концепцію загального управління електрозв'язком. Тому метою збільшення ефективності використання кабельних ліній зв'язку доцільно спільно використовувати АСП і ЦСП. Це пов'язано не стільки з технічною, скільки з економічною стороною питання.

Сполучення цифрової первинної мережі з існуючою аналоговою первинною має забезпечуватися завдяки утворенню аналогових каналів передавання і групових трактів у цифровій первинній мережі; утворенню цифрових каналів і групових трактів в аналоговій первинній мережі; використанню загального середовища поширення для передавання сигналів АСП і ЦСП. Основною перевагою цифрових методів передавання сигналів є можливість їх періодичної регенерації, висока стабільність параметрів каналів систем передачі, що суттєво підвищує техніко – економічні показники цифрових систем. Для АСП, як правило, немає різкої межі між працездатним і не працездатним станами системи, у той час як для ЦСП характерна наявність визначеного порогу, нижче якого система працює майже ідеально, а при його перевищенні є непридатною для практичного використання. Тому підтримці необхідного відношення сигнал/шум (а отже, коефіцієнту похибок) у ЦСП треба приділяти особливу увагу. Широке застосування інтегральних схем зменшує трудомісткість виготовлення обладнання ЦСП та дозволяє знизити вартість та габарити цього обладнання.

Для вирішення задачі узгодження аналогових і цифрових систем передавання – уніфікації довжини регенераційної ділянки для обох типів систем, необхідно розробити пристрій для зменшення швидкості проходження символів в лінійному тракті ЦСП. Тактова частота проходження символів в лінійному тракті ЦСП повинна бути такою, при якій ще можливе використання аналогової мережі з її регенераційними пунктами.

Аналіз останніх досліджень. В рамках цієї роботи не розглядаються мережі передавання даних (ПД) і засоби доступу до них. Мережі ПД

(виключаючи ISDN) будуються, в основному, з використанням каналів і ресурсів базової телефонної мережі. Перетворення цифрових сигналів в аналогову форму проводиться за допомогою модемів, які, у свою чергу, підключаються як абонентська установка до телефонної мережі. Тому описані нижче засоби доступу до телефонної мережі застосовуються і для забезпечення низькошвидкісного передавання даних [3].

Традиційний спосіб підключення, що полягає в прокладанні мідної абонентської лінії від кінцевої станції до терміналу абонента, стає все більш дорогим і не вирішує всього спектра завдань, що стоять перед сучасною телекомунікаційною мережею. Вартість самого мідного кабелю, а також його прокладання неухильно зростає. Завантаженість кабельної каналізації в містах, високі експлуатаційні витрати на підтримку стану кабелів у поєднанні з обмеженістю пропускної здатності примушують операторів шукати альтернативні шляхи вирішення проблеми доступу. У мережах доступу все частіше використовуються технології, що раніше застосовувалися лише на магістральних напрямках, а саме волоконно-оптичні і радіорелейні лінії [4].

Звичайно, не можна нехтувати величезною кількістю електричного кабелю, прокладеного за роки неподільного панування аналогової телефонії. Тут на допомогу приходять технології xDSL, детально описані раніше.

Концепція розвитку мереж доступу в основному розділяється на дві складові [5]:

- інтенсивність використання існуючих абонентських ліній (АЛ);
- будівництво мереж доступу із застосуванням нових технологій (ВОЛЗ, РРЛ, HDSL).

Концепція модернізації АЛ полягає, перш за все, в різних способах підвищення їх пропускної здатності (або ущільнення) без зміни топології мережі. При ущільненні АЛ проводиться просте нарощування числа ліній, ущільнені АЛ з функціональної точки зору не відрізняються від традиційних мідних [3].

Дана концепція детально описана в попередніх розділах, присвячених устаткуванню цифрових систем передавання для АЛ і апаратури HDSL.

Концепція побудови сучасних мереж доступу має істотні відмінності від простого ущільнення АЛ. По-перше, мережа доступу розглядається як єдина структура, має свою ідеологію побудови, топологію, систему управління. По-друге, сукупність різних типів каналоутворювального обладнання і лінійних передавальних систем, які використовуються в мережі доступу, практично не обмежує можливостей оператора щодо надання як аналогових, так і цифрових послуг. Нарешті, за умови цифровізації і стандартизації транзитної мережі, сучасна мережа доступу суттєво змінює підхід до побудови комутаційного обладнання, оскільки всі абонентські підключення до комутатора здійснюються по цифрових стиках.

Основна ідея побудови мережі доступу далеко не нова. Більш того, практично все обладнання, вживане нині на ділянці "останньої милі", бере свій початок від розробок, призначених для організації міжстанційних зв'язків. Фактично мережа доступу є фрагментом цифрової транспортної мережі, що сполучає телефонну станцію з абонентськими терміналами. Мета створення мережі абонентського доступу є в максимально можливому наближенні мережевих елементів до абонента і, тим самим, скороченні "останньої милі" (як і раніше виконаної кабелем) до "останнього метра". Кінцевий мережевий елемент, як правило, мультиплексор, виноситься якомога ближче до місця розташування абонентів [6].

Мета і завдання роботи. Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення завадостійкості кабельної мережі доступу за рахунок використання п'ятирівневого лінійного коду.

Для досягнення цієї мети під час проведення теоретичних та експериментальних досліджень висувались такі задачі:

- аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу;
- розробка структури кодека;

- розробка електричної схеми кодека
- комп'ютерне моделювання кодека.

Об'єктом дослідження є процес кодування сигналів у кабельних мережах доступу.

Предметом дослідження є методи та засоби лінійного кодування у цифрових трактах передачі сигналів.

Методи досліджень базуються на використанні: теорії кодування для синтезу лінійних кодів, теорії випадкових процесів для аналізу п'ятирівневого лінійного коду; евристичного синтезу для розробки структур кодера та декодера сигналів; комп'ютерне моделювання для аналізу та перевірки достовірності отриманих теоретичних положень.

Новизна одержаних результатів:

- вперше запропоновано використання п'ятирівневого лінійного коду для покращення завадостійкості кабельної мережі доступу;
- вперше запропоновано використання надмірних кодових блоків для передачі додаткової інформації по каналу зв'язку;
- вперше запропоновано табличний спосіб побудови цифрової частини лінійного кодека.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на І науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету у 2021 році.

1 АНАЛІЗ ЛІНІЙНИХ КОДІВ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

1.1 Первинні лінійні сигнали

Первинні цифрові сигнали можуть бути отримані шляхом RZ, NRZ кодування – тобто з поверненням до нульового рівня або без нього [4].

Код у форматі RZ – це послідовність уніполярних імпульсів з значенням шпаруватості, що дорівнює 2. На рисунку 1.1 зображені часові і частотні діаграми RZ коду.

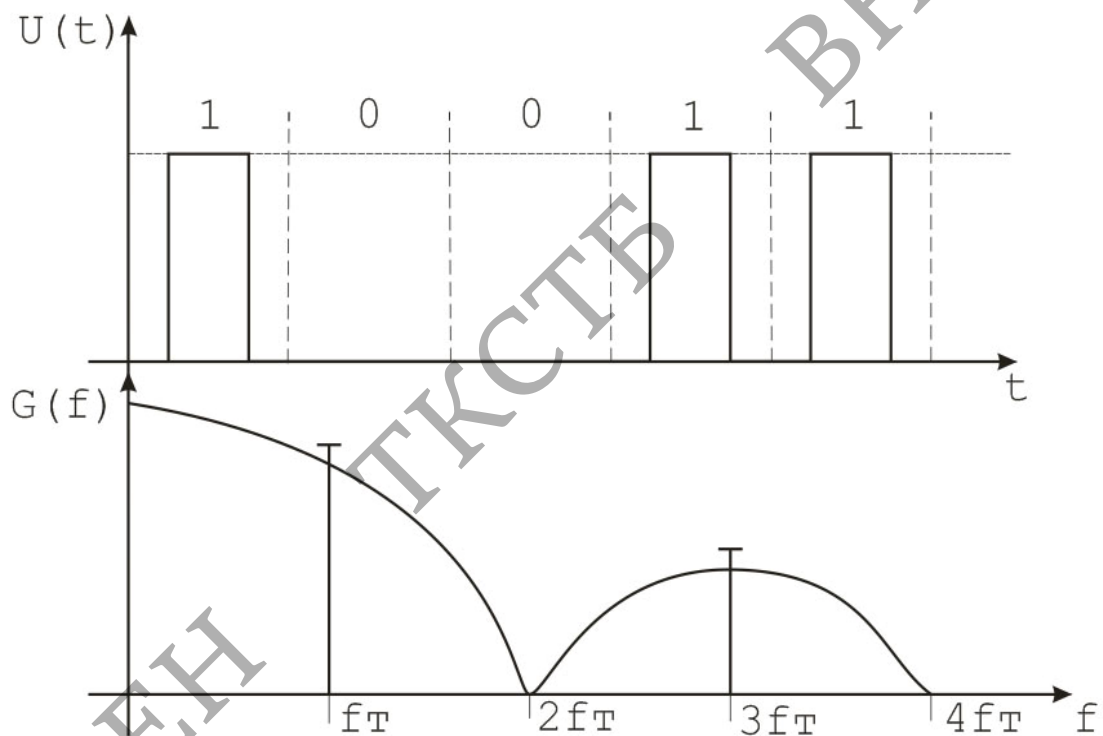


Рисунок 1.1 – Часова і частотна діаграми RZ коду

Як видно з рисунку 1.1, енергетичний спектр RZ послідовності містить постійну складову, дискретні складові з частотою, кратною f_T , і нескінченну неперервну частину. Шпаруватість послідовності $\theta = 2$, отже ширина однієї пелюстки складає $2f_T$. Недолік RZ кодування – вдвічі ширша смуга частот при однаковій швидкості передавання в порівнянні з NRZ. Однією з переваг RZ кодування є неможливість втрати синхронізації при будь якій довжині

пакета даних, оскільки кожен цифровий відлік містить перехід з «0» в «1» (стробуючий імпульс) або навпаки, що використовується для синхронізації приймача [5].

Код у форматі N.RZ – це послідовність уніполярних імпульсів з значенням шпаруватості рівним 1. На рисунку 1.2 зображені часові і частотні діаграми NRZ коду.

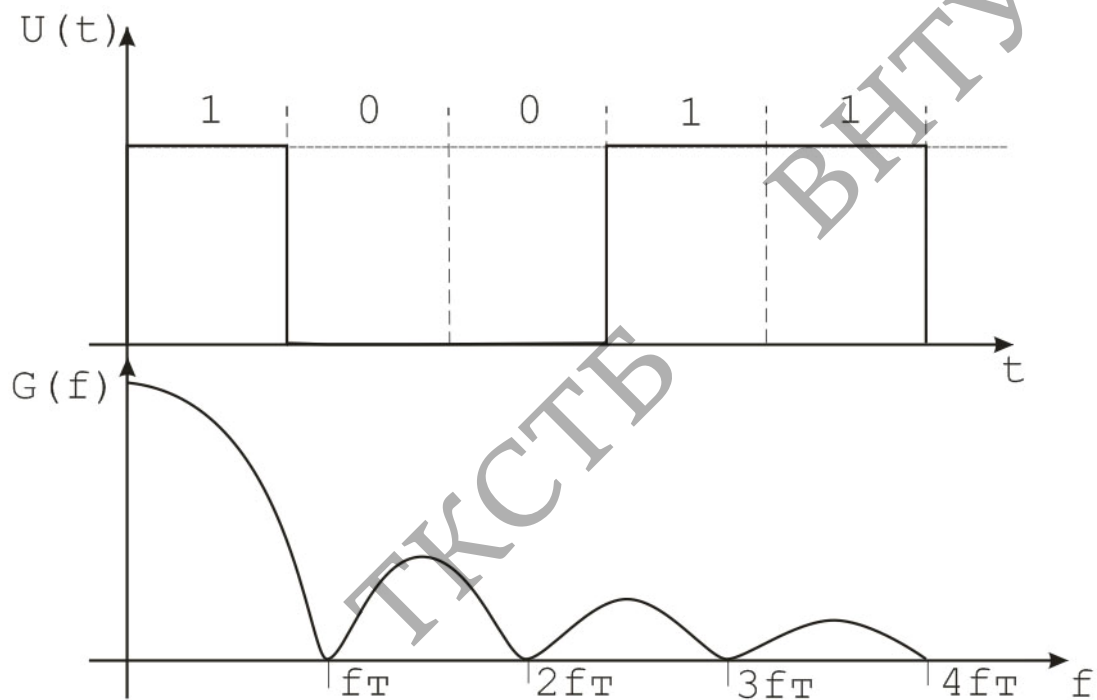


Рисунок 1.2 – Часова і частотна діаграми коду NRZ

Енергетичний спектр NRZ коду містить постійну складову і неперервну частину. Дискретні складові відсутні. Шпаруватість послідовності $\theta = 1$, отже ширина однієї пелюстки складає f_T . Недоліком NRZ коду є висока вирогідність втрати синхронізації при передаванні однотипних блоків даних(всі «1» або всі «0»).

Різновидом NRZ коду є код NRZ-I. В кодi NRZ-I кожний фронт сигналу несе інформацію про те, що наступний біт дорівнює «1», тобто, якщо фронт відсутній, то бітовий інтервал відповідає «0». На рисунку 1.3 зображені часові діаграми, що пояснюють принцип NRZ-I кодування [3].

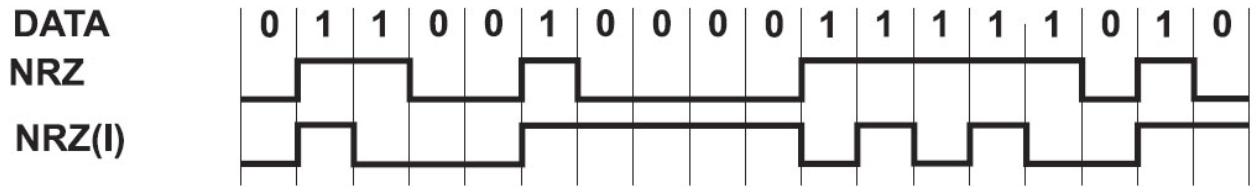


Рисунок 1.3 – Принцип NRZ-I кодування

Перевагою NRZ-I кодування є те, що при наявності завад значення первинного коду можна відтворити, використовуючи сусідні неспотворені біти, а не порівнюючи його з пороговим значенням. Спектр NRZ-I коду подібний до спектру NRZ.

На рисунку 1.4 зображений спектр однополярної послідовності імпульсів(2) типу RZ та квазітрійкової послідовності (1).

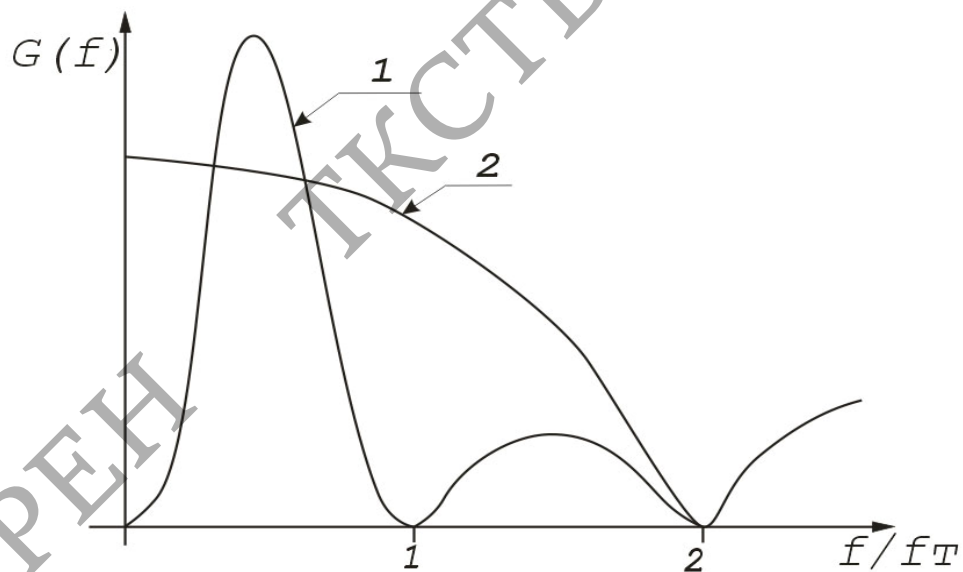


Рисунок 1.4 – Спектр однополярної імпульсної послідовності(2) та квазітрійкового коду (1)

Теоретично спектр (2) нескінченний, але 90% енергії зосереджено в смузі від 0 до $2f_T$ Гц. При співставленні форми спектра (2) з характеристиками реальної лінії зв'язку (ЛЗ) має місце значна невідповідність: по перше, наявність лінійних трансформаторів і розділових ємностей підсилювачів ретрансляторів заважає проходженню через ЛЗ

постійної складової сигналу, по-друге, згасання ЛЗ в області НЧ і ВЧ призводить до значного зменшення амплітуди відповідних компонентів сигналу. Втрата постійної складової може бути скомпенсована на приймальній стороні, отже найбільший вплив на форму сигналу мають НЧ і ВЧ спотворення. Втрата ВЧ складових сигналу впливає на крутість фронтів імпульсів, НЧ спотворення призводять до зміщення по вертикалі базової лінії послідовності (рисунок 1.5), яка визначає поріг спрацювання регенератора, що, в свою чергу напряму впливає на частоту помилок регенерації. На рисунку 1.5 зображено проходження послідовності імпульсів через реальну ЛЗ [2].

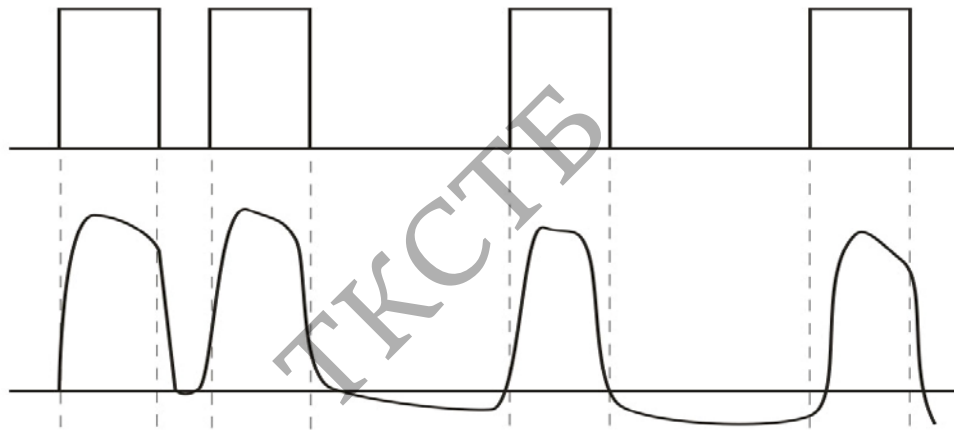


Рисунок 1.5 – Проходження імпульсів через реальну ЛЗ

Ще однією причиною необхідності перетворення двійкової послідовності є те, що при тривалій появі «0» імпульси напруги відсутні, отже і відсутнє опорне коливання, яке необхідно для правильної роботи регенераторів.

Отже, для забезпечення надійного приймання і однозначного декодування сигналу під час передачі по ЛЗ необхідно виконати деякі перетворення, які називають лінійним кодуванням, а утворений код – лінійним. До лінійних кодів висуваються наступні вимоги:

- однозначність декодування, тобто вхідній послідовності відповідає тільки одне значення вихідної послідовності і навпаки;

- у спектрі лінійного сигналу повинні бути послаблені ВЧ і НЧ складові;
- висока щільність імпульсів (кількість імпульсів повинна значно перевищувати кількість пропусків);
- лінійний код повинен мати шумоподібний характер для запобігання створення завади на частоті f_T в сусідніх парах кабелів, що особливо помітно при передачі блоків з великою кількістю «1».

В кабельних лініях зв'язку використовується передавання цифрових сигналів імпульсами постійного струму, при цьому лінійні сигнали можуть бути дворівневі та багаторівневі.

Важливою характеристикою лінійного сигналу є цифрова сума та варіація цифрової суми. Цифровою сумою n рівневого сигналу називають алгебраїчну суму амплітуд сигналу на певному проміжку часу. Варіація цифрової суми – різниця між максимальним і мінімальним можливими значеннями цифрової суми. Якщо варіація цифрової суми має кінцеве значення, то код називають збалансованим.

1.2 Аналіз лінійних кодів ЦСП

Код з чергуванням полярності імпульсів (ЧПІ)

Кодування відбувається шляхом зміни полярності імпульсів по відношенню до попереднього, тобто відбувається чергування. На рисунку 1.6 зображені часові діаграми, що пояснюють принцип ЧПІ кодування.

Спектр ЧПІ сигналів зображений на рисунку 1.4. Як видно, спектр ЧПІ сигналу не містить постійної складової, рівень НЧ і ВЧ досить незначний, основна енергія міститься в районі напівтактової частоти. ЧПІ код використовує три рівня напруги для передачі сигналу, але він залишається двійковим, оскільки для кодування «1» використовуються наявність імпульсу, для кодування «0» - його відсутність.

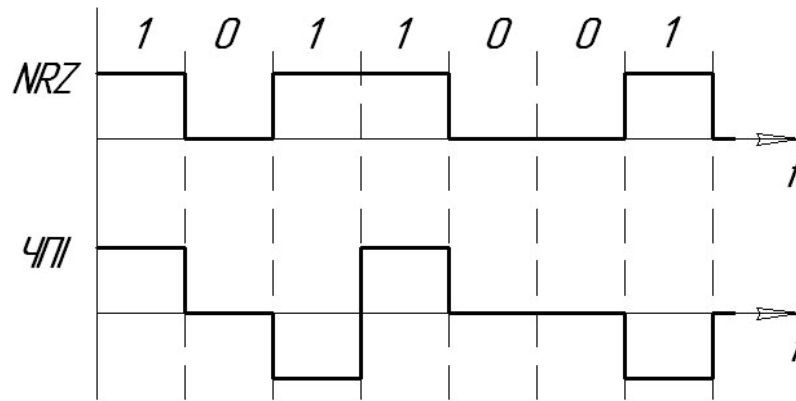


Рисунок 1.6 – Утворення коду ЧПІ

Недоліком ЧПІ являється складність виділення тактової частоти при передаванні блоку, що складається в великій кількості «0», оскільки щільність ЧПІ коду дорівнює щільності коду NRZ. Даний недолік ЧПІ кодування призвів до появи квазітрійкових кодів.

Код з великою щільністю одиниць (КВЩ)

В кодах КВЩ незалежно від довжини блоку «0» вхідної послідовності довжина блоку «0» вихідної послідовності не перевищує наперед задану кількість N . Правила формування аналогічні ЧПІ коду до моменту появи блоку з N нулів. Блок з N нулів замінюється комбінацією $0..0V$ або $0..BV$, де B – імпульс, полярність якого протилежна до попереднього, V – імпульс, з полярністю попереднього імпульса. При першій заміні блоку з N нулів встановлюється будь яка з комбінацій, далі за наступним алгоритмом: якщо кількість «1» між порушеннями парна, то встановлюється $0..BV$, інакше - $0..0V$. На рисунку 1.7 зображені часові діаграми, що пояснюють принцип формування КВЩ для випадку $N = 4$ (код КВЩ-3)

Використання КВЩ-кодів значно спрощує виділення тактової частоти (рівень напруги коливання тактової частоти змінюється у менших межах, в порівнянні з ЧПІ), але одночасно вдвічі збільшується варіація цифрової суми. До недоліків КВЩ можна віднести розмноження помилок при неправильному декодуванні, в загальному випадку коефіцієнт розмноження помилок складає 1,2 [2]. Спектр КВЩ майже ідентичний до спектру ЧПІ.

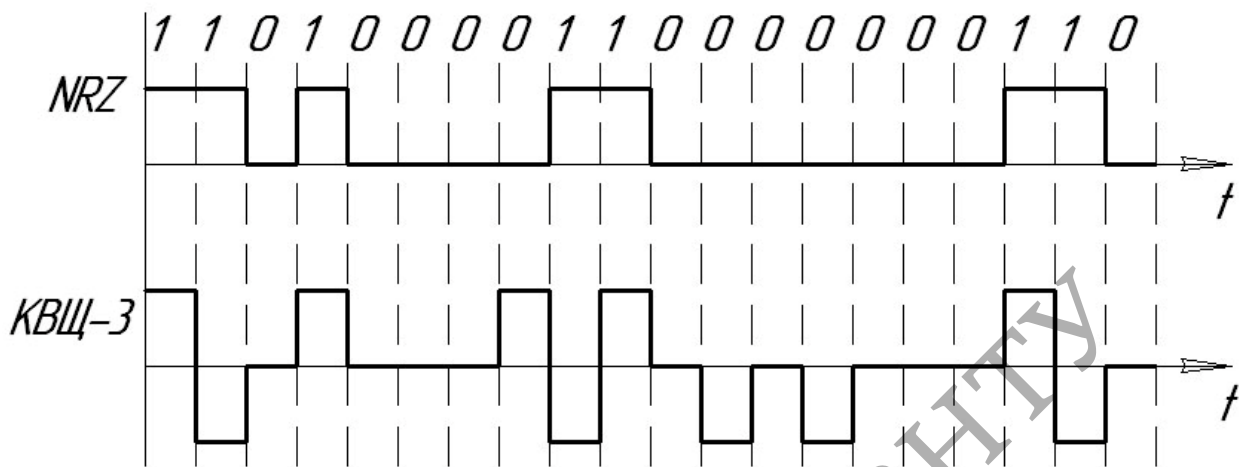


Рисунок 1.7 – Формування KVЦ-3

Парно вибірні коди

При використанні парно-вибірних кодів вхідний сигнал розбивається на групи, які в свою чергу замінюються згупами символів іншого алфавіту (з іншою системою числення). Прикладом парно-вибірного коду є код 2В2Т. Нехай імпульс додатньої полярності позначається «+», від'ємної полярності – «-», відсутність символу – «П», тоді Пари символів «11» та «00» кодуються однозначно як «+-» і «-+» відповідно, а пари «10» та «01» кодуються так, щоб імпульси різної полярності зустрічалися з однаковою частотою, тобто «10» перетворюється в «П-» або «П+» (в залежності від аолярності попереднього імпульса), а «01» - «-П» або «+П». На рисунку 1.8 зображена часова діаграма, що наочно пояснює принцип утворення парно-вибірного коду. Спектр коду 2В2Т майже не відрізняється від спектра ЧПІ сигналу.

Зменшення швидкості передавання в ЛЗ може бути досягнуто шляхом переходу до кодів з основою, більшою $2x$. При використанні багаторівневого коду з основою більше $2x$ між тривалостями тактових інтервалів двійкового коду T_2 і багаторівневого коду T_m існує наступне співвідношення:

$$T_2 \cdot n_2 = T_m \cdot n_m, \quad (1.1)$$

де n_2 – кількість двійкових імпульсів, n_m – кількість багаторівневих імпульсів.

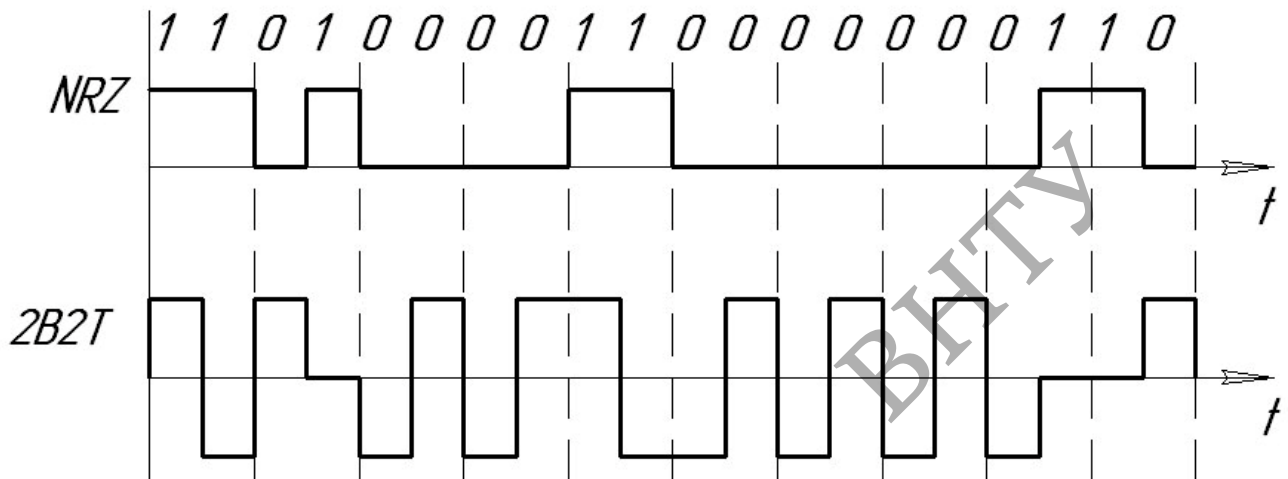


Рисунок 1.8 – Синтез парно вибірного коду.

Отже, необхідна швидкість передавання в лінії визначається як:

$$f_{Tm} = \frac{1}{T_m} = f_{T2} \cdot \frac{n_m}{n_2}, \quad (1.2)$$

де f_{T2} – тактова частота первинного сигналу.

При переході від двійкового коду до коду, з основою M перетворення відбувається шляхом заміни групи двійкових символів групою M -кових символів. Оскільки з групи двійкових символів можливе утворення максимум 2^{n_2} комбінацій, а з групи M -кових символів – M^{n_m} комбінацій, то вимога, при якій можливе кодування запишеться як:

$$n_m \cdot \log_2 M \geq n_2 \quad (1.3)$$

Отже, тактова частота M кового лінійного сигналу визначиться як:

$$f_{Tm} \geq f_{T2} \cdot \frac{1}{\log_2 M} \quad (1.4)$$

З виразу 1.4 видно, що перехід до трійкового алфавіту зменшить швидкість передавання в лінії в 1,58 рази, а перехід до четвіркового алфавіту зменшить швидкість вдвічі [2].

Використання багаторівневих кодів у магістральних ЦСП дає змогу зробити їх економічно конкурентоспроможними з АСП, оскільки при цьому зменшується тактова частота сигналу в лінії, яка призводить до збільшення довжини ділянки регенерації, що може бути доведена до довжини підсилювальної ділянки АСП відповідного рівня. Це є дуже важливим при організації цифрових трактів на магістралях разом з АСП.

Перспективними для організації лінійних трактів ЦСП вищих щаблів ієрархії є п'ятирівневі коди, що дають можливість знизити тактову частоту в 2 рази. Так, ієрархічна четвєртинна ЦСП із швидкістю передавання 139,264 Мбіт/с (ІКМ-1920) за своїми техніко-економічними характеристиками поступається аналоговій системі К-3600, оскільки при тій довжині ділянки (3 км) дає змогу організувати вдвічі меншу кількість каналів ТЧ. Тому велика увага приділяється розробці модифікації четвіркового ЦСП ІКМ-1920x2, що дає можливість завдяки застосуванню п'ятирівневого коду в лінії подвоїти кількість каналів без зміни довжини ділянки регенерації. До таких кодів належить, наприклад, блоковий балансний код типу 6В3Q, варіація цифрової суми якого може досягати 13.

Знизити тактову частоту вдвічі можна і за допомогою розробленого в нашій країні неблочного п'ятирівневого коду типу БК-45, що порівняно з кодом 6В3Q дає можливість одержати більш збалансований сигнал (варіація цифрової суми не перевищує 7). Крім того, при використанні коду БК-45 не потрібна підтримка блокової синхронізації кодера і декодера.

Балансний п'ятирівневий код 8В4QІ

Алгоритм перетворення в код 8B4QI, розроблений з позицій спрощення кодоперетворювачів, отримання високої перешкодозахищеності регенераторів і малого коефіцієнта помилок при декодуванні, дозволяє понизити швидкість лінійного сигналу в 2 рази, що створює передумови для використання коду при організації двократної четвертинної ЦСП ІКМ-1920x2 [3].

Алгоритм перетворення двійкового сигналу в балансний п'ятирівневий сигнал (код 8B4QI). Всі балансні багаторівневі коди мають надмірність, тому критерієм оптимальності алгоритму кодоперетворення є максимальне використання надмірності коду з метою: забезпечення високої перешкодозахищеності регенератора від міжсимвольних спотворень; виділення сигналу синхронізації; контролю лінійного коду без розриву зв'язку; забезпечення мінімального коефіцієнта розмноження помилок при декодуванні; спрощення кодоперетворювачів.

Перша вимога може бути виконана при мінімальному ході небалансу п'ятирівневого сигналу, що згідно [4] вимагає чотирьох-алфавітного взаємно-однозначного перетворення $2^8=256$ восьмирозрядних двійкових слів B_k у відповідні їм чотирьохсимвольні п'ятирівневі блоки Q_k ($k = 1, 2, \dots$). При цьому допустимо задіяти з $5^4 = 625$ можливих п'ятирівневих блоків 74 балансні блоки, 76 пар блоків з вагою «+ -1» (-1), 68 пар блоків з вагою «+2» («-2») і 52 пари блоків з вагою «+3» («-3»). Вага G_k блоку Q_k визначається як сума ваг його складових символів Q_k , яким додані наступні позначення: «Н» – «+2» «+» – «+1»; «О» – «0»; «-» – «-1» і «=» – «-2».

Використовування блоків з вагою більш $|3|$ призвело б до збільшення ходу небаланса і, як наслідок, до зростання міжсимвольних спотворень. Заборона блоку «0000» гарантує формування у вихідному сигналі підряд не більше шести нулів і зміст необхідної інформації про хронуючий сигнал. В таблицях 1.1, 1.2 представлено перетворення блоку $B_k = B_k^{(1)} B_k^{(2)} B_k^{(3)} B_k^{(4)} B_k^{(5)} B_k^{(6)} B_k^{(7)} B_k^{(8)}$ в блок $Q_k = Q_k^{(1)} Q_k^{(2)} Q_k^{(3)} Q_k^{(4)}$, причому при $B_k^{(1)} = B_k^{(2)}$

формується п'ятирівневі блоки з парним значенням ваги G_k , а при $B_k^{(1)} \neq B_k^{(2)}$ – з непарним значенням G_k , що може бути використане для контролю лінійного сигналу [3].

Таблиця 1.1 – Перетворення B_k в Q_k з парним значенням G_k при $B_k^{(1)} \dots B_k^{(4)}$

$B_k^{(5)}$... $B_k^{(8)}$	0000	0001	0010	0011	1100	1101	1110	1111
0000	--HO	--OH	++O=	++=O	OO+-	OO-+	OOH=	OO=H
0001	+O-O	O+-O	H--O	-H-O	H+-O	+H-O	H+=-	+H+=
					=-+O	--+O	=--H	--=H
0010	O--H	-O-H	+=-H	=+-H	+O-H	O+-H	H--H	-H-H
					-O+=	O+-=	=++=	+=+=
0011	+- -+	--++	H= -+	=H-+	HO-+	OH-+	HO=H	OH=H
					=O+-	O=+-	=OH=	O=H=
0100	+OO-	O+O-	H-O-	-HO-	H+O-	+HO-	H+=+	+H=+
					=-O+	--O+	=-H-	--=H-
0101	+- =H	--=H	H= =H	=H=H	+--OO	--+OO	H=OO	=HOO
0110	O=OH	=OOH	HOO=	OHO=	+--OH	--+OH	H=OH	=HOH
					+O=	+O=	=HO=	H=O=
0111	O-O+	-OO+	+O+	=O+	+OO+	O+O+	H-O+	-HO+
					-OO-	O-O-	=+O-	+O-
1000	O-H-	-OH-	+H-	=H-	+OH-	O+H-	H-H-	-HH-
					-O=+	O- =+	=+=+	+= =+
1001	O=HO	=OHO	HO=O	OH=O	+--HO	--+HO	H=HO	=HNO
					+O=	+O=	=H=O	H= =O
1010	+H=	--H=	H=H=	=HH=	+++-	++-+	++H=	++=H
					--++	--+-	--=H	--=H
1011	+O=+	O+=+	H- =+	-H=+	O-H+	-OH+	+H=+	=H=+
					O+=-	+O=-	-H=-	H=-
1100	+-+-	--+-	H=+-	=H+-	HO+-	OH+-	HOH=	OHH=
					=O+	O=-+	=O=H	O= =H
1101	O-+O	-O+O	++O	==O	+O+O	O++O	H-+O	-H+O
					-O-O	O--O	=+-O	+=-O
1110	+O+=	O++=	H-+=	-H+=	O-+H	-O+H	++H	==H
					O+=-	+O=-	-H=-	H=-
1111	O=++	=O++	HO--	OH--	+---	--++	H=++	=H++
					-+--	+---	=H--	H=-

Розглянуте перетворення в цілому підкоряється правилу досягнення мінімального коефіцієнта розмноження помилок при зворотному перетворенні Q_k у B_k , якщо помилка в п'ятирівневому блоці одиночна і виражається в спотворенні рівня символу $Q_k^{(i)}$ на одиницю.

Таблиця 1.2 – Перетворення B_k в Q_k з непарним значенням G_k при $B_k^{(1)} \dots B_k^{(4)}$

$B_k^{(5)}$... $B_k^{(8)}$	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011
0000	00Н+ 00-0	00+Н 000-	Н+00 00=+	+Н00 00+=	00+0 00=-	000+ 00-=-	00Н- =-00	00-Н - =00
0001	НО-0 =0+0	ОН-0 0=+0	НО+= =0-Н	ОН+= 0=-Н	+0=Н -ОН=-	0+=Н 0-Н=-	Н- =Н =+Н=-	-Н=Н +=Н=-
0010	НО-Н -++=	ОН-Н +-+=	НН+= =Н+=	++-Н Н+=	+- -Н =0+=	-+-Н 0+=	Н= -Н == -Н	=Н-Н -- +=
0011	Н+-+ -0+-	+Н-+ 0+-	Н+=Н =++-	+Н=Н +=+-	+0-+ =-+-	0+-+ =-+-	Н- -+ =-Н=-	-Н-+ =-Н=-
0100	Н00- =00+	ОН0- 0=0+	НО=+ =ОН-	ОН=+ 0-Н-	+ОН= -0-Н	0+Н= 0- =Н	Н-Н= +=Н	-НН= +=Н
0101	++0- --0+	++-0 --+0	+++= -- -Н	++=+ -- -Н-	+000 -000	0+00 0-00	Н-00 =+00	-Н00 +=00
0110	+00Н 0+0=	0+0Н +00=	Н-0Н -Н0=	-Н0Н Н-0=	0-0Н -00=	-00Н 0-0=	+00Н =+0=	=+0Н +=0=
0111	Н00+ -+0-	ОН0+ +-0-	НН0- =Н0-	++0+ Н=0-	+0-+ =00-	-+0+ 0=0-	Н=0+ =00+	=Н0+ --0-
1000	Н0Н- -+=+	0НН- +- =+	++Н- =Н=+	НН=+ Н= =+	+Н- =0=+	-+Н- 0= =+	Н=Н- -- =+	=НН- = =Н-
1001	+0Н0 0+=0	0+Н0 +0=0	Н-Н0 -Н=0	-НН0 Н=0	0-Н0 -0=0	-0Н0 0- =0	+0Н0 =+0	=+Н0 +=0
1010	0-НН ++=-	-0НН ++=-	+НН =-++	=+НН - =++	--Н+ 0+=	--+Н +0==	Н+- -Н=	+Н- Н- =
1011	+Н-+ ОН=-	-+Н- НО=-	Н=Н+ =-НО	=НН+ =-ОН	0=Н+ -+=-	=ОН+ +- =-	Н+0= =Н=-	+НО= Н= =-
1100	Н++- -0+	+Н+- 0- +	Н+Н= =+-+	+НН= += -+	+0+- =- -+	0+- =- -+	Н+- =- =Н	-Н+- -- =Н
1101	НО+0 -+-0	ОН+0 +- -0	+++0 =Н-0	НН-0 Н=-0	+0+0 =0-0	-++0 0=-0	Н=+0 -- -0	=Н+0 ==+0
1110	+0+Н ОН=-	-0+Н НО=-	Н=+Н =-НО	=Н+Н =-НО	0=+Н -+- =	=0+Н +- - =	Н+=0 =Н=-	+Н=0 Н= - =
1111	+0++ 0+-	0+++ +0-	Н-++ -Н--	-Н++ Н---	0-++ -0--	-0++ 0---	+0++ =+-	=+++ +=--

Так, для абсолютної більшості блоків з невід'ємною вагою це нагадує

$$\left. \begin{array}{ccc} G_k & B_k^{(1)} & B_k^{(2)} \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & 1 & 0 \\ +2 & 1 & 1 \\ +3 & 0 & 1 \end{array} \right\} ; \left. \begin{array}{ccc} Q_k^{(3)} & B_k^{(5)} & B_k^{(6)} \\ Q_k^{(4)} & B_k^{(7)} & B_k^{(8)} \\ H & 1 & 0 \\ + & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ - & 0 & 0 \end{array} \right\} \cdot \begin{array}{l} \text{відоме перетворення в код Грея. Для} \\ \text{інших символів використовуємо} \\ \text{«вагову»} \\ \text{багаторівневого коду:} \\ B_k^{(4)} = 0, \text{ якщо вага символу} \end{array}$$

$Q_k^{(1)}$ більша ваги символу $Q_k^{(2)}$ або вага $Q_k^{(3)}$ більша $Q_k^{(4)}$ при $Q_k^{(1)} = Q_k^{(2)}$;

$B_k^{(4)} = 1$, якщо вага символу $Q_k^{(1)}$ менша ваги символу $Q_k^{(2)}$ або вага $Q_k^{(3)}$ менша ваги $Q_k^{(4)}$ при $Q_k^{(1)} = Q_k^{(2)}$;

$B_k^{(3)} = 0$ при $Q_k^{(1)} Q_k^{(2)}$: +0, 0+, НО,ОН, Н+, +Н, +- , -+, -0, 0- , = 0,0 =;

$B_k^{(3)} = 1$ при $Q_k^{(1)} Q_k^{(2)}$: Н-, -Н, Н =, = Н, +=, =+, НН, ++, а також при $Q_k^{(3)}$ або $Q_k^{(4)}$: «=».

В таблиці 1.1 і 1.2 приведені також блоки з негативною вагою. Дані позначення вводяться при балансуванні коду, яке супроводжується простим інвертуванням блоку з вагою « + 2», а для блоків з непарною вагою – і із зміною структури. На кінці блоку Q_k формується одне з чотирьох допустимих станів; можливі переходи з одного стану в інший показані на рисунку 1.9. В таблиці 1.3 представлено правило формування стану S_{k+1} , після чергового блоку Q_k .

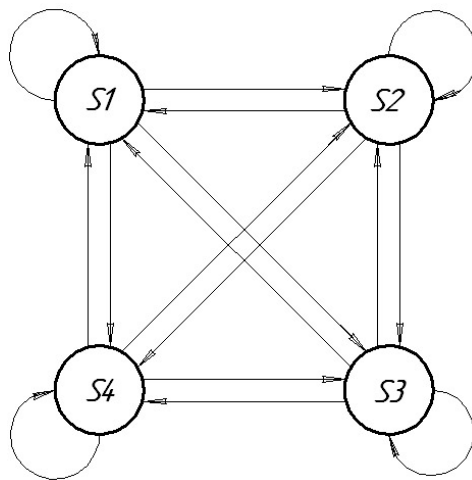


Рисунок 1.9 – Алгоритм формування стану S_{k+1} , після чергового блоку Q_k

У таблиці 1.4 - кількісне співвідношення між блоками B_k , і G_k . невикористаними залишилися дозволені ходом небалансу ще 12 пар блоків з вагою «+ 2» («-2»), а також балансні блоки «- -++» і «- -++».

Таблиця 1.3 – Правило формування стану S_{k+1} після чергового блоку Q_k

S_k	S_{k+1} при G_k						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
$S1$	–	–	–	$S1$	$S2$	$S3$	$S4$
$S2$	–	–	$S1$	$S2$	$S3$	$S4$	–
$S3$	–	$S1$	$S2$	$S3$	$S4$	–	–
$S4$	$S1$	$S2$	$S3$	$S4$	–	–	–

Таблиця 1.4 – Кількісне співвідношення між блоками B_k і G_k

Кількість блоків B_k	G_k			
	$S1$	$S2$	$S3$	$S4$
72	0	0	0	0
56	+2	+2	-2	-2
24	+1	-1	+1	-1
52	+1	+1	+1	-3
52	+3	-1	-1	-1

Останній блок може бути використаний як індикатор інверсії блочного коду в каналі зв'язку. Так, якщо блок $B_k = 00000000$ замість «- -НО» (див. таблицю 1.1) позначити блоком «- -++», то прийом «забороненого» блоку «++- -» сигналізуватиме про інвертування блочного коду. Решта надмірних блоків може бути використана для передачі додаткової інформації по каналу зв'язку.

Нормований по відношенню до спектра одиничного імпульсу вираз енергетичного спектру коду 8B4QI має вигляд [5].

$$\frac{W}{W_i} = \frac{231 - 107 \cos \theta - 36 \cos 2\theta - 18 \cos 3\theta}{32} - \frac{\cos 8\theta}{4096} (530 + 777 \cos \theta + 494 \cos 2\theta +$$

$$+ 247 \cos 3\theta) - \frac{9(32 \cos 4\theta - 5)}{32(1049 - 320 \cos 4\theta)} \times (41 + 61 \cos \theta + 40 \cos 2\theta + 20 \cos 3\theta) ,$$

На рисунку 1.10 показаний енергетичний спектр коду 8B4QI

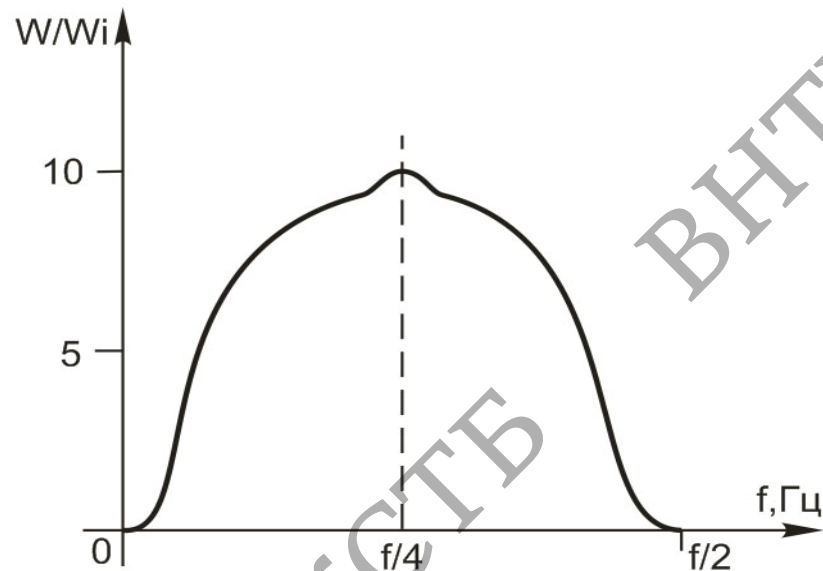


Рисунок 1.10 – Енергетичний спектр коду 8B4QI

Як видно з рисунку максимум енергії лінійного коду 8B4QI зосереджено на частоті $0,25f$, що дає можливість знизити тактову частоту в 4 рази.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ КОДЕКА

2.1 Розробка структури кодера

На рисунку 2.1 наведена структурна схема кодера лінійного тракту.

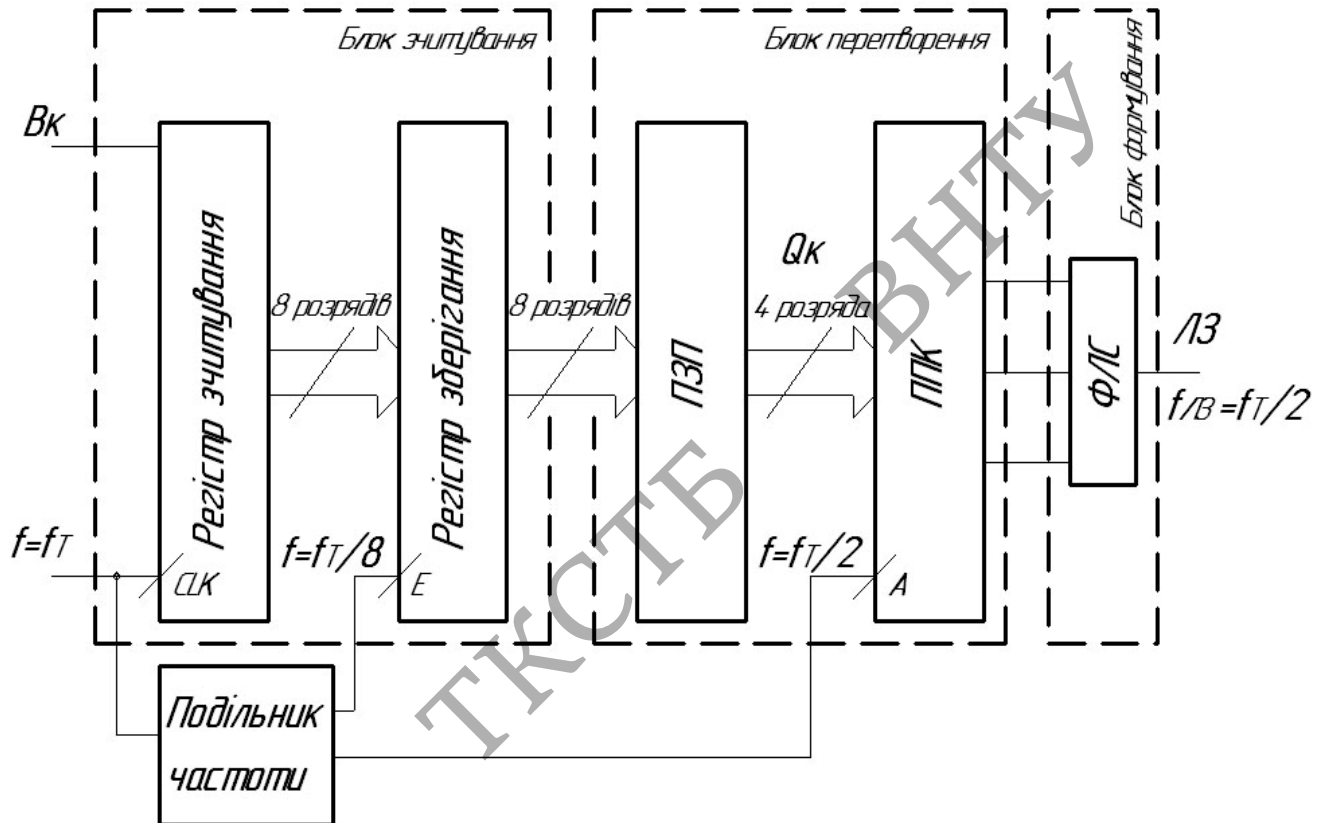


Рисунок 2.1 – Структурна схема кодера

Кодер складається з наступних частин: блок зчитування, блок перетворення в послідовний код (ППК), формувача лінійного сигналу(ФЛС) і подільника частоти. Позначення на структурній схемі: V_k – 8 розрядне двійкове слово, Q_k – 12 розрядне кодове слово.

Принцип формування кодового слова Q_k : кожен кодовий блок Q_k складається з чотирьох п'ятирівневих символів(згідно правил синтезу коду). Для того, щоб закодувати кожен п'ятирівневий символ у двійковому коді необхідно 3 двійкових розряди, оскільки $2^2 < 5 < 2^3$. Символи п'ятирівневого сигналу кодуються за правилом

$$\left. \begin{array}{l} "H" \longrightarrow 110 \\ "+" \longrightarrow 100 \\ 0 \longrightarrow 000 \\ "-" \longrightarrow 001 \\ "=" \longrightarrow 011 \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

де «H» – рівень +2, «-» - рівень -2, «+» - рівень +1, «-» – рівень -1, «0» - рівень 0 (див. розділ 1).

Як видно з (2.1), двійкове подання п'ятирівневих символів не співпадає з позиційним двійковим поданням десяткових чисел. Фактично блок Q_k (до ФЛС) є 12 розрядним двійковим словом.

В блок зчитування дані поступають в послідовному коді з частотою F_T . Блок зчитування складається з двох регістрів (зчитування і зберігання). Регістр зчитування є регістром паралельного запису і паралельної видачі коду (що спрощує процес зсуву), призначений для запису і циклічного зсуву двійкового слова V_k . Регістр зберігання змінює свій стан один раз на вісім тактів (завдяки схемі збігу), зберігаючи всі вісім тактів попереднє значення, що необхідно для нормального функціонування блока перетворення. Схема збігу (для спрощення структури на рисунку 2.1 не зображена) – двійковий лічильник, який обнуляється, при досягненні ним значення 111 (рачує по модулю 8), тим самим забезпечуючи формування керуючих імпульсів (для дозволу запису в регістр зберігання) тривалістю T_T в моменти заповнення регістра зчитування.

Блок перетворення призначений для перетворення 8 розрядної вхідної послідовності в 12 розрядний паралельно-послідовний двійковий блок Q_k .

Постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) зберігає в пам'яті один алфавіт перетворення 256 блоків Q_k . На виході ПЗП одночасно формуються 12 розрядів блоку Q_k . Для уникнення необхідності перетворення тактової частоти (ділення на коефіцієнт $8/3$ – не кратний 2) використовується 3 корпуси ПЗП організації 8×4 . ПЗП запрограмовано наступним чином: перша мікросхема розраховує перші біти чотирьох кодових слів $Q_{k1.1}$ –

$Q_{k4.1}$, друга мікросхема розраховує другі біти $Q_{k1.2} - Q_{k4.2}$, третя – треті біти $Q_{k1.3} - Q_{k4.3}$. По адресному слову V_k на виходах ПЗП формується одночасно 12біт (4 закодованих п'ятирівневих символа блоку Q_k по 3біт кожний), які зберігаються на протязі 8 тактових інтервалів (до моменту наступної зміни вмісту регістра зберігання).

Перетворювач в послідовно–паралельний код (ППК) призначений для перетворення 12 розрядного двійкового паралельного коду (на виходах ПЗП) у послідовно – паралельний (п'ятирівневі закодовані символи виводяться послідовно в паралельному коді – по 3 біт на символ), що необхідно для функціонування формувача лінійного сигналу. ППК складається з трьох мультиплексорів (для кожного корпусу ПЗП відповідно) для формування двійкового подання закодованого символу блоку Q_k (згідно формули 2.2) в паралельному коді. Для керування входами «вибір даних» мультиплексорів використовується другий і третій вихід ($F_T/2$ і $F_T/4$) основного подільника частоти. Тобто відбувається комутація кожного з 4х входів мультиплексора з його виходом (для кожного з 3х мультиплексорів). Перетворювач в послідовно – паралельний код працює на напівтактовій частоті, оскільки за час восьми вхідних тактів необхідно сформувати чотири вихідних такти такої ж тривалості. На виході блоку перетворення послідовно передаються закодовані п'ятирівневі символи в паралельному коді, тобто вихід блоку перетворення трьохрозрядний і цифровий.

Формувач лінійного сигналу формує п'ятирівневі символи згідно формули (2.1). Для формування біполярної п'ятирівневої послідовності ФЛС повинен містити цифрову (для перетворення унітарного коду в позиційний) і аналогову (для безпосереднього формування імпульсів) частини.

На рисунку 2.2 зображена структура формувача лінійного сигналу.

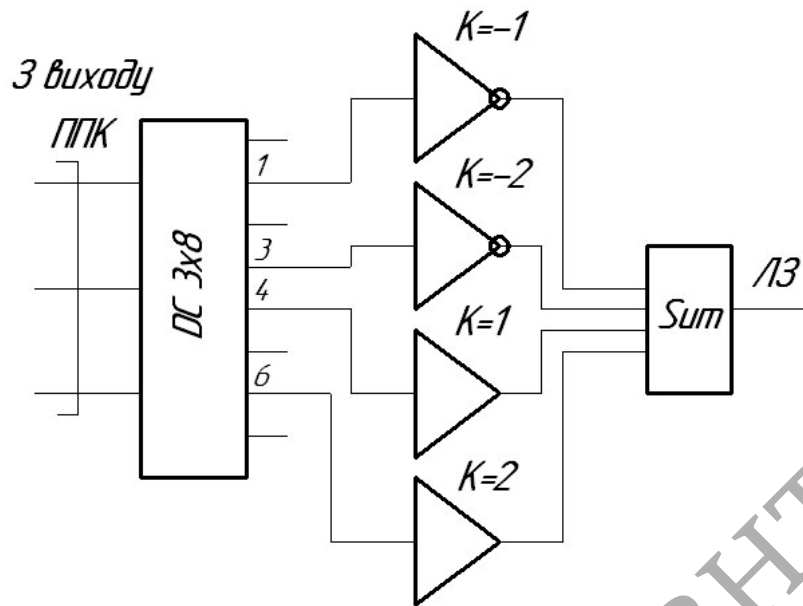


Рисунок 2.2 – Структура ФЛС

Цифрова частина ФЛС – дешифратор 3x8 – перетворює унітарний код в позиційний. П'ятирівневі символи шифруються згідно формули (2.1), отже, номери виходів дешифратора є десятковими еквівалентами двійкових комбінацій, наведених в (2.1). Тобто, при надходженні на дешифратор будь-якої з перерахованих в (2.1) комбінацій на виході (номер якого визначається як десяткове представлення коду вхідної комбінації) формується високий рівень напруги.

Аналогова частина ФЛС складається з підсилювачів, які підсилюють вихідний сигнал дешифратора з відповідними коефіцієнтами підсилення (які відповідають рівням п'ятирівневого сигналу). Отже, сигнал з виходу 6 («110₂» → 6₁₀) підсилюється до рівня «Н», з виходу 4 (100₂ → 4₁₀) – до рівня «+», з виходу 3 («011₂» → 3₁₀) до рівня «=», з виходу 1 («001₂» → 1₁₀) до рівня «-». Рівень «0» не знімається з виходу дешифратора, тобто в момент приходу «0» схема простоює, тим самим забезпечуючи нульовий рівень напруги на виході. Вихідні сигнали підсилювачів підсумовуються суматором «Sum» (див. рисунок 2.2), який одночасно є узгоджувачем пристроєм з лінією зв'язку.

Подільник частоти (рисунок 2.1) призначений для забезпечення синхронної безперервної роботи всіх вузлів кодера. В якості базового подільника частоти може бути використаний двійковий лічильник, оскільки коефіцієнти ділення, необхідні для синхронної роботи кодера, є степенню 2.

2.2 Розробка структури декодера

На рисунку 2.3 зображена структурна схема декодера лінійного сигналу [3].

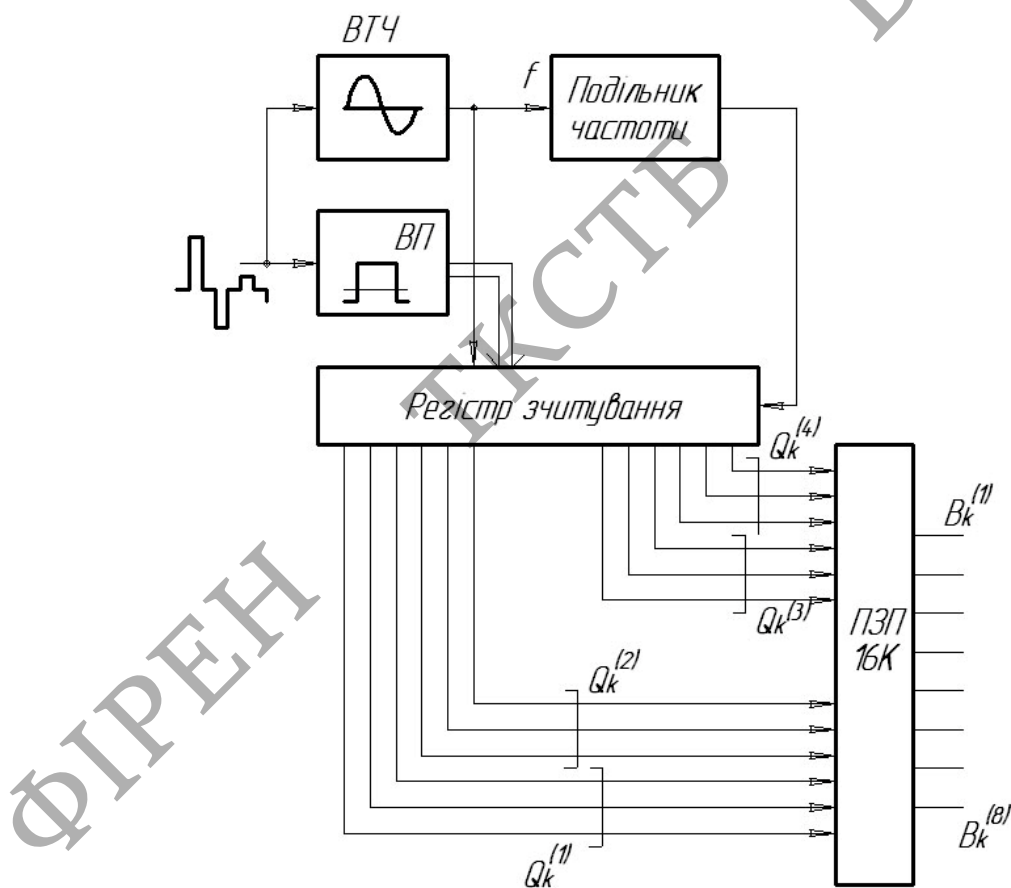


Рисунок 2.3 – Структурна схема декодера лінійного сигналу

Декодування не залежить від стану S_k і перетворення Q_k у B_k відбувається однозначно досягнувши блокової синхронізації. Пристрій

блокової синхронізації синхронізації повинно бути виконано по схемі, описаній в [7], для коду 4ВЗТ «FOMOT». Вирішальний пристрій ВП перетворює п'ятирівневі символи $Q_k^{(i)}$ в «трійки» дворівневих символів згідно позначень в формулі (?), і наступних з частотою лінійного коду f , яка виділяється з лінійного сигналу блоком ВТЧ. На виході регістра зчитування «Рег. счит.» в паралельному коді формується 12-розрядне двійкове слово, що позначає блок з чотирьох символів $Q_k^{(1)} - Q_k^{(4)}$. Існує два метода реалізації вирішального пристрою. В загальному випадку структурна схема вирішального пристрою зображена нижче (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Вирішальний пристрій

Перший спосіб реалізації. В якості пристрою реєстрації імпульсів використовуються компаратори, порівнюючи значення напруги сигналу на вході із значенням напруги еталонного джерела, всього необхідно задіяти 4 компаратора (для рівнів $N = i \pm$) і одну схему збігу, для запобігання хибної реєстрації значення \pm при значенні вхідного сигналу $N =$ (оскільки надходження сигналу $N =$ буде призводити до ввімкнення ключів \pm). Індикація нульового рівня відбувається шляхом логічної операції 2І-НІ над виходами компараторів $K+$ і $K-$, так як при нульовому значенні вхідної напруги компаратори $K+$ і $K-$ не ввімкнені. На виході схеми необхідно задіяти шифратор 8х3 для перетворення позиційного коду в двійковий (необхідно для правильної роботи ПЗП). На рисунку 2.5 зображена структурна схема першого варіанту реалізації вирішального пристрою.

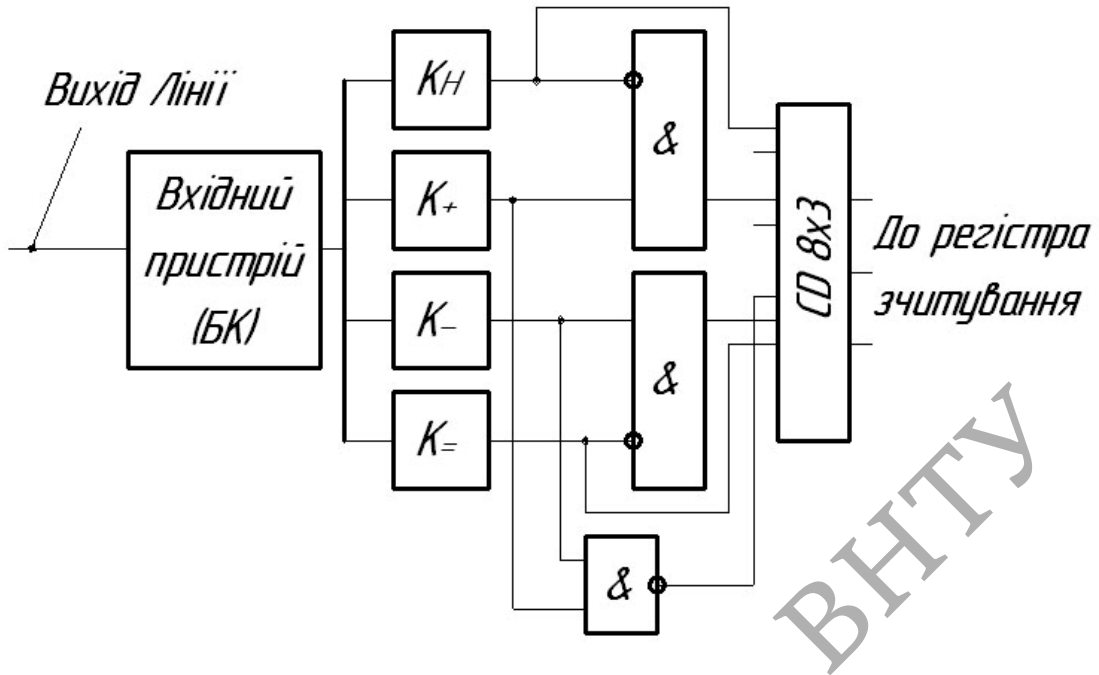


Рисунок 2.5 – Перший варіант реалізації вирішального пристрою

Другий варіант реалізації вирішального пристрою. Алгоритм перетворення: Вхідна біполярна п'ятирівнева послідовність за допомогою двотактної схеми розділяється на дві уніполярні дворівневі послідовності – додатній і від'ємний канал. Кожен канал містить: підсилювач, пороговий пристрій і схему активізації каналу. Пороговий пристрій (D триггер) реагує тільки на рівень Н або =, що забезпечується підсилювачем з відповідним коефіцієнтом підсилення. Завдяки схемі активації каналу в будь – який момент часу активним є тільки один канал (від'ємний, додатній, або нульвий). Схема активації каналу складається з компаратора (порівнює значення сигналу на виході мостової схеми з опорним рівнем +1 або -1 для кожного каналу) і схеми збігу (логічне 2І). На перший вхід схеми збігу поступає вихідний сигнал компаратора, на другий вхід – тактова частота з схеми ВТЧ. Нульовий рівень формується як логічна операція 2І-НІ в момент, коли обидва канали неактивні. Вихід ВП п'ятипроводовий: по 2 виводи (Q для рівнів Н= і Q для рівнів +/-) на додатній і від'ємний канали та нульовий вивід. Отже необхідно перетворити отриманий код у позиційний

за допомогою шифратора 8x3. На рисунку 2.6 зображена структурна схема другого варіанту реалізації вирішального пристрою.

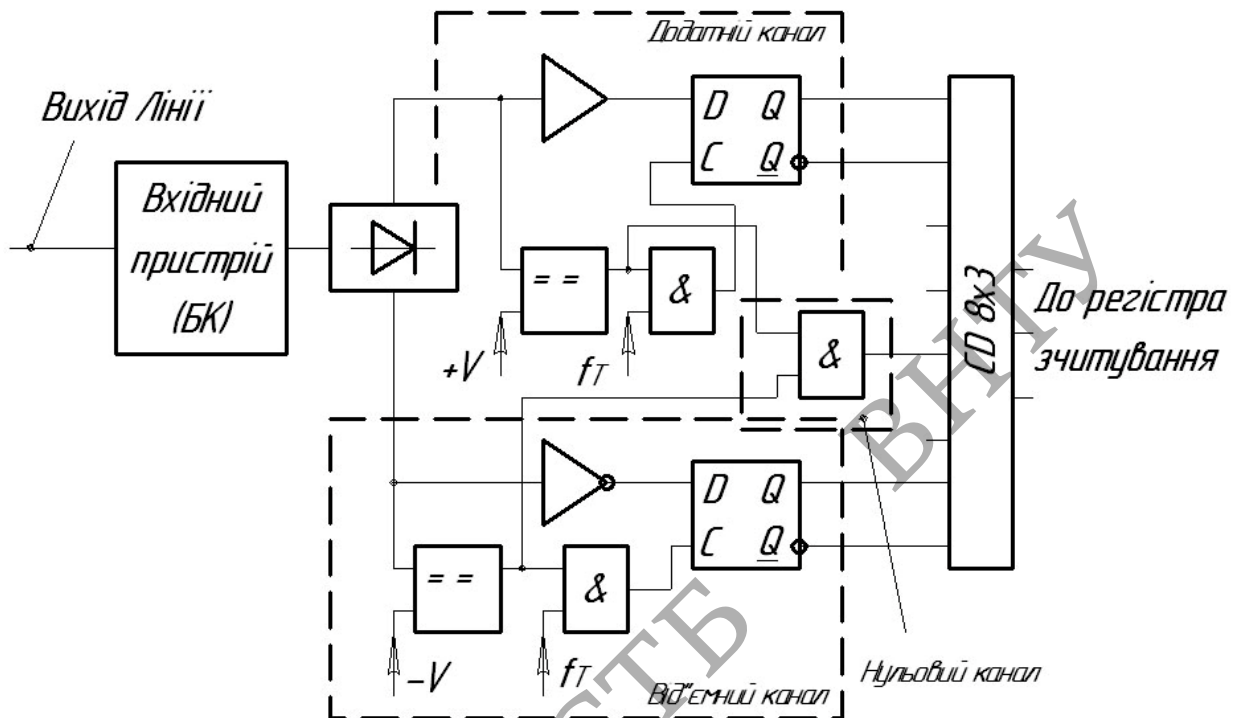


Рисунок 2.6 – Другий варіант реалізації вирішального пристрою

Другий варіант більш наочно демонструє процес прийняття рішення ВП, але велика кількість елементів значно ускладнює схему, утворює затримки, які відсутні в першому варіанті реалізації, крім того, введення додаткових елементів призведе до збільшення струму споживання. Отже, ВП будується згідно першого варіанту.

Подільник частоти необхідний для синхронної роботи регістра зчитування і ПЗП.

Основне використання в ЦСП знайшли пристрої тактової синхронізації з резонансною системою для виділення тактової частоти. Перевага таких систем – простота реалізації і, як наслідок, покращення економічних показників системи. Недоліки ПТС такого типу: швидке

пропадання тактової частоти при перервах зв'язку або при появі в приймаючому сигналі довгих серій пропусків (нулів); залежність стабільності виділеної тактової частоти і точності фазирування (від довжини серії нулів) характера кодових комбінацій і стабільності параметрів фільтра, виділювача тактової частоти, а також від швидкості передачі. [6]

Більш складним є метод синхронізації з використанням пристроїв автоналаштування частоти генераторів тактової частоти приймального обладнання, який не має недоліків першого метода. Однак апаратна реалізація систем з ФАПЧ досить складна, до того ж існує проблема самозбудження цих систем.

В даному випадку для реалізації пристрою виділення тактової частоти (ВТЧ) доцільно застосувати систему пасивної фільтрації з метою отримання коливання з центральною частотою лінійної послідовності (оскільки енергетичний пік лінійного сигналу спостерігається саме на цій частоті, див. рисунок 1.10). Код 8В4QІ виключає можливість виникнення серії «0», довшої 6 (згідно правилам синтезу коду), отже, недолік, названий вище не має місця. Для отримання напівтактової частоти двійкової послідовності на виході селективного фільтра вмикається формувач синхроімпульсів. На рисунку 2.7 зображена структура ВТЧ.[7]

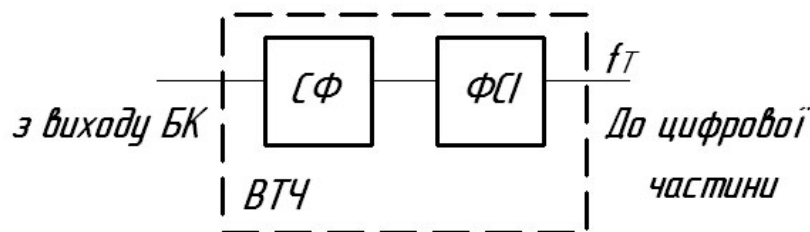


Рисунок 2.7 – Структурна схема ВТЧ

В якості регістра зчитування може бути використаний будь який 12 розрядний регістр з ТТЛ рівнями і достатньою швидкодією.

ПЗП повинно мати організацію 12x8, можливо використати два корпуса ПЗП організації 6x4 відповідно запрограмованих. Необхідна швидкодія ПЗП визначається з формули

$$F_{\text{ПЗП}} = F_{\text{ЛП}}/4 = F_{\text{T}}/8 \quad (2.2)$$

де $F_{\text{ЛП}}$ – тактова частота лінійної послідовності;

F_{T} – тактова частота двійкової послідовності (з виходу ВТЧ).

Отже, максимальний час обробки даних в пам'яті складає $8/280\text{МГц} = 28\text{нс}$.

На виході ПЗП доцільно застосувати регістр паралельного запису – паралельної видачі коду для забезпечення розв'язки між виходом ПЗП і виходом декодера.

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ КОДЕКА

3.1 Розрахунок електричної схеми кодера

3.1.1 Розрахунок цифрової частини кодера

Блок зчитування інформації складається регістрів зчитування і зберігання. Регістр зберігання необхідний для нормального функціонування ПЗП. Вимоги до регістрів: розрядність – 8, швидкодія – повинен працювати з тактовою частотою 280МГц. В якості регістра зчитування використовується мікросхема КР1531ІР23, регістр зберігання – КР1531ІР22. Основні параметри мікросхем: час затримки: 3нс/3,5нс; струм споживання – 55мА/86мА для мікросхем КР1531ІР22/ КР1531ІР23 відповідно.

На рисунку 3.1 зображений блок зчитування інформації.

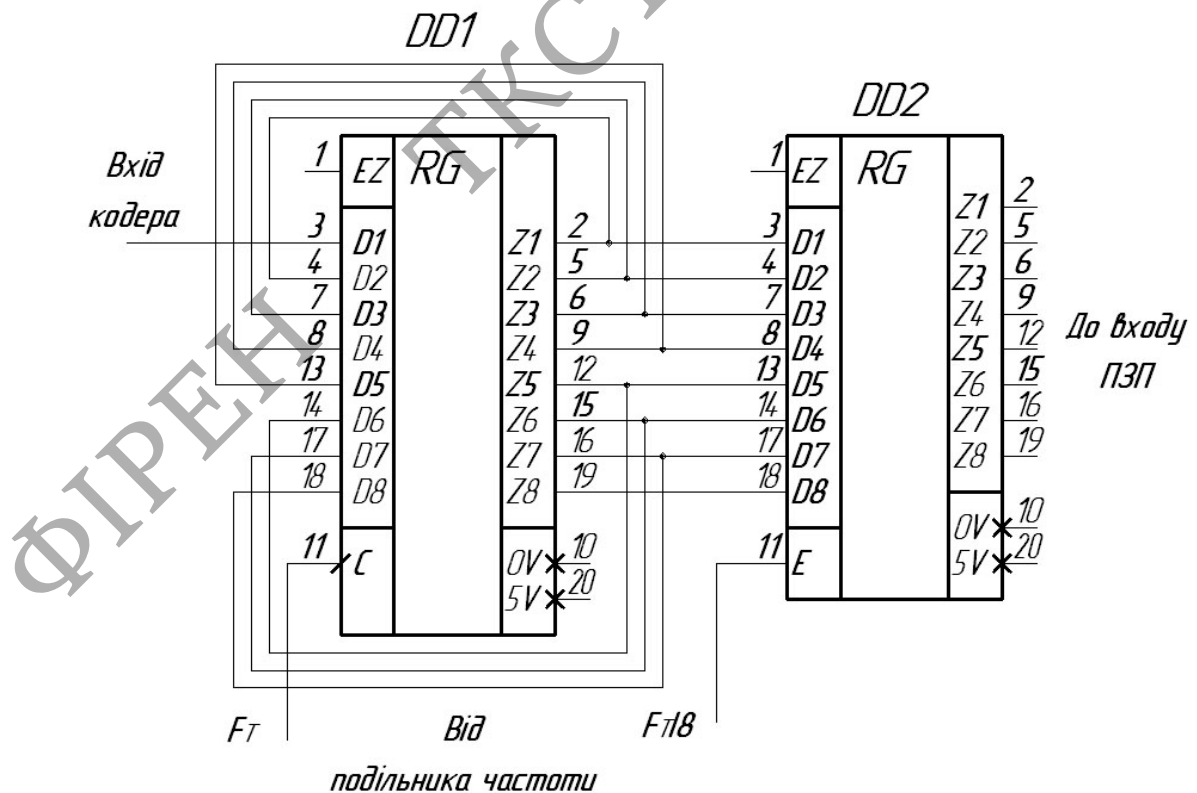


Рисунок 3.1 – Блок зчитування

Для синхронної роботи блока зчитування необхідно використання допоміжного лічильника і логічної схеми збігу (див. розділ 2) для формування коротких імпульсів дозволу запису в регістр К1531ІР22.

Основний і допоміжний подільники частоти виконані на мікросхемі КР1531ІЕ10, схема збігу – мікросхема 74F10 фірми Philips. Основні параметри мікросхеми: час затримки – 3,5нс, струм споживання – 5,3мА.

Блок перетворення складається з 3х корпусів ПЗП і 3х мультиплексорів. На рисунку 3.2 зображений фрагмент блока перетворення.

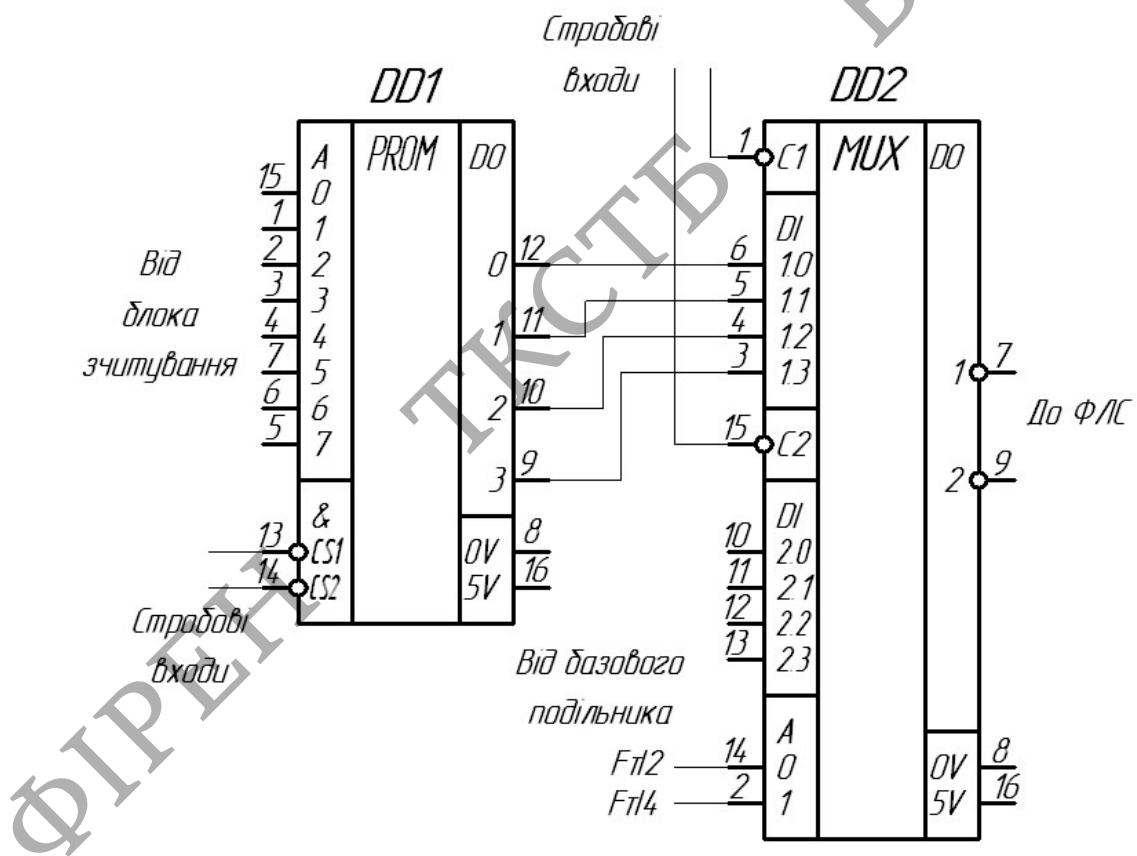


Рисунок 4.2 – Фрагмент блоку перетворення

Оскільки вихід ПЗП чотирьохрозрядний, є можливість зменшити число мікросхем шляхом ввімкнення спареного мультиплексора КР1531КП19.

Основні параметри мультиплексора: час затримки – бнс, струм споживання – 20мА [17].

ПЗП працює на частоті $F_T/8$ (оскільки зміна стану регістра зберігання відбувається один раз за вісім тактів). В якості ПЗП обирається мікросхема 82S131 фірми Philips. Основні параметри 82S131: час доступу до пам'яті – 35нс, струм споживання – 140мА, організація пам'яті – 8x4, місткість – 16кБіт [17].

До складу ФЛС входить дешифратор (розділ 2), який повинен задовольняти наступним вимогам: сумісність з ТТЛ рівнями, повинен працювати з частотою $F_T/2$. Мікросхемою, яка задовольняє усі перераховані вимоги є КР1531ИД7. Основні параметри дешифратора: час затримки – бнс, струм споживання – 20мА [17].

Оскільки виходи мультиплексора і дешифратора інверсні, необхідно виконати інвертування вихідних рівнів. Інвертор – мікросхема 74F04 фірми Philips. Основні параметри 74F04: типовий час затримки: 3нс, струм споживання – 6,9мА.

3.1.2 Розрахунок формувача лінійного сигналу

Аналогова частина ФЛС складається з підсилювачів, які підсилюють вихідний сигнал дешифратора з відповідними коефіцієнтами підсилення (розділ 2).

Операційний підсилювач повинен характеризуватися високою швидкодією (оскільки вхідний сигнал достатньо високочастотний) і малим коефіцієнтом шумів. В таблиці 3.1 наведені характеристики швидкодіючих операційних підсилювачів фірми National Semiconductors [17].

Отже, найбільш прийнятним варіантом є операційний підсилювач LMН6624, оскільки серед перерахованих ОП він характеризується найвищою швидкодією та мінімальним коефіцієнтом власних шумів. На рисунку 3.3

зображений каскад для підсилення логічної «1» на виході інвертора до рівня «Н» п'ятирівневого сигналу.

Таблиця 3.1 – Основні параметри ОП

Тип мікросхеми	Корпус	Діапазон напруга живлення, В	Струм споживання на канал, мА	Вихідний струм, мА	Частота одиничного підсилення, МГц	Вхідний Струм, нА	Диференціальне Підсилення, %	Напруга шумів нВ/Гц
LMH6624	MO,MSO CDP	±5, +12	15	100	1500	4700	0,03	0,92
LMH6672	SO,PSOP	±6, +12	6,2	600	200	8000	0,01	4,5
LMH6639	SO,MSO	±6, +12	3,6	160	190	1000	0,05	6,0
LMH6657	SO,MSO SC-70	±6, +12	6,0	45	270	5000	0,03	11
LM6609	SO,SOT-23	±3, +12	7,0	90	320	2000	0,01	3,1

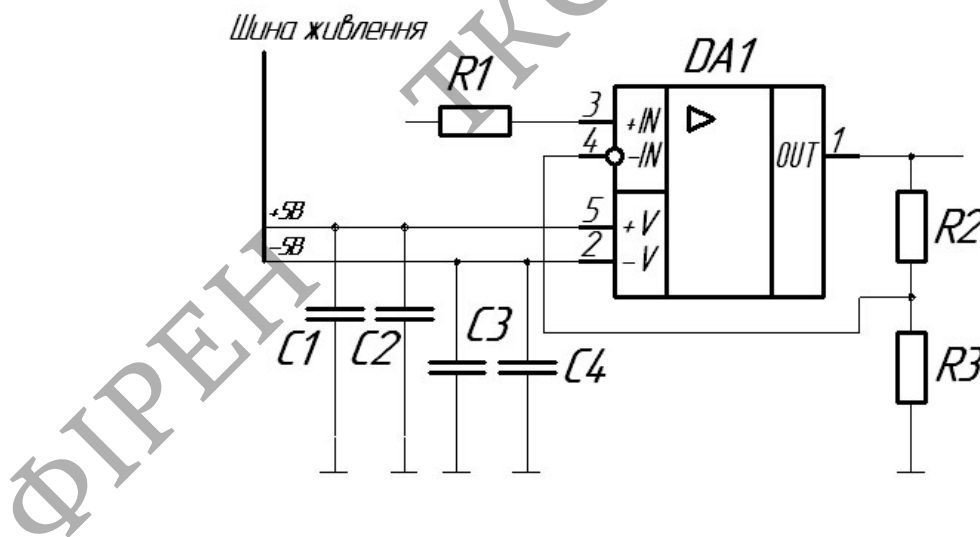


Рисунок 3.3 – Підсилювальний каскад на ОП

У даному випадку необхідно підсилити вхідний сигнал вдвічі, тобто забезпечити $K_U = 2$. Коефіцієнт передачі каскаду визначається згідно

$$K_U = (R_2 + R_3) / R_3 . \quad (3.1)$$

Отже, $R_2 = 1\text{кОм}$, $R_3 = 1\text{кОм}$.

Розрахунок номіналу R_1 проводиться з врахуванням значення максимального вхідного струму ОП, який складає 4700нА (див. таблицю 3.1). Номінальне значення вхідного струму складе 2мкА .

Номінал R_1 визначається згідно закону Ома для ділянки кола

$$R = \frac{U}{I}. \quad (3.2)$$

Згідно (3.2) номінал R_1 дорівнює:

$$R_1 = U_{\text{MAX IN}} / I_{\text{MAX}} = 2,4 / 2 \cdot 10^{-6} = 120 \text{ (МОм)}.$$

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно

$$P = U \cdot I = U^2 / R. \quad (3.3)$$

Потужність розсіювання резисторів згідно (3.3) складає:

$$P_{R_2, R_3} = (2,4)^2 / 10^3 = 5,8 \text{ (мВт)};$$

$$P_{R_1} = (2,4)^2 / 200 \cdot 10^3 = 30 \text{ (мкВт)}.$$

Конденсатори в колі живлення призначені для шунтування НЧ (конденсатори C_1 і C_3) і ВЧ (конденсатори C_2 і C_4) пульсацій напруги живлення відповідно.

Значення номіналів конденсаторів C_1 і C_3 складають $6,8\text{мкФ}$; конденсаторів C_2 і C_4 – $0,01\text{мкФ}$ [10].

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [11]:

R_1 : МЛТ – $0,125\text{Вт}$ – $120\text{М} \pm 5\%$,

R_2 : МЛТ – $0,125\text{Вт}$ – $1\text{к} \pm 5\%$,

R_3 : МЛТ – $0,125\text{Вт}$ – $1\text{к} \pm 5\%$.

C1,C3: K10 – 23 - 12В – 6,8мкФ ± 5%.

C2,C4: K10 – 23 - 12В – 10нФ ± 5%.

На рисунку 3.4 зображена схема каскаду на ОП, призначеного для підсилення логічної «1» до рівня «+» п'ятирівневого сигналу.

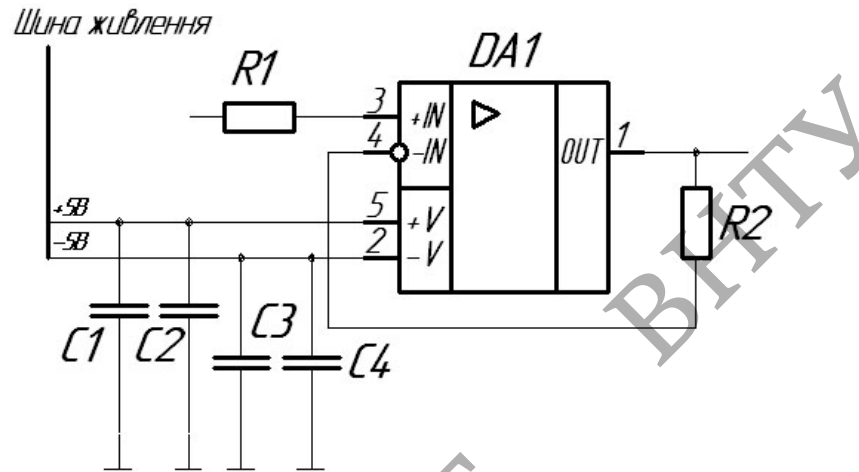


Рисунок 3.4 – Підсилювальний каскад на базі ОП

У даному випадку необхідно забезпечити коефіцієнт підсилення K_U рівним одиниці, тобто реалізувати повторювач напруги. Елементи R1 та R2 призначені для забезпечення режиму роботи ОП (R1 визначає вхідний опір каскаду, R2 реалізує послідовний від'ємний зворотний зв'язок за напругою). R1 приймається рівними 1кОм.

Розрахунок номіналу R2 проводиться з врахуванням значення максимального вхідного струму ОП, який складає 4700нА (див. таблицю 4.1). Номінальне значення вхідного струму складе 2мкА.

Згідно (3.2) номінал R2 дорівнює:

$$R2 = 2,4/2 \cdot 10^{-6} = 120(\text{МОм}).$$

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно (3.3)

$$P_{R1} = (2,4)^2 / 10^3 = 5,8(\text{мВт});$$

$$P_{R2} = (2,4)^2 / 120 \cdot 10^3 = 30(\text{мкВт}).$$

Призначення конденсаторів описано для попереднього каскаду, номінали C1-C4 залишаються без змін.

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів[11]:

R1: МЛТ – 0,125Вт – 1к ±5%,

R2: МЛТ – 0,125Вт – 120М ±5%.

C1,C3: К10 – 23 - 12В – 6,8мкФ ± 5%.

C2,C4: К10 – 23 - 12В – 10нФ ± 5%

На рисунку 3.5 зображена схема каскаду на ОП, призначеного для підсилення логічної «1» до рівня «≡» п'ятирівневого сигналу.

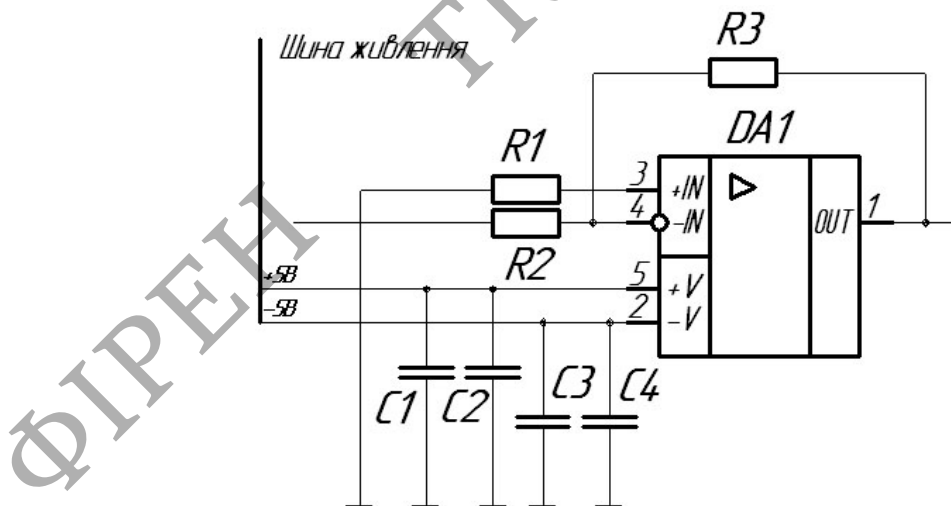


Рисунок 3.5 – Підсилювальний каскад на ОП

В даному випадку необхідно підсилити проінвертований вхідний сигнал вдвічі, тобто забезпечити $K_U = -2$. Коефіцієнт підсилення каскаду визначається згідно

$$K_U = Z_{33}/Z_{BX}, \quad (3.4)$$

де Z_{33} – комплексний опір в колі зворотного зв'язку,
 Z_{BX} – вхідний комплексний опір.

В даному випадку $Z_{33} = R_3$, $Z_{BX} = R_2$.

Отже, $R_3 = 2\text{кОм}$, $R_2 = R_1 = 1\text{кОм}$. R_1 необхідний для забезпечення режиму роботи ОП за постійним струмом. Значення R_3 знаходиться з

$$R_1 = Z_{33} \cdot Z_{BX} / (Z_{BX} + Z_{33}); \quad (3.5)$$

$$R_1 = (R_2 \cdot R_3) / (R_2 + R_3) = 660 \text{ (Ом)}.$$

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно (3.3)

$$P_{R1} = (2,4)^2 / 660 = 8,8 \text{ (мВт)};$$

$$P_{R2} = (2,4)^2 / 10^3 = 5,8 \text{ (мВт)};$$

$$P_{R3} = (2,4\text{В})^2 / 2 \cdot 10^3 = 2,9 \text{ (мВт)}.$$

Призначення конденсаторів описано для попереднього каскаду, номінали C_1 - C_4 залишаються без змін.

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [11]:

R_1 : МЛТ – 0,125Вт – 1к \pm 5%,

R_2 : МЛТ – 0,125Вт – 680Ом \pm 5%,

R_3 : МЛТ – 0,125Вт – 2к \pm 5%,

C_1, C_3 : К10 – 23 – 12В – 6,8мкФ \pm 5%,

C_2, C_4 : К10 – 23 – 12В – 10нФ \pm 5%.

На рисунку 3.6 зображена схема каскаду на ОП, призначеного для підсилення логічної «1» до рівня «-» п'ятирівневого сигналу.

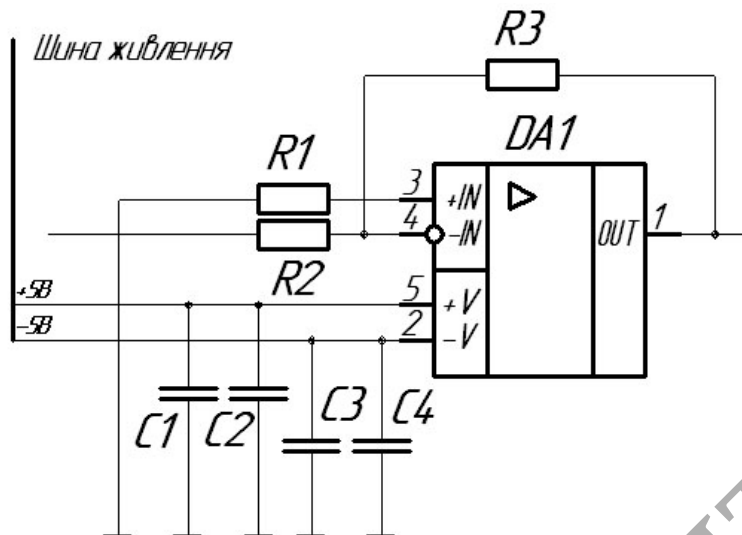


Рисунок 3.6 – Підсилювальний каскад на базі ОП

В даному випадку необхідно інвертувати вхідний сигнал, тобто забезпечити $K_U = -1$. Коефіцієнт підсилення каскаду визначається згідно

$$K_U = R_3/R_1 = 1.$$

Отже, $R_2 = 1\text{кОм}$, $R_3 = 1\text{кОм}$. R_1 необхідний для забезпечення режиму роботи ОП за постійним струмом. Значення R_1 знаходиться згідно (3.5)

$$R_2 = (R_1 \cdot R_3)/(R_1 + R_3) = 500(\text{Ом}).$$

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно (3.3)

$$P_{R1} = (2,4)^2 / 500 = 12 \text{ (мВт)};$$

$$P_{R2} = (2,4)^2 / 10^3 = 5,8 \text{ (мВт)};$$

$$P_{R3} = (2,4)^2 / 10^3 = 5,8 \text{ (мВт)}.$$

Призначення конденсаторів описано для попереднього каскаду, номінали С1-С4 залишаються без змін.

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів[11]:

R1: МЛТ – 0,125Вт – 510Ом ± 5%,

R2, R3: МЛТ – 0,125Вт – 1к ± 5%,

С1,С3: К10 – 23 - 12В – 6,8мкФ ± 5%,

С2,С4: К10 – 23 - 12В – 10нФ ± 5%.

На рисунку 3.7 зображена схема каскаду на ОП, призначеного для підсумовування вихідних сигналів попередніх каскадів.

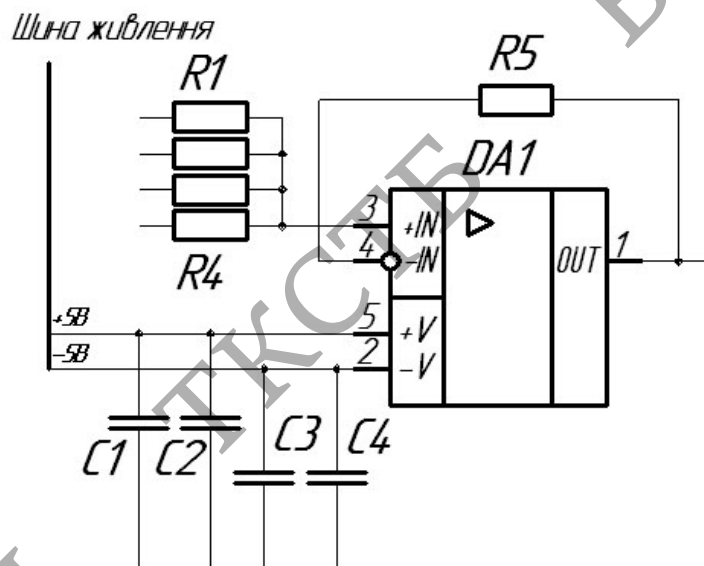


Рисунок 3.7 – Суматор на базі ОП

В даному випадку на базі ОП необхідно реалізувати схему підсумовування чотирьох сигналів, які є вихідними сигналами каскадів, розглянутих вище. Вихідний сигнал такого суматора визначається згідно

$$U_{\text{вих}} = (U1 + U2 + U3 + U4), \quad (3.6)$$

де $U1 - U4$ – сигнали з виходів розглянутих вище чотирьох каскадів.

Номінали R1 – R4 обираються рівними 1кОм.

Розрахунок номіналу R5 проводиться з врахуванням значення максимального вхідного струму ОП, який складає 4700нА (див. таблицю 4.1). Номінальне значення вхідного струму складе 2мкА.

Згідно (3.2) номінал R2 дорівнює:

$$R5 = 2,4/2 \cdot 10^{-6} = 120(\text{МОм}).$$

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно (3.3)

$$P_{R1-R4} = (4)^2 / 10^3 = 16(\text{мВт}),$$

$$P_{R5} = (4)^2 / 120 \cdot 10^6 = 3(\text{мкВт}).$$

Призначення конденсаторів описано для попереднього каскаду, номінали C1-C4 залишаються без змін.

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів:

R1 – R4: МЛТ – 0,125Вт – 1к ± 5%,

R5: МЛТ – 0,125Вт – 120М ± 5%,

C1,C3: К10 – 23 - 12В – 6,8мкФ ± 5%,

C2,C4: К10 – 23 - 12В – 10нФ ± 5%.

3.1.3 Розрахунок стабілізатора напруги

Оскільки деякі мікросхеми кодера потребують подачі рівня логічної «1» на протязі всього часу роботи на входи, доцільно застосувати стабілізатор напруги (рівень 2,4В). На рисунку 3.8 зображена схема стабілізатора напруги.

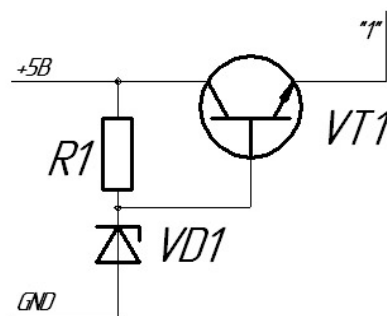


Рисунок 3.8 – Стабілізатор напруги

Напруга на виході стабілізатора визначається як:

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{ст}} - U_{\text{бе}}$$

Максимальна розсіювана потужність на транзисторі визначається згідно:

$$P_{\text{max}} = 1.3(U_{\text{вх}} - U_{\text{н}})I_{\text{н}} = 1.3 \cdot (5 - 2,4) \cdot 0,003 = 101 \text{ (мВт)} . \quad (3.7)$$

Отже, транзистор повинен мати потужність розсіювання більше 101мВт, а частотні характеристики в даному випадку не мають значення. Транзистор КТ315А задовольняє перерахованим вище вимогам. Максимальний струм бази регулюючого транзистора визначається як

$$I_{\text{б}} = \frac{I_{\text{н}}}{h_{21\text{E}}} . \quad (3.8)$$

Отже, максимальний струм бази складає:

$$I_{\text{б}} = 3/30 = 0,1 \text{ (мА)}.$$

Напруга стабілізації стабілітрона в повинна перевищувати необхідну вихідну напругу стабілізатора на $U_{\text{бе}}$ ($U_{\text{бе}} = 1,1\text{В}$), а значення максимального струму стабілізації перевищувати максимальний струм бази. Отже, стабілітроном, який задовольняє усім перерахованим вимогам є стабілітрон 2С139Д-1(напруга стабілізації – 3,5В, струм стабілізації – 3мА)[17].

Опір резистора визначається згідно (3.2)

$$R = (U_{\text{вх}} - U_{\text{ст}}) / I_{\text{б}} = (5 - 3,5) / 0,1 = 15 \text{ (кОм)} .$$

Потужність розсіювання резистора визначається згідно (3.3)

$$P_{\text{R}} = 5^2 / 15 \cdot 10^3 = 1,7 \text{ (мВт)}.$$

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [11]:

R – МЛТ – 0,125Вт – 15к ± 5%.

VT1 – КТ315А,

VD1 – 2С139Д-1.

3.1.4 Розрахунок загальної потужності споживання кодера

Загальна потужність споживання кодера дорівнює сумі споживаних потужностей всіх його складових елементів, тобто

$$P_{\Sigma} = P_{IP23} + P_{IP22} + 3 \cdot P_{IE10} + P_{74F10} + P_{74F04} + 3 \cdot P_{82S131} + 2 \cdot P_{KП19} + P_{ИД7} + 5 \cdot P_{LMH 6624} + \Delta \quad (3.9)$$

де Δ – доданок, що враховує втрати потужності пасивних компонентів, нехай $\Delta = 50$ мВт.

Отже, потужність споживання кодера становить:

$$P_{\Sigma} = 5В \cdot (86мА + 55мА + 3 \cdot 55мА + 6,9мА + 3,3мА + 3 \cdot 140мА + 2 \cdot 20мА + 20мА + 5 \cdot 16мА) + 50мВт = 4,481(Вт).$$

3.2 Розрахунок електричної схеми декодера

3.2.1 Розрахунок вхідного пристрою

Вхідний пристрій необхідний для запобігання впливу лінії зв'язку на роботу вирішального пристрою, тобто він являється буферним каскадом. Найбільш оптимальним шляхом реалізації вхідного пристрою є застосування в якості підсилювального елемента операційний підсилювач (ОП).

Найбільш прийнятним варіантом є операційний підсилювач LMH6624, ОП він характеризується високою швидкодією та мінімальним коефіцієнтом власних шумів. На рисунку 3.8 зображений вхідний буферний каскад.

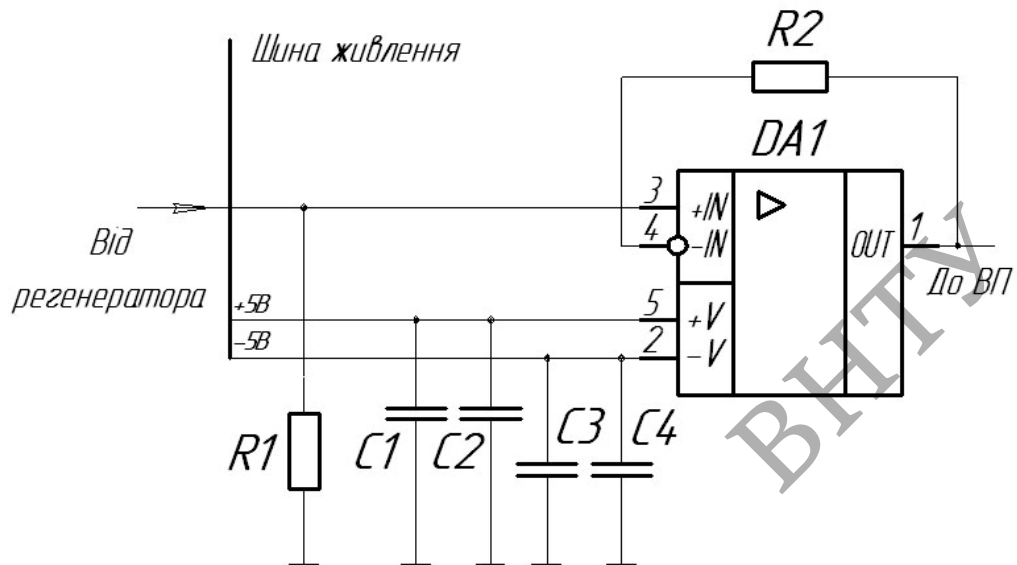


Рисунок 3.8 – Вхідний пристрій декодера

Вхідний пристрій є неінвертувальним повторювачем напруги на базі ОП. Резистор R1 визначає вхідний опір каскаду. R1 приймається рівним 1кОм.

Розрахунок номіналу R2 проводиться з врахуванням значення максимального вхідного струму ОП, який складає 4700нА (див. таблицю 3.1). Номінальне значення вхідного струму складе 2мкА.

Згідно (4.8) номінал R2 дорівнює:

$$R2 = U_{\text{MAX IN}} / I_{\text{MAX}} = 4/2 \cdot 10^{-6} = 2(\text{МОм}).$$

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно (3.3)

$$P_{R1} = 4^2 / 10^3 = 16(\text{мВт}),$$

$$P_{R2} = 4^2 / 2 \cdot 10^6 = 8(\text{мкВт}).$$

Конденсатори в колі живлення призначені для шунтування НЧ (конденсатори С1 і С3) і ВЧ (конденсатори С2 і С4) пульсацій відповідно.

Значення номіналів конденсаторів С1 і С3 складають 6,8мкФ; конденсаторів С2 і С4 – 0,01мкФ.

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [11]:

R1: МЛТ – 0,125Вт – 1к ± 5%.

R2: МЛТ – 0,125Вт – 200к ± 5%.

C1,C3: К10 – 23 - 12В – 6,8мкФ ± 5%.

C2,C4: К10 – 23 - 12В – 10 нФ ± 5%.

3.2.2 Розрахунок вирішального пристрою

Основним вузлом вирішального пристрою є аналоговий компаратор, який повинен задовільняти наступним вимогам: сумісність з ТТЛ рівнями, висока швидкодія (вхідні дані поступають зі швидкістю 280Мбіт/с). В таблиці 3.2 приведені найпоширеніші типи використовуваних компараторів.

Таблиця 3.2 – Аналогові компаратори

Назва	Напруга живлення В	Коеф. підс., В/мВ	Напруга зміщення мВ	Вхідний струм, нА	Вихідні рівні	Діапазон допуст. диффер. напруг, В	Струм спож., мА	Макс. вих. струм, мА	Час перемик нс
597СА1	+5;-5,2	1	2	10000	ЭСЛ, ТТЛ	3	35	10	6,5
SE9685	+5;-5,2	300	5	20000	ЭСЛ	5	-	-	2,3
AD8561	+5; +/-5	3	3	4000	ТТЛ, КМОП	8	4	3,2	5
MAX9685	+5;-5,2	-	5	10000	ЭСЛ	7	32	30	1,3
MAX962	+2,7...5,5	-	0,5	-	КМОП	-	16	-	7
MAX910	+/-5	-	1	3000	ТТЛ	-	22	-	8

З вищенаведеної таблиці необхідно виключити компаратори з вихідними ЕСЛ рівнями. Найбільш оптимальним вибором є компаратор фірми Analog Devices AD8561, оскільки він характеризується мінімальним часом затримки (5нс) серед наведених компараторів ТТЛ рівня і мінімальним струмом споживання (4мА). Основні характеристики AD8561:

- Однополярне/двополярне живлення $\pm 5\text{В}$;
- Допустима вхідна диференціальна напруга до 9В;
- Потужність споживання до 40мВт.

В даному випадку вхідна диференціальна напруга складає 8В (різниця між рівнями «Н» і «=») по модулю)

Основні сфери застосування:

- Високошвидкісні схеми;
- Приймачі швидкісних систем передавання
- Високошвидкісні вибірки сигналу.

На рисунку 3.9 зображена схема ввімкнення компаратора [17]

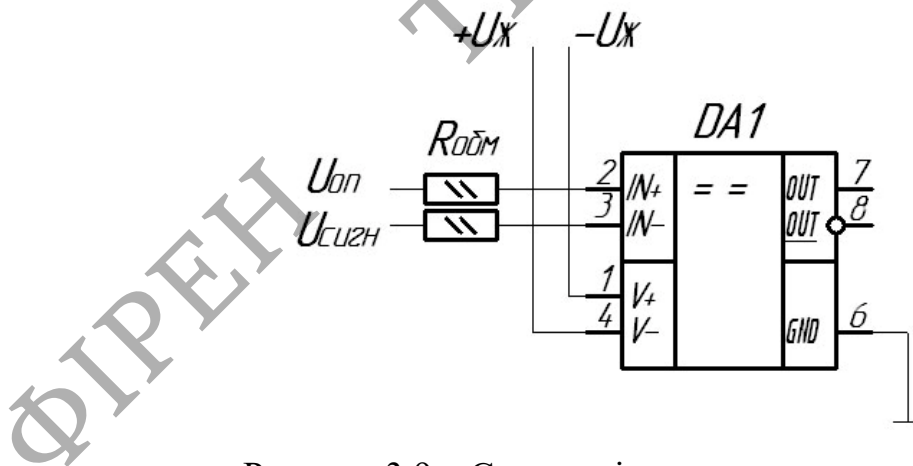


Рисунок 3.9 – Схема ввімкнення компаратора

В розділі 2 даної роботи для нормального функціонування ВП була обґрунтована необхідність використання чотирьох компараторів. Перед електричним розрахунком режимозадаючих елементів компаратора

необхідно визначитися з рівнями ввімкнення для кожного компаратора. На рисунку 3.10 зображені п'ять рівнів лінійного сигналу.

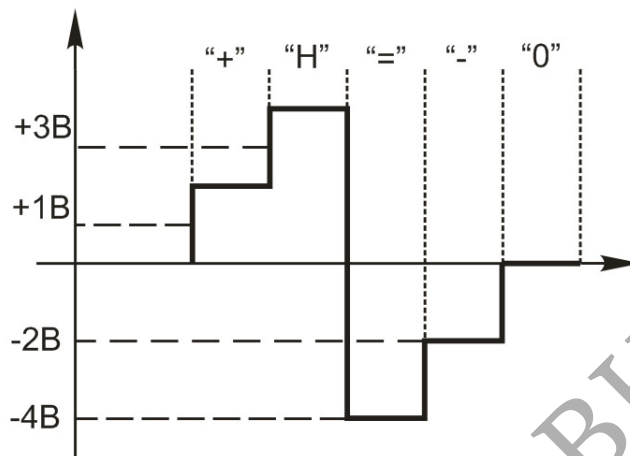


Рисунок 4.10 – Лінійний сигнал

Логічно задатися пороговими рівнями спрацювання компараторів, які б знаходилися між сусідніми рівнями лінійного сигналу. Поріг спрацювання для рівня «Н» знаходиться як середнє арифметичне значень напруг рівнів «Н» і «+», тобто складає $(4В+2В)/2 = 3В$. Аналогічно, для рівнів «=» поріг спрацювання складає $-3В$, для рівнів «+» і «-» – $\pm 1В$ відповідно. Нульовий рівень «0» безпосередньо з лінійного сигналу не визначається, індикація його відбувається шляхом логічного множення вихідних сигналів компараторів для рівнів «+» і «-» (див. розділ 2).

Нижче проводиться розрахунок кожної пари компараторів (для додатної і від'ємної полярностей лінійного сигналу). На рисунку 3.11 зображені детектори додатної полярності сигналу (рівнів «Н» і «+») [7].

Згідно технічних параметрів компаратора максимальне значення вхідного струму складає 4мА, отже, для роботи компаратора без перевантаження достатньо вхідного струму 500мкА [17].

Опір резистивного подільника визначається згідно закону Ома для ділянки кола. Сумарний опір (3.2) складає:

$$R_{\text{под}} = R1 + R2 + R3 = \frac{+5B}{0,5\text{мА}} = 10(\text{кОм}).$$

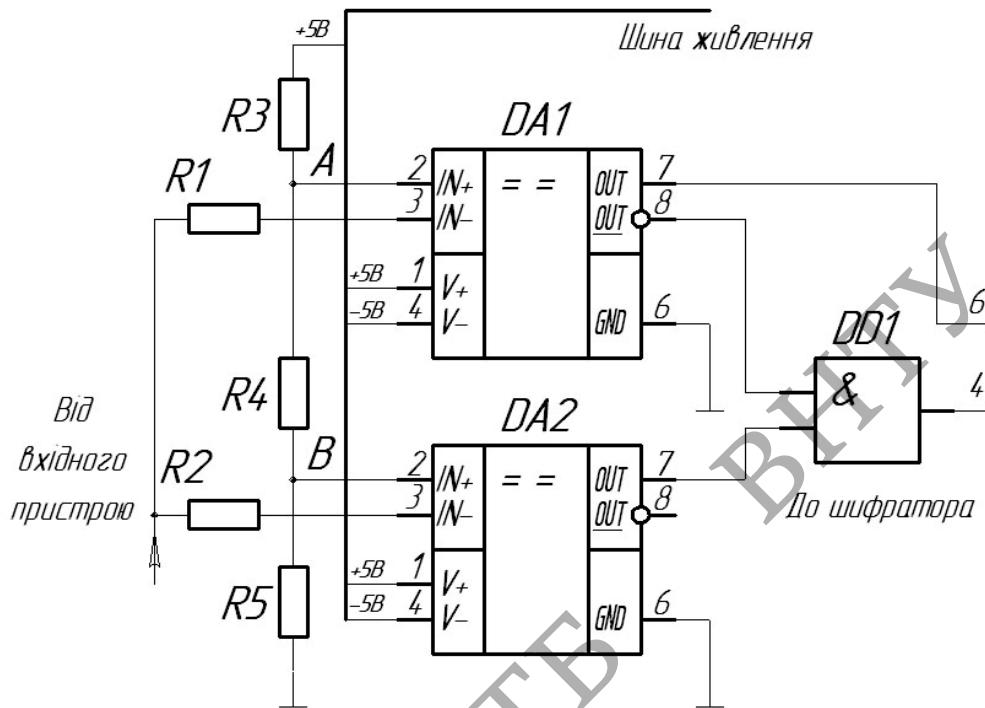


Рисунок 3.11 – Детектори рівнів «Н» і «+»

Подільник напруги повинен забезпечити наступні потенціали: в точці А – +3В, в точці В – +1В. Згідно виразу (3.2) значення номіналів резисторів складуть:

$$R3 = U_{\text{ж}} - U_A / I = (5-3) / 0,5 \cdot 10^{-3} = 4(\text{кОм}),$$

$$R4 = U_{\text{ж}} - U_B / I = (3-1) / 0,5 \cdot 10^{-3} = 4(\text{кОм}),$$

$$R5 = U_{\text{ж}} - U_{\text{г}} / I = (1-0) / 0,5 \cdot 10^{-3} = 2(\text{кОм}).$$

Резистори R1 і R2 є струмообмежуючими елементами. Оскільки значення вхідного струму компаратора складає 500мкА (обґрунтовано вище),

а максимальний рівень вхідної напруги +4В (для рівня «Н»), значення номіналів резисторів згідно (3.2) складе:

$$R1 = R2 = U_{\text{«Н»}} / I = 4 / 0,5 \cdot 10^{-3} = 8(\text{кОм}).$$

Потужність розсіювання резисторів згідно (3.3) складає

$$P_{R3, R4} = 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 1(\text{мВт}),$$

$$P_{R5} = 1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5(\text{мВт}),$$

$$P_{R1, R2} = 4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 2(\text{мВт}).$$

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів[11]:

R3, R4: МЛТ – 0,125Вт – 3,9к ± 5%,

R5: МЛТ – 0,125Вт – 2к ± 5%,

R1, R2: МЛТ – 0,125Вт – 8,2к ± 5%.

Розрахунок детекторів від'ємної полярності сигналу (рівнів «=>» і «->») проводиться аналогічним чином.

На рисунку 3.12 зображені детектори від'ємної полярності сигналу (рівнів «=>» і «->») [7].

Подільник напруги повинен забезпечити наступні потенціали: в точці А – -3В, в точці В – -1В. Згідно закону Ома (3.2) значення номіналів резисторів складуть:

$$R3 = U_{\text{Ж}} - U_{\text{А}} / I = (5-3) / 0,5 \cdot 10^{-3} = 4(\text{кОм}),$$

$$R4 = U_{\text{Ж}} - U_{\text{А}} / I = (3-1) / 0,5 \cdot 10^{-3} = 4(\text{кОм}),$$

$$R5 = U_{\text{Ж}} - U_{\text{А}} / I = (1-0) / 0,5 \cdot 10^{-3} = 2(\text{кОм}).$$

Номінальне значення вхідних струмів компараторів складає 500мкА (обґрунтовано вище).

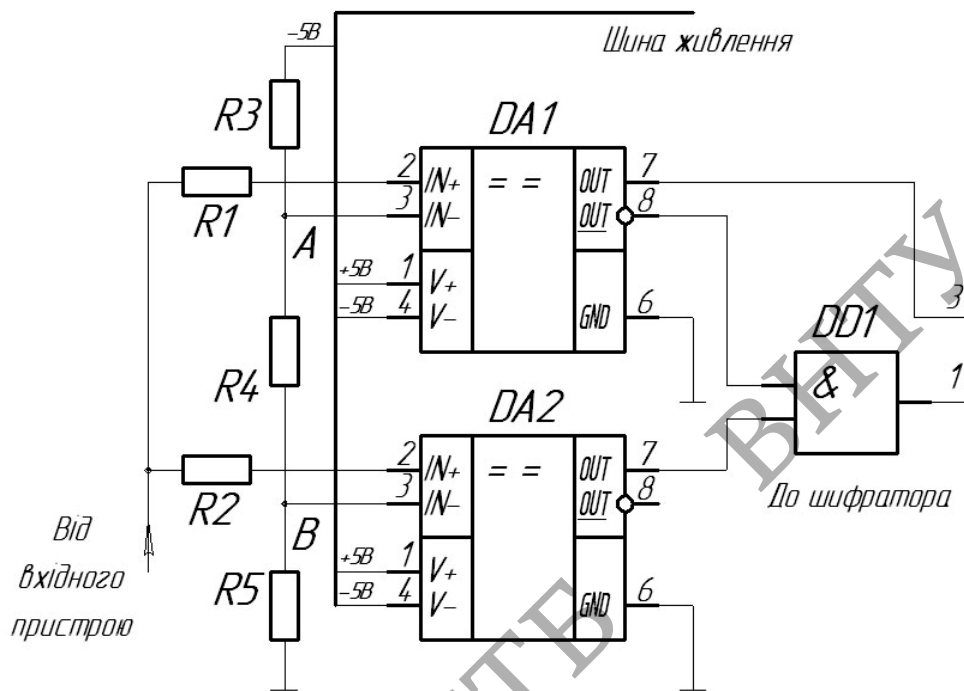


Рисунок 3.12 – Детектори рівнів «=>» і «->»

Резистори R1 і R2 є струмообмежуючими елементами. Оскільки значення вхідного струму компаратора складає 500мкА (обґрунтовано вище), а максимальний (по модулю) рівень вхідної напруги -4В (для рівня «=>»), значення номіналів резисторів згідно (3.2) складе:

$$R1 = R2 = U_{\text{«н»}} / I = 4\text{В} / 0,5\text{мА} = 8(\text{кОм}).$$

Потужність розсіювання резисторів згідно (3.3) складає

$$P_{R3, R4} = 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 1(\text{мВт}),$$

$$P_{R5} = 1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5(\text{мВт}),$$

$$P_{R1, R2} = 4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 2(\text{мВт}).$$

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [11]:

R3, R4: МЛТ – 0,125Вт – 3,9к ± 5%,

R5: МЛТ – 0,125Вт – 2к ± 5%.

R1, R2: МЛТ – 0,125Вт – 8,2к ± 5%.

3.2.3 Розрахунок ВТЧ

Як було обгрунтовано в 2-му розілі даної роботи, ВТЧ складається з вузькосмугового селективного фільтра і формувача імпульсів синхронізації. На рисунку 3.13 зображений селективний фільтр.

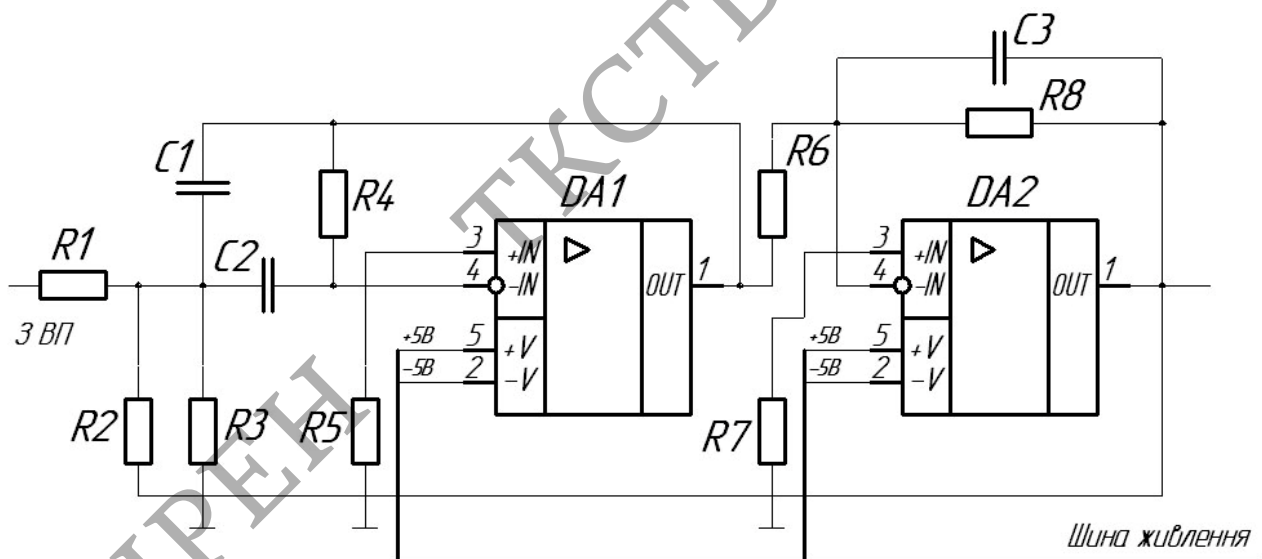


Рисунок 3.13 – Селективний фільтр

До наведеного вище фільтра висуваються наступні вимоги: коефіцієнт передачі $K = 1$ (оскільки вважається, що сигнал поступає на декодер з регенератора), добротність $Q = 1000$ (оскільки необхідно забезпечити високу

точність виділення частоти), центральна частота $f_0 = 69,64\text{МГц}$ (що відповідає спектральному піку потужності лінійного сигналу – рисунок 2.10).

Даний фільтр є двокаскадним, другий каскад призначений для збільшення добротності.

Формули для розрахунку фільтра наведені нижче:

$$R1 = \frac{R3}{2K}; \quad (3.8)$$

$$R4 = \frac{KR1}{(2Q^2 - K)}; \quad (3.9)$$

$$C1 = C2 = \frac{Q}{\pi \cdot f_0 \cdot R3}; \quad (3.10)$$

$$Q = \frac{R4}{2} \cdot \sqrt{\frac{R1 + R3}{R1 \cdot R4 \cdot R3}}; \quad (3.11)$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C} \sqrt{\frac{R1 + R4}{R1 \cdot R4 \cdot R3}}. \quad (3.12)$$

Номінали елементів розраховуються згідно з приведеною системою рівнянь, яка отримана з формул (3.8) – (3.12):

$$\left\{ \begin{array}{l} R1 = \frac{R4}{2K} \\ R4 = R3 \cdot \left(\frac{R1 + R3}{R1^2 R3^2} - 2K \right) \\ R3 = \frac{R4(R1 + R4)}{4Q^2 R1} \end{array} \right. \quad (3.13)$$

Розв'язок даної системи рівнянь має вигляд:

$R1 = 62\text{кОм}$, $R4 = 39\text{Ом}$, $R3 = 124\text{кОм}$. Отже номінал конденсатора знаходиться як (3.10)

$$C1 = C2 = \frac{1000}{\pi \cdot 69,64 \cdot 10^6 \cdot 124 \cdot 10^3} = 36(n\Phi).$$

Елементи R4, R5, R6 і R7 призначені для забезпечення режиму роботи ОП за постійним струмом. Номінали резисторів R4, R5, R6 і R7 розраховуються згідно з

$$R2 = R5 = R6 = R7 = R1. \quad (3.14)$$

Отже, номінали R4, R5, R6 і R7 рівні номіналу R1 (62кОм).

Значення ємності C3 впливає безпосередньо на допустиму смугу розстроювання смугового фільтра, отже і на добротність. Як відомо, смуга розстроювання, добротність і центральна частота фільтра зв'язані між собою співвідношенням

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q}. \quad (3.15)$$

Оскільки значення добротності в даному випадку складає 1000(що необхідно для точного виділення гармоніки лінійного сигналу з частотою 69,64МГц), допустима смуга розстроювання складає

$$\Delta f = 69,64 \cdot 10^6 / 1000 = 69,64 \cdot 10^3 \text{ Гц.}$$

Значення ємності C3 і допустимої смуги розстроювання зв'язано співвідношенням (3.16)

$$\Delta f = \frac{1}{R2 \cdot \pi \cdot C3}. \quad (3.16)$$

Звідки C3 знаходиться як:

$$C3 = \frac{1}{R2 \cdot \pi \cdot \Delta f} = \frac{1}{124000 \cdot 69,64 \cdot 10^6} = 3,7(\text{нФ}).$$

Значення номіналу резистора R8 розраховується з умови забезпечення заданого коефіцієнта передачі фільтра:

$$|K| = \frac{R8}{R6}. \quad (3.17)$$

$K=1$, отже, $R8 = R6 = 62\text{кОм}$.

Потужність розсіювання резисторів розраховується згідно (3.3)

$$P_{R1,R2,R5-R8} = 4^2 / 62 \cdot 10^3 = 0,25(\text{мкВт}),$$

$$P_{R4} = 4^2 / 39 = 0,4(\text{Вт}),$$

$$P_{R3} = 4^2 / 124 \cdot 10^3 = 0,13(\text{мкВт}).$$

Аналітично передатна функція фільтра описується виразом [11]:

$$K(f) = \frac{\frac{f \cdot R4}{R1 \cdot 2Q \cdot f_0}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \frac{1}{Q} \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}}. \quad (3.18)$$

На рисунку 3.14 зображена залежність модуля коефіцієнта передачі фільтра від частоти.

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [17]:

R1, R2, R5, R6, R7, R8: МЛТ – 0,125Вт – 62к ± 5%.

R4: МЛТ – 0,5Вт – 39Ом ± 5%.

R3: МЛТ – 0,125Вт – 130к ± 5%.

C1, C2: К10 – 19 - 12В – 3,6пФ ± 5%.

C3: К10 – 17 - 12В – 3,6нФ ± 5%.

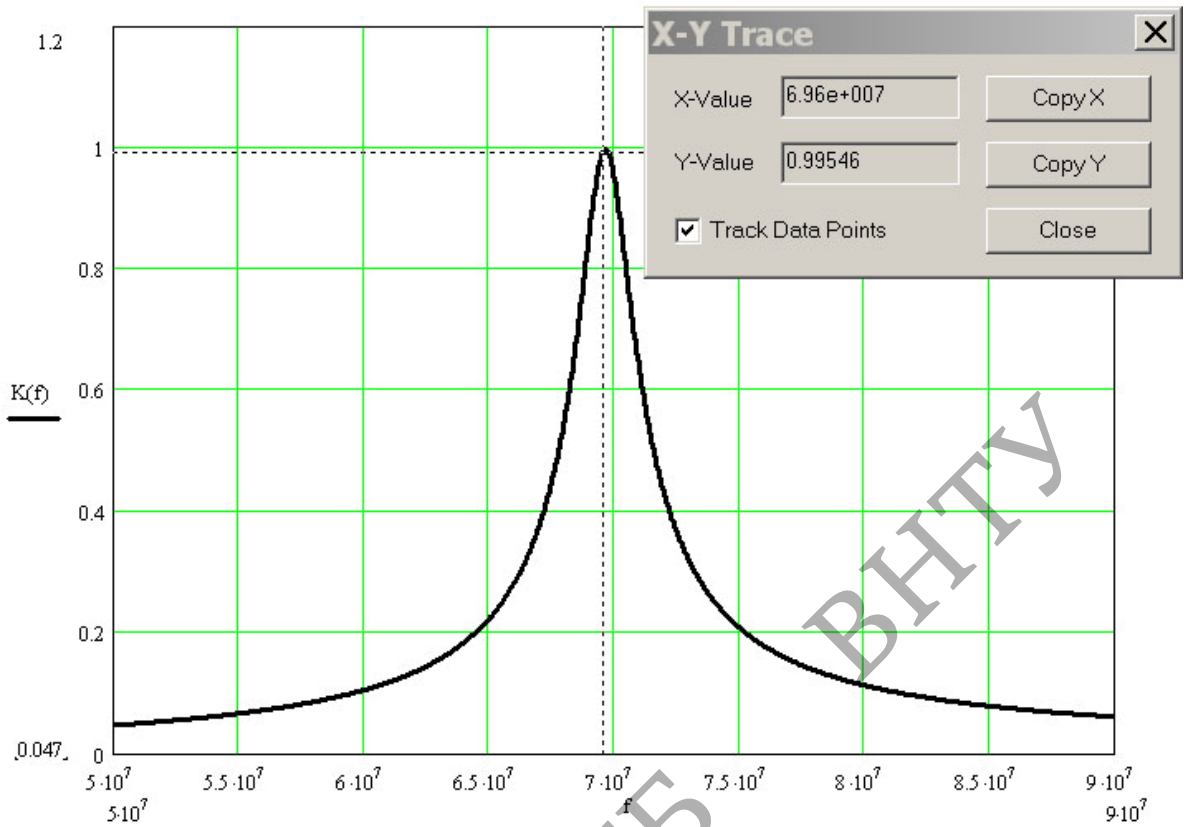


Рисунок 3.14 – Передатна характеристика фільтра

На рисунку 3.15 зображений формувач імпульсів синхронізації.

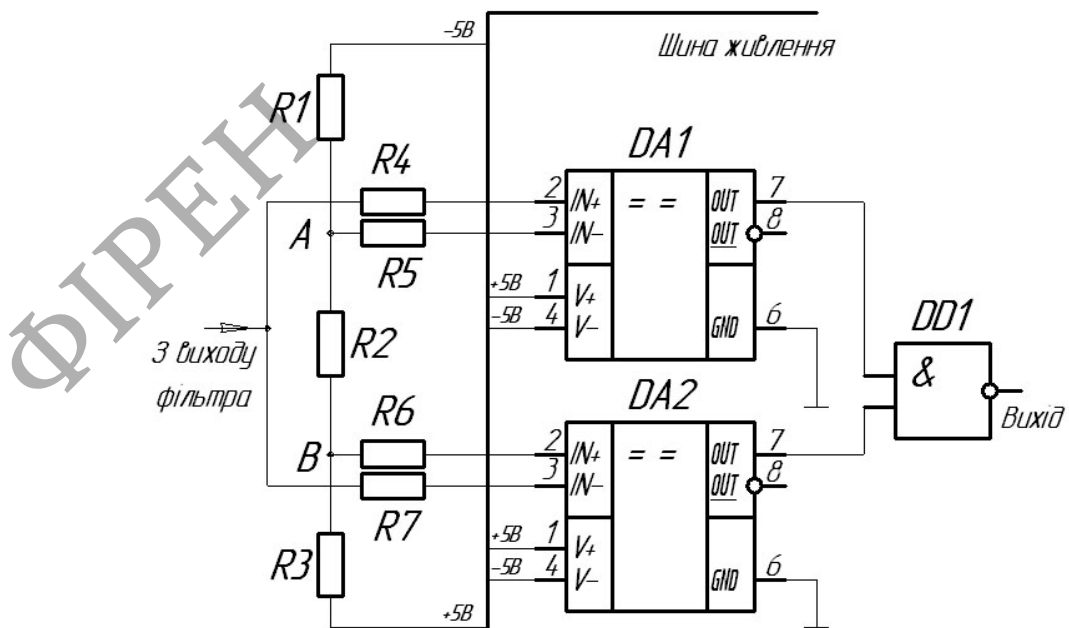


Рисунок 3.15 – Формувач імпульсів синхронізації

Формувач імпульсів синхронізації складається з двох компараторів DA1, DA2 і логічної схеми 2І-НІ. Рівні спрацювання компараторів визначають з умови необхідної шпаруватості імпульсної послідовності (рисунок 3.16).

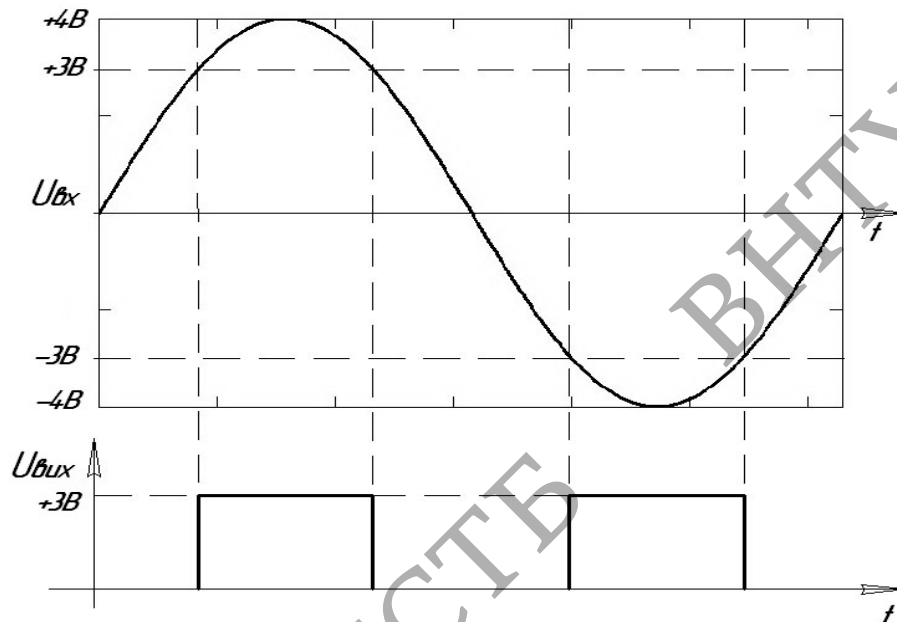


Рисунок 3.16 – Часові діаграми роботи ФІС

Для правильної роботи декодера необхідно, щоб тривалість імпульса синхронізації була вдвічі менша за період послідовності, тобто шпаруватість дорівнювала 2. Як видно з рисунка 3.16, амплітуда вхідного гармонічного сигналу складає 4В (рівень сигналу на виході фільтра). При рівні перемикання компараторів $\pm 3\text{В}$ забезпечується необхідна шпаруватість імпульсної послідовності (рисунок 3.16).

Подільник напруги R1, R2, R3 повинен забезпечити наступні потенціали в точках А і В: т.А -3В, т.В +3В. Використовується компаратор AD8561(див. підрозділ 3.2.1).

Опір резистивного подільника визначається згідно (3.2)

$$R_{\text{нод}} = R1 + R2 + R3 = \frac{U_+ - U_-}{I} = \frac{5 + 5}{500 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ (кОм)},$$

де $I = 500\text{мкА}$ (номінальний вхідний струм).

Згідно (3.8) значення номіналів резисторів складуть:

$$R1 = (U_{Ж-} - U_A)/I = (-5+3)/0,5 \cdot 10^{-3} = 4(\text{кОм}),$$

$$R2 = (U_A - U_B)/I = (-3-3)/0,5 \cdot 10^{-3} = 12(\text{кОм}),$$

$$R3 = (U_{Ж+} - U_A)/I = (5-3)/0,5 \cdot 10^{-3} = 4(\text{кОм}).$$

Резистори $R4 - R7$ є струмообмежуючими елементами. Оскільки значення вхідного струму компаратора складає 500мкА (обґрунтовано вище), а максимальний рівень вхідної напруги $+4\text{В}$ (для рівня «Н»), значення номіналів резисторів згідно (3.2) складуть:

$$R4 = R7 = U_{\langle Н \rangle} / I = 4/0,5 \cdot 10^{-3} = 8(\text{кОм}).$$

Потужність розсіювання резисторів (3.3) складає:

$$P_{R1, R3} = 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 1(\text{мВт}),$$

$$P_{R2} = 6 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 3(\text{мВт}),$$

$$P_{R4 - R7} = 4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 2(\text{мВт}).$$

Вибір елементів здійснюється згідно стандартного ряду номіналів [11]:

$R1, R3$: МЛТ – $0,125\text{Вт} - 3,9\text{к} \pm 5\%$,

$R2$: МЛТ – $0,125\text{Вт} - 12\text{к} \pm 5\%$.

$R4 - R7$: МЛТ – $0,125\text{Вт} - 8,2\text{к} \pm 5\%$.

3.2.4 Розрахунок цифрової частини декодера

Цифровий блок зчитування складається з регістра зчитування і регістра зберігання. Регістр зберігання необхідний для нормального функціонування ПЗП. Вимоги до регістрів: розрядність – 12, швидкодія – повинен працювати на напівтактовій частоті 140МГц(мінімум). Серед швидкодіючих ТТЛШ мікросхем серії 1531 немає 12 розрядних регістрів, тому необхідно використати складені регістри (складаються з 2х 8 розрядних регістрів КР1531ИР23 і КР1531ИР22 відповідно). На рисунку 3.17 наведена схема цифрового блока зчитування.

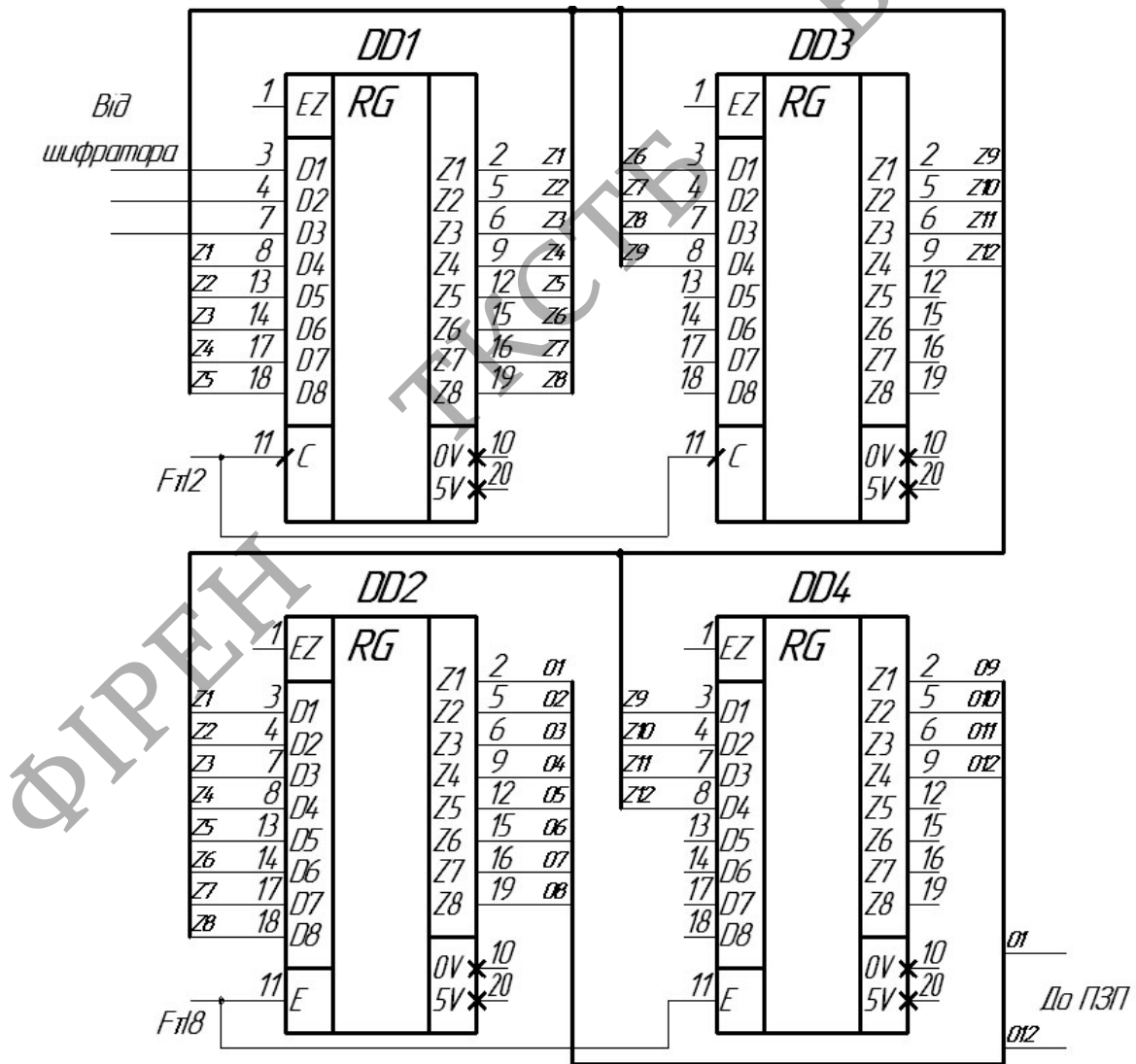


Рисунок 3.17 – Цифровий блок зчитування

На ПЗП в паралельному коді поступають 12 двійкових розрядів О1 – О12 (рис.4.17). Вхід цифрового блока зчитування є виходом шифратора 8х3.

Шифратор повинен задовольняти наступним вимогам: сумісність з ТТЛ рівнями, висока швидкодія. Шифратором, який задовольняє приведеним вимогам є пріоритетний шифратор SN54148 фірми Texas Instruments. Основні параметри шифратора: типовий час затримки: 6нс, потужність споживання – 190мВт [17].

Оскільки всі виходи дешифраторі інверсні, необхідно застосувати інвертування вхідних і вихідних рівнів шифратора. Інвертор – мікросхема 74F04 фірми Philips. Основні параметри 74F04: типовий час затримки: 3нс, струм споживання – 6,9мА.

Для синхронної роботи декодера необхідний подільник частоти – двійковий лічильник. Використовується лічильник КР1531ИЕ10 (аналогічно кодеру).

В блоках ФІС і ВП необхідно застосувати логічні елементи 2х2І-НІ(ФІС і ВП) і 2х2І(ВП). Таким елементом є мікросхема 74F08(2І) фірми Philips. Основні параметри мікросхем: час затримки – 4нс, струм споживання – 7,1мА. Оскільки використовується інвертор 74F04, немає необхідності використовувати мікросхему 2І-НІ.

ПЗП повинно задовольняти наступним вимогам: швидкодія, достатня для нормального функціонування декодера (розрахований в п.2), сумісність з ТТЛ рівнями, організація пам'яті 12х8біт, місткість – 16кБіт [14].

Мікросхемою, що задовольняє усім перерахованим вимогам є мікросхема 82HS195В фірми Philips. Основні параметри: час затримки – 25нс, струм споживання – 110мА. Вихідний регістр – КР1531ИД22 (аналогічно кодеру).

3.2.5 Розрахунок загальної потужності споживання кодера

Загальна потужність споживання кодера дорівнює сумі споживаних потужностей всіх його складових елементів, тобто

$$P_{\Sigma} = 2 \cdot P_{IP23} + 3 \cdot P_{IP22} + P_{IE10} + 2 \cdot P_{74F08} + P_{74F04} + P_{82HS195B} + P_{SN54148} + 3 \cdot P_{LMH6624} + \Delta \quad (3.19)$$

де Δ – доданок, що враховує втрати потужності пасивних компонентах, нехай $\Delta = 100\text{мВт}$.

Отже, потужність споживання кодера становить:

$$P_{\Sigma} = 5\text{В} \cdot (2 \cdot 86\text{мА} + 3 \cdot 55\text{мА} + 55\text{мА} + 7,1\text{мА} + 6,9\text{мА} + 145\text{мА} + 75\text{мА} + 5 \cdot 16\text{мА}) + 100\text{мВт} = 3,63\text{Вт}.$$

Така потужність споживання дає можливість забезпечити функціонування кодера в автономному режимі, тобто з використанням як елементів живлення малогабаритних акумуляторів.

4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

4.1 Моделювання кодера

4.1.1 Моделювання роботи формувача лінійного сигналу

В даному випадку для моделювання обрано програму Electronics Workbench, що має досить зручний інтерфейс, високу наочність промодельованих процесів, велику вбудовану бібліотеку радіотехнічних елементів та можливість редагування їх параметрів [18].

На рисунку 4.1 зображена промодельована схема формувача лінійного сигналу, яка складається з дешифратора 3x8, інвертора та набору операційних підсилювачів (5 шт.).

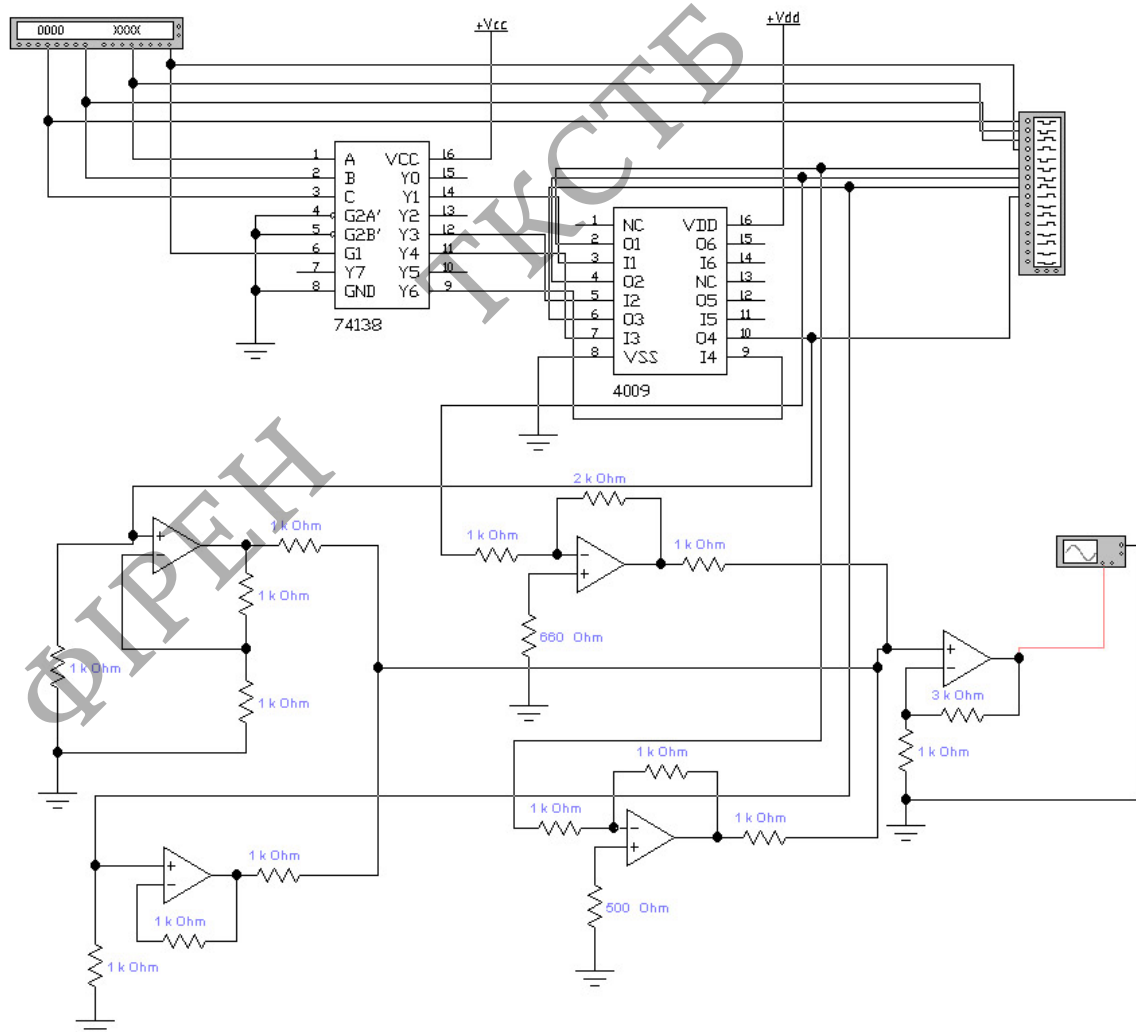


Рисунок 4.1 – Моделювальна схема формувача лінійного сигналу

Вхід дешифратора з'єднаний з генератором кодів слів, який в даному випадку генерує кодову послідовність, розраховану в п.3.3 («0+-Н+=Н=»). Кожний символ кодового слова кодується трьома бітами («Н»→110, «+»→100, «0» →000, «-»→001, «=»→011). В даному випадку генератор генерує кодову послідовність «0+-Н+=Н=», або «000100001110100011110011». На рисунку 4.2 зображено діалогове вікно генератора кодової послідовності.

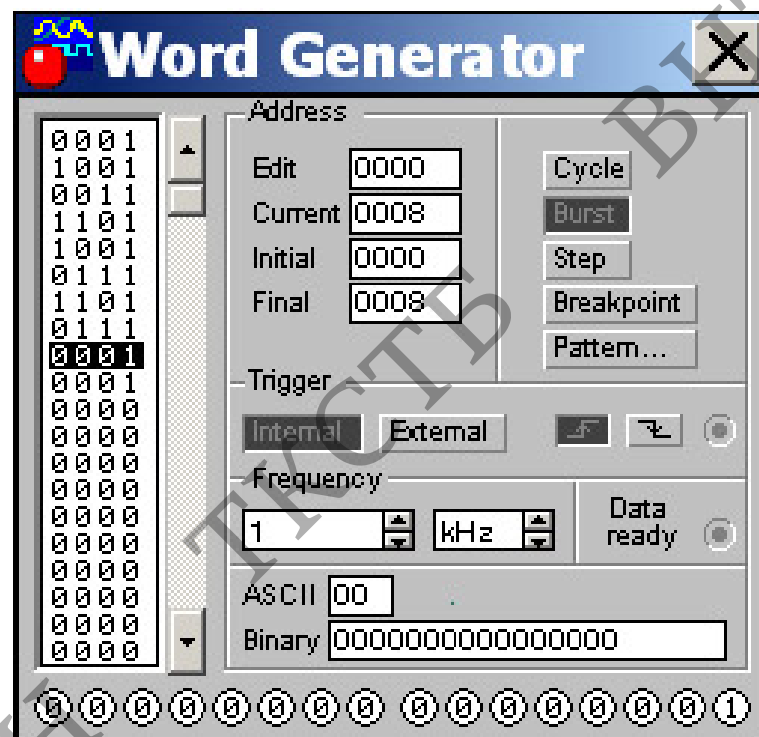


Рисунок 4.2 – Генератор кодів слів

Вікно логічного аналізатора підключене до виходу цифрової частини схеми (інвертора) і зображує часові діаграми роботи дешифратора. На рисунку 4.3 зображені часові діаграми роботи дешифратора і генератора кодів слів.

Аналогова частина кодера складається з п'яти операційних підсилювачів, чотири з яких призначені для підсилення цифрового сигналу

до необхідного рівня, п'ятий ОП являється аналоговим суматором, вихідним сигналом якого є лінійний п'ятирівневий код 8B4QI. Коефіцієнти підсилення для кожного каскаду з ОП підбираються за допомогою опорів і різних схем включення ОП (інвертувальна та неінвертувальна схеми ввімкнення ОП).

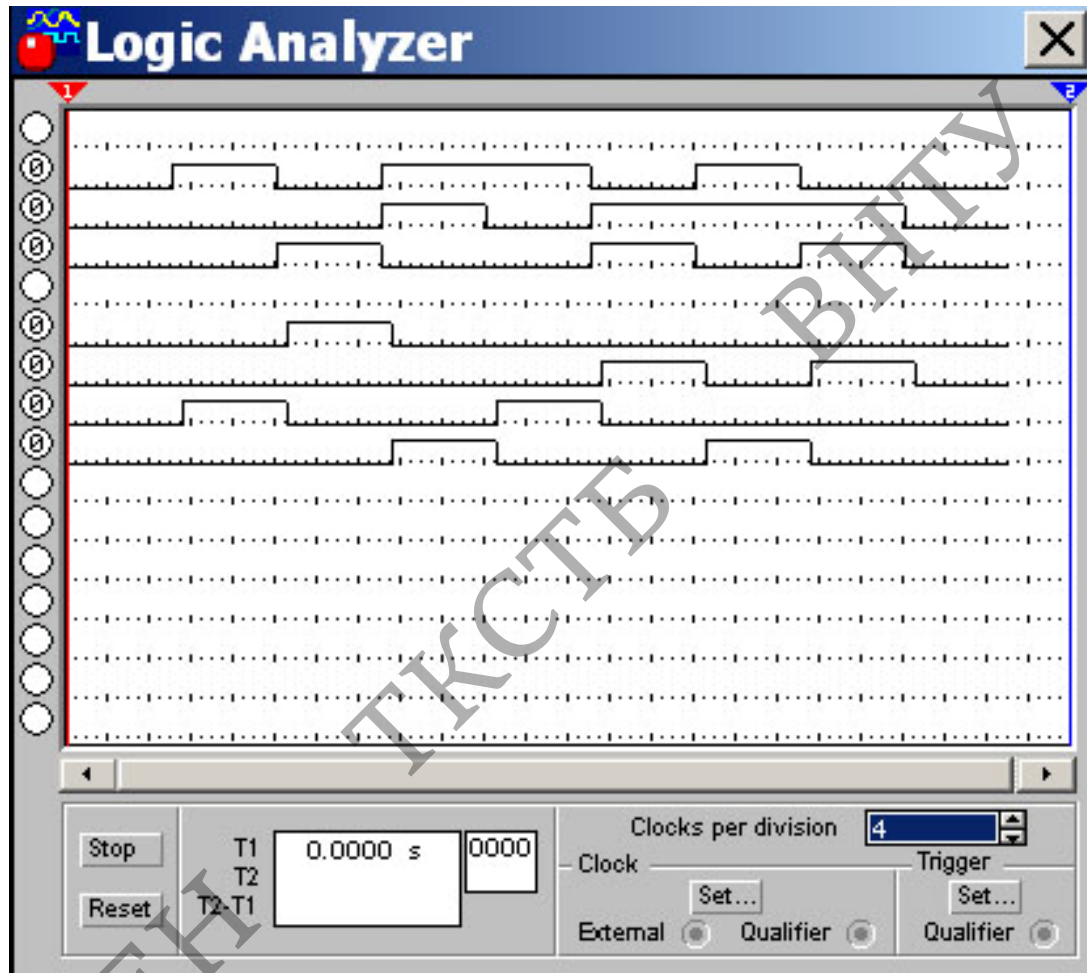


Рисунок 4.3 – Часові діаграми роботи дешифратора і генератора

На рисунку 4.4 зображена осцилограма вихідного сигналу кодера.

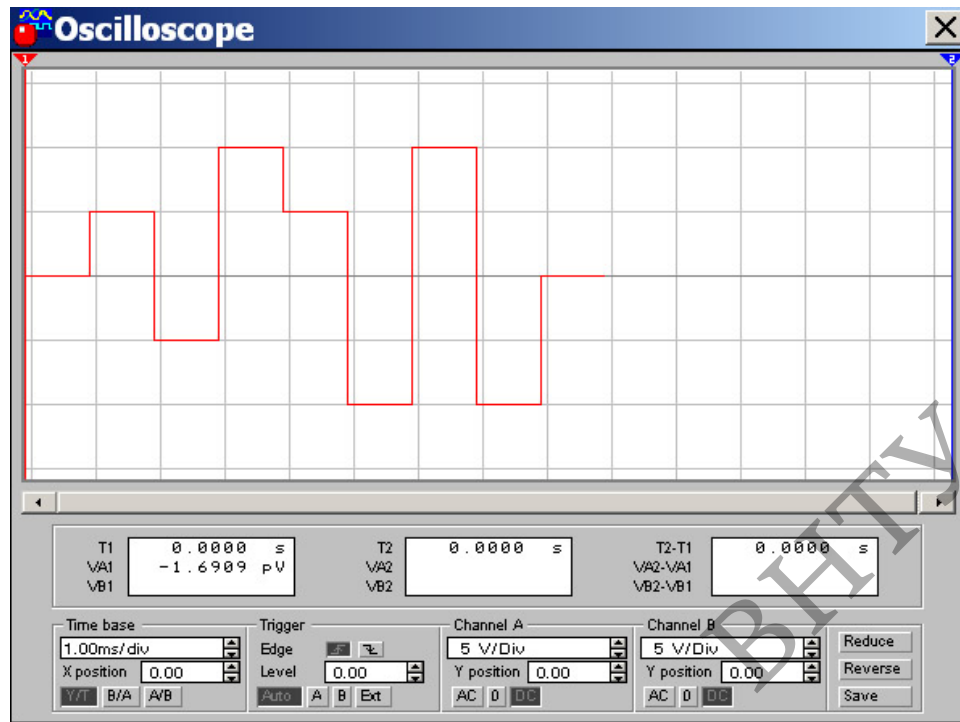


Рисунок 4.4 – Осцилограма вихідного сигналу кодера

Таким чином, моделювання роботи аналогової частини кодера дало змогу наочно побачити механізм перетворення цифрового сигналу у лінійний п'ятирівневий сигнал. Результати моделювання підтвердили правильність проведених розрахунків.

4.1.2 Моделювання роботи перетворювача в послідовний код

Для моделювання роботи перетворювача в послідовний код обирається пакет прикладних програм OrCad, оскільки даний програмний пакет максимально пристосований для роботи виключно з цифровими схемами (спосіб завдання вхідних сигналів характеризується більш широкими можливостями в порівнянні з пакетом Electronics Workbench, де можливо підключення тільки одного генератора)

На рисунку 4.5 зображена схема перетворювача в послідовний код, яка складається з 3х мультиплексорів (мікросхеми 74151, аналог використаних в

проекті КР1531КП19), двійкового лічильника (мікросхема 74193, аналог КР1531ИЕ10) і схеми збігу 2І-НІ.

Вхідними даними перетворювача є виходи ПЗП, що на схемі представлені портами D10-D33. На виході перетворювача (порти Y1-Y3) необхідно отримати послідовність, задану в пункті 3.3 даної роботи: «0+H+=H=». Кожний символ кодового слова кодується трьома бітами («H»→110, «+»→100, «0»→000, «-»→001, «=»→011), тобто на порти D10-D33 необхідно подати наступні комбінації: D10: 01, D20: 00, D30: 00; D11: 10, D21: 01, D31: 01; D12: 01, D22: 01, D32: 10; D13: 10, D23: 11, D33: 01.

Кожен вихід кожного мультиплексора (наприклад Y1) почергово з'єднується з його входом (наприклад D10,D11,D12,D13), отже сигнали на виходах мультиплексорів повинні мати наступний вигляд:

Y1: 01011010; Y2: 00010111; Y3: 00100101.

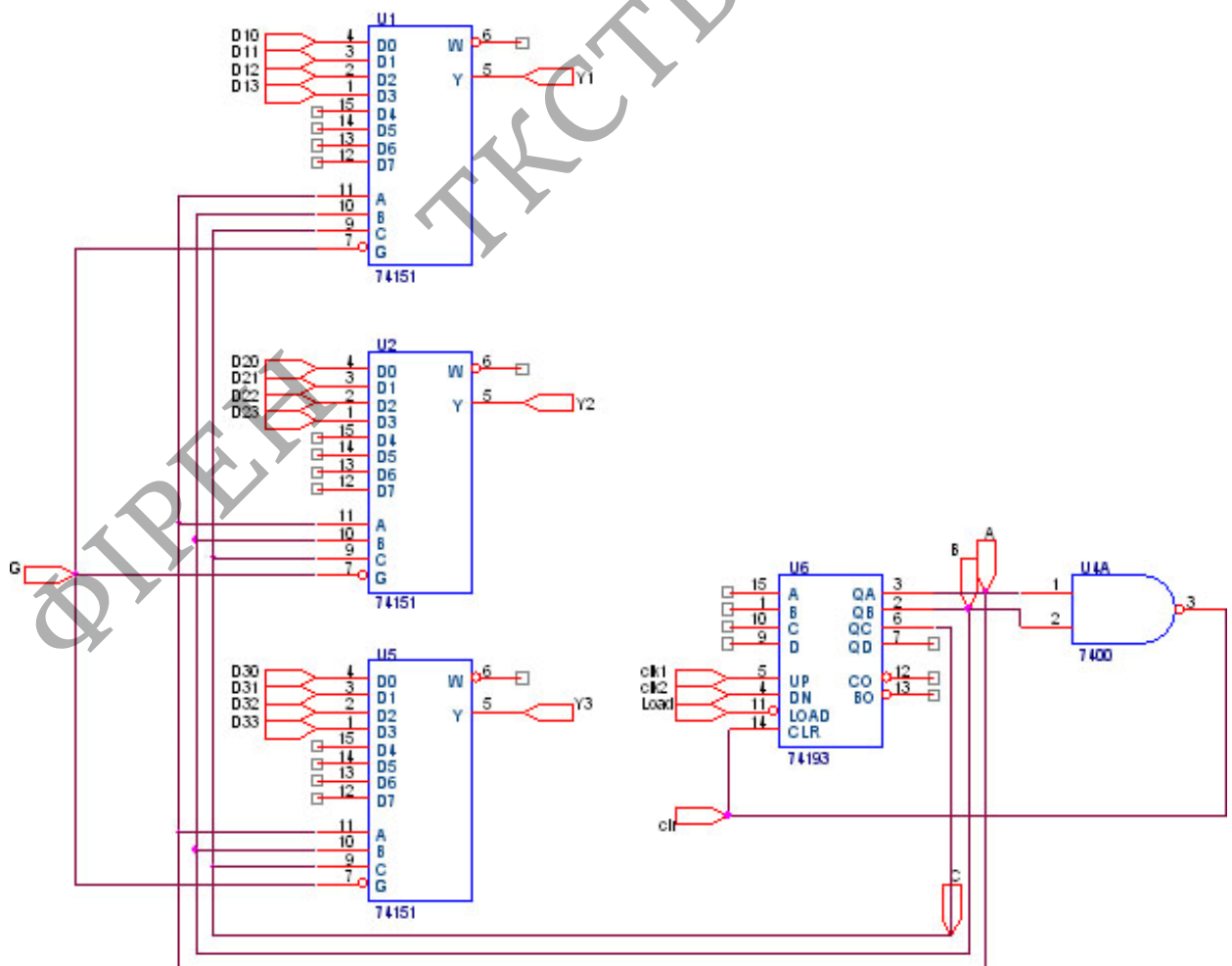


Рисунок 4.5 – Перетворювач в послідовний код

На рисунку 4.6 зображені часові діаграми роботи перетворювача.

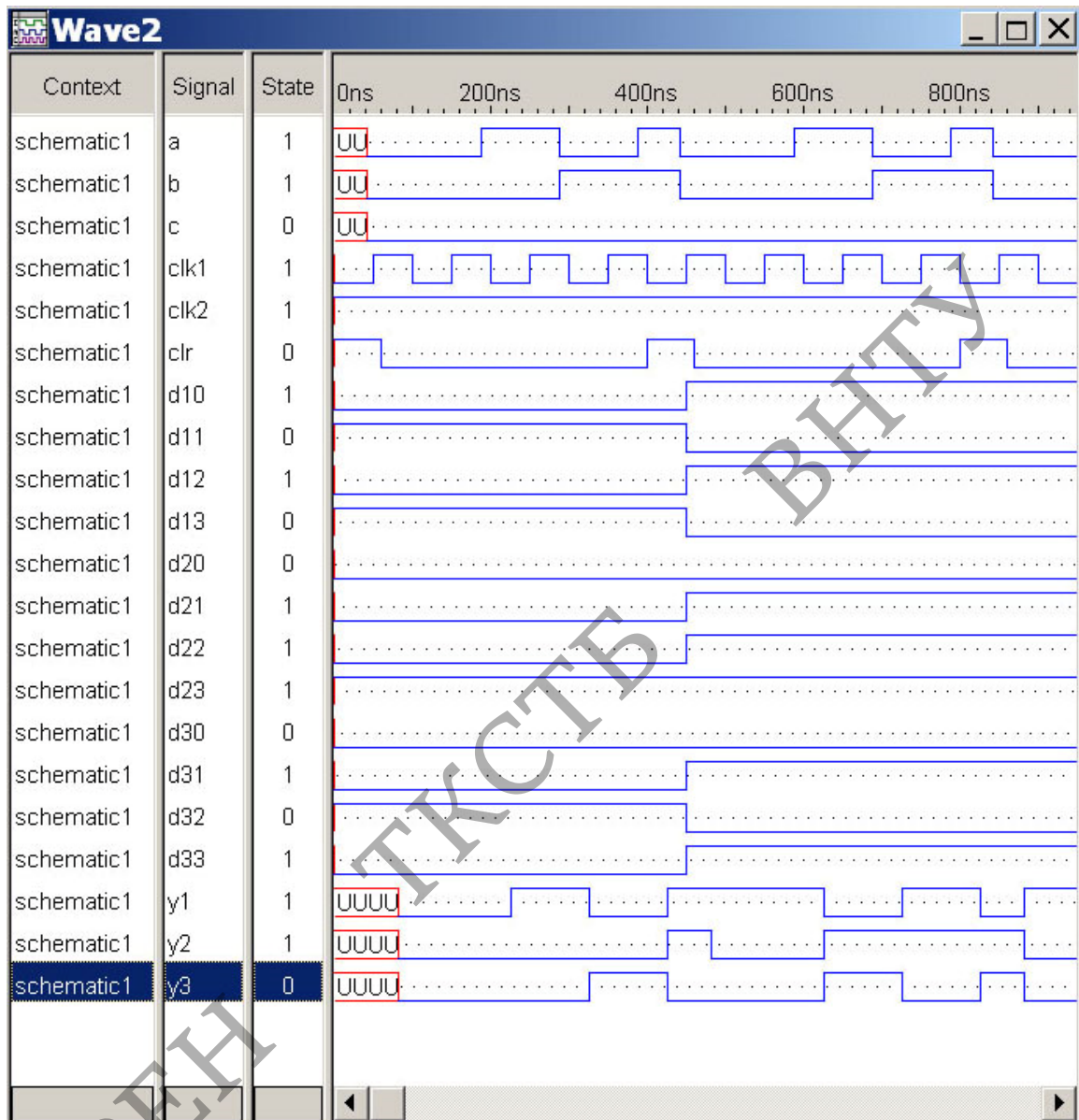


Рисунок 4.6 – Часові діаграми роботи перетворювача

Отже, як видно з рисунку 4.6 значення вихідних сигналів мультиплексорів повністю співпадають з теоретично розрахованими вище, що свідчить про правильність проведеного моделювання.

4.2 Моделювання декодера

Доцільним є моделювання аналогової частини декодера, оскільки в даному випадку результати моделювання будуть більш наочними. Проводиться моделювання вирішального пристрою декодера.

На рисунку 4.7 зображена схема вирішального пристрою декодера.

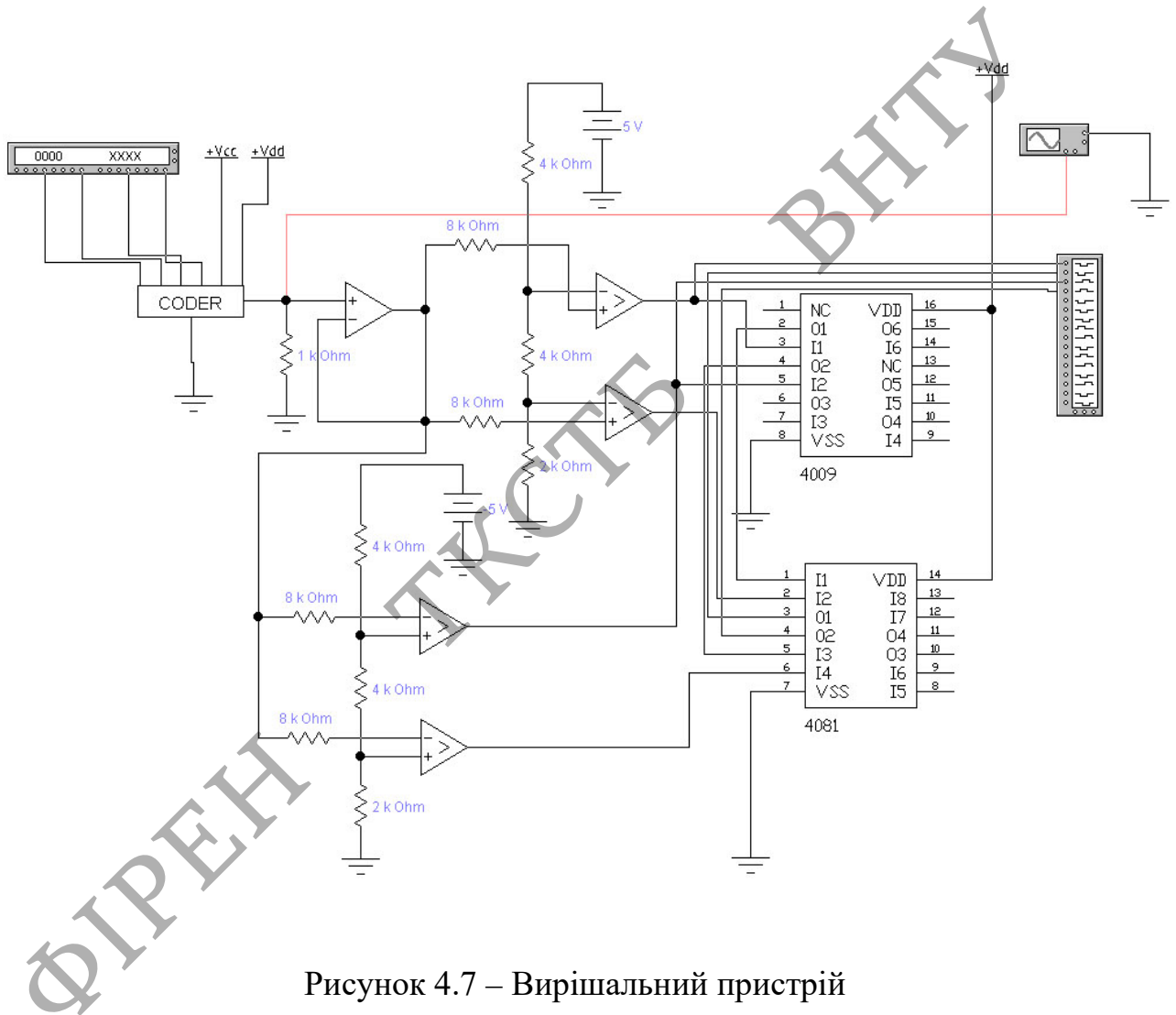


Рисунок 4.7 – Вирішальний пристрій

Вхідним сигналом для вирішального пристрою є вихідний сигнал кодера (лінійний сигнал). Кодер представлений у вигляді складеного функціонального вузла (на рисунку зображений як «CODER»). Осцилограма вхідного сигналу вирішального пристрою зображена нижче (рисунок 4.8)

Як видно з рисунку 4.8, вхідний сигнал декодера є аналогічним вихідному сигналу формувача лінійного сигналу, промодельованого раніше.

Вирішальний пристрій складається з чотирьох детекторів рівнів сигналу (2 детектори додатних рівнів «Н» і «+» і 2 детектори від'ємних рівнів «=» і «-») і мікросхем логіки, які виключають можливість ефекту «хибного ввімкнення» компараторів.

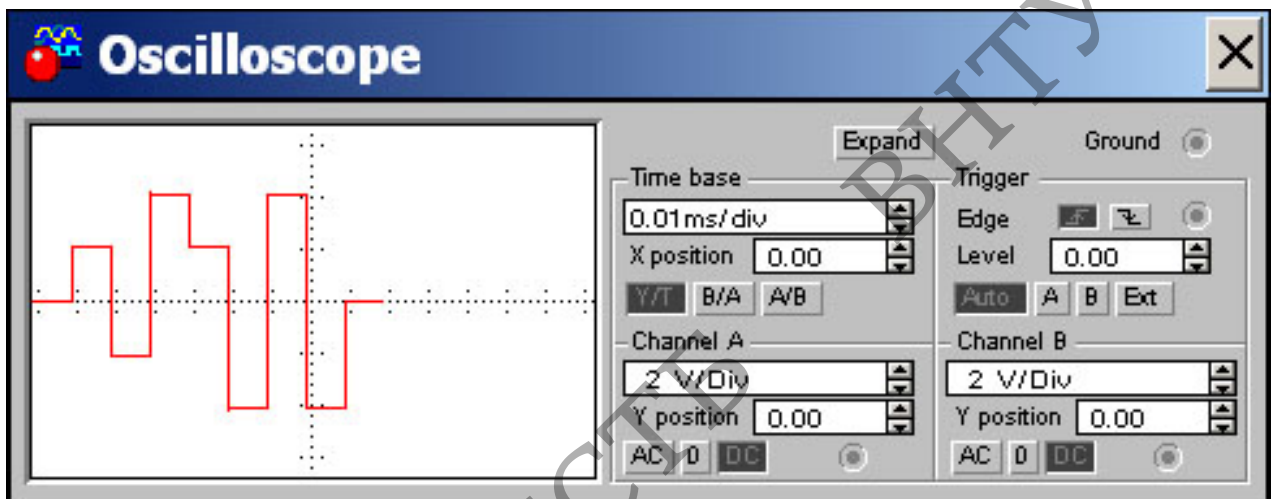


Рисунок 4.8 – Вхідний сигнал декодера

На рисунку 4.9 зображені вікна логічного аналізатора та осцилографа, з яких наочно видно, в які моменти часу відбувається ввімкнення компараторів.

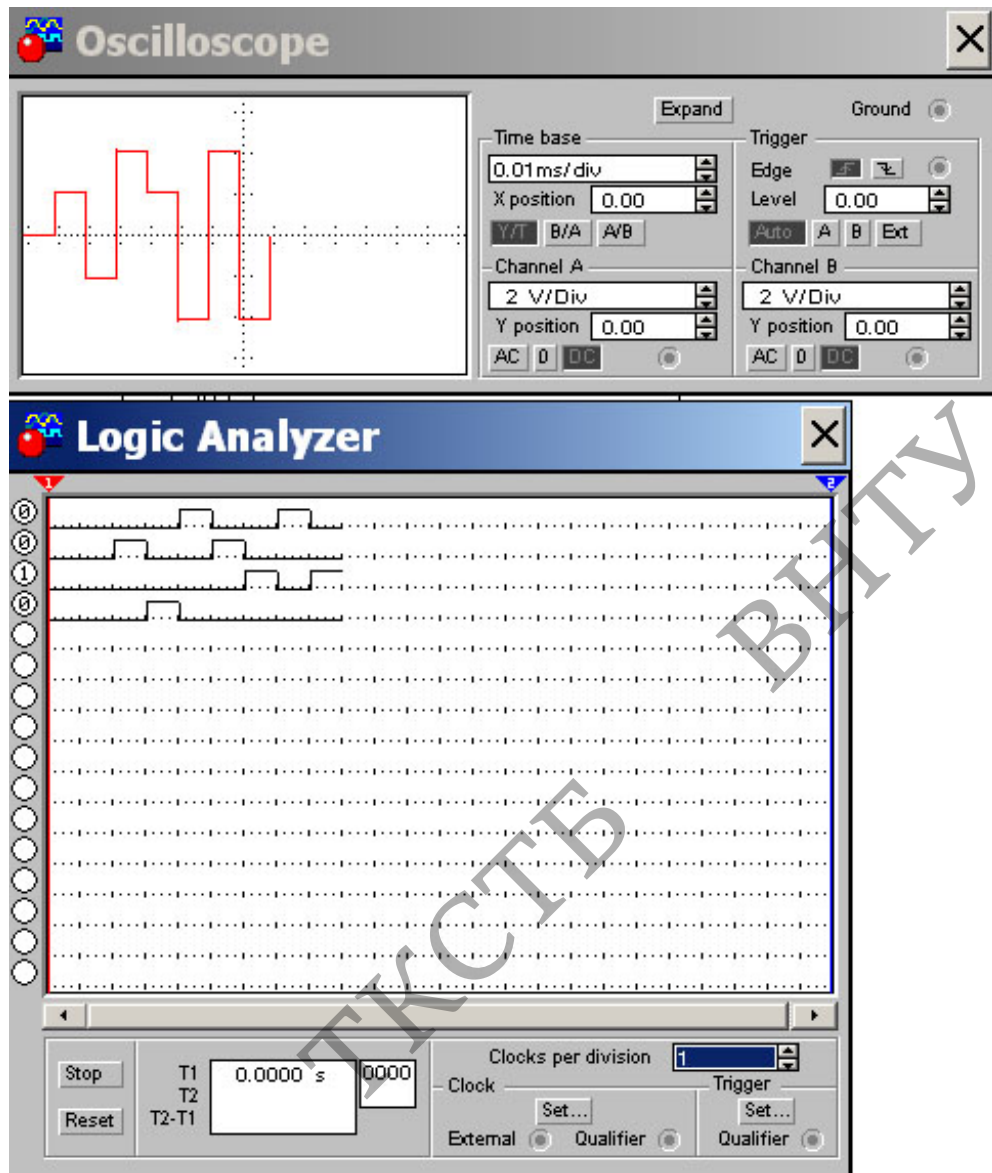


Рисунок 4.9 – Вікна логічного аналізатора та осцилографа

Отже, як видно з рисунка 4.9, ввімкнення компараторів відбувається строго синхронно і вірно, тим самим забезпечуючи правильне функціонування цифрової частини декодера.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання науково-дослідної роботи завжди передбачає отримання певних результатів і вимагає відповідних витрат. Результати виконаної роботи завжди дають нам нові знання, які в подальшому можуть бути використані для удосконалення та/або розробки (побудови) нових, більш продуктивних зразків техніки, процесів та програмного забезпечення.

Дослідження на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» може бути віднесено до фундаментальних і пошукових наукових досліджень і спрямоване на вирішення наукових проблем, пов'язаних з практичним застосуванням. Основою таких досліджень є науковий ефект, який виражається в отриманні наукових результатів, які збільшують обсяг знань про природу, техніку та суспільство, які розвивають теоретичну базу в тому чи іншому науковому напрямку, що дозволяє виявити нові закономірності, які можуть використовуватися на практиці.

Для цього випадку виконаємо такі етапи робіт:

- 1) здійснимо проведення наукового аудиту досліджень, тобто встановлення їх наукового рівня та значимості;
- 2) проведемо планування витрат на проведення наукових досліджень;
- 3) здійснимо розрахунок рівня важливості наукового дослідження та перспективності, визначимо ефективність наукових досліджень.

5.1 Оцінювання наукового ефекту

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведені в табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи виставлені експертами

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення ступеня новизни, бали		
		Експерти (ПІБ, посада)		
		1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в даній галузі науки і техніки. Отримані принципово нові факти, закономірності; розроблена нова теорія. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	-	-	-
Нова	Отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	53	60	57
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі відомі положення розповсюджені на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблені більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведена часткова раціональна модифікація (з ознаками новизни)	-	-	-

Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджені або поставлені під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг в порівнянні з існуючим	-	-	-
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі, та не був відомий авторам	-	-	-
Середнє значення балів експертів		56,7		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів ступінь новизни характеризується як нова, тобто отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних знань (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту) та проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів.

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи виставлені експертами

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали		
	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
Відкриття закону, розробка теорії	-	-	-
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	67	75	60
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	-	-	-
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	-	-	-
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	-	-	-
Середнє значення балів експертів	67,3		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів рівень теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи характеризується як глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу.

Показник, який характеризує рівень наукового ефекту, визначаємо за формулою [19]:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.1)$$

де $k_{\text{нов}}, k_{\text{теор}}$ - показники ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, $k_{\text{нов}} = 56,7$, $k_{\text{теор}} = 67,3$ балів;

$0,6$ та $0,4$ – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 56,7 + 0,4 \cdot 67,33 = 60,93 \text{ балів.}$$

Визначення характеристики показника $E_{\text{нау}}$ проводиться на основі висновків експертів виходячи з граничних значень, які наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Відповідно до визначеного рівня наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу», даний рівень становить 60,93 балів і відповідає статусу - середній рівень. Тобто у даному випадку можна вести мову про потенційну фактичну ефективність науково-дослідної роботи.

5.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

5.2.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [19]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (5.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$Z_o = 11400,00 \cdot 21 / 21 = 11400,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.4 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	11400,00	542,86	21	11400,00
Науковий співробітник	10800,00	514,29	21	10800,00
Інженер-конструктор телекомунікаційних систем	10650,00	507,14	18	9128,57
Технік	7100,00	338,10	12	4057,14
Всього				35385,71

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.4)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=2379,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [19];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих

об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_l = 2379,00 \cdot 1,35 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 31,54 \text{ грн.}$$

$$Z_{pl} = 31,54 \cdot 24,00 = 757,03 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
Встановлення дослідного обладнання	24,00	3	1,35	31,54	757,03
Встановлення допоміжного обладнання	12,00	2	1,10	25,70	308,42
Монтаж частин дослідної мережі	16,00	4	1,50	35,05	560,76
Формування блоків лінійних кодеків	10,00	5	1,70	39,72	397,21
Формування бази даних результатів вимірювань	50,00	3	1,35	31,54	1577,15
Підготовка лабораторного приміщення	12,00	2	1,10	25,70	308,42
Налаштування обладнання	6,00	4	1,50	35,05	210,29
Всього					4119,28

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (5.5)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{дод}} = (35385,71 + 4119,28) \cdot 11 / 100\% = 4345,55 \text{ грн.}$$

5.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (5.6)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (35385,71 + 4119,28 + 4345,55) \cdot 22 / 100\% = 9647,12 \text{ грн.}$$

5.2.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу».

Витрати на матеріали на даному етапі проведення досліджень в основному пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальних математичних моделей, тому дані витрати формуються на основі витратних матеріалів характерних для офісних робіт і частково експериментальних.

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j} \quad (5.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{vj} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 4,00 \cdot 92,00 \cdot 1,1 - 0,000 \cdot 0,00 = 404,80 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір офісний SCHOLZ A4 (500)	92,00	4,00	-	-	404,80
Папір для записів ЕКОС А5 (200)	42,00	4,00	-	-	184,80
Диск оптичний (CD-R)	12,40	4,00	-	-	54,56
Органайзер офісний ЕКОС-ВІС	210,00	4,00	-	-	924,00
Канцелярське приладдя	206,00	4,00	-	-	906,40
Картридж змінний HP 21 laser	980,00	2,00	-	-	2156,00
FLASH-пам'ять Traveler 32GB	329,00	1,00	-	-	361,90
Кабель мережевий	18,00	10,00	-	-	198,00
Всього					5190,46

5.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (5.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$$K_6 = 1 \cdot 4350,00 \cdot 1,1 = 4785,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Маршрутизатор LAP12	1	4350,00	4785,00
Інтерфейси абонента	3	158,00	521,40
Функціональні блоки для реалізації функцій мережного й більш високих рівнів	2	590,00	1298,00
Всього			6604,40

5.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{снец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{нр.і}} \cdot K_i \quad (5.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{np.i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10...1,12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{spec} = 28000,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 31080,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.8 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Приймач-передавач _DSL на станційному боці	1	28000,00	31080,00
Частотний розділювач (сплітер)	1	6300,00	6993,00
Приймач-передавач _DSL на боці користувача	1	460,00	510,60
Мультиплексор-демультиплексор	1	1670,00	1853,70
Модем	1	805,00	893,55
Всього			41330,85

5.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inpz} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (5.10)$$

де $C_{инрг}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{прг.i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1,10...1,12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{прг} = 7500,00 \cdot 1 \cdot 1,2 = 9000,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Windows 10	1	7500,00	9000,00
Microsoft Office 2019	1	5350,00	6420,00
Пакет обробки даних	1	14850,00	17820,00
Програмне забезпечення підтримки мереж	1	12300,00	14760,00
Всього			48000,00

5.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{C_б}{T_е} \cdot \frac{t_{еук}}{12}, \quad (5.11)$$

де $C_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{еук}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_е$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (27254,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 757,06 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Програмно-аналітичний комплекс HP Star	27254,00	3	1	757,06
Метрологічний комплекс NRC1000	10800,00	5	1	180,00
Програмне забезпечення цифрової АТС	9200,00	2	1	383,33
Місце оператора спеціалізоване	6500,00	5	1	108,33
Офісна оргтехніка	9200,00	4	1	191,67
Дослідницька лабораторія	230000,00	20	1	958,33
Персональний комп'ютер	21000,00	3	1	583,33
Всього				3162,06

5.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{ені}}{\eta_i}, \quad (5.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 4,10$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

\square_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\square_i < 1$.

$$V_e = 0,72 \cdot 160,0 \cdot 4,10 \cdot 0,95 / 0,97 = 472,32 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.11 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Програмно-аналітичний комплекс HP Star	0,72	160,0	472,32
Метрологічний комплекс NRC1000	0,32	110,0	144,32
Місце оператора спеціалізоване	0,15	160,0	98,40
Офісна оргтехніка	0,75	20,0	61,50
Персональний комп'ютер	0,21	160,0	137,76
Приймач-передавач _DSL на станційному боці	0,12	45,0	22,14
Частотний розділювач (сплітер)	0,02	45,0	3,69
Приймач-передавач _DSL на боці користувача	0,04	45,0	6,46
Мультиплексор-демультиплексор	0,01	45,0	1,85
Модем	0,02	45,0	3,69
Всього			952,12

5.2.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» належать витрати на відрядження

штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (5.13)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cv} = 20\%$.

$$B_{cv} = (35385,71 + 4119,28) \cdot 20 / 100\% = 7901,00 \text{ грн.}$$

5.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (5.14)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 30\%$.

$$B_{cn} = (35385,71 + 4119,28) \cdot 30 / 100\% = 11851,50 \text{ грн.}$$

5.2.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{ів}}}{100\%}, \quad (5.15)$$

де $H_{\text{ів}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{\text{ів}} = 50\%$.

$$I_{\text{в}} = (35385,71 + 4119,28) \cdot 50 / 100\% = 19752,50 \text{ грн.}$$

5.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (5.16)$$

де $H_{\text{нзв}}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{\text{нзв}} = 100\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (35385,71 + 4119,28) \cdot 100 / 100\% = 39505,00 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{доо} + Z_n + M + K_v + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_v + B_{нзв}. \quad (5.17)$$

$$B_{заг} = 35385,71 + 4119,28 + 4345,55 + 9647,119844 + 5190,46 + 6604,40 + 41330,85 + 48000,00 + 3162,06 + 952,12 + 7901,00 + 11851,50 + 19752,50 + 39505,00 = 237747,54 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta = 0,85$.

$$ZB = 237747,54 / 0,85 = 279702,99 \text{ грн.}$$

5.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Оцінювання та доведення ефективності виконання науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру є достатньо складним процесом і часто базується на експертних оцінках, тому має вірогідний характер.

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_P рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t}, \quad (5.19)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи. Прийmemo $I = 4$;

n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок. Прийmemo $n = 2$;

T_c – коефіцієнт складності роботи. Прийmemo $T_c = 2$;

R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$. Прийmemo $R = 3$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн. Прийmemo $B = 279702,99$ грн;

t – час проведення дослідження. Прийmemo $t = 0,08$ років, (1 міс.).

Визначення показників I , n , T_c , R , B , t здійснюється експертним шляхом або на основі нормативів [19].

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t} = \frac{4^2 \cdot 2 \cdot 3}{280 \cdot 0,08} = 4,12.$$

Якщо $K_p > 1$, то науково-дослідну роботу на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» можна вважати ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

5.4 Висновок до розділу 5

Можливі витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» складають 279702,99 грн. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$, що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Складність сучасних технологій і технологічних процесів ставить підвищені вимоги до організації охорони праці на підприємствах. В таких умовах людина не завжди може досконало сприймати швидкі зміни обставин в процесі виробничої. Навіть звичайна праця у науковому відділі вже стає небезпечною для здоров'я працівника, тому що при цьому використовуються персональні обчислювальні машини, факси, ксерокси та інші прилади, без яких сучасна професійна діяльність неможлива, але всі вони мають шкідливі та високо небезпечні для людини фактори.

Дослідження на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» відбуватиметься в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На дослідника можливий вплив таких небезпечних та шкідливих виробничих факторів (згідно ГОСТ 12.0.003-74 [21]):

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до визначених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Під час аналізу умов праці на робочому місці необхідно оцінити відповідність параметрів приміщення НПАОП 0.00-7.15-18 [27] та відповідність параметрів мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99 [26].

Згідно із НПАОП 0.00-7.15-18 [27] площу приміщень, в яких розташовують ПК, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК: площа – не менше 6,0 кв. м, обсяг – не менше 20,0 куб. м, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Згідно з ГОСТ 12.2.032-78 [22] конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати гігієнічним, антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам.

Гігієнічні вимоги визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем; показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

Антропометричні вимоги визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла та окремі рухові ланки). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи.

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприйняття, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця дослідника повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення;

- достатня вентиляція робочого місця.

Характеристики робочого місця під час написання роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» наступні:

1. висота робочої поверхні столу 750 мм;
2. висота простору для ніг 650 мм;
3. висота сидіння над рівнем підлоги 450 мм;
4. поверхня сидіння м'яка з закругленим переднім краєм;
5. передбачена можливість розміщення документів праворуч і ліворуч;
6. відстань від ока до екрана 700 мм;
7. відстань від ока до клавіатури 400 мм;
8. відстань від ока до документів 500 мм;
9. можливе регулювання екрана по висоті, по нахилу, у лівому і в правому напрямках.

6.1.2. Електробезпека приміщення

Основне завдання електробезпеки – мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів:

1. безпечною і надійною конструкцією електроустановок;
2. організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;
3. технічними засобами захисту.

За ступенем небезпеки враження електричним струмом приміщення можна класифікувати як таке, що має категорію «без підвищеної небезпеки», оскільки вся зазначена офісна техніка має захисне заземлення, передбачене її конструкцією, і повністю виключає можливість випадкового контакту із частинами, що перебувають під небезпечною для людини напругою [28].

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ в досліджуваному приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення із використанням природних заземлювачів;
- 3) систематичне проходження інструктажу з електробезпеки.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат

Стан навколишнього виробничого середовища характеризується такими метеорологічними умовами: температурою, відносною вологістю, барометричним тиском і швидкістю руху повітря. Вищеназвані параметри, які ще називають параметрами мікроклімату, визначають умови теплообміну організму працівника із довкіллям.

Дослідження на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» згідно гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [20] за енерговитратами відноситься до категорії I б. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [26] наведені в табл.2.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі
-------------	-----------

	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату передбачені система опалення, теплоізолююча обробка приміщення та припливно-витяжна вентиляція.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливої речовини у повітрі робочої зони розуміють таку максимальну концентрацію даної речовини, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год чи іншої тривалості (але не більше 40 год на тиждень) не призводить до зниження працездатності й захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не чинить несприятливого впливу на здоров'я нащадків.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Формальдегід	0,035	0,03	2
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,01	1

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено використання механічної вентиляції та систематичне вологе прибирання.

6.2.3. Виробниче освітлення

У приміщенні, де відбувалося дослідження на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» використовується природне однобічне бічне освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [23]) при природному та сумісному освітленні для розробника зазначені у таблиці 2.4:

Таблиця 6.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимально можливе бічне природне освітлення.

2) Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись економічні світлодіодні лампи.

3) Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати ролети.

6.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму під час роботи є жорсткий диск ПК, вентилятор блока живлення мережі, вентилятор, розташований на процесорі, швидкісні приводи дисків, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [25]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наукова і творча діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

6.2.5 Виробничі випромінювання

Джерелами змінних електричних і магнітних полів у ПК є вузли, у яких присутня висока змінна напруга, і вузли, що працюють з великими струмами. Рівні напруженості електромагнітних полів за електричними складовими та густиною магнітних потоків (індукції) у цих піддіапазонах регламентуються чинним в Україні нормативним актом ДСанПіН 3.3.2.007-98 [24] та загальноєвропейським стандартом MPR II, відомим під назвою «шведський стандарт». Ці ж діапазони розглядаються в універсальному рекомендаційному стандарті TCO'99.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від комп'ютера наведені в табл. 6.5.

Таблиця 6.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 вВ/м

Для захисту людини від дії електромагнітних випромінювань передбачаються такі способи і засоби: зменшення параметрів випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування робочого місця; обмеження часу перебування персоналу в

робочій зоні; встановлення раціональних режимів експлуатації установок і роботи працюючого персоналу.

6.2.6. Напруженість праці

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримуватися правильного режиму праці та відпочинку. Інакше у працівників спостерігається незадоволеність роботою, головний біль, роздратування, порушення сну, втома і больові відчуття в очах, попереку, у ділянці шиї та рук. Для збереження здоров'я працівників, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності слід передбачати внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку: для розробників програм — 15 хв. через кожну годину роботи за комп'ютером; для операторів ЕОМ — 15 хв. через кожні 2 год.; для операторів комп'ютерного набору — 10 хв. після кожної години роботи. Для профілактики напруженості органів зору важливими є: дотримання режимів праці та відпочинку; характеристики та налаштування монітору ПК: яскравість екрана, зернистість, відсутність близькості тощо, наприклад, неяскраві кольори менше втомлюють очі, ніж яскраві. Для зниження нервово-емоційного напруження і втоми очей, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, наведених у додатку 26 до ДСанПіН 3.3.2.007-98 (див. с.70,71). Отже, за умови дотримання Правил № 65 та ДСанПіН 3.3.2.007-98 робота з ПК не належить до категорії із шкідливими умовами праці.

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Вплив іонізуючих випромінювань (α , β , γ) на матеріал і деталі обладнання залежить від виду випромінювання, дози та умов навколишнього середовища. В РЕА застосовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні матеріали (в основному діелектрики), провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.).

В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи РЕА, потік гамма-випромінень створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристроїв кабельної мережі. При великих дозах випромінювання втрачають працездатність комплектуючі елементи систем радіоелектроніки і автоматики. У органічних ізоляційних і діелектричних матеріалах змінюються такі параметри, як: електрична провідність, діелектрична проникність і тангенс кута втрат. Неорганічні матеріали менш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань. [24]

Для інженерної практики найбільший інтерес представляє перший випадок, тобто оцінка стійкості роботи РЕА при перебуванні її в зараженій радіоактивними речовинами місцевості протягом еталонного часу.

Найбільш піддаються впливу електромагнітних випромінювань (ЕМІ) системи електропостачання, зв'язку, сигналізації і керування. ЕМІ ушкоджують напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. Також ЕМІ представляє велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від впливу інших вражаючих факторів. Слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних ушкоджень не захищає від впливу ЕМІ. Прилад

може втратити працездатність, знаходячись у надійних захисних спорудженнях [25].

6.3.1 Визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії іонізуючих випромінювань

Вихідні дані коефіцієнт послаблення $K_{\text{посл}}=2$

Приймаючи до уваги елементну базу, що використовується для реалізації лінійного кодека для кабельної мережі доступу, складається таблиця потужностей експозиційної дози опромінення для кожного елемента $P_{\text{зв.і}}$, що викликають початок зворотних змін (таблиця 6.1).

Таблиця 6.7 – Потужність експозиційної дози для елементів мережі.

Елементи радіоелектронної схеми	$P_{\text{зв.і}}, P/\text{год}$	$P_{\text{зв.}}, P/\text{год}$
Фотоелементи	10^3	10^3
Діоди загального призначення	10^4	
Транзистори загального призначення	10^4	
Мікросхеми	10^5	
Конденсатори	10^7	
Резистори	10^8	

Визначається елемент, який найбільшою мірою піддається впливу випромінюванням, тобто елемент із мінімальним значенням $P_{\text{зв.}}$. $P_{\text{зв.}} = 10^3 P/\text{с}$.

В якості критерію стійкості і безпеки роботи лінійного кодека для кабельної мережі доступу використовується граничне значення рівня іонізуючих випромінювань:

$$P_{\text{гр}} = K_{\text{над}} * P_{\text{зв}} * K_{\text{посл}}$$

де $P_{\text{зв}}$ - рівень радіації, який відповідає початку зворотних змін у найбільш беззахисного елемента схеми;

$K_{\text{над}}$ - коефіцієнт надійності ($K_{\text{над}} = 0,9 \div 0,96$);

$K_{\text{посл}}$ - коефіцієнт послаблення.

$$P_{\text{гр}} = 0,96 * 10^3 * 2 = 1920 \text{ Р/год.}$$

Отже, електричні кола пристроїв лінійного кодека для кабельної мережі доступу, що розробляється, будуть працювати з потрібною якістю в області зміни потужності дози від 0 до $1,92 * 10^3 \text{ Р/с}$, при одночасному зменшенні гарантованого часу роботи лінійного кодека для кабельної мережі доступу. Також верхня межа потужності дози ІВ є критичною точкою на миттєвий відказ пристроїв лінійного кодека для кабельної мережі доступу.

6.3.2 Визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії електромагнітного імпульсу

В якості показника стійкості електротехнічних і електронних систем або їх окремих елементів до впливу ЕМІ можна прийняти коефіцієнт безпеки, що визначається відношенням гранично допустимої напруги (струму) до наведеної, тобто створеної ЕМІ в даних умовах :

$$K_{\text{Б}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{в/г}}(\varepsilon)} \geq 40 \text{ дБ}$$

Де $U_{\text{д}}$ - допустиме коливання напруги живлення (в даному пристрої для його використовується напруга $U_{\text{ж}} = 5 \text{ В} \pm 5\% (N=5)$);

$U_{\text{в/г}}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах.

Апаратура працює стійко, коли $K_{\text{Б}} > 40 \text{ дБ}$.

Допустиме коливання напруги живлення визначається за формулою:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} * N = 5 + \frac{5}{100} = 5,25(\text{В})$$

Визначається напруга наведення у горизонтальних провідниках $U_{\text{г}}$:

$$U_{\text{г}} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{158}{100} = 1,58(\text{В})$$

Тоді вертикальна складова напруженості електричного поля визначається з виразу:

$$U_{\Gamma} = E_{\Gamma} * L_{\Gamma}$$

$$E_{\Gamma} = U_{\Gamma} / L_{\Gamma} = 1,58 / 0,31 = 5,096 \text{ (В/м)}.$$

де: L_{Γ} - максимальна довжина струмопровідної частини $L_{\Gamma} = 0,58$ м.

Отже, при умові, що $E_{\Gamma} \leq 5,096$ В/м мережа IP-телефонії буде працювати безпечно.

6.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії електромагнітного імпульсу

Дослідження, які були проведені як у нашій країні, так і за кордоном, показали, що зміна параметрів радіоелектронних пристроїв лінійного кодека для кабельної мережі доступу може відбуватися в широкому діапазоні доз (потоків) іонізуючих випромінювань. Тому в багатьох випадках виникає необхідність вживати заходів по підвищенню радіаційної стійкості розроблювальної апаратури (пристроїв, блоків).

Головними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості являються: застосування в апаратурі радіаційностійких елементів і матеріалів, спеціальних масивних екранів або активного захисту від впливу потоків заряджених частинок. При імпульсному впливі іонізуючих випромінювань, крім перерахованих способів використовують: застосування схем, мало критичних до змін електричних параметрів; зниження напруги живлення на аноді і збільшення від'ємної напруги зсуву сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, які містять радіотехнічні схеми на період впливу радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням і інші.

Отже, нами було проведено визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії іонізуючих

випромінювань та електромагнітного імпульсу. Аналізуючи вищенаведені розрахунки, можна зробити висновок, що електричні кола лінійного кодека для кабельної мережі доступу будуть зберігати працездатність при рівні іонізуючих випромінювань меншому $1,92 * 10^3$ P/c.

При визначенні області працездатності електротехнічних і електронних систем було визначено, що безпека роботи розроблювального лінійного кодека для кабельної мережі доступу можлива при умові $E_{в} \leq 5,096$ В/м.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи розв'язано задачу підвищення завадостійкості кабельної мережі доступу за рахунок використання п'ятирівневого лінійного коду.

В процесі роботи було розроблено лінійний високошвидкісний кодек. Лінійний код 8B4QI, який використовує кодек, код 8B4QI, розроблений з позицій спрощення кодоперетворювачів, отримання високої завадозахищеності регенераторів і малого коефіцієнта помилок при декодуванні, дозволяє знизити швидкість проходження символів в лінійному тракті вдвічі, тобто вдвічі підвищує рівень максимальної пропускнуєї спроможності кабельної мережі доступу.

Для отримання оптимальної структурної схеми пристрою було розглянуто та досить детально проаналізовано декілька структурних схем різноманітних пристроїв, з фрагментів яких складався кодек лінійного тракту. При цьому основні вимоги до розробляемого пристрою – простота та максимальна швидкодія, були цілком виконані.

Розробка схеми електричної принципової кодека лінійного сигналу (код 8B4QI) була проведена на основі попереднього ознайомлення робіт по даній тематиці. Елементна база кодера реалізована на мікросхемах 1531 серії та серії Fast TTL – 74F закордонного виробництва, оскільки необхідно забезпечити високу швидкодію такої системи (тактова частота вихідного сигналу системи складає 278 МБ/с). Загальна потужність кодека – 7,7 Вт, що пояснюється використанням потужних аналогових підсилювачів фірми National Semiconductors та компараторів Analog Devices в аналоговій частині кодека, а також мікросхем ПЗП з великим струмом споживання фірми Philips. Результати розрахунків підтвердили можливість реалізації необхідних функцій на основі вибраних схемних рішень.

Моделювання аналогової та цифрової частин кодера проводилось у схемних редакторах Electronics Workbench та OrCad, які мають досить зручний інтерфейс і високу наочність промодельованих процесів. Оскільки вбудовані бібліотеки програмних пакетів не містять мікросхем 1531 серії, були використані аналогічні мікросхеми 74F серії зарубіжного виробництва.

Результати комп'ютерного моделювання підтвердили правильність усіх етапів розробки лінійного кодека у попередніх розділах магістерської кваліфікаційної роботи.

В економічній частині були обчислені можливі витрати на проведення науково-дослідної роботи. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було проведено визначення області працездатності лінійного кодека для кабельної мережі доступу в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Бортник Г. Г., Стальченко О. В., Яблонський В. Ф. Мережі доступу. Навчальний посібник– Вінниця: ВНТУ, 2007.– 139 с.

10.Соколов Н. А. Сети абонентского доступа М.: Ентер, 2004. – 254 с.

Бортник Г. Г., Кичак В. М., Яблонський В. Ф. Методи та засоби оцінювання параметрів абонентських ліній зв'язку. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006.- 139 с.

Бортник Г. Г. Системи передавання в електрозв'язку. Навчальний посібник - Вінниця: ВНТУ, 2006.– 138 с.

11.Денисьева О. М. Цифровые системы передачи для абонентских линий // Вестник связи - №9. – 1995. – С. 37-38.

12.Соколов Н. А. Эволюция городских телефонных сетей. – Пермь: ИТОО „Книга”, 1994. – 375 с.

13.Гроднев И.И., Верник С.М., Кочановский Л.Н. Линии связи. – М.: Радио и связь, 1995. – 488с.

14. Стеклов В. К., Беркман Л. И. Проектування телекомунікаційних мереж: Підр. для вузів / Під ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 2002 – 792 с.

15. Кириллов В. И. Многоканальные системы передачи: Учебник для вузов.– М.: Новое знание, 2002. – 751 с.

16. Иванов А. Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. – М.: САЙРУС СИСТЕМС, 2000. – 375 с.

17. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Телекомунікаційні мережі: Підр. для вузів. – К.: Техніка, 2001. – 392 с.

Бортник Г. Г., Кичак В. М. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006.- 167 с.

18. Цифровая связь: Справочник / И. П. Панфилов, В. К. Стеклов, М. Л. Бирюков и др. / Под ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 1992. – 230 с.

19.Телекомунікаційні системи передачі: підручник / В. М. Кичак, О. М.

Шинкарук, Г.Г. Бортник, І. І. Чесановський. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2016. – 424 с.

20.Бортник Г.Г. Телекомунікаційні системи передачі: навчальний посібник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак, Н.О. Пунченко, О.В. Стальченко. – Вінниця: ВНТУ, 2015. –145 с.

21.Бортник Г.Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник / Г. Г. Бортник, М.В. Васильківський, В. М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2017. –162 с.

22.Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. Т.10. – М.: ИП РадиоСофт, 2000. – 544 с.

23. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Elektronics Workbench и ее применение М.: “Солон –Р”, 2001.

24. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

25.Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

26.ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

27.ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/31/31970.shtml>

28.ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – Мінбуд України. – К.: 2006

29.ДСан ПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derz-nor4881.html>

30.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

31.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

32.НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

33.Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

ФІРЕН

ТКСГБ

ВНТУ

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав.кафедри ТКСТБ ВНТУ,
докт. техн. наук, професор
В.М. Кичак
“ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
ЛІНІЙНИЙ КОДЕК ДЛЯ КАБЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

08-34.МКР.001.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., проф. кафедри ТКСТБ ВНТУ

Бортник Г.Г.

Виконавець: ст. гр. ТКС-20м

Бриль М.Р.

Вінниця-2021

1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету від “24” 09 2021 року № 277 та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: 01.09.2021 р.

Дата закінчення: 20.12.2021 р.

2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення завадостійкості кабельної мережі доступу за рахунок використання п'ятирівневого лінійного коду.

Для досягнення цієї мети під час проведення теоретичних та експериментальних досліджень висувались такі задачі:

- аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу;
- розробка структури кодека;
- розробка електричної схеми кодека;
- комп'ютерне моделювання кодека.

Об'єктом дослідження є процес кодування сигналів у кабельних мережах доступу.

Предметом дослідження є методи та засоби лінійного кодування у цифрових трактах передачі сигналів.

Основними завданнями роботи є:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності даної розробки;
- аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу;
- розробка структури кодека;
- розробка електричної схеми кодека;
- комп'ютерне моделювання кодека;
- аналіз економічної ефективності проведеної розробки;

- дослідження питань безпеки життєдіяльності.

Розроблений в ході виконання метод підвищення завадостійкості кабельної мережі доступу дозволить розв'язати протиріччя між підвищенням ефективності кодека і суттєвим розширенням частотного діапазону за рахунок використання п'ятирівневого лінійного коду.

3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МКР

Робота базується на результатах бакалаврської дипломної роботи “Дослідження кодеків сигналів електрозв'язку”, яка виконувалась у ВНТУ у 2019/2020 н.р. Під час підготовки магістерської кваліфікаційної роботи будуть використані матеріали цієї БДР.

Список використаних джерел розробки:

3.1 Бортник Г. Г., Кичак В. М., Яблонський В. Ф. Методи та засоби оцінювання параметрів абонентських ліній зв'язку. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 139 с.

3.2 Бортник Г.Г. Телекомунікаційні системи передачі: навчальний посібник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак, Н.О. Пунченко, О.В. Стальченко. – Вінниця: ВНТУ, 2015. –145 с.

3.3 Бортник Г.Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник / Г. Г. Бортник, М.В. Васильківський, В. М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2017. –162 с.

3.4 Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. Т.10. – М.: ИП РадиоСофт, 2000. – 544 с.

3.5 Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. А. О. Семенов, Л. П. Громова, Т.В. Макарова, Сердюк О.В. – Вінниця: ВНТУ, 2021 – 60 с.

3.6 Кухарчук В.В., Ігнатенко О.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей.- В.: ВДТУ, 2002.

3.7 Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – В.: ВДТУ, 2003.

3.8 ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація, звіти у сфері науки і техніки.- К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

3.9 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. Под ред. Э.Т.Романьчевой.- М: Радио и связь, 1989.

3.10 Бортник Г.Г., Васильківський М.В. Методичні вказівки до підготовки магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання.- Вінниця:ВНТУ, 2018.- 50 с.

4 ВИКОНАВЕЦЬ

Вінницький національний технічний університет, кафедра телекомунікаційних систем та телебачення, студент групи ТКС-20м Бриль М.Р.

5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Пропонується виконати дослідження лінійного кодека для кабельної мережі доступу.

Технічні вимоги, яким повинна відповідати розробка, наступні:

- код лінії – 8B4QI;
- тактова частота лінійного сигналу – 69МГц;
- рівні напруги лінійного сигналу $\pm 4\text{В}$ (для рівнів «+2», «-2»), $\pm 2\text{В}$ (для рівнів «+1», «-1») і 0В для рівня «0»;
- первинний сигнал – цифровий потік Е4 (140 Мбіт/с) в NRZ коді;

- потужність споживання лінійного кодека не більша 10Вт від двополярного джерела постійної напруги $\pm 5В$;

- тип логічних рівнів ВІС – ТТЛ.

При розробці кодека слід максимально використовувати стандартні та уніфіковані деталі.

6 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Розробка технічного завдання (ТЗ)	01.09.2021р.	10.09.2021р.	Розроблене ТЗ	Додаток А
2.	Аналіз лінійних кодів для кабельної мережі доступу	11.09.2021р.	17.09.2021р.	Проведений аналіз	Вступ. Розділ 1.
3.	Розробка структури кодека	18.09.2021р.	01.10.2021р.	Розроблена структура	Розділ 2
4.	Розробка електричної схеми кодека	02.10.2021р.	29.10.2021р.	Розроблена схема	Розділ 3
5.	Комп'ютерне моделювання кодека	30.10.2021р.	19.11.2021р.	Характеристики і параметри	Розділ 4
6.	Аналіз економічної ефективності	20.11.2021р.	30.11.2021р.	Економічна частина МКР	Розділ 5
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.2021р.	06.12.2021р.	Частина ОТ та БНС	Розділ 6
8.	Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини	07.12.2021р.	13.12.2021р.	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
9.	Нормоконтроль, попередній захист, опонування МКР	14.12. 2021р.	17.12.2021р.	Позитивні відзиви	Відгуки
10.	Захист МКР ЕК		20.12.2021р.	Позитивний захист	Протокол ЕК

7 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

В результаті виконання роботи будуть розроблені:

- структури кодера та декодера;
- комп'ютерні моделі кодера та декодера;
- економічна частина МКР;
- розділ ОП та БНС;
- рекомендації щодо подальшого використання розробленого кодека.

Результати, отримані в процесі виконання даної роботи, будуть впроваджені в галузі телекомунікацій:

- Регіональний Центр експлуатації телекомунікаційної мережі України шляхом впровадження кодека;
- ПАТ “Укртелеком” шляхом впровадження нових методик контролю характеристик кодека.

Очікуваний техніко-економічний ефект. При впровадженні результатів досліджень очікується підвищення завадостійкості та розширення частотного діапазону кодека.

8 МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ ТА ПІД ЧАС ЕТАПІВ

За результатами виконання МКР до ЕК подаються пояснювальна записка, графічна частина МКР, відзив і рецензія.

9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ МКР ТА ЇЇ ЕТАПІВ

Поетапно результати виконання МКР розглядаються керівником роботи та обговорюються на засіданні кафедри.

Захист магістерської кваліфікаційної роботи відбувається на відкритому засіданні ЕК.

10 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання досліджень повинна містити:

- техніко-економічне обґрунтування розробки;
- нову структуру кодека;
- нову моделювальну схему кодека;
- економічну частину та розділ БЖД і ЦЗ;
- рекомендації щодо подальшого використання кодека.

11 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

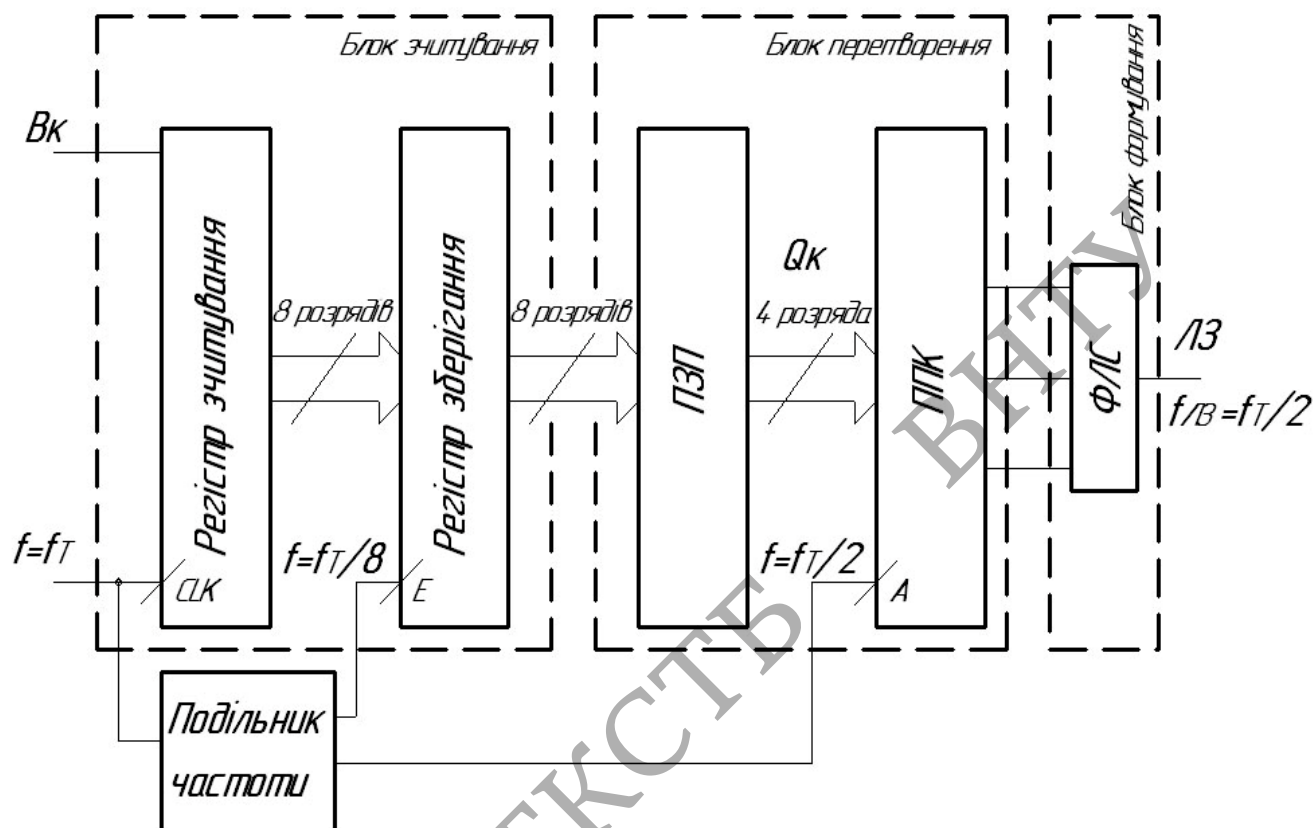
Додаток Б
(обов'язковий)

Лінійний кодер.
Структурна електрична схема

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



08-34.МКР.001.00.000 Е1

Лінійний кодер.
Структурна електрична
схема

Лім. Маса Масштаб

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Бриль М.Р.		
Перевір.		Бортник Г.Г.		
Т. Контр.				
Реценз.				
Н. Контр.		Бортник Г.Г.		
Затверд.		Кичак В.М.		

Арк. 1 Аркушів 1

ВНТУ, ТКС-20м

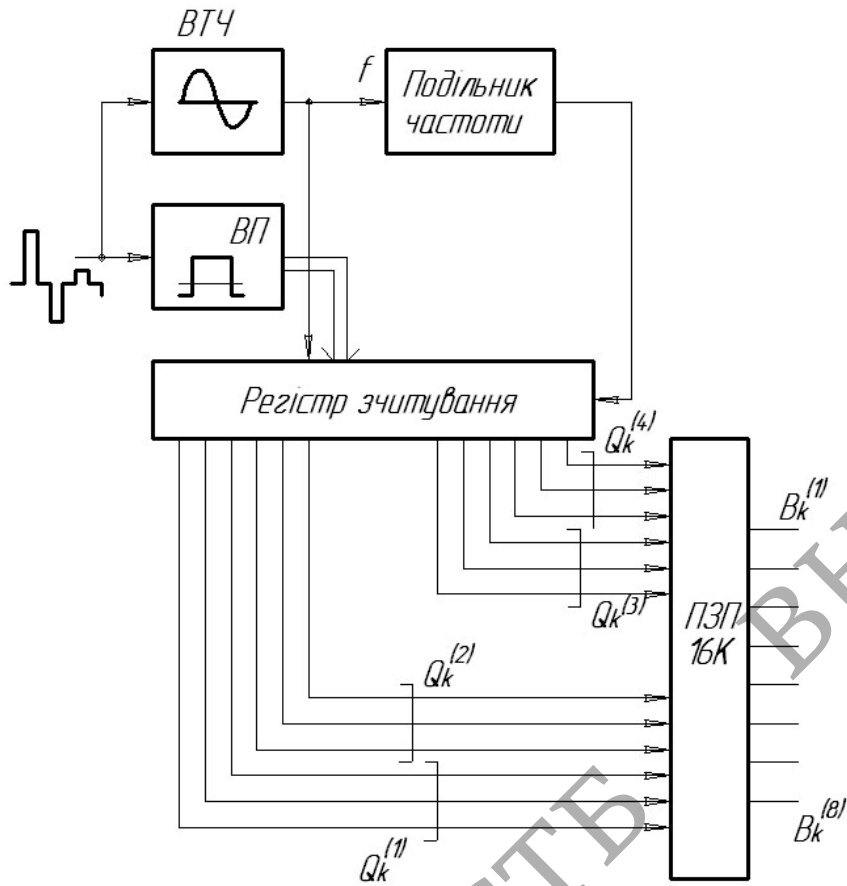
Додаток В
(обов'язковий)

Декодер лінійного сигналу.
Структурна електрична схема

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



ФІРЕН ТКСТБ ВНТУ

					08-34.МКР.001.00.000 Е1			
					Декодер лінійного сигналу. Структурна електрична схема			
								Лім.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бриль М.Р.						
Перевір.		Бортник Г.Г.						
Т. Контр.								
Реценз.								
Н. Контр.		Бортник Г.Г.						
Затверд.		Кичак В.М.						
					Арк.	1	Аркушів	1
					ВНТУ, ТКС-20м			

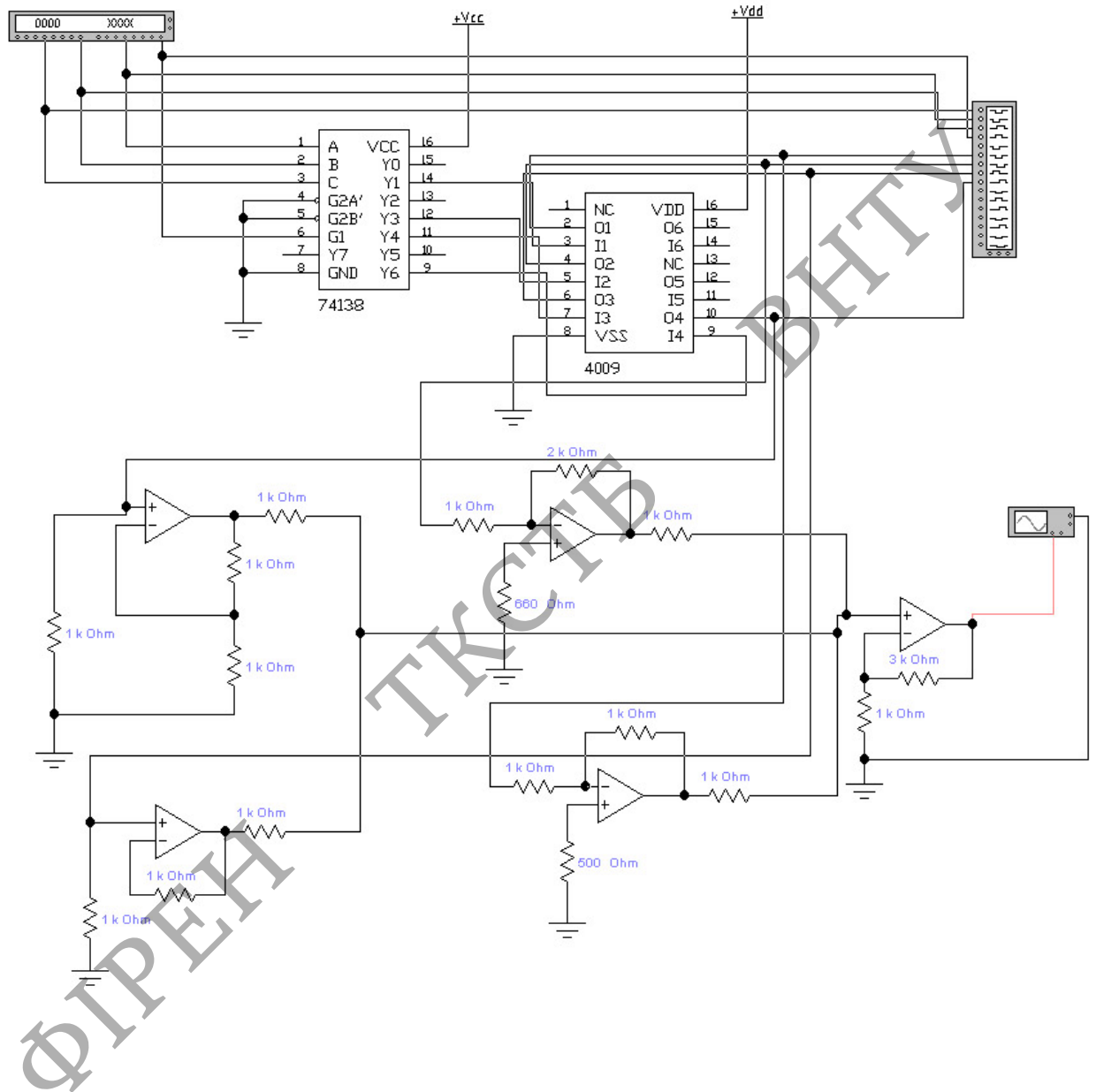
Додаток Г
(обов'язковий)

Моделювальна схема формувача лінійного сигналу

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



					08-34.МКР.001.00.000 Е8		
					Моделювальна схема формувача лінійного сигналу		
					Лім.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бриль М.Р.					
Перевір.		Бортник Г.Г.					
Т. Контр.							
Реценз.							
Н. Контр.		Бортник Г.Г.					
Затверд.		Кичак В.М.			Арк. 1	Аркушів 1	
					ВНТУ, ТКС-20м		

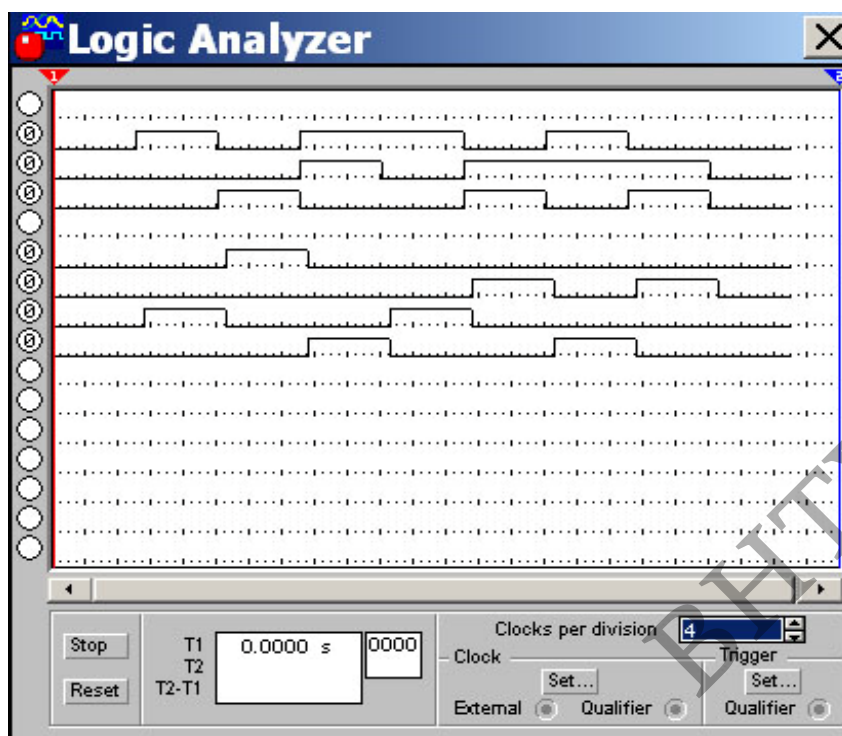
Додаток Д
(обов'язковий)

Часові діаграми роботи кодера

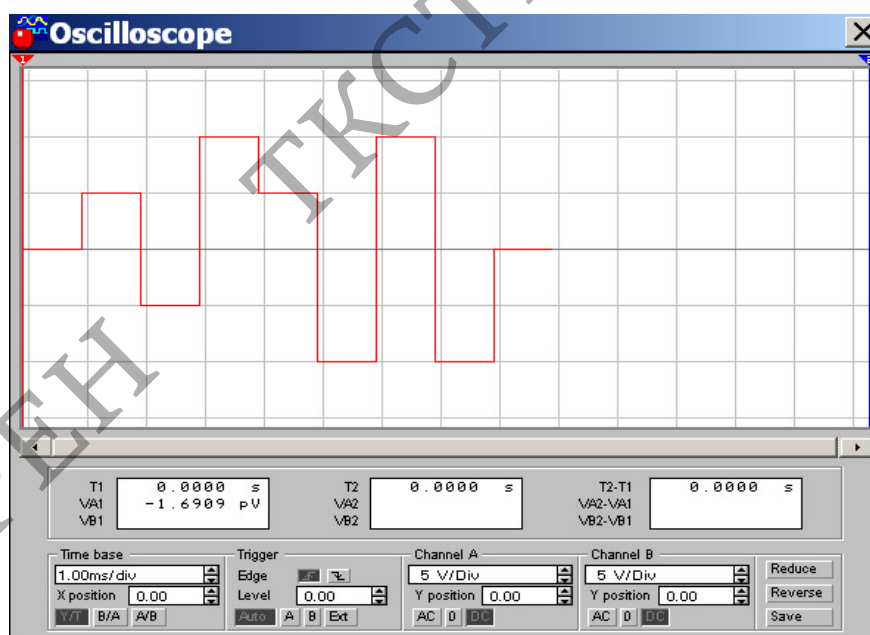
ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



Часові діаграми роботи дешифратора і генератора

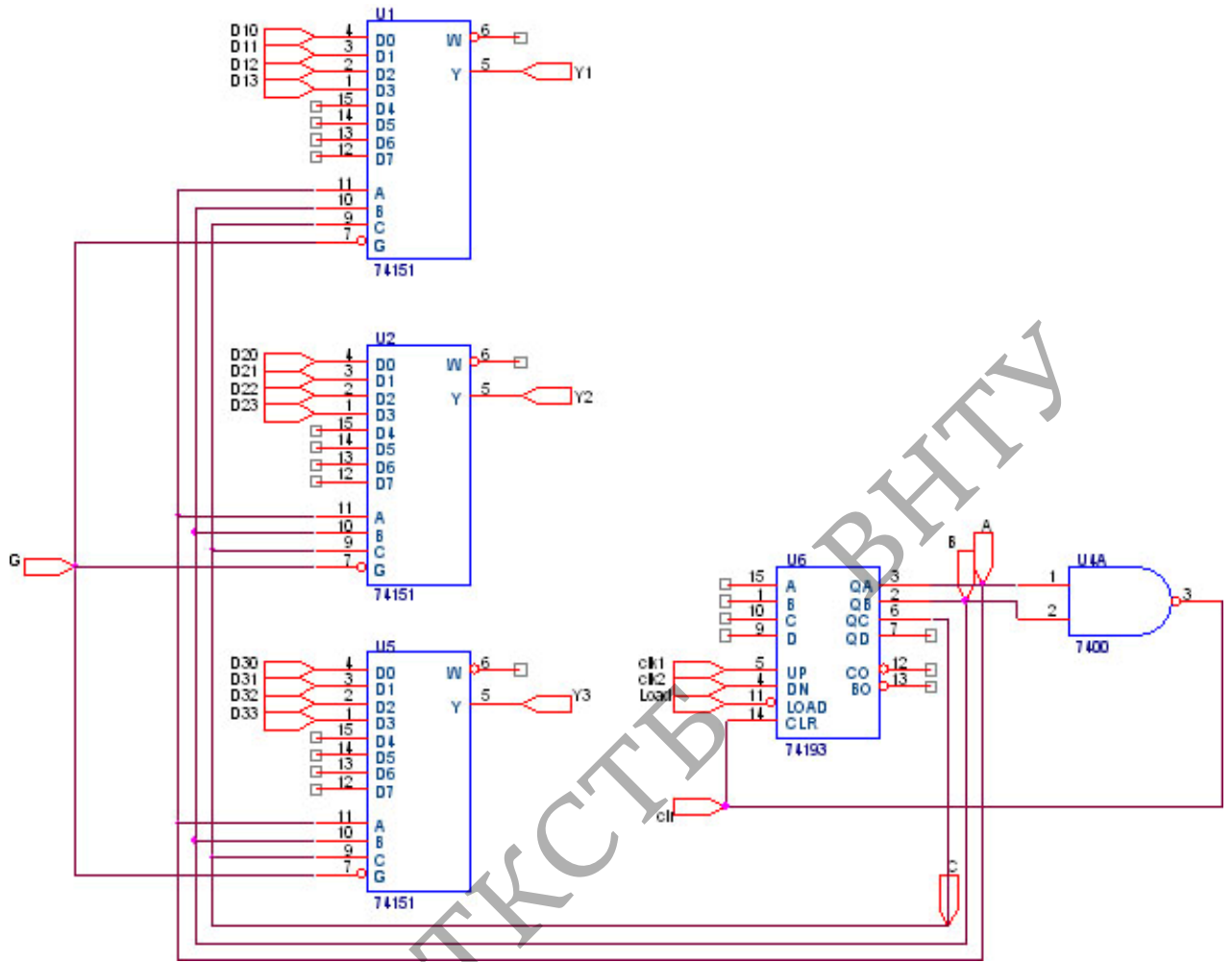


Осцилограма вихідного сигналу кодера

					08-34.МКР.001.00.000 Е8		
					Часові діаграми роботи кодера		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Розроб.</i>		Бриль М.Р.					
<i>Перевір.</i>		Бортник Г.Г.					
<i>Т. Контр.</i>					<i>Арк.</i>	1	<i>Аркушів</i> 1
<i>Реценз.</i>					ВНТУ, ТКС-20м		
<i>Н. Контр.</i>		Бортник Г.Г.					
<i>Затверд.</i>		Кичак В.М.					

Додаток Е
(обов'язковий)

Моделювальна схема перетворювача з паралельного в послідовний код



ФІРЕН

ТКС-20м ВНТУ

					08-34.МКР.001.00.000 Е8		
					Моделювальна схема перетворювача з паралельного в послідовний код		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бриль М.Р.					
Перевір.		Бортник Г.Г.			Арк.	1	Аркушів 1
Т. Контр.					ВНТУ, ТКС-20м		
Реценз.							
Н. Контр.		Бортник Г.Г.					
Затверд.		Кичак В.М.					

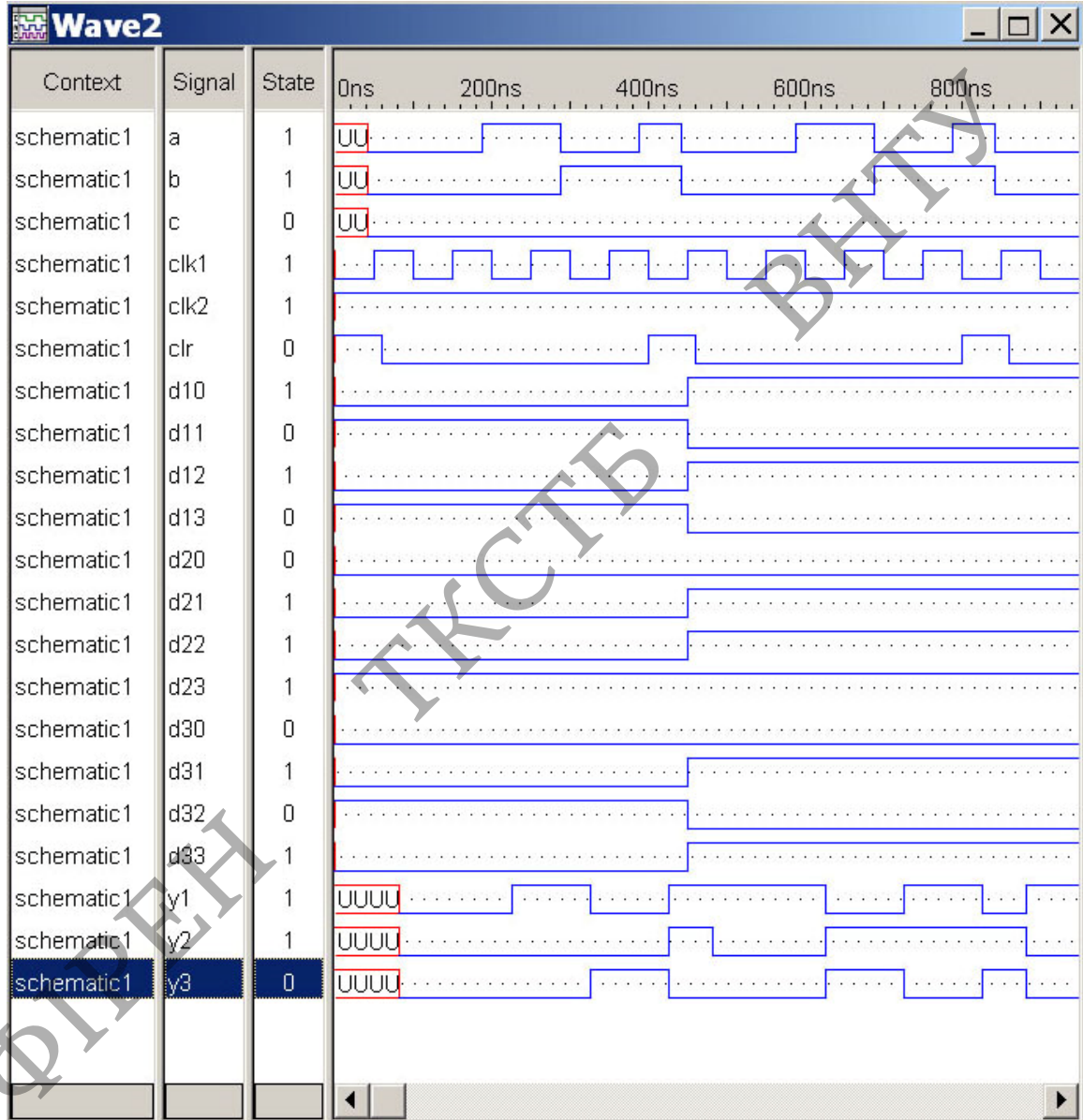
Додаток Ж
(обов'язковий)

Часові діаграми роботи перетворювача
з паралельного в послідовний код

ФІРЕН

ТКСТБ

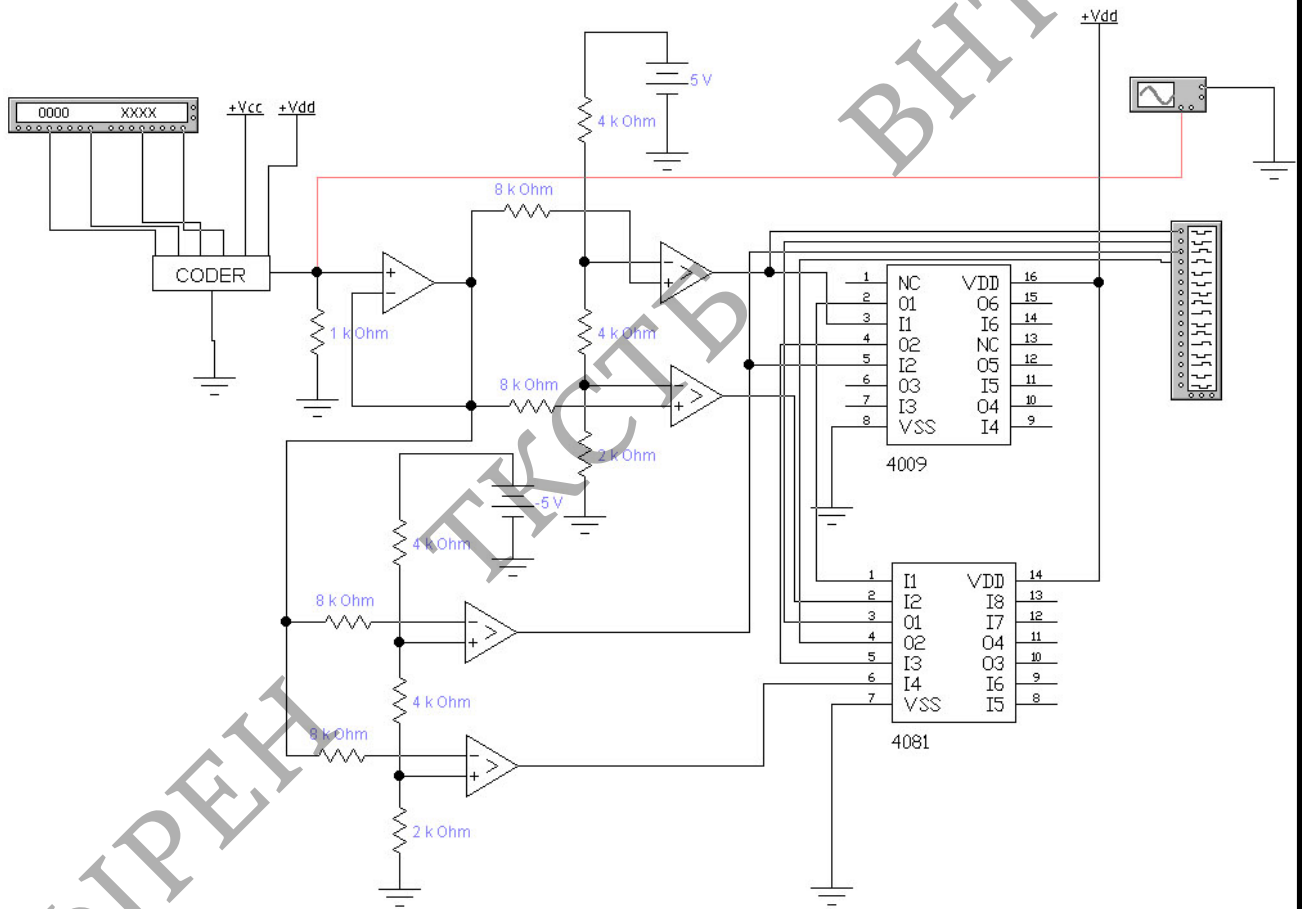
ВНТУ



					08-34.МКР.001.00.000 Е8		
					Часові діаграми роботи перетворювача з паралельного в послідовний код		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бриль М.Р.					
Перевір.		Бортник Г.Г.					
Т. Контр.					Арк.	1	Аркушіє 1
Реценз.					ВНТУ, ТКС-20м		
Н. Контр.		Бортник Г.Г.					
Затверд.		Кичак В.М.					

Додаток И
(обов'язковий)

Моделювальна схема декодера



08-34.МКР.001.00.000 Е1

Лінійний кодер.
Структурна електрична
схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Бриль М.Р.		
Перевір.		Бортник Г.Г.		
Т. Контр.				
Реценз.				
Н. Контр.		Бортник Г.Г.		
Затверд.		Кичак В.М.		

Лім.	Маса	Масштаб
Арк.	1	Аркушів 1

ВНТУ, ТКС-20м

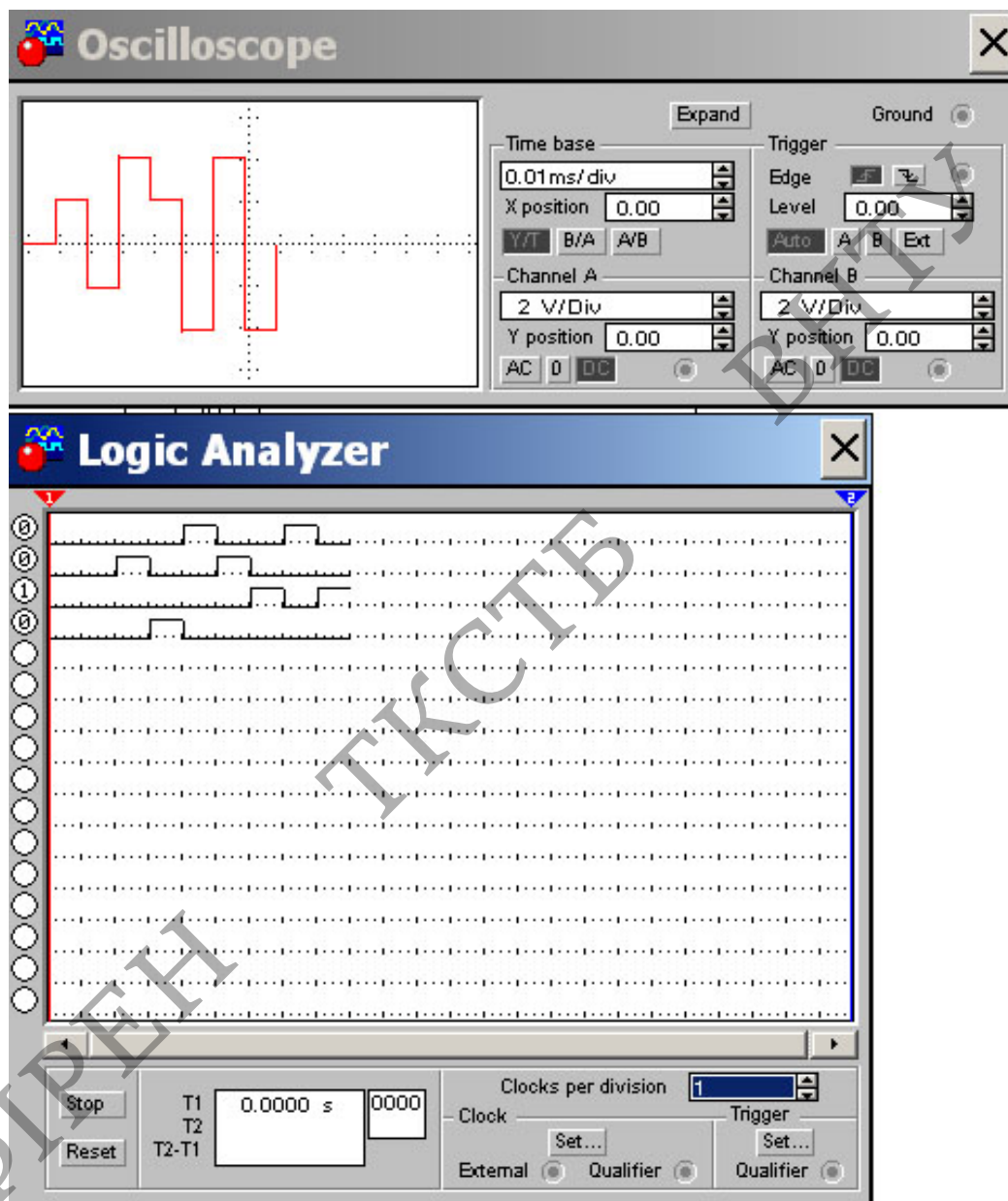
Додаток К
(обов'язковий)

Часові діаграми роботи декодера

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



					08-34.МКР.001.00.000 Е8			
					Часові діаграми роботи декодера	Лім.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бриль М.Р.						
Перевір.		Бортник Г.Г.						
Т. Контр.								
Реценз.					Арк.	1	Аркушів	1
Н. Контр.		Бортник Г.Г.			ВНТУ, ТКС-20м			
Затверд.		Кичак В.М.						