

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**  
**НА ТЕМУ:**

«Високошвидкісний пристрій каналного кодування інформації»

Завідувач кафедрою електроніки  
і комп'ютерної техніки

Керівник роботи

Виконав студент гр. Ес-91

\_\_\_\_\_ А.С. Опанасюк

\_\_\_\_\_ І.А. Кулик

\_\_\_\_\_ О.І. Рябченко

## Анотація

В кваліфікаційній роботі бакалавра був спроектований високошвидкісний пристрій каналного кодування інформації. Найважливішими елементами передачі інформації є надійність, швидкість та ефективність, тому розроблений пристрій використовує код Манчестер-2 для передачі даних. Це допомагає забезпечити надійну передачу даних і зменшує ймовірність помилок передачі. Його відмінною рисою є використання двох рівнів сигналу для кодування бітів.

В кваліфікаційній роботі бакалавра проведений детальний огляд типів каналних кодів та їх порівняння. Будуть розроблені алгоритм функціонування та структурна схема високошвидкісного пристрою каналного кодування інформації, принципова схема проектного пристрою на основі процесора N1806BM2, що являє собою 16-розрядний мікропроцесор.

Для виконання випускної роботи використано 7 літературних джерел. Область застосування даного пристрою – системи передачі даних, які застосовують провідні лінії зв'язку.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить близько 50 сторінок тексту, 5 таблиць і 37 рисунків .

## Зміст

ВСТУП .....	4
1. Огляд літератури та постановка завдання дослідження .....	6
1.2 Науково-дослідницька частина .....	10
1.2.1 Розроблення методики порівняння каналних кодів. ....	10
1.2.2 Уніполярний код NRZ .....	12
1.2.3 Біполярний код NRZ .....	14
1.2.4 Код Манчестер-II .....	18
1.2.5 Лінійний код АМІ .....	20
1.2.6 Чотирьох рівневі коди .....	21
1.2.7 Порівняння властивостей лінійних кодів NRZ, АМІ і 2В1Q .....	24
1.3 Організація передавання даних і керування апаратурою мультиплексного каналу.....	28
1.4 Вибір та обґрунтування структурної схеми .....	32
2. Вибір елементної бази та розробка принципової електричної схеми	40
2.1 Центральний мікропроцесор.....	40
2.2 Системний контролер мікропроцесорної системи 1582ВХ3-0123 ..	45
2.3 Трансивер мультиплексного каналу Н1582ВЖ3В-0213 .....	48
2.4 Трансивер мультиплексного каналу 852ИН1П.....	50
2.5 Трансформатор гальванічної розв'язки.....	51
2.6 Розроблення алгоритму роботи терміналу мультиплексного каналу .....	53
ВИСНОВОК.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	59

					ЕЛІТ 6.172.00.02.299 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Високошвидкісний пристрій каналного кодування інформації. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Рябченко О.І.</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Кулик І.А.</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кулик І.А.</i>					СумДУ ЕС-91		
<i>Утверд.</i>	<i>Опанасюк А.С.</i>							

## ВСТУП

Розвиток інформатизації в сучасному суспільстві став одним із важливих шляхів прогресу людського суспільства. Інформатизація — це впровадження обчислювальної техніки в різні сфери людської діяльності для підвищення продуктивності та ефективності праці людини. Особливо важлива комп'ютеризація систем, що вимагають швидкого і надійного обміну інформацією, наприклад розподілених мереж передачі даних.

Існує багато проблем, пов'язаних із швидкістю та надійністю передачі даних. Для вирішення цих проблем використовуються різні фізичні та логічні схеми кодування. Типовою фізичною схемою кодування для передачі даних на середні та великі відстані є код Манчестер-2.

Код Манчестер-2 є однією з найпоширеніших схем кодування каналів. Це допомагає забезпечити надійну передачу даних і зменшує ймовірність помилок передачі. Його відмінною рисою є використання двох рівнів сигналу для кодування бітів. Зміна рівня сигналу відповідає одному біту, а відсутність зміни – іншому.

Ця дипломна робота присвячена розробці пристрою швидкого каналного кодування інформації з використанням коду Манчестер-2. Основною метою роботи є дослідження та реалізація оптимальних алгоритмів кодування та декодування для досягнення більш високих швидкостей передачі даних та високої надійності зв'язку.

Зокрема, дослідження зосереджене на вдосконаленні схем кодування зв'язку з використанням кодів Манчестера-2, включаючи аналіз та оптимізацію параметрів кодування, вибір оптимального рівня сигналу та розробку ефективних алгоритмів декодування.

Дослідження в області каналного кодування, особливо кодування за допомогою коду Манчестер-2, мають велике значення для розвитку систем зв'язку. Швидкість і надійність передачі даних є важливими факторами в сучасному суспільстві, де зростає кількість і важливість інформації, якою обмінюються пристрої та системи.

Високошвидкісні пристрої каналного кодування з використанням кодів Манчестера-2 мають потенціал для покращення сигналу передачі та забезпечення стабільної передачі даних за наявності шумів та спотворень. Подальша оптимізація цих пристроїв може призвести до підвищення

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	4
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

швидкості передачі даних, покращення енергоефективності та мінімізації помилок передачі.

Коди Манчестер-2 використовуються в багатьох галузях промисловості, які вимагають високої швидкості та надійності передачі даних, таких як системи бездротового зв'язку та оптичні мережі зв'язку. Якщо високошвидкісна система кодування інформації, що використовує коди Манчестер-2, може бути використана на практиці, очікується, що вона зіграє важливу роль у подальшому розвитку комунікаційних технологій.

Пристрої високошвидкісного канального кодування, що використовують коди Манчестер-2, також можуть внести значний внесок у покращення передачі даних у мережевих системах. Очікується, що розробка та вдосконалення такого обладнання підвищить ефективність і надійність зв'язку та сприятиме подальшій інформатизації суспільства та розвитку сучасних технологій.

					ЕліТ 6.172.00.02.299 ПЗ	5
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 1. Огляд літератури та постановка завдання дослідження

Одним із провідних напрямків розвитку людського суспільства є інформатизація. Дедалі більше впровадження комп'ютерних технологій у різні сфери людської діяльності, з метою підвищити ефективність його праці. Одним із напрямів цього руху є створення різноманітних мереж передавання даних та інших систем, що потребують обміну даними. Ці дані передаються за допомогою різних способів фізичного і логічного кодування. Одним із найпоширеніших типів фізичного кодування інформації для передачі на середні та великі дистанції є код Манчестер-2.

У Манчестерському коді для кодування одиниць і нулів використовується перепад сигналу, тобто фронт імпульсу. Кожен такт<sup>1</sup> ділиться на дві частини. Оскільки сигнал змінюється здебільшого один раз за такт передавання одного біта даних, то манчестерський код має хороші само синхронізуючі властивості. У нього немає постійної складової, а основна гармоніка в найгіршому випадку (під час передання послідовностей нулів і одиниць) має частоту  $N$  Гц, а в найкращому (під час передання одиниць і нулів, що чергуються) -  $N/2$  Гц. Оскільки відсутність високого або низького рівня протягом усього інтервалу біта неприпустима, поява таких ситуацій може свідчити про помилку.

Ці властивості та наявність самосинхронізації, що унеможлиблює виникнення фазових зсувів між інформаційними та синхронізуючими послідовностями, визначили використання коду «Манчестер-2» як основного для каналів послідовного передавання в протоколі Ethernet, бортових САУ та низці комерційних систем.

У результаті огляду широкого спектра літератури та інтернет-джерел було знайдено аналоги пристрою, які виконують схожі завдання. Практично всі пристрої схожі з технічним завданням, але не до кінця задовольняють його вимогам. Проблемою також стала відсутність, у більшості випадків, детальної інформації щодо знайдених аналогів, що дає змогу використовувати їх у проектуванні необхідного пристрою.

Транзитивний метод фізичного кодування сигналу Манчестер-2 (Manchester code, також за кордоном Phase Encoding або PE) наразі один із найпоширеніших у різноманітних САУ і ЛОМС. Так, наприклад, Манчестер-2 застосовують у стандартах мережевих протоколів Ethernet, Token Ring,

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

MIL-STD-1553B, MIL-STD-1760 і багатьох інших, що застосовують у різних сферах: від побудови комерційних локальних мереж, до бортових САУ в авіації та суднобудуванні. Таке широке застосування Манчестерського кодування зумовлює доволі велику кількість електронних кодувальних пристроїв, зокрема, на заході випускають низку КМДП монолітних кодерів/декодерів Манчестера (CMOS Manchester Encoder/Decoder): серій 3D7501, АСТ-15530, а також НІ-15530, НД-15530, НД-15531, СТ-10894 та інші. В Україні різноманітність не настільки велика, вдалося знайти інформацію лише про КМДП ІС К588ВГ3 і К588ВГ6, створених ще наприкінці 80-х років.

Мікросхем серії 3D7501, призначених для роботи в мережевих картах, він доходить до 50 МГц, а для АСТ15530, НІ-15530, К588ВГ3 і К588ВГ6 призначених для роботи в мережах протоколу MIL-STD-1553, всього лише до 1,25 МГц.

Однак причиною невисокої, за сучасними мірками, частоти роботи каналу є не принципова вада використовуваних у цих БІС принципів кодування, а не достатня швидкість роботи елементної бази. Таким чином, використовуючи більш швидкі компоненти, можна досягти необхідної тактової частоти без зміни схеми роботи цих пристроїв. У цьому ключі, їх, безсумнівно, можна розглядати як аналоги під час розроблення дипломного проєкту. Щодо закордонних ІС не вдалося знайти електронних принципових та елементних схем. Тому проаналізуємо вітчизняну БІС К588ВГ3, яка, загалом, ідентична НІ-15530 (не відкидаю можливості, що К588ВГ3 була безпосередньо скопійована із закордонних зразків, з огляду на невелике відставання СРСР у сфері комп'ютерних технологій у ті роки і впровадження у виробництво стандарту мережевих протоколів MIL-STD-1553. Власне і зупинимося на цьому стандарті.

Наразі набули поширення три типи топології мультиплексних каналів: радіальна, кільцева і магістральна (рис. 1.1). Вибір виду топології здійснюється з урахуванням наявних типів під'єднувальних пристроїв і забезпечення заданих показників вартості та технологічності системи.

У разі використання радіальної топології для обслуговування кожного абонента використовується окремий інформаційний канал (рис. 1.1,а). Це призводить до значного збільшення витрат на кабельне обладнання і ускладнює процедури реконфігурації та нарощування системи. До недоліків

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

радіальної топології можна віднести неможливість передавання інформації між кінцевими пристроями, минаючи контролер.

Мультиплексні канали, побудовані за кільцевою топологією (рис. 1.1,б), позбавлені перерахованих недоліків і набули широкого поширення. Однак у цьому випадку необхідною умовою є наявність у кожному абоненті блока ретрансляції сигналів, що призводить до подорожчання апаратури. Крім того, прокладання кільцевого кабелю в деяких системах ускладнене.

Магістральні мультиплексні канали, зберігаючи багато переваг кільцевих (рис. 1.1,в), позбавлені зазначених недоліків. У них також просто реалізується процедура передавання керування від одного абонента системи до іншого і значно полегшуються питання модернізації, зокрема під'єднання нових пристроїв. Надалі всі міркування стосуватимуться магістральної топології із зазначенням відмінних рис в інших видах.

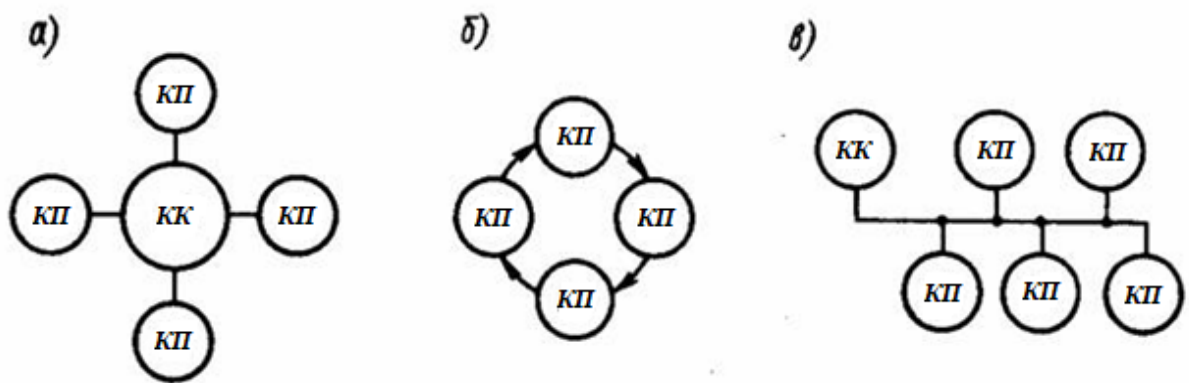


Рисунок 1.1 - Топологія мультиплексних каналів

Якщо такі характеристики каналу, як швидкість передавання інформації, тривалість пауз, формати слів і повідомлень є ядром стандарту, то електричні параметри, типи використовуваних ліній передавання інформації та пристроїв сполучення часто визначаються специфікаціями. Це дає змогу використовувати в різних системах різні лінії передачі інформації та апаратуру, що утворює канали, залишаючи незмінною цифрову частину терміналів і програмне забезпечення систем.

Характеристики каналу, такі як швидкість передачі даних, час паузи, формати слів і повідомлень, складають основу стандарту, в той час як електричні параметри, тип використовуваних ліній передачі даних і з'єднувальні пристрої зазвичай визначаються в специфікаціях. Це дозволяє різним системам використовувати різне обладнання для створення ліній і



каналів передачі даних, зберігаючи при цьому цифрову частину терміналу і програмне забезпечення системи однаковими.

Наприклад, два стандарти, MIL-STD-1553B і MIL-STD-1773, використовують однаковий формат повідомлень, швидкість передачі даних (1 Мбіт/с) і кодування командних слів, але різні лінії передачі даних (екранована вита пара для першого і оптичне волокно для другого) і канали передачі даних (екранована вита пара для першого і оптичне волокно для другого). Такий підхід дозволяє замінити кабельне обладнання на оптоволоконну передачу даних без зміни цифрової частини терміналу.

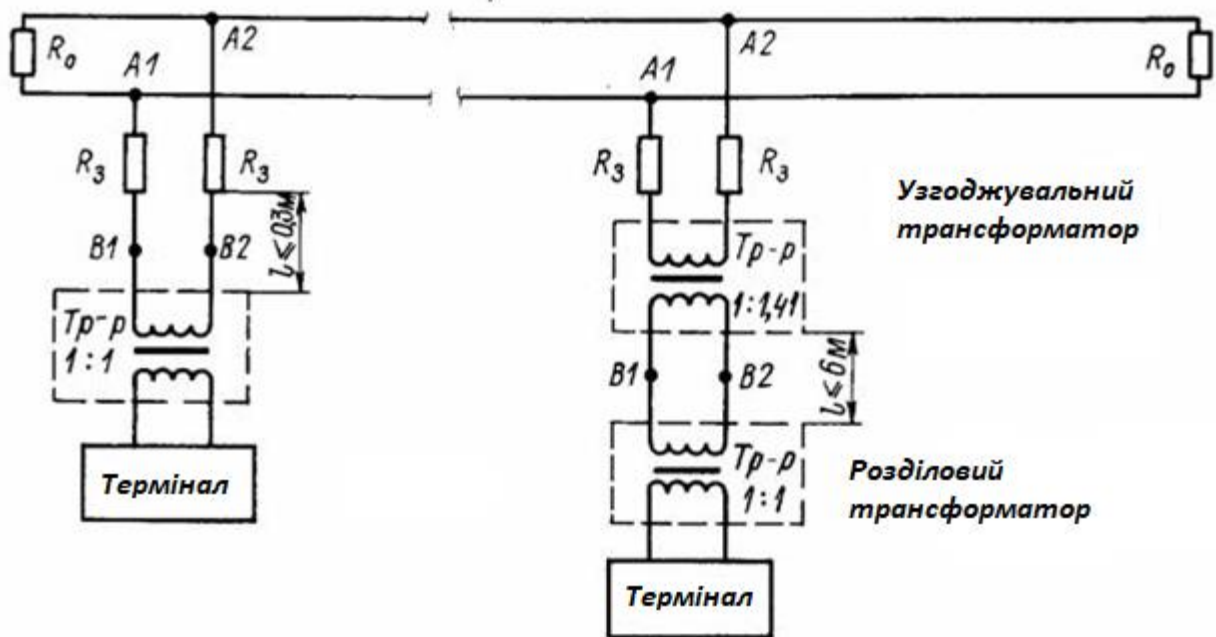


Рисунок 1.1.2 - З'єднання терміналів

Оскільки синхроімпульси командного і відповідного слів (SYNC C) збігаються, у деяких системах для їх визначення використовується так званий апаратний біт (десятий розряд). У цьому разі розрядність поля SA/CI становить 4 біти, а кількість підресів кожного кінцевого пристрою 15. Будь-який з кінцевих пристроїв може виконувати свій список команд, обраний на етапі проектування. Розглянемо деякі команди і біти ознак у відповідному слові, використання яких може викликати труднощі. Команди управління "Прийняти управління каналом", "Синхронізація" (зі словом даних і без нього) і "Передати векторне слово" використовуються під час нормальної роботи системи, а решту призначено, насамперед, для обробки помилок у мультиплексному каналі.

## 1.2 Науково-дослідницька частина

### 1.2.1 Розроблення методики порівняння каналних кодів.

Суть цифрового повідомлення - це впорядкована послідовність символів (зазвичай у двійковій формі), згенерована джерелом повідомлення або кодувальником джерела. Повідомлення перетворюється в електричний сигнал за допомогою кодера каналу. При цьому кодер встановлює чітку відповідність, яка називається кодом, між елементами повідомлення та елементами вихідного сигналу (символами коду). Кодер вибирає різні літери з алфавіту, що містить  $M > 2$  різних літер, і "віднімає" літери у співвідношенні 1. Обмежена пропускну здатність каналу зв'язку, перешкоди, які він містить, і можливі завмирання накладають обмеження на максимальну швидкість передачі інформації. При передачі в основній смузі частот, тобто в низькочастотній області (без модуляції високочастотних несучих), кодер каналу називається лінійним кодером, а сигнал на його виході - лінійним кодом. Цифровий сигнал, що передається в основній смузі частот, може бути представлений на формулі 1.1:

$$S(t) = \sum_{K=-\infty}^{\infty} a_k g(t - kT) \quad (1.1)$$

Коефіцієнт  $a_k$  визначає  $k$  символ у послідовності переданих каналом зв'язку символів. При цьому значення коефіцієнтів належать множині з  $M$  дискретних величин. Елементарний сигнал  $g(t)$  може бути прямокутної або іншої форми залежно від параметрів каналу зв'язку. Тривалість символу  $T$  визначає символну швидкість передавання, оцінювану в Бодах (числі переданих символів за 1 секунду), формула 1.2.

$$I[\text{Бод}] = 1/T \quad (1.2)$$

Тривалість символу  $T$  пов'язана з тривалістю одного біта інформації, що передається,  $T_b$  співвідношенням, наведеним на формулі 1.3.

$$T = T_b \log_2 M \quad (1.3)$$

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	10
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Своєю чергою, тривалість біта визначає швидкість передавання інформації (бітову швидкість)

$$I[\text{біт/с}] = 1/T_b \quad (1.4)$$

Цю швидкість прийнято оцінювати в біт/с.

Швидкості передавання, що визначаються виразами (2) і (4), пов'язані співвідношенням:

$$I[\text{біт/с}] = I[\text{Бод}] \text{Log}_2 M \quad (1.5)$$

У разі використання прямокутних імпульсів<sup>2</sup> для передавання дискретної інформації необхідно вибрати такий спосіб кодування, який одночасно задовольняв би параметри:

Стиснення смуги пропускання - вища швидкість передачі даних може бути досягнута на тій самій лінії (з тією самою смугою пропускання) за допомогою таких методів, як багаторівневе кодування, яке зменшує спектральну ширину сигналу, отриманого при тій самій швидкості передачі даних.

Автоматична синхронізація між передавачем і приймачем - мережі використовують самосинхронізуючі коди. Сигнал вказує передавачу, коли розпізнати наступний біт (або кілька бітів, якщо код призначений для двох або більше сигнальних станів). Раптове падіння сигналу, яке називається фронтом, є хорошим індикатором синхронізації передавача і приймача. Якщо в якості несучого сигналу використовується синусоїдальна хвиля, отриманий код буде самосинхронізуючим, оскільки зміни амплітуди несучої частоти дозволяють приймачу визначати, коли відбувається вхідний код.

Виявлення помилок - оскільки важко розпізнати і виправити пошкоджені дані за допомогою засобів фізичного рівня, це завдання зазвичай виконують вищезгадані протоколи. З іншого боку, виявлення помилок на фізичному рівні економить час, оскільки не чекає, поки приймач повністю буферизує кадр, а відкидає його, як тільки виявляє неправильний біт у кадрі. Оскільки немає компонента постійного струму, система може працювати зі

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	11
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

змінним струмом, системами магнітного запису та системами з трансформаторною розв'язкою, які є вразливими до низьких частот і можливої втрати даних. Однак багато пристроїв живляться від ліній зв'язку, і в цьому випадку необхідний компонент постійного струму.

### 1.2.2 Уніполярний код NRZ

Найпростішим лінійним кодом є уніполярний код типу NRZ (Non Return to Zero), показаний на рис. 1.3.

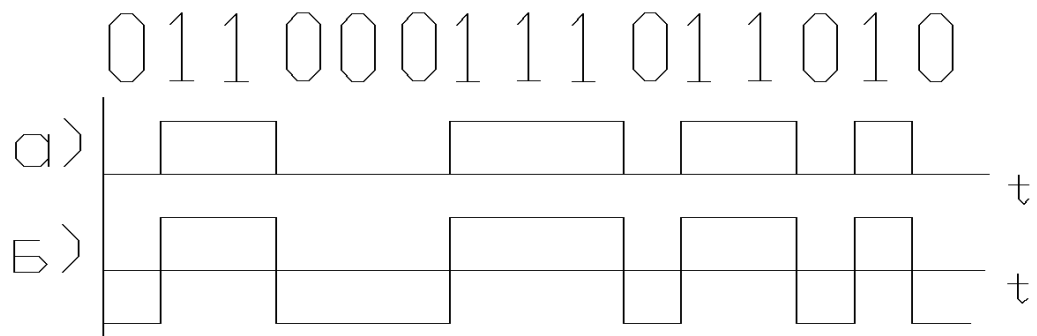


Рисунок 1.3 - Тимчасові діаграми коду NRZ

У цьому коді нулі представлені відсутністю імпульсу (напруга, близька до нуля), а одиниці - наявністю імпульсу (деяка позитивна напруга). Цей код має чотири недоліки.

1. Середня потужність, що виділяється на навантажувальному резисторі  $R$  (на малюнку не показано), дорівнює  $A^2/2R$ , де  $A$  - амплітуда імпульсу напруги. Число 2 у знаменнику дроби відповідає рівноймовірній появі лог. 0 і лог. 1 у потоці даних. Результат невтішний. Резистор  $R$  розсіює теплову енергію вдвічі інтенсивніше, ніж у разі біполярного кодування (див. рис. 8.2, б) за тієї самої амплітуди сигналу, що дорівнює  $A$ !

2. Уніполярні сигнали завжди містять постійну складову і значну частку низькочастотних компонентів у спектрі під час передавання довгих послідовностей одиниць. Це перешкоджає передаванню сигналів через трансформатори або конденсатори.

3. Ретранслятори та приймачі надійно відновлюють синхронізуючу часову сітку тільки тоді, коли паузи між змінами сигналу не надто великі. Зміна сигналу після незначної паузи дає змогу щоразу коригувати "хід годинника" ретранслятора або приймача. Зі збільшенням паузи

надійність "служби часу" падає. Наприклад, після передавання серії з 10 тис. нулів приймач, найімовірніше, не зможе точно визначити, чи знаходиться наступна одиниця на позиції 9999, 10000 або 10001. Те саме стосується і передачі довгих ланцюжків із логічної 1. Інакше кажучи, під час передачі досить великої послідовності нулів або одиниць приймач (або ретранслятор) втрачає синхронізацію з передавачем (або ретранслятором).

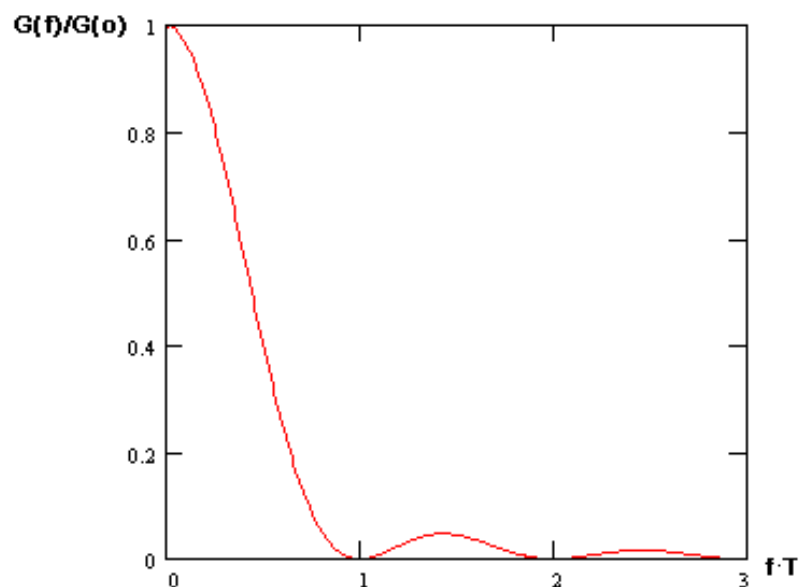
4 Відсутня можливість оперативної реєстрації помилок, таких як зникнення або поява зайвих імпульсів через перешкоди.

До переваг цього коду можна віднести простоту реалізації. Енергетичний спектр біполярного NRZ сигналу визначається співвідношенням 1.6:

$$G(f) = A^2T \left( \frac{\sin \frac{2\pi fT}{2}}{\frac{2\pi fT}{2}} \right)^2 \quad (1.6)$$

де A - амплітуда імпульсу, В;

Частотна залежність спектральної щільності біполярного NRZ сигналу показана на рис. 1.4. На горизонтальній осі відкладено нормовані значення частоти, а для NRZ-кодів  $T= Tb$ , як зазначалося раніше.



Теоретично спектр NRZ сигналу є нескінченним. Через обмеження пропускної здатності під час передачі реальними каналами зв'язку сигнали

різних символів накладаються один на одного, що називається між символною інтерференцією.

Спектральну ширину NRZ, як і інших цифрових сигналів, зазвичай оцінюють за шириною основної пелюстки; у випадку NRZ ширина основної спектральної пелюстки дорівнює:

$$B=1/T_b \text{ (1.7)}$$

Важливою особливістю спектра NRZ-сигналу є те, що він має скінченне значення спектральної щільності на нульовій частоті. Тому біполярні NRZ-сигнали мають постійну складову.

### 1.2.3 Біполярний код NRZ

Біполярний сигнал NRZ (рис. 8.2, б) порівняно з уніполярним має кращі енергетичні характеристики. Одиниця представлена позитивним рівнем напруги, нуль - негативним. Навантажувальний резистор R у даному випадку постійно розсіює тепло, оскільки на ньому незалежно від переданого коду присутня напруга  $A/2$  тієї чи іншої полярності. Середня потужність, що виділяється на навантажувальному резисторі, дорівнює  $(A/2)/R = A/4R$ , тобто половині середньої потужності уніполярного сигналу, хоча перепад рівнів той самий.

Так що перший із зазначених раніше недоліків уніполярного сигналу NRZ якоюсь мірою вдалося усунути. Інші три недоліки зберігаються. NRZ код - це двопозиційний код ( $M=2$ ) і тривалість символу збігається з тривалістю біта ( $T=T_b$ ). Спектр біполярного NRZ коду відрізняється від спектра уніполярного NRZ коду відсутністю дискретної спектральної лінії на нульовій частоті. Схема, показана на рис. 1.5, призначена для виділення синхросигналу SYNC і даних DOUT із сигналу DIN (представлений кодом NRZ), що надходить на приймач із лінії. При цьому припустимо, що в коді NRZ максимальне число наступних підряд лог. 0 або лог. 1 не перевищує, наприклад, шести.

Схема побудована на основі двох зсувних регістрів. Перший регістр D1 складається з восьми увімкнених у "кільце" D-тригерів із загальними входами С синхронізації та об'єднаними входами LOAD управління асинхронним завантаженням. Циклічний зсув коду в реєстрі D1 виконується за відсутності

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	14
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

сигналу LOAD (LOAD = 0) за позитивним фронтом синхросигналу CLK від кварцового генератора G.

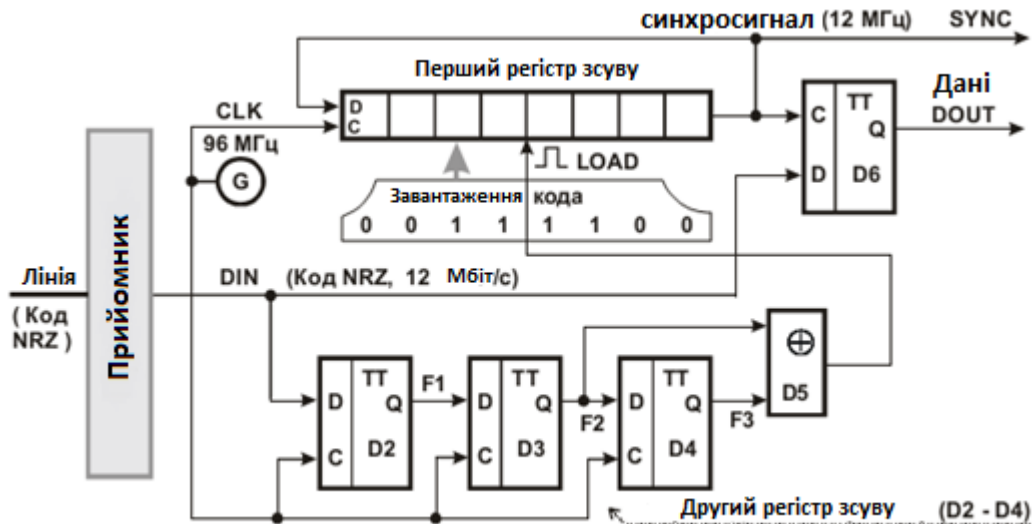


Рисунок 1.5 - Схема виділення синхросигналу та даних із лінії. Вхідний сигнал представлений кодом NRZ

За наявності сигналу LOAD = 1 регістр D1 встановлюється в стан 00111100 незалежно від стану сигналу CLK. Частота сигналу CLK (96 МГц) у даному прикладі у вісім разів (за числом розрядів регістра D1) перевищує швидкість передавання даних по лінії (12 Мбіт/с). Зсувний регістр D1 фактично виконує функцію дільника частоти на вісім, оскільки в ньому в ідеальній ситуації безперервно циркулює код 00111100.

Протягом чотирьох тактів зсуву SYNC = 1, потім протягом наступних чотирьох тактів SYNC = 0 і так далі. При цьому фаза сигналу SYNC прив'язана до сигналу LOAD, який, своєю чергою, формується за будь-якої зміни стану вхідного сигналу DIN.

Другий зсувний регістр виконано на тригерах D2 - D4 з об'єднаними входами C синхронізації. Логічний елемент виключне АБО D5 формує сигнал лог. 1 при розбіжності сигналів на його входах. Розглянемо процес виділення синхросигналів і даних із сигналу DIN, рис. 1.6.

У вихідному стані, коли немає змін сигналу DIN (або коли ці зміни були занадто давно), сигнали SYNC і DOUT не визначені. Зміна сигналу DIN (у цьому прикладі перехід із нульового в одиничний стан) реєструється за найближчим позитивним фронтом сигналу CLK. Це проявляється в тому, що в триггері D2 фіксується сигнал F1 = 1.

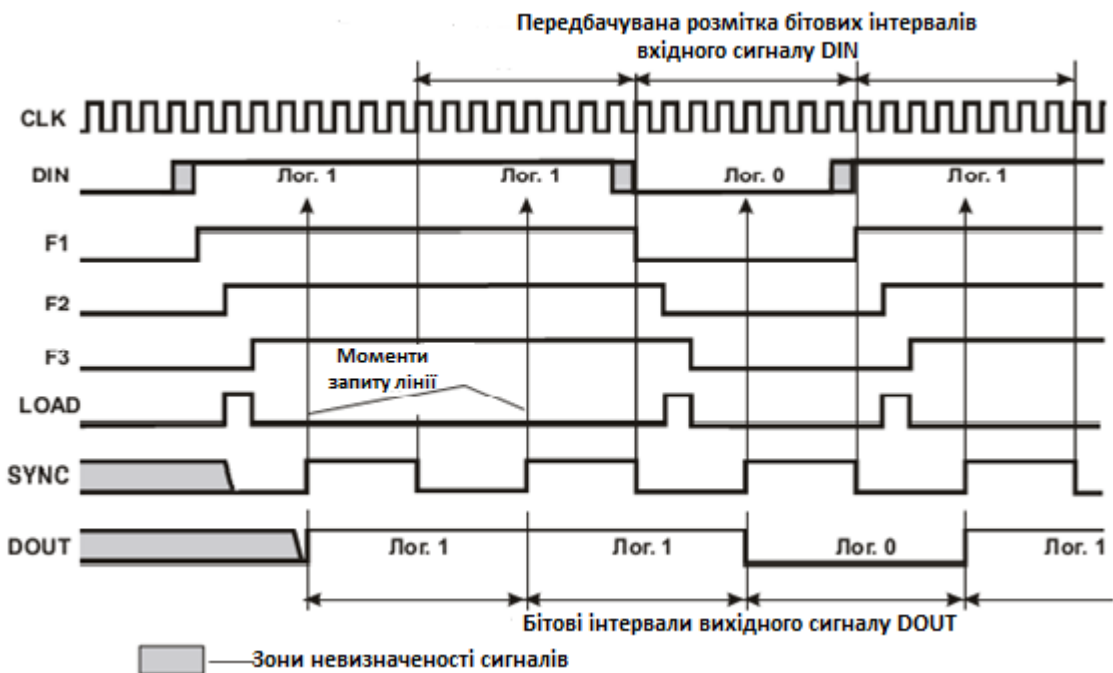


Рисунок 1.6 - Тимчасові діаграми виділення синхросигналів і даних з лінії

Зазначимо, що внаслідок несприятливого поєднання сигналів на входах цього тригера, а саме коли в момент надходження позитивного фронту сигналу CLK сигнал DIN нестабільний, тригер D2 може сформувати короткочасний хибний сигнал. Іншими словами, цей тригер може почати процес "замикання", але не завершити його. Однак короткочасний хибний сигнал не буде поширюватися в наступні каскади зсувного регістра завдяки загальному ланцюгу синхронізації. Повноцінне замикання сигналу лог. 1 у тригері D1 виявиться можливим тільки в наступному такті.

Сигнал F1 = 1 у двох наступних тактах просувається до виходу другого зсувного регістра. При цьому в період нерівнозначності сигналів F2 і F3 формується сигнал завантаження зсувного регістра D1 LOAD = 1, синхросигнал SYNC приймає нульове значення. Через два такти після закінчення сигналу LOAD = 1 формується позитивний фронт сигналу SYNC, що гарантує правильну реєстрацію біта даних DOUT у тригері D6. Починаючи з цього моменту, досягаються потрібні співвідношення між вихідними і вхідним сигналами. Щоб переконатися в правильності цих співвідношень, розглянемо часову діаграму, наведену на рис. 1.7.



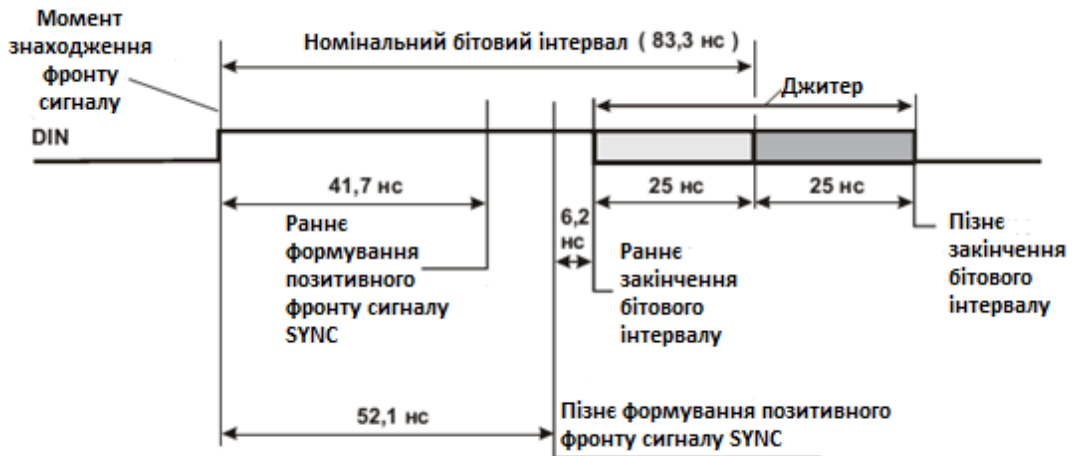


Рисунок 1.7 - Тимчасова діаграма виділення біта даних

За швидкості передавання даних 12 Мбіт/с номінальна тривалість бітового інтервалу становить  $1/(12\ 000\ 000)$  с або 83,3 нс. Якщо прийняти максимальну амплітуду джитера рівною 25 нс, то бітовий інтервал у найгірших ситуаціях може бути вкорочений або подовжений на 25 нс і дорівнює відповідно  $83,3 - 25 = 58,3$  нс або  $83,3 + 25 = 108,3$  нс. Допуски тривалості бітового інтервалу позначені на малюнку затіненими областями. Період сигналу CLK дорівнює  $1/(96\ 000\ 000)$  с або 10,417 нс. З раніше розглянутої часової діаграми (див. рис. 9.8) випливає, що позитивний фронт сигналу SYNC за найкращого збігу обставин може сформуватися через чотири періоди сигналу CLK після зміни сигналу DIN. За найгіршого збігу обставин (коли зміна сигналу DIN трохи запізнилася до моменту реєстрації) замість чотирьох періодів знадобиться п'ять.

Першій і другій ситуації відповідають зазначені на рис. 9.9 затримки, що дорівнюють відповідно  $10,417 \times 4 = 41,7$  нс і  $10,417 \times 5 = 52,1$  нс. Таким чином, забезпечується надійне попереднє встановлення сигналу DIN на D-вході тригера D6 (мінімум 41,7 нс) і достатній час утримання цього сигналу (мінімум 6,2 нс за норми "більше нуля") після формування сигналу SYNC.

Якщо для завантаження зсувного регістра D1 замість коду 00111100 застосувати код 00011110, то моменти раннього і пізнього формування позитивного фронту сигналу SYNC змістяться на часовій діаграмі вліво на один період сигналу CLK. При цьому мінімальна передумовка зменшиться до 31,2 нс, а час утримання збільшиться до 16,6 нс.

### 1.2.4 Код Манчестер-II

Для ліквідації недоліків коду NRZ необхідне введення надмірності одним із двох способів:

1) швидкість передавання сигналів лінією вибирається більшою, ніж швидкість передавання інформації, без використання додаткових електричних рівнів сигналів;

2) швидкість передавання сигналів по лінії вибирається рівною швидкості передавання інформації, але вводяться додаткові електричні рівні сигналів.

Прикладом коду зі швидкісною надмірністю є код Манчестер-II Форма біполярного сигналу під час передавання коду Манчестер-II показана на рис. 1.10.

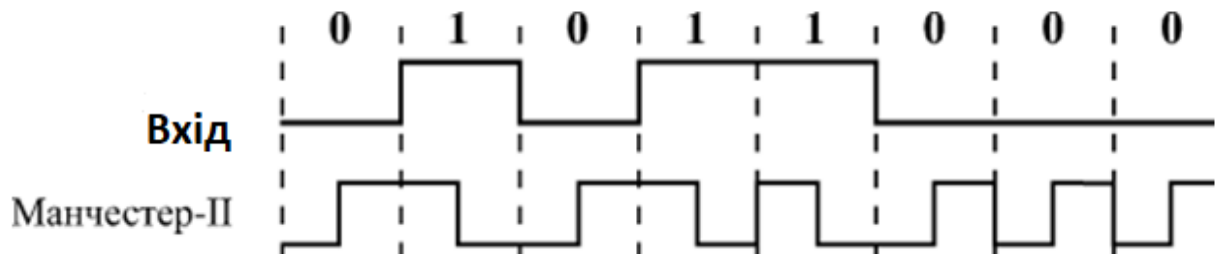


Рисунок 1.10 - Тимчасові діаграми коду Манчестер- II

Одиниця кодується негативним перепадом сигналу в середині бітового інтервалу, нуль - позитивним перепадом. На межах бітових інтервалів сигнал, якщо це необхідно, змінює значення, готуючись до відображення чергового біта в середині наступного бітового інтервалу. За допомогою коду Манчестер-II розв'язуються відразу всі зазначені раніше проблеми. Оскільки число позитивних і негативних імпульсів на будь-якому досить великому відрізку часу дорівнює (відрізняється не більше ніж на один імпульс, що не має значення), постійна складова дорівнює нулю. Підстроювання годинника приймача або ретранслятора здійснюють під час передання кожного біта, тобто знімають проблему втрати синхронізації під час передання довгих ланцюжків нулів або одиниць. Основна перевага манчестерського коду - відсутність постійної складової: код має нульову спектральну щільність за  $f=0$  і максимум в околиці  $f=0.7/T$  (рис. 1.11). Такий спектр зумовлений формою елементарних сигналів, кожен з яких не містить постійної складової. Відсутність постійної складової полегшує побудову ліній зв'язку з

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18

трансформаторами та розділовими ємностями.

На жаль, ширина спектра манчестерського коду в 2 рази ширша порівняно з NRZ кодом. Широкий спектр - головний недолік манчестерського коду, що обмежує його застосування системами, у яких проблема ширини смуги несуттєва.

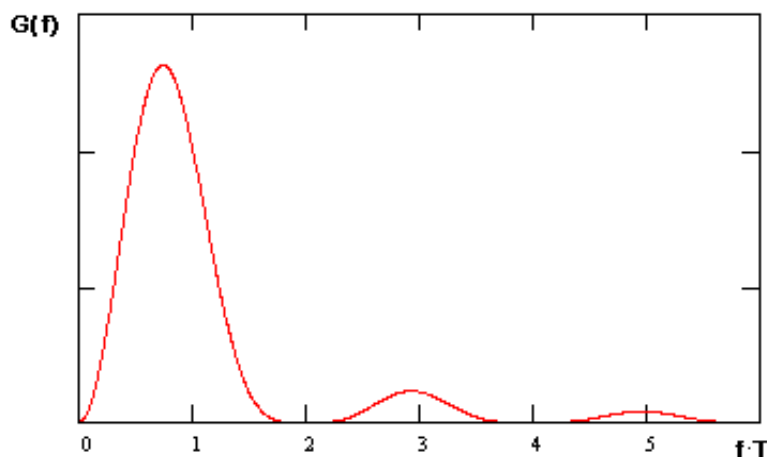


Рисунок 1.11 - Спектральна густина потужності коду Манчестер- II

Наявність лише двох (а не трьох або більше) електричних рівнів сигналу дає змогу надійно їх розпізнавати (хороша перешкодозахищеність).

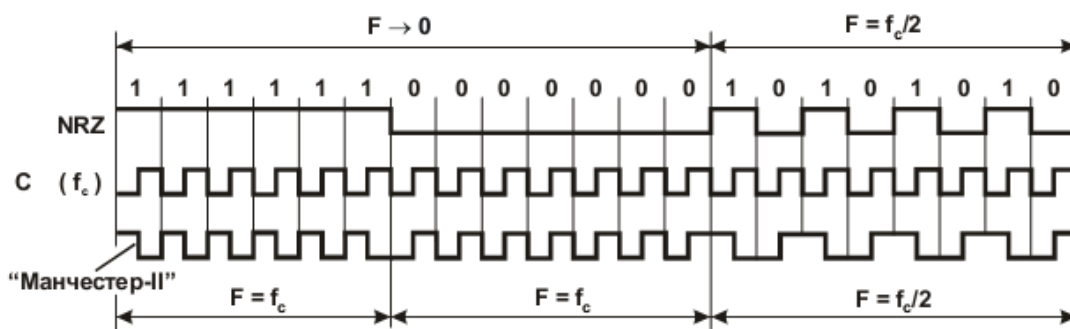


Рисунок 1.12 - Порівняння частотних властивостей сигналів NRZ і Манчестер-II

Критерієм помилки може бути "заморожування" сигналу на одному рівні на час, що перевищує час передавання одного інформаційного біта, оскільки незалежно від коду, що передається, сигнал завжди "коливається" і ніколи не "завмирає". Але за ці надзвичайно корисні якості доводиться платити розширенням смуги пропускання зв'язкової апаратури.

### 1.2.5 Лінійний код АМІ

Другий спосіб введення надмірності пов'язаний із додаванням додаткових електричних рівнів, у найпростішому випадку - третього, "нульового", рівня. На рис. 23 представлена форма сигналу з попереминою інверсією знака, так званого АМІ сигналу (Alternative Mark Inversion). Нулі кодуються відсутністю імпульсів, а одиниці - попереминою позитивними і негативними імпульсами. Постійна складова сигналу АМІ дорівнює нулю. Тому під час передачі довгої послідовності одиниць синхронізація не втрачається. Виявляються помилки, що порушують правильну послідовність знакопослідовних сигналів.

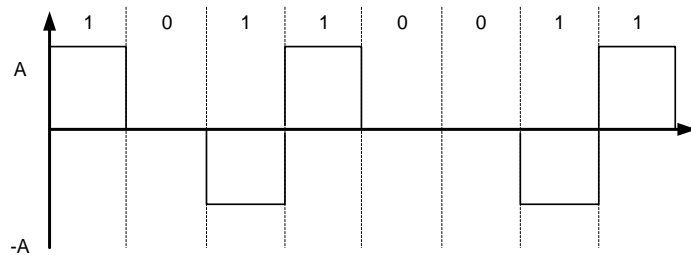


Рисунок 1.17 - Тимчасові діаграми коду АМІ

Синхронізація порушується при передачі довгої послідовності нулів, як і в кодi NRZ. Під час обчислення енергетичного спектра АМІ коду використовують апарат теорії марковських ланцюгів. Для прямокутного імпульсу  $g(t)$  з амплітудою  $A$  маємо:

$$G(f) = A^2 T \left( \frac{\sin\left(\frac{2\pi fT}{2}\right)}{\frac{2\pi fT}{2}} \right)^2 2p(1-p) \frac{1 - \cos(2\pi fT)}{1 + (1-2p)^2 - 2(1-2p)\cos(2\pi fT)} \quad (1.8)$$

де  $p$  - імовірність появи одиничного біта;

На рис. 1.18 показано частотну залежність енергетичної густини АМІ сигналу  $G(f)$  за рівноймовірної появи нулів і одиниць на вході кодера ( $p=0.5$ ).

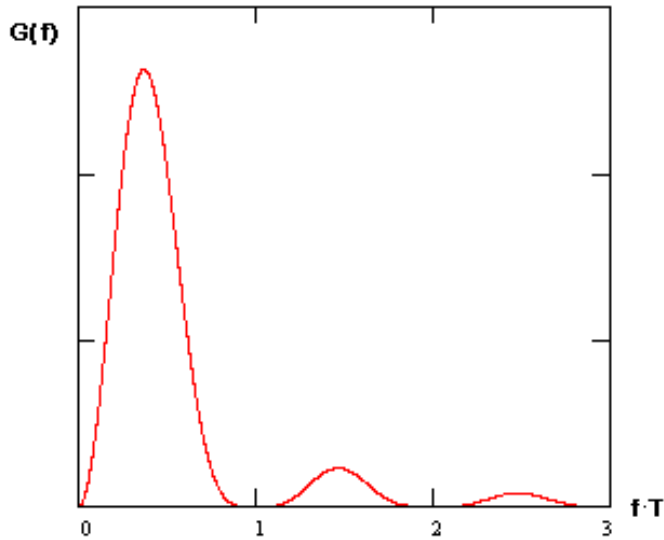


Рисунок 1.18 - Спектральна густина потужності коду АМІ

Особливістю спектра коду АМІ є відсутність постійної складової.

### 1.2.6 Чотирьох рівневі коди

Лінійне кодування 2B1Q (2 Binary 1 Quandary) було розроблено для використання як протокол фізичного рівня в точці сполучення U BRI-інтерфейсу мереж ISDN. Алгоритм 2B1Q являє собою один із варіантів реалізації амплітудно-імпульсної модуляції з чотирма рівнями вихідної напруги без повернення до нульового рівня (NRZ).

Таблиця 1.1 - Рівні коду 2B1Q

Кодова група	Кодовий символ	Кодова напруга
00	-3	-2,5В
01	-1	-0.833В
10	+3	2.5В
11	+1	0.833В

Для генерації лінійних кодів потік вхідних даних розбивається на кодові групи по два біти кожна. Залежно від комбінації значень бітів у кодовій групі виділяється один з чотирьох кодових символів, кожен з яких, у свою чергу, відповідає одному з рівнів напруги.

Таким чином, закодований відповідно до правил 2B1Q сигнал являє собою послідовність напруг, що стрибкоподібно змінюються, з 4 можливими

рівнями:

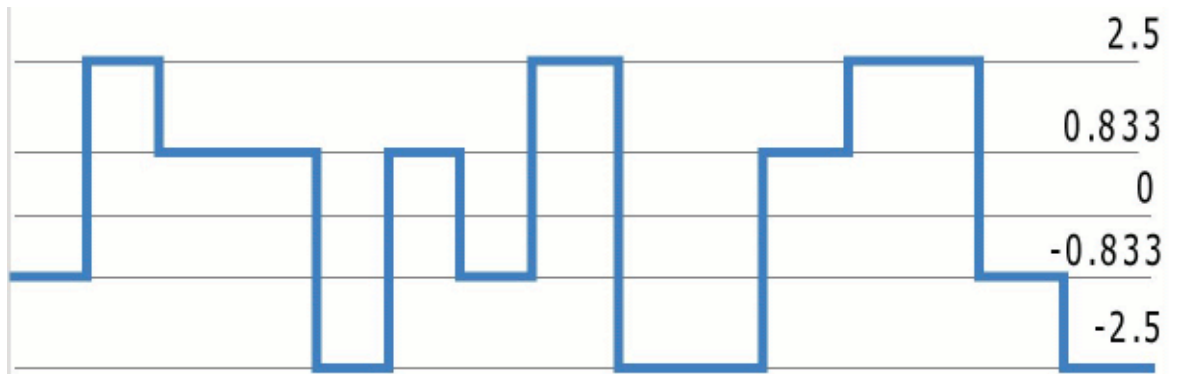


Рисунок 1.20 - Тимчасові діаграми кодів 2B1Q

Оскільки в даному випадку двом бітам сигналу ставиться у відповідність один кодовий символ, інформаційна швидкість удвічі перевищує символівну - це означає, що модуляційна схема 2B1Q забезпечує сталу величину спектральної ефективності модульованого сигналу  $\eta = 2$  біта/Гц.

Алгоритм 2B1Q не компенсує позитивні та негативні імпульси вихідної напруги, тому вхідний код 2B1Q повинен бути попередньо оброблений за допомогою спеціальної процедури для забезпечення придушення постійної складової.

Системи передачі даних, що використовують алгоритм 2B1Q, можуть забезпечувати швидкість передачі від 64 кбіт/с до 2320 кбіт/с. Оскільки в нормативних документах не визначено розмір кроку зміни швидкості передачі інформації, для різних застосувань це значення може бути різним (від 8 до 64 кбіт/с).

Спектральну огинаючу сигналу, модульованого за алгоритмом 2B1Q, можна апроксимувати наступною функцією:

$$s = A^2 * \frac{\sin(f / f_{sym})^2}{(f / f_{sym})} \quad (1.9)$$

У наведеній вище формулі  $f_{sym}$  відповідає конкретному значенню символівної швидкості (у даному випадку вдвічі меншій за швидкість передачі даних). Нижче наведено графіки спектральних густин сигналів 2B1Q, які забезпечують передачу даних зі швидкостями 1168 і 2320 кбіт/с. Зазначимо, що частотний спектр сигналів 2B1Q не є обмеженим, що в загальному випадку характерно для спектрів імпульсно-модульованих сигналів.

На діаграмі представлено залежність відношення сигнал/шум (SNR) від протяжності лінії для сигналів 2B1Q, що забезпечують передавання даних зі швидкостями 1168 і 2320 кбіт/с.

Наведені значення SNR були обчислені для лінії 26AWG (0.4 мм) по відношенню до порогового значення SNR (21.3dB) і враховують тільки перешкоди, які викликані впливом сигналу, що передається, на сигнал, що приймається. Зазначене на діаграмі пунктиром значення  $SNR^* = 6dB$  відповідає мінімальному перевищенню відношенням сигнал/шум рівня 21.3dB, що гарантує появу помилок із частотою не більше  $10^{-7}$ .

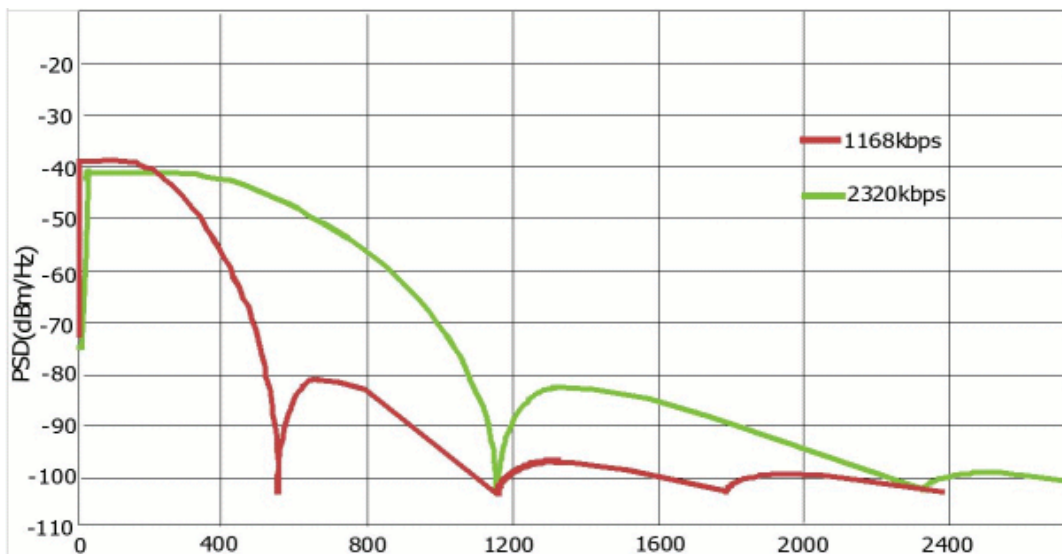


Рисунок 1.21 - Спектральна густина потужності коду 2B1Q

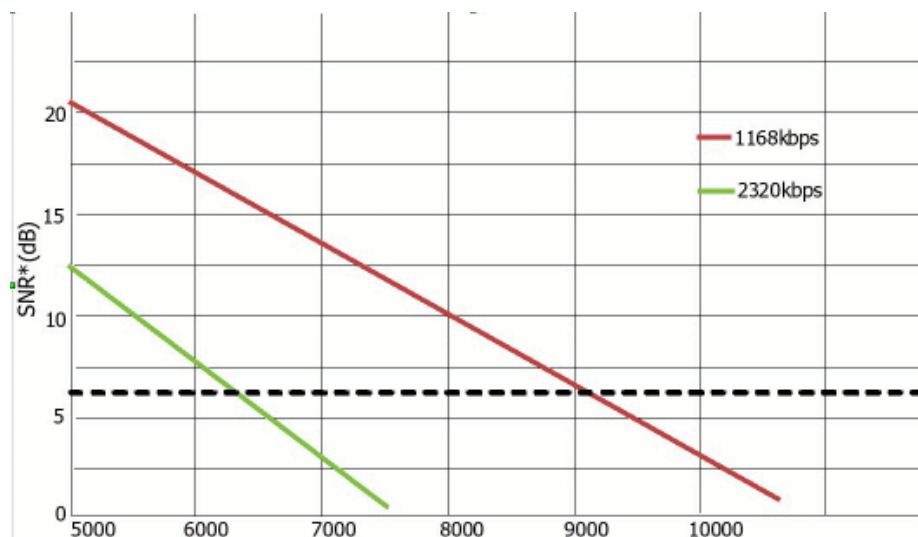


Рисунок 1.22 - Залежність відношення сигнал/шум від протяжності лінії для сигналів 2B1Q

Алгоритм лінійного кодування 2B1Q широко використовується в

мережах ISDN, а також в обладнанні xDSL з симетричною швидкістю передачі даних, таких як HDSL і SDSL, оскільки характеристика спектра 2B1Q не дозволяє розділити переданий і прийнятий сигнали на різні частотні області, і в цьому випадку реалізації SDSL повинні використовувати механізм придушення відбитого сигналу на приймачі.

Перевагою цього алгоритму, безсумнівно, є простота його реалізації. Крім того, важливим фактором є наявність низки нормативних документів (наприклад, ANSI T1.601-1999 Specification, ISDN Basic Access Interface for Use in Metallic Loops for Network Side Implementation of NT, Layer 1 Specification).

Недоліком 2B1Q є дуже низька спектральна ефективність і, як наслідок, обмежена здатність передавати інформацію по зашумлених лініях з високим загасанням. Кількість рівнів квантування збільшується на  $2N$ , де  $N$  - кількість бітів, що передаються протягом тривалості модульованого сигналу, і теоретично досягне відношення сигнал/шум різко падає, тому сфера застосування амплітудної модуляції, як правило, не дуже широка. Крім того, спектр амплітудно-імпульсного модульованого сигналу нескінченний, як описано вище, і його максимальне значення припадає на звуковий діапазон частот.

Хоча перераховані вище фактори обмежують використання лінійного кодування 2B1Q в майбутніх xDSL-системах з інтеграцією послуг, безсумнівні переваги цього алгоритму дозволяють дуже ефективно використовувати його для побудови недорогих систем симетричного доступу.

### 1.2.7 Порівняння властивостей лінійних кодів NRZ, AMI і 2B1Q

Під час порівняння біполярного NRZ, AMI і 2B1Q кодів звернемо увагу на такі їхні властивості: ширина смуги, наявність постійної складової, чутливість до полярності сигналу, завадостійкість.

Для зручності порівняння спектрів розглянутих сигналів представимо їх на одному малюнку.

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	24
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



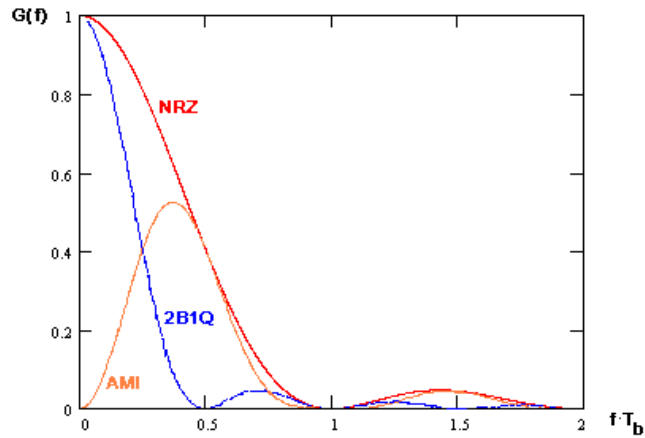


Рисунок 1.23 - Спектральні густини потужності

Під час порівняння кодів за шириною смуги заведено оцінювати їхню спектральну ефективність, під якою розуміють відношення.

$$\gamma = \frac{I}{B} \quad (1.10)$$

де  $I$  - швидкість передавання інформації, вимірювана в біт/с,  
 $B$  - ширина головної пелюстки спектра, вимірювана в Гц.

Бітова швидкість залежить, своєю чергою, від символної швидкості і від числа бітів ( $k$ ), що припадають на один символ.

Ширина спектра залежить від символної швидкості. Залежно від форми імпульсу її значення лежать у межах від  $0.5/T$  до  $1/T$ , де  $T$  - тривалість символу. За прямокутної форми імпульсів  $g(t)$  ширина головної пелюстки  $B=1/T$ .

При NRZ і AMI кодуванні тривалість символу збігається з тривалістю біта ( $k=1$ ) і, отже,  $I=1/T$ . За прямокутної форми імпульсу,

$$\gamma_{NRZ} = \gamma_{AMI} \frac{1/T}{1/T} = 1 \quad (1.11)$$

При 2B1Q кодуванні один символ містить інформацію про два біти ( $k=2$ ) і тому  $I=2/T$ . За прямокутної форми імпульсу  $B=1/T$ , і, отже,

$$\gamma_{2B1Q} = \frac{2/T}{1/T} = 2 \quad (1.12)$$

Зі сказаного випливає, що за допомогою коду 2B1Q можна передавати інформацію вдвічі швидше, ніж кодами AMI і NRZ в одній і тій самій смузі частот.

Ця обставина свідчить на користь коду 2B1Q. Однак, як показано на рис. 27, спектр сигналу 2B1Q (так само, як і NRZ) містить постійну складову і частоти близькі до неї. Наявність постійної складової ускладнює використання 2B1Q і NRZ кодів на лініях зв'язку з трансформаторами і розділовими ємностями.

Спектр сигналу AMI не містить постійної складової і це є суттєвою перевагою цього виду кодування.

Крім того, коди NRZ і 2B1Q чутливі до полярності сигналу. У разі неправильного під'єднання лінії сигнали будуть прийняті помилково. Код AMI не чутливий до полярності сигналу, що пов'язано з диференціальним попереднім кодуванням, яке використовують під час AMI.

Відсутність постійної складової і нечутливість до полярності сигналу визначають широке використання AMI коду як лінійного коду. Порівняємо завадостійкість основних видів кодування. При цьому вважатимемо, що канал не вносить спотворень і прийнятий сигнал вільний від міжсимвольної інтерференції. Будемо також вважати, що в каналі діє адитивний білий шум із нульовим середнім.

У разі використання узгодженого фільтра в приймачі ймовірність помилкового приймання одного біта переданої інформації в разі біполярного NRZ коду становитиме.

$$P_e = 1 - F(\sqrt{2SNR}) \quad (1.13)$$

Де SNR - відношення середньої енергії  $E$ , що припадає на один біт інформації, до односторонньої спектральної щільності шуму  $N_0$ . Під час приймання цифрових сигналів це відношення прийнято називати відношенням сигнал/шум.

У вираз (1.13) входить функція Лапласа .

$$F(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int \exp\left(-\frac{\lambda^2}{2}\right) d\lambda \quad (1.14)$$

За 2B1Q коду відстань між рівнями сигналу в 3 рази менша, ніж за NRZ. У результаті ймовірність помилкового приймання символу 2B1Q сигналу вища і визначається наближеним співвідношенням.

$$P_5 = 1.5(1 - F(\sqrt{0.5SNR})) \quad (1.15)$$

У якому під SNR розуміється середня енергія одного символу 2B1Q сигналу, яка вдвічі більша за середню енергію, що припадає на один біт.

З деяким наближенням можна вважати, що середня ймовірність помилкового приймання одного біта інформації при 2B1Q становить:

$$P_e \cong 0.5P_5 \quad (1.16)$$

На рис. 1.24 показано залежність ймовірності помилки на біт  $P_e$  від відношення сигнал/шум SNR за оптимального приймання сигналів NRZ і 2B1Q. Ймовірність помилки при АМІ лежить між відповідними значеннями ймовірності для NRZ і 2B1Q.

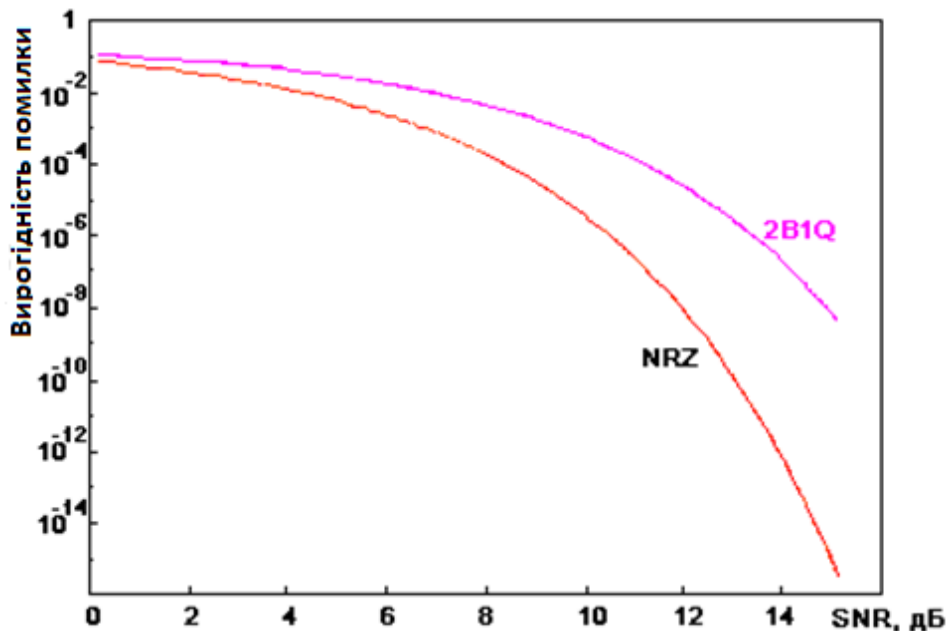


Рисунок 1.24 - Залежність ймовірності помилки від відношення сигнал/шум

Фізично найбільша завадостійкість NRZ кодування пояснюється

максимальною відстанню між можливими рівнями сигналу, що дорівнює подвоєному значенню амплітуди. При АМІ кодуванні ця відстань у 2 рази, а при 2В1Q кодуванні в 3 рази менша.

### 1.3 Організація передавання даних і керування апаратурою мультимплексного каналу

Концепція управління доступом до каналу реалізується за принципом «команда-відповідь» і розподіленого опитування, є досить ефективною. Принцип "команда-відповідь" дає змогу гнучко реагувати на вимоги до потоку даних, що змінюються, забезпечує простоту реалізації та можливість піддавати змінам лише обмежену кількість пристроїв. Важливим фактором є і простота забезпечення синхронізації. Передбачена можливість передавання керування підвищує живучість системи та ефективність використання каналу.

Мультимплексний канал придатний як для здійснення управління, так і для передачі даних. Усі слова, що передаються в канал, підрозділяються на командні, інформаційні або відповідні. Командне слово та слово-відповідь починаються з синхроімпульсу однієї полярності (SYNC C), а інформаційні - іншої (SYNC D). Формати слів, з яких формуються повідомлення, наведено на рис. 1.25.

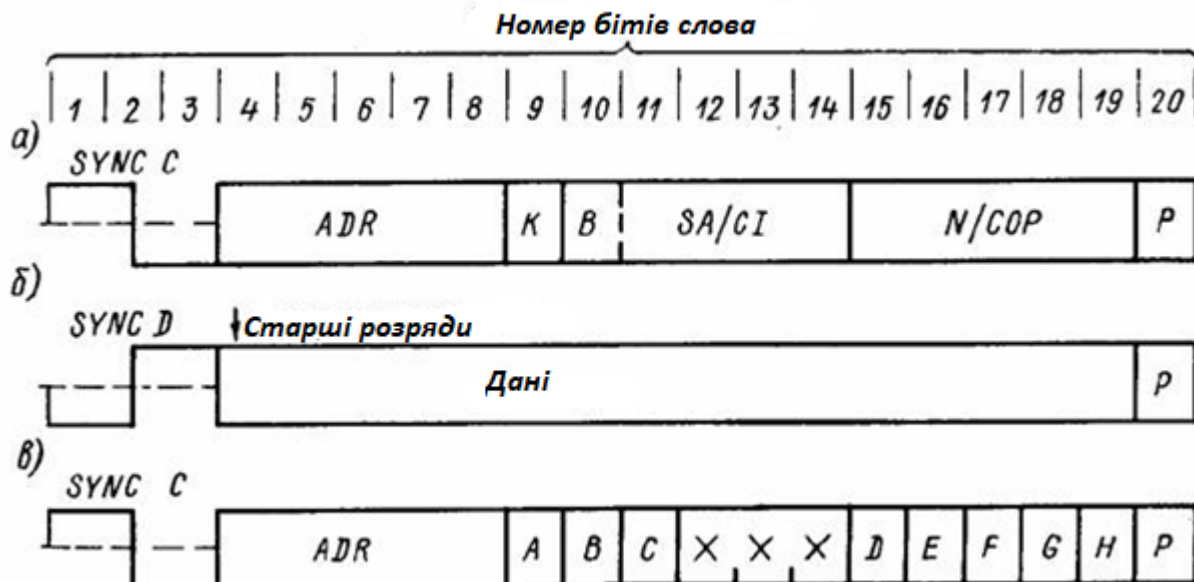


Рисунок 1.25 - Формати слів мультимплексного каналу за МІ L-STD-1553В

Де:

а - командне слово;

б - інформаційне слово;

в - відповідне слово;

Команди містять поля:

ADR - адреса ОУ в каналі кодується від 00000 до 11110, що відповідає 1-31;

К-ознака приймання/передавання ("1"-ОУ має передавати дані, "0" - приймати);

SA/CI - поле під адреси або режиму керування;

N/COP - поле числа слів або коду команди;

A - ознака помилки в повідомленні;

B - апаратний біт;

C - запит на обслуговування ;

D - ознака прийняття команди групового режиму ;

E - ознака зайнятості підсистеми ;

F-прапор несправності підсистеми ;

G - ознака прийняття управління каналом ;

H - прапор несправності терміналу ;

P - розряд контролю парності (доповнення числа одиниць у слові до непарного);

XXX - резервні розряди.

Кодування поля SA/CI і коди команд керування в полі N/COP наведено в табл. 1.2 і 1.3 відповідно.

Таблиця 1.2 - Кодування поля SA/CI мультиплексного каналу

Код	Вказувана ознака
00000--11111	Запис команди в полі числа слів. При інших кодах у полі числа слів записано розмірність масиву, що пересилається.
00001—11110	Під адреса. Визначає початкову адресу введених і виведених даних усередині терміналу.

Оскільки синхроімпульси командного і відповідного слів (SYNC C) збігаються, у деяких системах для їхнього визначення використовується так

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	29
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

званий апаратний біт (десятий розряд). У цьому разі розрядність поля SA/CI становить 4 біти, а кількість піддресів кожного кінцевого пристрою 15.

Будь-який з кінцевих пристроїв може виконувати свій список команд, обраний на етапі проектування. Розглянемо деякі команди і біти ознак у відповідному слові, використання яких може викликати труднощі.

Команди управління "Прийняти управління каналом", "Синхронізація" (зі словом даних і без нього) і "Передати векторне слово" використовуються під час нормальної роботи системи, а решту призначено, насамперед, для обробки помилок у мультиплексному каналі.

Таблиця 1.3 - Кодування поля NC при RA = 00000 або 11111

Код	Команда
00000	Прийняти управління каналом
00001	Передати відповідне слово
00010	Провести самоконтроль
00011	Заблокувати передавач
00100	Розблокувати передавач
00101	Скинути прапор відмови терміналу
00110	Встановити прапор відмови терміналу
00111	Установити термінал в початковий стан
01000	Увійти в режим синхронізації
01001-01111	Резервні коди
10000	Видати слово стану терміналу
10001	Прийняти дане для синхронізації
10010	Повернути останню прийняту команду
10011	Вимкнути резервний канал
10100	Підключити резервний канал
10101–11111	Резервні коди

За командою "Почати самоконтроль" здійснюється перевірка апаратури терміналу мультиплексного каналу. Ця команда може бути використана як під час ініціалізації системи, так і в процедурах відновлення після відмови мультиплексного каналу.

Команда "Придушити біт прапора терміналу" використовується для встановлення відповідного біта відповідного слова в стан "справно",

незалежно від дійсного стану адресованого терміналу. Вона дає змогу запобігти повторюваним перериванням у системі опрацювання помилок і відновлення, коли відмову виявлено і систему перетворено. Видача цієї команди блокує передачу наступних повідомлень про помилку, які мали б виникнути під час використання ознаки терміналу в кожному наступному відповідному слові.

За командою "Відмінити придушення біта прапора терміналу" знімається дія блокування, дозволяючи біту ознаки несправності терміналу в відповідному слові відображати дійсний стан терміналу.

Команди "Блокувати передавач" і "Розблокувати передавач" використовуються в системах із подвійним резервуванням лінію передачі інформації. Отримавши таку команду по одній лінії, термінал блокує або знімає блокування передавача іншої лінії. Відповідне слово передається в контролер каналу через лінію, якою надійшла команда.

"Передати слово вбудованого контролю". Отримавши таку команду кінцевий пристрій відповідає відповідним словом із приєднаним , яке є кодом результату вбудованого контролю. Ця команда дає змогу контролеру каналу отримати інформацію про можливу причину несправності терміналу. Команда не повинна використовуватися для отримання інформації про несправність підсистеми.

Біт "Помилка в повідомленні" слова-відповіді встановлюється в одиничний стан, якщо хоча б одне інформаційне слово не задовольняє критерію достовірності слова, не виконано критерій достовірності повідомлення або отримано команду, заборонену для цього терміналу. Причому в останньому випадку, якщо критерій достовірності слова і повідомлення виконано, то слово-відповідь видається.

Усі розряди слова-відповіді, крім адреси, повинні встановлюватися в логічний нуль після приймання кінцевим пристроєм адресованого йому достовірного командного слова, за винятком команд, обумовлених вище. Якщо умови, які визначали вміст розрядів слова-відповіді (наприклад, прапор кінцевого пристрою), продовжують існувати, біти слова-відповіді повинні бути знову встановлені, а потім передані в мультиплексний канал.

## 1.4 Вибір та обґрунтування структурної схеми

Архітектура мультиплексних каналів міжмодульного обміну показана на рис. 1.26.

Канал будується з використанням коаксіального кабелю з хвильовим опором 75 Ом, а відводи - з опором 150 Ом. Довжина основного тракту каналу  $L$  становить до 100 м, а довжина  $l$  - до 6 м. Канал узгоджується резистора ( $R_0$ ) номіналом  $75 \pm 5$  Ом, на трансформатора ставляться захисні резистори ( $R_3$ ) номіналом  $56 \pm 3$  Ом. Усі абоненти розв'язані від каналу за допомогою імпульсних трансформаторів (ТР).

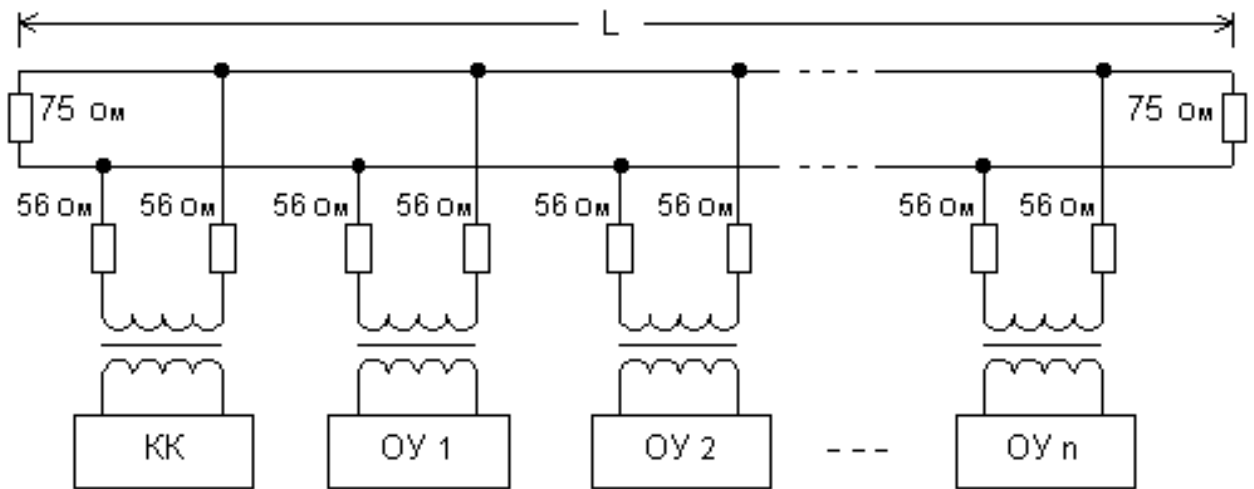


Рисунок 1.26 - Архітектура мультиплексних каналів

Передача даних у мультиплексному каналі здійснюється в напівдуплексному режимі з тимчасовим поділом посилок. Один з абонентів каналу - контролер виконує функцію керування пересиланнями, задає режими роботи всіх інших абонентів - кінцевих пристроїв, кількість абонентів каналу, включно з контролером, дорівнює 31. Пристрій забезпечує сполучення мультиплексного каналу з паралельною 16-розрядною шиною даних, він може працювати в режимі контролера або ОУ, дає змогу блокувати передавач або приймач і виробляє низку ознак, що істотно полегшує оброблення інформації, яка надходить із каналу. Для сполучення пристрою із загальною шиною мікроконтролера. Структурна схема контролера каналу наведена на малюнку 1.27.

Усі абоненти під'єднані до каналу за допомогою трансформаторів, що забезпечує гальванічну розв'язку абонентів і унеможливорює вихід їх з ладу в разі несправності одного або кількох терміналів. Як передавальне середовище



використовується коаксіальний кабель із хвильовим опором 75 Ом. Передача інформації здійснюється під керуванням контролера в напівдуплексному режимі з тимчасовим поділом посилок.

Блок керування організує загальну логіку роботи системи, порядок опитування ОУ, виконує оброблення та перетворення даних.

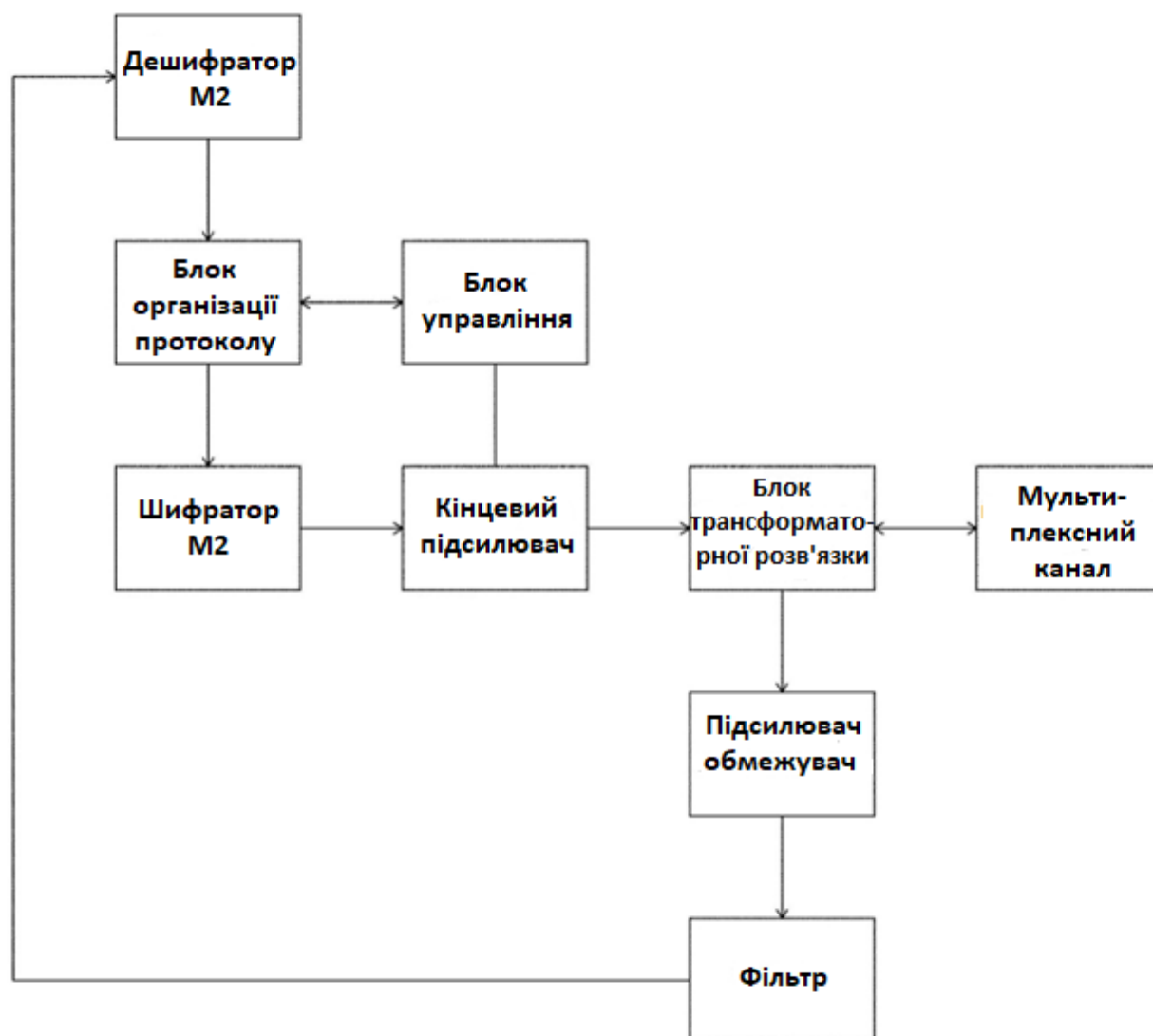


Рисунок 1.27 - Структурна схема контролера каналу

Шифратор коду Манчестер-II може бути виконаний на двох вхідному елементі, що виключає АБО (рис.1.28). Фільтр призначений для придушення короткочасних імпульсів, що можуть виникнути через неідеальний збіг від'ємного фронту сигналу С з від'ємним або позитивним фронтом сигналу NRZ. Дешифратори коду Манчестер-II складніші за логічною структурою і найчастіше в явному вигляді не використовуюють описану раніше ідею перезапуску годинника в кожному бітовому інтервалі.

Декодер Манчестерського коду перетворює біфазний фазоманіпульований послідовний код в уніполярний і виділяє з нього синхрочастоту C1.

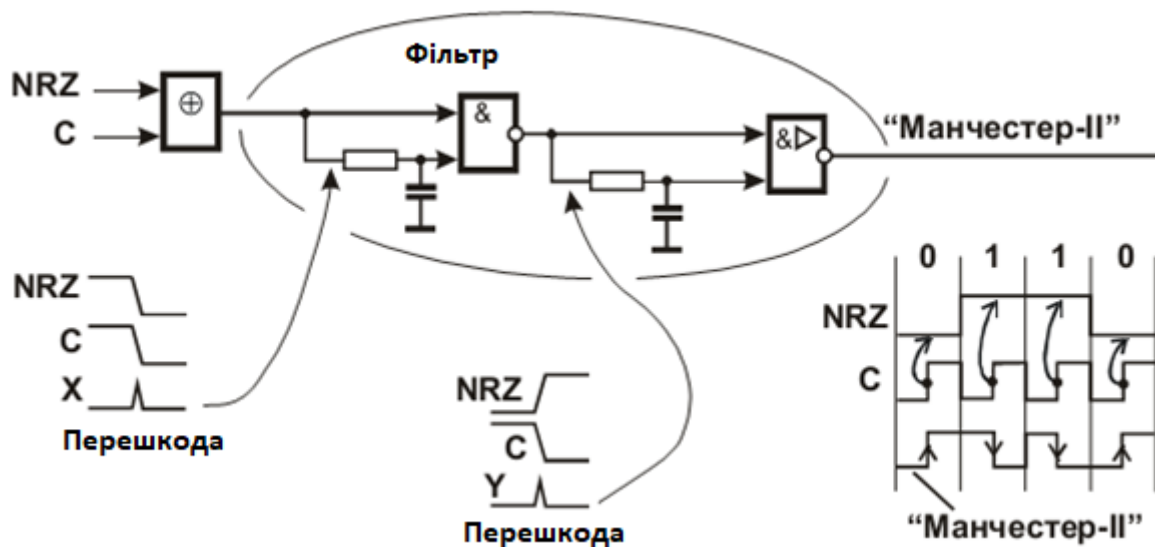


Рисунок 1.28 - Шифратор коду Манчестер-II

Схема дешифратора, наведена на рис.1.29. Генератор формує періодичний сигнал W опитування лінії та приймання дешифрованих сигналів у вихідний регістр RG. Тактова частота генератора в цьому разі перевищує швидкість передавання даних лінією в  $N = 3,33$  рази. Це означає, що за швидкості передавання даних лінією, що дорівнює 15 Мбіт/с, частота сигналу W з виходу генератора G дорівнює 50 МГц. З урахуванням можливого "тремтіння фронтів" (джиттера) вхідного сигналу співвідношення частот може бути дещо збільшено, наприклад, до рівня  $N = 4,0$ . Генератор G працює автономно, тобто він не синхронізований вхідним сигналом із лінії. Точність і стабільність генератора можуть бути порівняно низькими, важливо тільки, щоб максимальне відхилення частоти генератора в бік її зниження не призводило до зменшення фактичного значення параметра N нижче розрахункового рівня.

Дешифратор виконано на основі "кінцевого автомата" - комбінаційної схеми D2 (у цьому прикладі реалізованої на основі ПЗП) з під'єднаним до її виходів регістром RG. Три розряди цього регістра виділено для зберігання поточного стану вихідних сигналів NRZ\* і C\*, а також сигналу ERR виявлення помилки кодування вхідного сигналу. Ці та інші розряди регістра RG

відображають поточний стан дешифратора і ланцюгами зворотного зв'язку передаються на адресні входи ПЗП. За позитивним фронтом сигналу W з виходу генератора G у регістрі RG фіксується черговий код, а в тригер D1 заноситься результат чергового опитування стану лінії. Сигнал Z з виходу цього тригера, так само як і сигнали зворотного зв'язку, надходить на адресні входи ПЗП.

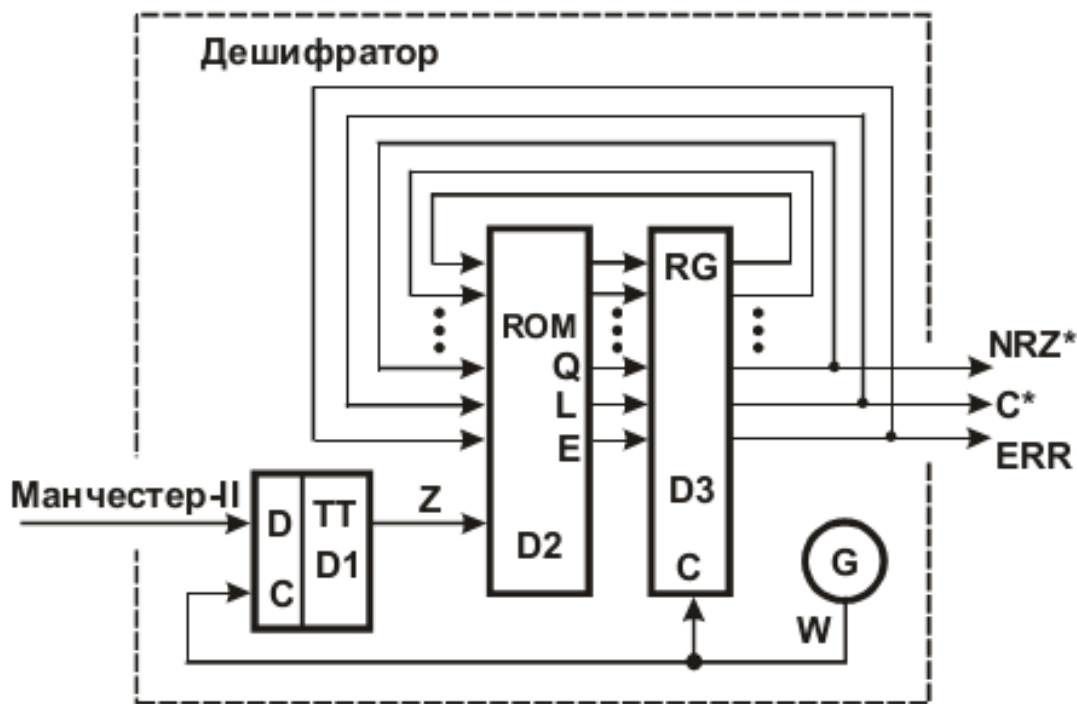


Рисунок 1.29 - Дешифратор коду Манчестер-II

Під час дешифрації коду Манчестер-II пристрій проходить через безліч станів, кожен з яких залежить як від передісторії (від стану регістра RG), так і від результату останнього опитування сигналу в лінії (цей результат зафіксовано в тригері D1 у вигляді сигналу Z). У кожному такті сигналу W відбувається обчислення нових значень сигналів NRZ\* і C\*, а також сигналів зворотного зв'язку, що визначають напрямки переходу до наступних станів.

Загальна кількість станів дешифратора залежить від параметра H, від необхідних можливостей протидії впливу джиттера вхідного сигналу, від заданого рівня деталізації помилок у лінії, якщо потрібне їх розпізнавання. Число станів може лежати, наприклад, у діапазоні від 32 до 256. Замість ПЗП може використовуватися програмована логічна матриця або "жорстка" структура з логічних елементів.

Сигнал Манчестер-II, як було показано раніше, формується

підсумовуванням за модулем два вихідних сигналів NRZ і С (даних і синхросигналу) і надходить на D-вхід тригера D1. Моменти опитування сигналу Манчестер-II не обов'язково збігаються з його ustalеними значеннями, оскільки генератор G не синхронізований сигналом з лінії. Іншими словами, позитивний фронт сигналу опитування W може практично збігатися з позитивним або негативним фронтом сигналу Манчестер-II. У цьому разі в тригер D1 рівною ймовірністю буде прийнято сигнал лог. 0 або 1.

Для визначеності припустимо, що в таких "спірних" ситуаціях прийняті в тригер D1 сигнали відповідають значенням, показаним поруч із вертикальними стрілками на діаграмі сигналу Манчестер-II. Так, на початку такту TO\* момент опитування сигналу Манчестер-II приблизно збігається з його першим позитивним фронтом; при цьому, як припускаємо, тригер D1 залишається в нульовому стані (див. позначення "0" поруч із першою ліворуч стрілкою). Наступні опитування відповідають фіксації в тригері D1 таких станів: 11100011011001001100 тощо.

За відсутності спотворень вхідного сигналу і за заданого відношення  $N = 3,33$  тривалості бітового інтервалу сигналу Манчестер-II до періоду сигналу W можна відзначити таке.

Низькочастотні компоненти сигналу Манчестер-II, тобто імпульси або паузи між ними тривалістю, що дорівнює одному бітовому інтервалу, опитуються трьома або чотирма позитивними фронтами сигналу W. Так, в інтервалі часу T17\* отримано чотири одиничні "відліки" вхідного сигналу, що відповідають останньому (на діаграмі) широкому позитивному імпульсу сигналу Манчестер-II. Пауза перед цим імпульсом опитувалася тричі групою відліків L 8 і т. д.

Високочастотні компоненти сигналу Манчестер-II, тобто імпульси або паузи між ними тривалістю, що дорівнює половині бітового інтервалу, опитуються одним або двома позитивними фронтами сигналу W. Таким чином, за  $N = 3,33$  безперервна послідовність відліків дає змогу розпізнавати й розрізняти низькочастотні та високочастотні компоненти вхідного сигналу. Залишається тільки вести безперервний аналіз цих відліків (з урахуванням передісторії) і на його основі відновлювати вихідний сигнал NRZ.

Розглянемо правила формування сигналів Q, C\* і NRZ\*, тобто, по суті, алгоритм функціонування кінцевого автомата. (Сигнали E і ERR виявлення

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ		
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			36

помилки кодування вхідного сигналу далі не розглядаємо для спрощення викладення.) У разі виявлення трьох послідовних одиничних відліків коду Манчестер-II (трьох одиничних сигналів  $Z = 1$ ) формується сигнал  $Q = 1$ , а також "негативний" імпульс  $L = 0$  тривалістю, що дорівнює одному періоду сигналу  $W$ . Стан  $Q = 1$  підтримується аж до виконання умови 2. У разі виявлення трьох послідовних нульових відліків коду Манчестер-II (трьох нульових сигналів  $Z = 0$ ) формується сигнал  $Q = 0$ , а також імпульс  $L = 0$  тривалістю, що дорівнює одному періоду сигналу  $W$ . Стан  $Q = 0$  підтримується аж до виконання умови 1.

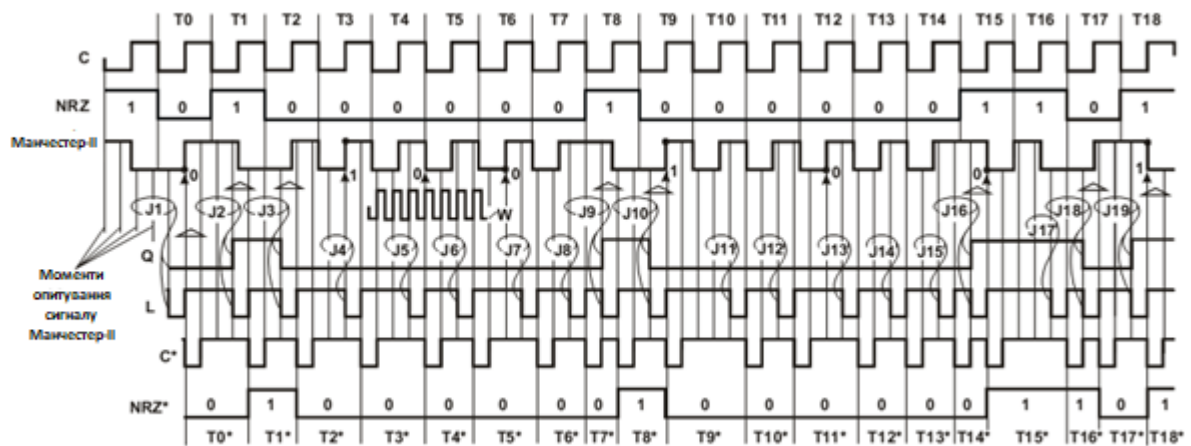


Рисунок 1.30 - Тимчасові діаграми формування сигналу Манчестер-II і його подальшої дешифрації схемою

У стані  $Q = 1$  імпульси  $L = 0$  тривалістю, що дорівнює одному такту сигналу  $W$ , формуються щоразу під час виявлення від'ємного фронту сигналу Манчестер-II, тобто під час виявлення переходу сигналу  $Z$  зі стану лог. 1 у стан лог. 0. Виняток становить перший такий перехід (див. моменти опитувань, охоплені на діаграмі трикутниками) після встановлення стану  $Q = 1$  цей перехід ігнорується.

У стані  $Q = 0$  імпульси  $L = 0$  тривалістю, що дорівнює одному такту сигналу  $W$ , формуються щоразу в разі виявлення позитивного фронту сигналу Манчестер-II, тобто в разі виявлення переходу сигналу  $Z$  зі стану лог. 0 у стан лог. 1. Виняток становить перший такий перехід після встановлення стану  $Q = 0$ , цей перехід ігнорується. Сигнали  $NRZ^*$  і  $C^*$  формуються з сигналів  $Q$  і  $L$  під час фіксації останніх у вихідному регістрі  $RG$  за позитивними фронтами сигналу  $W$ . Тому сигнали  $NRZ^*$  і  $C^*$  затримані щодо сигналів  $Q$  і  $L$  на один період сигналу  $W$ .

Розглянемо застосування цього алгоритму на прикладі конкретної кодової ситуації, наведеної на рис. 1.30.

Припустімо, що група Л із трьох послідовних відліків сигналу Манчестер-II (три вертикальні лінії, що проходять через овал з позначенням Л) відповідає його нульовому значенню. Згідно з правилом 2, за результатом останнього опитування з групи Л формується сигнал  $Q = 0$  і сигнал  $L = 0$ . У наступному такті сигналу W сигнал L безумовно відновлює вихідне значення  $L = 1$ . Згідно з правилом 4, у разі  $Q = 0$  починається стеження за позитивними фронтами сигналу Манчестер-II, причому перший такий фронт ігнорується. Перший позитивний фронт сигналу Манчестер-II відповідає послідовним нульовому та одиничному відлікам, які на діаграмі обведені крайнім лівим трикутником (це позначення використовується й надалі для вказівки фронтів, які ігноруються).

Наступною значущою подією є виявлення групи J2 з трьох одиничних відліків. Згідно з правилом 1, за результатом останнього опитування з групи J2 формується сигнал  $Q = 1$  і сигнал  $L = 0$ . У наступному такті сигналу W сигнал L безумовно відновлює вихідне значення  $L = 1$ .

Згідно з правилом 3, за  $Q = 1$  починається стеження за негативними фронтами сигналу Манчестер-II, причому перший такий фронт ігнорується. Перший (після встановлення сигналу  $Q = 1$ ) від'ємний фронт сигналу Манчестер-II відповідає послідовним одиничному і нульовому відлікам, які ігноруються (на діаграмі обведені другим зліва трикутником).

Далі в результаті виявлення групи J3 з трьох послідовних нульових відліків (див. правило 2) формуються сигнал  $Q = 0$  і третій імпульс  $L = 0$ . Згідно з правилом 4, перший виявлений позитивний фронт вхідного сигналу (див. третій зліва трикутник) ігнорують, а наступні позитивні fronti, що

відповідають групам відліків J4 - J8, викликають формування імпульсів  $L = 0$ .

Групи відліків J9 і J10 спричиняють формування позитивного імпульсу  $Q = 1$  і пари імпульсів  $L = 0$ , що супроводжує його.

Групи відліків Л1 - Л 5 відповідають виявленню позитивних фронтів вхідного сигналу на тлі сигналу  $Q = 0$  (перший виявлений фронт ігнорується). Групи відліків J16 і J18 спричиняють формування позитивного імпульсу  $Q = 1$  і пари імпульсів  $L = 0$ , що супроводжує його.

Пара відліків Л 7 відповідає другому негативному фронту вхідного

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ		
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			38

сигналу на тлі сигналу  $Q = 1$  (перший негативний фронт ігнорується) і формуванню імпульсу  $L = 0$ . Група Л 9 із трьох послідовних одиничних відліків вхідного сигналу відповідає переходу сигналу  $Q$  у стан лог. 1 і формуванню останнього імпульсу  $L = 0$ . Сигнал NRZ\* затримано відносно сигналу NRZ: біти, розміщені в часових інтервалах  $T_0, T_1, T_2$  тощо, перетворюються на відповідні біти в інтервалах  $T_0^*, T_1^*, T_2^*$  тощо. З діаграми випливає, що тривалості бітових інтервалів  $T_0^*, T_1^*, T_2^*$  і т. д. не однакові навіть за відсутності джитера у вхідному сигналі. Так, тривалості інтервалів  $T_{15}^*$  і  $T_{16}^*$  різняться в 2,5 рази. При цьому середня тривалість бітового інтервалу сигналу NRZ\* в точності відповідає тривалості бітового інтервалу сигналу NRZ і за  $N = 3,33$  становить 3,33 періоду сигналу  $W$ . Іншими словами, дешифратор формує вихідний сигнал зі значним джитером, що, однак, не становить небезпеки для пристрою-споживача даних, оскільки достовірність кожного біта коду NRZ\* підтверджується позитивним фронтом сигналу  $S^*$ .

Для надання сигналу необхідних енергетичних характеристик використовується кінцевий підсилювач і підсилювач обмежувач. Ідея підтримання синхронізму між приймачем і передавачем полягає в такому: припустимо, що приймач уже синхронізований із передавачем. Тоді, виявивши в середині першого бітового інтервалу фронт сигналу (він обов'язково має бути: позитивний або негативний), приймач запускає внутрішній годинник. Через інтервал часу, що дорівнює  $T$ , виявляється позитивний фронт сигналу (передається лог. 0). Приймач знову запускає годинник ("забуваючи" старі його показання), тобто переносить початок відліку часу на один бітовий інтервал вправо. Далі процес повторюється. Пошук чергового фронту сигналу в середині наступного бітового інтервалу ведеться в деякому довірчому інтервалі. Пошуку фронту сигналу може

досягати  $0,5 T$ . Це означає, що незалежно від довжини ланцюга переданих бітів допустима неузгодженість ходу годинника передавача і приймача може наблизитися до  $\pm 25\%$  (іншими дестабілізуючими факторами нехтуємо).

## 2. Вибір елементної бази та розробка принципової електричної схеми

### 2.1 Центральний мікропроцесор

Як схема керування в контролері каналу використовується центральний процесор H1806BM2, що являє собою 16-розрядний мікропроцесор. Виконаний за технологією CMOS.

48	WIR	CPU	AD0	13
47	EVNT		AD1	12
45	VJRD		AD2	11
21	CLC		AD3	6
46	HALT		AD4	5
36	ACLO		AD5	4
37	DCLO		AD6	3
34	AR		AD7	2
17	DMR		AD8	63
18	SACK		AD9	62
27	RPLY		AD10	61
19	DMGO		AD11	60
31	SYNC		AD12	53
33	DIN		AD13	52
28	DOUT		AD14	51
29	WTBT		AD15	50
38	IACK	WRQ1	14	
44	INJT	WRQ2	15	
49	SEL	CLOC	20	
16	WACK			

Рисунок 1. 31 - Розташування виходів мікропроцесора H1806BM2

Призначення, тип і нумерацію виводів мікропроцесора наведено в таблиці 1.4. Процесор складається з таких блоків:

ОБ - операційний блок

БМК - блок мікропрограмного керування

БРА - блок розширеної арифметики

БПР - блок переривань

БОР - блок обробки умов розгалуження

ІБ - інтерфейсний блок



Таблиця 1.4 - Опис виводів мікропроцесора H1806BM2

Номер контакту	Призначення
1	Земля підсилювачів AD 0-15 и SEL
11-13, 2-6, 60-63, 53-50	16 двонаправлених входів-виходів шини адреси-даних AD 0 15: логічна одиниця - низький рівень
14,15	WRQ1,WRQ2 — виходи сигналів запиту на захоплення магістралей, видимих через вікно. Запит іде низьким рівнем.
16	WACK — вхід дозволу захоплення магістралі через вікно. Дозвіл обміну - низький рівень (за наявності низького рівня раніше видавання WRQ запит вікна не формується)
17	DMR - вхід вимоги прямого доступу(L)
18	SACK — вхід підтвердження отримання запиту на прямий доступ(L)
19	DMGO — вихід дозволу прямого доступу(L)
20	CLCO — вихід внутрішньої тактової частоти. Повторює CLCI з невеликою затримкою в тій самій фазі.
21	CLCI - вхід тактових імпульсів від 0 до 5 МГц: процесор статичний.
22	GND
27	RPLY — вхід СИП(L)
28	DOUT — вихід ВВІВОД(L)
29	WTBT — вихід БАЙТ(L)
31	SYNC — вихід СИА(L)
32	U2 + живлення

Продовження таблиці 1.4

Номер контакту	Призначення
33	DIN — вихід ВВОД(L)
34	AR — вхід АДРЕС ПРИНЯТ(L)
35	ІАКО - вихід дозволу переривання(L)

36	ACLO - вхід аварії мережевого живлення. Негативний фронт перериває програму за вектором 24. Позитивний фронт ініціює мікропрограмний пуск
37	DCLO - аварія постійного живлення. Низький рівень транслюється на INIT і приводить процесор у початковий стан.
44	INIT - вихід скидання зовнішніх пристроїв(L)
45	VIRQ - вхід вимоги векторного переривання(L)
46	HALT - вхід переходу в пультовий режим(L)
47	EVNT - вхід запиту переривань від таймера за негативним фронтом. Вектор 100 формується процесором
48	WIR - вхід вимоги переривання від вікна за негативним фронтом. Немасковане, вектор 250
49	SEL - вихід звернення до пультової пам'яті або безадресного регістра(L). У разі появи у фазі видавання адреси вибирає системну пам'ять, у разі появи одночасно з DIN вибирає безадресний регістр

Виходи 7,8,9,23,24,25,26,38,39,40,41,42,43,54,55,56,57,58,59 - порожні.

До складу ОБ входять: буферний регістр даних (БРД), регістр адреси (РА), регістр копії лічильника команд (РЛ'), компаратор адрес (КОМП), буферний регістр команд ОБ (БРК ОБ), регістр команд ОБ (РК ОБ), блок констант, регістр стану процесора (PSW), копія регістра стану процесора (PSW'), регістри загального призначення (R0..R7), акумулятор (АК), регістр джерела (РД), 16-розрядне АЛП, зсувний пристрій (ЗП), блок обміну байтів і схема запису (БОБ і СхЗп). У БРД приймаються дані із зовнішнього ЗП. Під час запису в зовнішнє ЗП у БРД дані готують: буферний регістр команд ОБ (БРК ОБ), регістр команд ОБ (РК ОБ), блок констант, регістр стану процесора (PSW), копія регістра стану процесора (PSW'), регістри загального призначення (R0...R7), акумулятор (АК), регістр джерела (РД), 16-розрядний АЛП, зсувний пристрій (ЗП), блок обміну байтів і схема запису (БОБ і СхЗп). У БРД приймаються дані із зовнішнього ЗП.

У РЛ зберігається адреса наступного за командою слова, тобто РЛ+2. Перед циклом запису адреса на РА порівнюється компаратором із вмістом РС' і в разі рівності після закінчення запису відбувається читання команди за адресою з РС', тобто відбувається повторне приймання наступної команди.

Раніше прийнята наступна команда не виконується. Процедура повторного читання відбувається апаратно-мікропрограмно. Регістр стану процесора і регістр копії регістра стану слугує для зберігання ознак (станів), що виробляються в процесі виконання операцій. У регістрі PSW' зберігається слово стану при обробці деяких переривань. В ОБ є десять регістрів, вісім з яких доступні програмісту як регістри загального призначення. Два, що залишилися, - акумулятор і регістр джерела - використовуються процесором для проміжного зберігання інформації під час виконання деяких команд і доступні тільки мікропрограмно. АЛП має схему прискореного перенесення, завдяки якій перенесення поширюється послідовно не більше, ніж через три розряди. З АЛП результат потрапляє на зсувний пристрій, де в командах зсуву відбувається зсув операнда на один розряд вправо або вліво і міститься логіка формування арифметичного або циклічного зсуву. Може зсуватися слово або байт. Після зсувного пристрою отримується остаточний результат операції, який записується в спеціальний регістр. На цьому закінчується фаза читання циклу виконання мікрокоманди. У циклі запису виконання мікрокоманди інформація з регістра, на якому зберігається результат операції, надходить через блок обміну байтів на схему запису. У БОБ міняються місцями байти слова під час виконання команди SWAB. БОБ також використовується при видачі старшого байта в байтових командах. Завдяки використанню в процесорі роздільних внутрішніх шин запису і читання поєднується дешифрація адреси читання з циклом запису і адреси запису з циклом читання, завдяки чому зменшується цикл виконання мікрокоманди.

Схема формування стану (СФС) на основі сигналів, що надходять з АЛП, зсувного пристрою і блока розширеної арифметики формує ознаки результату операції N, Z, V, C, які запам'ятовуються в слові стану і потім використовуються в командах розгалуження.

Блок розширеної арифметики призначений для апаратної підтримки виконання команд множення, ділення, і параметричного зсуву MUL, DIV, ASH, ASHC. Для виконання змістовної частини команди використовується одна мікрокоманда, яка модифікується за певним алгоритмом схемою управління блоком розширеної арифметики в процесі виконання операції. Кожна команда РА виконується за певну кількість тактів. Внутрішні регістри блоку розширеної арифметики доступні за адресою в мікрокоманді.

Роботою БМУ і його синхронізацією з іншими блоками керує блок синхронізації БС БМУ. Якщо немає сигналів гальмування, БС БМУ

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	43
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

запускається сигналом готовності ОБ. БМУ може зупинитися в разі очікування приймання команди за сигналом КК "кінець команди", очікування вироблення стану за сигналом ЖС "чекаю стану" і під час обробки деяких переривань за сигналом гальмування від БПР. Сигнали ПП "прийняти переривання" , ЖС, КК, виробляються ПЛМ накопичувача мікрокоманд (що містить 190 логічних добутоків).

Блок переривань служить для приймання та попередньої обробки сигналів переривань. У блоці знаходиться логіка апаратної підтримки виконання команди RESET. У БПР входять: регістр джерел переривань, ПЛМ, що складається з матриць М1 і М2, яка містить 30 логічних добутоків, 9-розрядний лічильник, блоки керування і синхронізації. Усі сигнали переривань надходять на регістр джерел переривань. Під час виконання команди WAIT тригер "чекати" в РІП встановлюється в спеціальному форматі мікрокоманди мікропрограмно. З РІП сигнали переривань надходять на першу матрицю ПЛМ. На ній реалізовано схему пріоритету переривань. Якщо виставлено одночасно два переривання, то спочатку обслуговується переривання з більшим пріоритетом. Якщо 7-й розряд PSW встановлено в одиницю, зовнішні не фатальні переривання маскуються. Для відліку інтервалу часу, що сприймається як зависання, і формування сигналу INIT під час виконання команди RESET слугує 9-розрядний лічильник. Лічильник запускається сигналом DIN або DOUT під час відстеження зависань або мікропрограмно під час виконання команди RESET. Момент досягнення лічильником потрібного значення відстежується схемою керування.

Інтерфейсний блок служить для організації обмінів між процесором і пристроями на системній магістралі. В інтерфейсному блоці міститься арбітр прямого доступу до пам'яті, поєднаний зі схемою запиту вікон. Арбітр прямого доступу відстежує надходження запиту на прямий доступ. Після надходження запиту процесор закінчує поточний цикл обміну і видає дозвіл на прямий доступ. Під час прямого доступу процесор зупиняється. Після обчислення адреси і запису її в регістр адреси в інтерфейсний блок надходить запит на обмін. Якщо системна магістраль, або додаткова магістраль, захоплена через вікно, вільна, то починається видача адреси на магістраль.

## 2.2 Системний контролер мікропроцесорної системи 1582ВХ3-0123

Мікросхема інтегральна 1582ВЖ3-0123 є основною ВІС набору, що дає змогу реалізувати керуючу мікро-ЕОМ середньої продуктивності. Мікросхема призначена для використання як контролер статичного ОЗП і ПЗП, а також для забезпечення мінімально необхідних інтерфейсів у системах реального часу. Мікросхема виконана за КМОП-технологією. Кристал, що містить 3123 базових комірок, має заповнення 80% .

Контролер ОЗП/ПЗП забезпечує під'єднання ВІС типу 537РУ16, 537РУ17, К573РФ6, 1623РТ2 або аналогічних і в цьому разі повністю закриває адресний простір пам'яті мікропроцесора 1806ВМ2 (14 ВІС по 8 кбайт - 112 кбайт). Можуть бути використані ВІС 537РУ9 - у цьому разі можлива організація блоку ОЗП в області користувача розміром 16 кбайт з 0-ї адреси або з 40000. Можливе замість 537РУ9 застосування 537РУ8. Є два регістри опису стану адресного простору ОЗП/ПЗП. За частоти синхронізації мікропроцесора - 5 МГц швидкодія - 1 млн. кор. оп./с. Системний програмований таймер забезпечує векторне переривання (вектор 104) з періодом від 1 мс до 31 мс. 16-ти розрядний програмований таймер є аналогом таймера КWV11А. Тактова частота - від 100 Гц до 1 МГц - вибирається програмно. 4 режими рахунку, 2 зовнішні входи, 2 вектори переривання. Послідовний канал забезпечує роботу зі швидкістю 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 і 38400бод. Формат даних - 8 біт, 1 стоп-біт, без паритету. Вхідний тактовий сигнал - 4608 кГц. Адреси і вектори всіх блоків фіксовані. Позначення та нумерацію виводів наведено на рисунку 1.32.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	45
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

77	F1	SIU	AD0	27
78	CLC		AD1	26
88	DOUT		AD2	25
89	DIN		AD3	24
3	IAKI		AD4	23
96	WTBT		AD5	21
7	SEL		AD6	20
5	SYNC		AD7	19
54	INIT		AD8	16
52	IST1		AD9	15
51	IST2		AD10	14
4	LINE		AD11	13
28	RP7		AD12	12
18	RP8		AD13	10
53	RP9		AD14	9
64	RP10	AD15	8	
66	RP11	IAKO	85	
2	RP12	RPLY	83	
1	RP13	AR	84	
108	RP14	VIRQ	82	
107	RP15	A1	29	
45	A	A2	30	
47	B	A3	31	
55	D0	A4	32	
56	D1	A5	34	
57	D2	A6	35	
58	D3	A7	37	
59	D4	A8	38	
61	D5	A9	39	
62	D6	A10	40	
63	D7	A11	42	
67	D8	A12	43	
68	D9	A13	44	
69	D10	CS1	106	
70	D11	CS2	105	
72	D12	CS3	104	
73	D13	CS4	102	
74	D14	CS5	101	
75	D15	CS6	99	
91	QZ	CS7	98	
48	DE	CS8	97	
50	DD	CEP	94	
79	CLCE	CSS	86	
81	QE1	WRL	92	
80	QE2	WRH	93	

Рисунок 1.32 – Розташування виходів мікросхеми 1582ВЖ-0123.

Опис виводів мікросхеми:

AD0-AD15, SYNC, DIN, DOUT, IAKI, INIT, CLC, AR, RPLY, IAKO, VIRQ, SEL - сигнали системної магістралі мікропроцесора H1806BM2;  
A1-A13 - призначені для передачі адреси на ВІС ЗП;  
D0-D15 - призначені для запису або зчитування даних з ВІС ЗП;  
LINE - зовнішній тактовий сигнал, що надходить на 16-розрядний

програмований таймер;

RP7-RP15 - під час виконання процедури безадресного читання (процесор виставляє сигнали DIN і SEL, а сигнал SYNC водночас залишається на високому рівні), виставлений на цих виводах код адреси вектора початкового пуску надходить на системну магістраль, причому логічний 1 відповідає низький рівень напруги на входах RP;

A, B - комбінація сигналів, що подаються на ці виводи, визначає конфігурацію BIC ЗП, відповідно до якої дана мікросхема видає сигнали CS(1-8), що надходять на BIC ЗП;

DE - інформація, що надходить на цей вивід, передається на вхід приймача послідовного асинхронного інтерфейсу;

DD - вихід сигналу передавача послідовного асинхронного інтерфейсу;

IST1 - тактовий або аперіодичний сигнал, що надходить на 16-розрядний програмований таймер (у тих випадках, коли цей сигнал не використовують, на зовнішній вивід IST1 подають високий рівень сигналу);

IST2 - аперіодичний сигнал, що надходить на 16-розрядний програмований таймер (у тих випадках, коли цей сигнал не використовується, на зовнішній вивід IST2 подається високий рівень сигналу);

QZ - тактовий сигнал (4608 кГц), що надходить на послідовний асинхронний інтерфейс;

WRL,WRH - низький рівень сигналу на цих виводах (якщо одночасно виставлено один із сигналів CS(1-8) або CSS) свідчить про те, що відбувається процедура запису BIC ЗУ;

WRL - запис молодшого байта;

F1 - тактовий сигнал (1 МГц), що подається на 16-розрядний програмований таймер;

WRH - запис старшого байта. Сигнали WRL,WRH виставляються за першим, а знімаються за другим фронтом тактового сигналу CLC після видачі процесором сигналу DOUT;

CEO - низький рівень сигналу на цьому виводі (якщо одночасно виставлено один із сигналів CS(1-8) або CSS) свідчить про те, що відбувається процедура читання з BIC ЗП. Сигнал CEO виставляється за зрізом, а знімається за фронтом сигналу SYNC.

CS1-CS8 - низький рівень сигналу на цих виводах означає, що відбувається звернення до однієї з BIC ЗП, відповідно до обраної конфігурації;

CSS - низький рівень сигналу на цьому виході означає, що відбувається

									ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						47

звернення до ВІС ЗУ. Під час читання, сигнал CSS виставляється за зрізом сигналу SYNC, а знімається за фронтом сигналу DIN. Під час запису сигнал CSS виставляється за першим фронтом тактового сигналу CLC (після видачі процесором сигналу DOUT), тривалість його становить один період тактового сигналу CLC.

### 2.3 Трансивер мультиплексного каналу H1582ВЖ3В-0213

Мікросхема інтегральна H1582ВЖ3В-0213 являє собою термінал мультиплексного каналу (ТМК) і призначена для реалізації функцій "контролер", "кінцевий пристрій", мультиплексного каналу інформаційного обміну (МКІО). ТМК реалізує всі 10 форматів повідомлень і обробляє всі команди керування. ТМК функціонує у складі мікропроцесорних систем як програмований контролер введення/виведення. Позначення та нумерацію виводів наведено на рисунку 1.33.

S1, S2 - номер мікросхеми в мікропроцесорній системі.

AD0-AD15, SYNC, DOUT, DIN, RPLY, WTBT, VIRQ, IAKI, IAKO, DMR, DMGI, DMGO, SACK, INIT - сигнали системної магістралі мікропроцесора 1806ВМ2;

BS7 - вхід сигналу вибору області адресації зовнішніх пристроїв, використовується в системах з адресною шиною понад 16 розрядів;

CLC - вхід тактових імпульсів синхронізації обміну по системній магістралі;

F6 - вихід дільника 6 МГц;

					ЕліТ 6.172.00.02.299 ПЗ	48
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



57	BS7	ТМК	AD0	9
44	SYNC		AD1	10
41	DIN		AD2	11
42	DOOUT		AD3	12
43	RPLY		AD4	14
46	INIT		AD5	15
36	DMGI		AD6	16
30	IAKI		AD7	18
40	CLC		AD8	19
51	ACL0		AD9	20
63	S1		AD10	21
58	S2		AD11	22
56	M1		AD12	23
55	M2		AD13	24
54	M3		AD14	25
62	M4		AD15	26
48	BLG		WTBT	47
4	BPI1		SACK	33
3	BNI1		DMR	38
59	BPI2		VIRQ	35
60	BNI2		DMGD	34
1	RCN		IAKO	37
5	QX1		BPO	31
6	QX2		BNO	48
7	F1		EN1	28
8	F2	EN2	29	
		ACLE	50	

Рисунок 1.33 – Розташування виходів мікросхеми H1582BЖ3В-0213

F1 - вихід дільника 1 МГц;

BLG - вхід дозволу роздільного розміщення основних і групових даних;

QX1, QX2 - виводи під'єднання кварцового резонатора 12 МГц, паралельно резонатору має бути під'єднаний резистор 250-800 кОм, у системах з окремим генератором сигнал подається на вхід QX1, а вихід QX2 залишається вільним;

BNI1, BPI1, BNI2, BPI2 - входи МКІО;

BNO, BPO - виходи МКІО;

EN1, EN2 - виходи дозволу роботи передавача, активний рівень - високий;

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		49

RCN - вхід - скидання дільників;

ТМК складається з: реєстрової частини; кодера-декодера; таймера контролю генерації; блоків керування; лічильників слів і адреси. Обмін даними всередині відбувається по 16-розрядній двонаправленій магістралі з 3-ма станами, яка з'єднується із зовнішньою системною магістраллю через буферні елементи (Порт). Таймер Т800 забезпечує вимкнення передавача після фіксації безперервного передавання тривалістю понад 800мкс. До складу контролера протоколу входить таймер 12мкс, який контролює тривалість паузи перед видачею ОС. Q-bus контролер формує діаграму керуючих сигналів відповідно до вимог системної магістралі мікропроцесорної системи на базі мікропроцесора Н1806ВМ2. У реєстровій частині є один зсувний регістр із буферними регістрами введення і виведення, регістр стану/відповідного слова (RSAW), регістр керування (RCS) і регістр діагностики (RDG). Усі регістри мають вихід на внутрішню магістраль із 3-ма станами. Кодер і декодер здійснюють пряме і зворотне перетворення двійкової послідовності в біфазний код.

#### 2.4 Трансивер мультиплексного каналу 852ИН1П

Мікрозбірка 852ИН1П являє собою два незалежних приймача, що не мають спільних елементів, призначених для побудови пристроїв інтерфейсу. Основою кожного каналу мікрозбірки є КМОП спеціалізована аналого-цифрова ВІС, що містить у собі:

- обмежувач вхідного сигналу приймача
- диференціальний компаратор
- блок вихідної логіки приймача
- блок вхідної логіки передавача
- попередній підсилювач передавача

Розташування виводів мікросхеми наведено на малюнку 1.34.

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	50
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

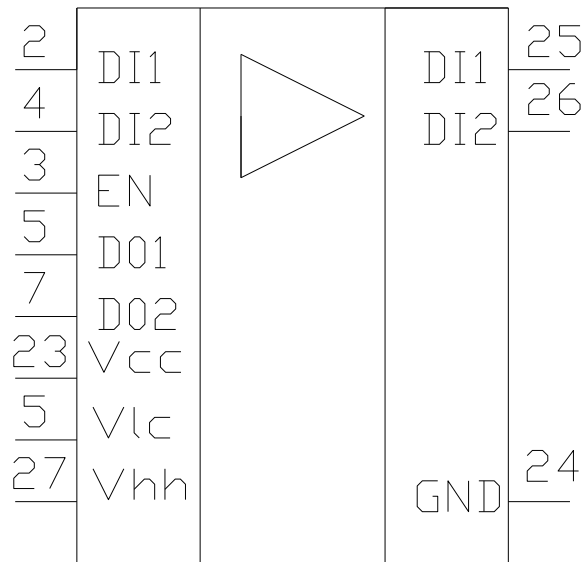


Рисунок 1.34 – Розташування виходів мікросхеми 852ИН1П

Розмах сигналу на навантаженні 70 Ом не менше 21В. Тривалість фронту і зрізу вихідного сигналу передавача - 150, нс у діапазоні температур від -60С до +125С - від 100нс до 200нс.

## 2.5 Трансформатор гальванічної розв'язки

Одним із найважливіших чинників, що визначають живучість мультиплексного каналу, є гальванічна розв'язка всіх його абонентів від каналу зв'язку.

Схему імпульсного трансформатора, спеціально розробленого для застосування в мультиплексному каналі ТІЛ-3, наведено на рис. 1.35.

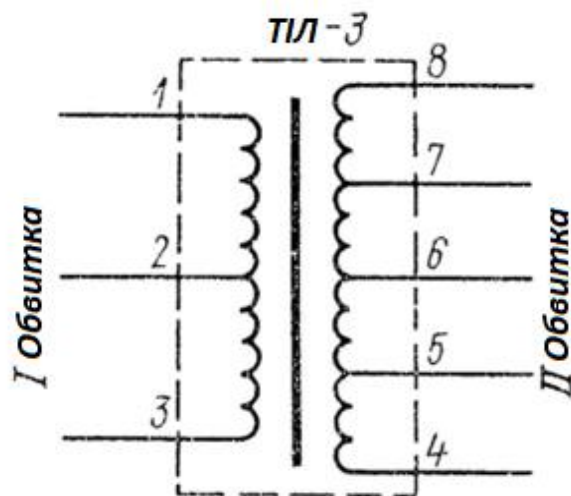


Рисунок 1.35 – Схема імпульсного трансформатора

Як гальванічну розв'язку використовуємо імпульсний трансформатор ТІЛ-3, параметри якого, наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Характеристики трансформатора ТІЛ-3

Параметр	Значення
Коефіцієнт трансформації	1:1
Число обмоток n, шт.	2
Індуктивність первинної обмотки L, мГн	7,5
Максимальний ефективний Струм ІМ, мА	100
Максимальний амплітудний струм мА	180
Максимальна амплітуда імпульсу на первинній обмотці U, В	30
Вхідний імпеданс первинної обмотки кОм	6
Тривалість фронту/зрізу вихідного сигналу tF, нс	25
Спад плоскої частини імпульсу за час tS, що дорівнює Змкс, %	10
Діапазон частот F, кГц	250-3000
Габаритні розміри (LxDxH), мм	16x16x7

Трансформатор ТІЛ-3 також призначений для використання в довгих шлейфах (від 0,3 до 6 м). Схеми його увімкнення показано на рис.1.36.

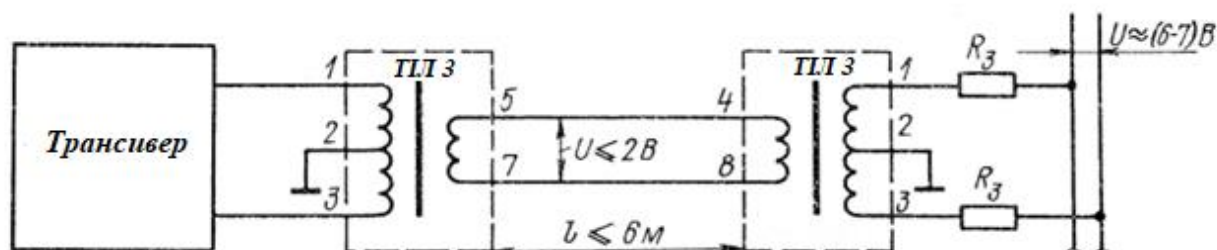


Рисунок 1.36 – Схема увімкнення трансформатор ТІЛ-3

Використання для цього трансформаторів дає змогу:

- 1)забезпечити високий вхідний імпеданс терміналу і значне
- 2)ослаблення синфазного сигналу при відносно малих витратах
- 3) обладнання та високої надійності.



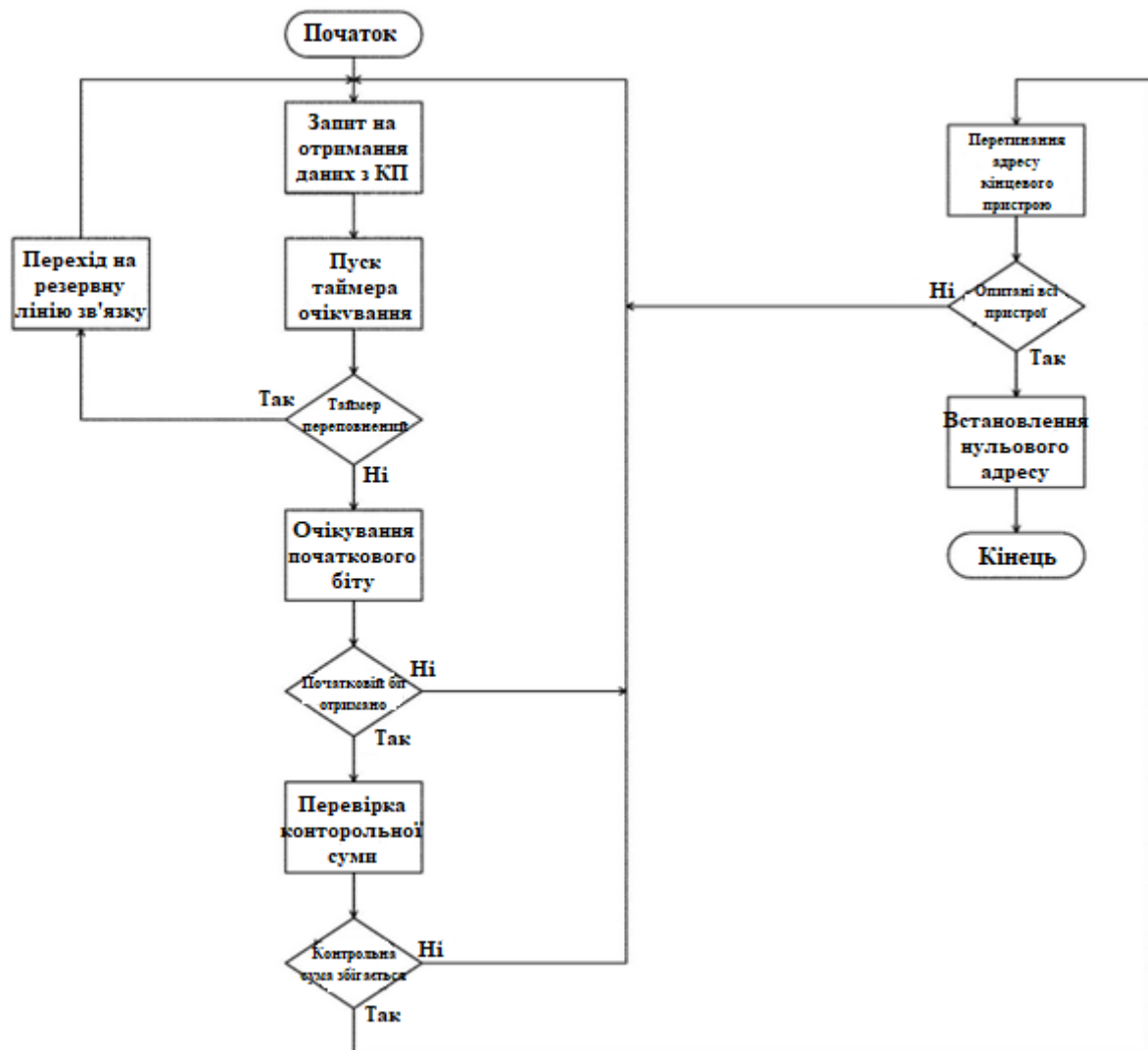


Рисунок 1.37 - Алгоритм роботи контролера каналу

Під час контролю достовірності масиву інформаційних слів, крім контролю числа слів, що надходять, та їхньої достовірності, здійснюють контроль безперервності передавання масиву.

У деяких випадках використовується так званий Ехо-контроль передачі. Передані слова одночасно контролюються декодером контролером каналу на достовірність. Використання відлуння-контролю дає змогу, з одного боку, здійснювати перевірку справності апаратури, що кодує і декодує, самим контролером каналу, а з іншого - дає змогу отримати інформацію про стан лінії передавання інформації. Помилка за ехо-контролем може означати появу перешкоди або несправності в лінії. У цьому разі доцільно здійснити спробу повторної передачі або перейти на резервну лінію передачі інформації. Перед тим як видати командне слово, контролер каналу може здійснювати прослуховування лінії. Справді, немає сенсу здійснювати передачу, якщо

Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

відомо, що в лінії спостерігається перешкода або генерація. У цьому разі важливу роль відіграє правильний вибір критеріїв визначення завади та алгоритму дій контролера в разі її виявлення.

Повна дешифрація встановлених розрядів стану відповідного слова зазвичай здійснюється керуючим процесором лінії. Встановлення певних розрядів може викликати перехід у програмі контролера каналу. Так, при виявленні розряду <Запит на обслуговування> може бути здійснено перехід на підпрограму обслуговування даного кінцевого пристрою.

Існує два основні варіанти алгоритму передавання слів даних у підсистему. В одному випадку слова передаються в підсистему в міру їх надходження в кінцевий пристрій, а сигнал, що визначає достовірність даних, видається після приймання останнього слова. У цьому разі в підсистемі мають бути передбачені засоби, що дають змогу блокувати використання недостовірної інформації.

Крім розглянутих, можливі й інші ситуації, коли передавання інформаційних слів у підсистему не здійснюватиметься. У тому разі, якщо у відповідному слові встановлений розряд <Підсистема зайнята>, приймання і передавання масивів даних неможливі; отримавши відповідне слово, контролер має звернутися до кінцевого пристрою після деякої паузи. Отримавши достовірне командне слово, кінцевий пристрій скидає всі розряди слова-відповіді, а потім знову встановлює їх, якщо причини, що викликали їхнє встановлення, збереглися. Винятком є дві команди <Передай відповідне слово> (код 00010) і <Передай останнє командне слово> (код 10010).

Найскладніший режим передачі інформації між двома кінцевими пристроями. У цьому разі кінцевий пристрій, що приймає інформацію, має контролювати паузу між командним словом і відповідним словом передавального терміналу й аналізувати саме відповідне слово.

Найбільшого поширення набув алгоритм, за яким кінцевий пристрій, що приймає інформацію, запам'ятовує адресну частину другого командного слова і порівнює її з адресою, переданою в відповідному слові. Крім того, кінцевий пристрій може аналізувати й такі розряди як <Несправність терміналу>, <Несправність підсистеми>, <Помилка в повідомленні> і <Підсистема зайнята>. Два перші розряди несуть інформацію про можливу недостовірність переданих даних. Приймаючий кінцевий пристрій має визначити можливість передачі таких даних у підсистему.

Для усунення можливої генерації в кінцевому пристрої має бути передбачена можливість автоматичного блокування передавача після певного часу безперервного передавання в канал. Блокування передавача можливе і за спеціальною командою, переданою контролером. У цьому разі також можливі кілька варіантів алгоритму функціонування кінцевого пристрою. Найпростішим є алгоритм, за яким блокування передавача по будь-якій лінії означає вимкнення кінцевого пристрою від цієї лінії. Однак у цьому разі збій у схемі керування може призвести до того, що кінцевий пристрій вимкнеться від усіх ліній передавання інформації та встановити термінал у робочий стан із боку контролера буде неможливо. Для усунення такої ситуації може бути використана команда <Встановити початковий стан> (код 01000). Отримавши таке командне слово по заблокованій шині, кінцевий пристрій знімає блокування передавача.

Таким чином, вибір алгоритму функціонування терміналу здійснюється з урахуванням обов'язкових вимог стандарту та особливостей конкретної системи.

					ЕліТ 6.172.00.02.299 ПЗ	56
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## ВИСНОВОК

Під час роботи над кваліфікаційним проєктом було проведено розробку високошвидкісного пристрою каналного кодування інформації. Метою роботи було дослідження принципів каналного кодування та розробка пристрою для швидкої обробки та передачі даних.

В ході роботи було проведено аналіз низки існуючих схеми каналного кодування (Уніполярний та Біполярний NRZ, АМІ, 2В1Q і Манчестер-II), а також було проведено порівняння раніше сказаних лінійних кодів.

Під час порівняння виявилось, що за допомогою коду 2В1Q можна передавати інформацію вдвічі швидше, ніж кодами АМІ і NRZ в одній і тій самій смузі частот. Однак, спектр сигналу 2В1Q (так само, як і NRZ) містить постійну складову і частоти близькі до неї. А отже, це ускладнює використання 2В1Q і NRZ кодів на лініях зв'язку з трансформаторами і розділовими ємностями.

На відміну від них спектр сигналу АМІ не містить постійної складової і це є суттєвою перевагою цього виду кодування, до того ж код АМІ не чутливий до полярності сигналу, це пов'язано з диференціальним попереднім кодуванням, яке використовують під час АМІ.

А також в ході роботи було створено структурну та принципову схеми контролера каналу, в якості центрального процесора було взято 16-розрядний мікропроцесор, Н1806ВМ2, виконаний за технологією CMOS.

На роль контролера було прийнято взяти 1582ВЖЗ-0123, що дає змогу реалізувати керуючу мікро-ЕОМ середньої продуктивності. Ця мікросхема призначена для використання як контролер статичного ОЗП і ПЗП, а також для забезпечення мінімально необхідних інтерфейсів у системах реального часу. Виконана за КМОН-технологією.

Також були взяті два трансивери мультиплексного каналу Н1582ВЖЗВ-0213 та 852ИН1П. 852ИН1П являє собою два незалежних приймача, що не мають спільних елементів, призначених для побудови пристроїв інтерфейсу. А Н1582ВЖЗВ-0213 являє собою термінал мультиплексного каналу (ТМК) і призначена для реалізації функцій "контролер", "кінцевий пристрій", мультиплексного каналу інформаційного обміну (МКІО). ТМК реалізує всі 10 форматів повідомлень і обробляє всі команди керування. ТМК функціонує у складі мікропроцесорних систем як програмований контролер введення/виведення.

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	57
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Гальванічна розв'язка є одним із найважливіших чинників, що визначають живучість мультиплексного каналу, тому взято імпульсний трансформатор ТІЛ-3, його ще використовують в довгих шлейфах (від 0,3 до 6 м).

І звісно ж було створено алгоритм роботи терміналу мультиплексного каналу, а в якості коду використали Манчестер-2. Він прекрасно підходить, з фізичного кодування, для передачі інформації на середні та великі дистанції.

Для реалізації високошвидкісного пристрою були використані спеціальні апаратні засоби для прискорення обробки даних та забезпечення високошвидкісної передачі. Розроблено архітектуру пристрою, що включає модулі кодування, декодування та управління передачею даних.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	58
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем: Тези науково-практичної конференції; м. Київ, 7 – 9 червня 2016 р., Національний авіаційний університет. – К.: НАУ, 2016. – 76 с.

URL:[https://tks.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/02/Naukovo\\_praktychna\\_konferentsiya\\_-\\_PROBLEMY\\_EKSPLUATATSIYI\\_TA\\_ZAHYSTU-2016.pdf](https://tks.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/02/Naukovo_praktychna_konferentsiya_-_PROBLEMY_EKSPLUATATSIYI_TA_ZAHYSTU-2016.pdf)

2. [Текст] : метод. вказівки до розрахункових робіт з дисципліни “Основи теорії інформації та кодування” для студ. радіотехнічного ф-ту / Уклад. Г.І. Бондаренко - К.: НТУУ "КПІ", 2014. - 49 с.

URL:[http://ros.kpi.ua/wp-content/uploads/Download/Study/Metody/Osnovy\\_teorii\\_informacii\\_ta\\_koduvannya.pdf](http://ros.kpi.ua/wp-content/uploads/Download/Study/Metody/Osnovy_teorii_informacii_ta_koduvannya.pdf)

3. К.А. Трубчанінова, О.С. Жученко МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до практичних занять з дисциплін «СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ В ЕЛЕКТРОЗВ’ЯЗКУ», «БАГАТОКАНАЛЬНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ». Харків, 2014. – 52 с.

URL:<http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/7383/1/%d0%9c%d0%b5%d1%82%d0%be%d0%b4%d0%b8%d1%87%d0%bd%d1%96%20%d0%b2%d0%ba%d0%b0%d0%b7%d1%96%d0%b2%d0%ba%d0%b8.pdf>

4. Білінський, Й. Й. Б61 Електронні системи: навчальний посібник / Й. Й. Білінський, К. В. Огороднік, М. Й. Юкиш. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 85-86 с.

URL:<https://studfile.net/preview/5200868/>

5. Бортник, Г. Г. Б21 Системи доступу : підручник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак, О. В. Стальченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 298 с.

URL:

<https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/19566/8.3%20%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D1%83.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>1</sup>[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BA%D0%BE%D0%B4](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B4)

<sup>2</sup><http://um.co.ua/4/4-15/4-153337.html>

					ЕлІТ 6.172.00.02.299 ПЗ	
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		59